



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH WAKTU PERENDAMAN DENGAN
PENAMBAHAN EKSTRAK UBI UNGU SEBAGAI INHIBITOR
ORGANIK PADA BAJA KARBON RENDAH
DI LINGKUNGAN HCl 1M**

SKRIPSI

RANGGA ADI PUTRA

0706268820

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



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH WAKTU PERENDAMAN DENGAN
PENAMBAHAN EKSTRAK UBI UNGU SEBAGAI INHIBITOR
ORGANIK PADA BAJA KARBON RENDAH
DI LINGKUNGAN HCl 1M**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

RANGGA ADI PUTRA

0706268820

**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 : Rangga Adi Putra

NPM : 0706268820

Tanda Tangan :

Tanggal : Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh : Prof. Dr. Ir. Johny Wahyuadi, DEA.
Nama : Rangga Adi Putra
NPM : 0706268820
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Judul Skripsi : Pengaruh Waktu Perendaman Dengan Penambahan Ekstrak Ubi Ungu Sebagai Inhibitor Organik Pada Baja Karbon Rendah Di Lingkungan HCl 1M

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 : Dr. Ir. Sutopo M.Sc



Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Juni 2011

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur senantiasa saya panjatkan kehadirat Allah SWT, karena dengan berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik-baiknya. Skripsi yang berjudul “Pengaruh Waktu Perendaman Dengan Penambahan Ekstrak Ubi Ungu Sebagai Inhibitor Organik Pada Baja Karbon Rendah Di Lingkungan HCl 1M” ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan akademis dalam meraih gelar Sarjana Teknik di Departemen Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu saya mengucapkan terima kasih 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. Ir. Dewa Ngurah Suprpta, M.Sc, selaku penyedia ekstrak ubi ungu
3. Dr. Ir. Winarto, M.Sc, selaku Pembimbing Akademis penulis.
4. Andhi Gunaatmaja, M Wildan Permana, Giafin Bibsy R, Adhi Nugroho, Arri Prasetyo, selaku tim yang bersama-sama melaksanakan tugas akhir.
5. Teman dan sahabat saya, yang telah memberikan dukungan moral dalam menyelesaikan skripsi ini
6. Rumingraras W, yang telah memberikan motivasi dan doa.
7. Orang tua dan keluarga saya, yang telah memberikan bantuan dukungan moral dan material.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu metalurgi dan material ke depannya.

Depok, Juni 2011

Penulis

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

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

Nama : Rangga Adi Putra
NPM : 0706268820
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 Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

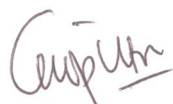
**Pengaruh Waktu Perendaman Dengan Penambahan Ekstrak Ubi Ungu
Sebagai Inhibitor Organik Pada Baja Karbon Rendah
Di Lingkungan HCl 1M**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif 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


(Rangga Adi Putra)

ABSTRAK

Nama : Rangga Adi Putra
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Judul Skripsi : Pengaruh Waktu Perendaman Dengan Penambahan Ekstrak Ubi Ungu Sebagai Inhibitor Organik Pada Baja Karbon Rendah Di Lingkungan HCl 1M

Perilaku inhibisi organik terhadap baja karbon rendah di lingkungan HCl 1M yang berupa ekstrak ubi ungu, telah diteliti dengan pengaruh waktu perendaman (3, 6, 9, dan 12 hari) dan menggunakan metode kehilangan berat. Penggunaan ekstrak ubi ungu sebagai inhibitor organik, karena terdapat kandungan antioksidan yang dapat memperlambat laju korosi. Konsentrasi ekstrak ubi ungu yang digunakan bernilai sama untuk semua waktu perendaman, senilai 6 ml. Hasil penelitian ini menunjukkan ekstrak ubi ungu merupakan inhibitor korosi yang efektif untuk baja karbon rendah di lingkungan asam kuat, hal ini dibuktikan dengan dapat menghambat laju korosi secara signifikan dengan efisiensi sebesar 77,96% - 84,88% selama waktu rendam 3 -12 hari.

Kata kunci :

Baja karbon rendah; Ekstrak ubi ungu; Inhibitor organik; Metode kehilangan berat; Waktu perendaman

ABSTRACT

Name : Rangga Adi Putra
Major : Metallurgy and Material Engineering
Title : Influence Of Immersion Times With Increasing
Purple Sweet Potatoes Extract As Organic Inhibitor
For Low Carbon Steels In HCl 1M Environment

Behavior of organic inhibition on low carbon steels in HCl 1M in purple sweet potato extract, has been shown to result with the effects of submersion time (3, 6, 9, and 12 days) and investigated by the weight loss method. Purple sweet potatoes as an organic inhibitor because antioxidant compounds contained in purple sweet potatoes which can reduce the corrosion rate. Extract concentration and immersion time of purple sweet potatoes have the same equation, which are 6 ml. The research results indicate that extract of purple sweet potatoes was an effective corrosion inhibitor for low carbon steels in acidic environment, this results is proved that could reduce the corrosion rate significantly with inhibition efficiency of 77,96%-84,88% with immersion times ranging between 3-12 days.

Keywords :

Low carbon steel ; extract of purple sweet potatoes; organic Inhibitor; weight loss method; immersion times

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR RUMUS	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
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
2. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Definisi Dasar Korosi	7
2.2. Jenis-Jenis Korosi	8
2.2.1. <i>Uniform Corrosion</i>	8
2.2.2. <i>Galvanic Corrosion</i>	9
2.2.3. <i>Crevice Corrosion</i>	9
2.2.4. <i>Pitting Corrosion</i>	9
2.2.5. <i>Environmentally Induced Cracking (EIC)</i>	9
2.2.6. <i>Intergranular Corrosion</i>	10
2.2.7. <i>Dealloying</i>	10
2.2.8. <i>Erosion-Corrosion and Fretting</i>	10
2.3. Faktor Yang Mempengaruhi Korosi	12
2.4. Korosi Pada Baja Karbon	13
2.4.1. Korosi Pada Baja Dengan Pengaruh Ion Klorida	15
2.4.2. Korosi Pada Baja Dengan Pengaruh pH	15
2.4.3. Korosi Pada Baja Dengan Pengaruh Oksigen Terlarut	17
2.5. Perlindungan Terhadap Korosi	18
2.5.1. <i>Coating</i>	19
2.5.2. Proteksi Katodik Dan Anodik	20
2.5.3. Inhibitor Korosi	23
2.5.4. Pemilihan Material	26

2.6. Pengukuran Laju Korosi Dengan Metode Kehilangan Berat.....	26
2.7. Efisiensi Inhibitor.....	26
2.6. Ubi Jalar Ungu	27
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 Penelitian	30
3.3.1. Preparasi Sampel.....	30
3.3.2. Persiapan Larutan.....	31
3.3.3. Persiapan Inhibitor Ekstrak Ubi Ungu	32
3.3.4. Perendaman Sampel Dalam Larutan.....	32
3.3.5. Pembersihan Sampel.....	33
4. HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA DATA.....	34
4.1. Hasil Pengujian	34
4.1.1. Hasil Pengamatan Visual Baja Karbon Rendah.....	34
4.1.2. Hasil Pengujian <i>Spectroscopy</i> Baja Karbon Rendah	35
4.1.3. Hasil Pengujian Perubahan pH	36
4.1.4. Hasil Pengujian Potensial Logam	37
4.1.5. Hasil Pengujian Kehilangan Berat	38
4.1.6. Hasil Perhitungan Laju Korosi Dan Efisiensi Inhibitor	39
4.2. Analisa Data.....	40
4.2.1. Analisa Pengamatan Visual Baja Karbon Rendah.....	40
4.2.2. Analisa Pengujian <i>Spectroscopy</i> Baja Karbon Rendah.....	41
4.2.3. Analisa Pengaruh pH Larutan Terhadap Laju Korosi.....	42
4.2.4. Analisa Pengaruh Perubahan Potensial Logam	42
4.2.5. Analisa Pengaruh Waktu Rendam Terhadap Pengurangan Berat Logam, Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor	53
5. KESIMPULAN	59
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN.....	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Skema jenis-jenis korosi.....	11
Gambar 2.2.	Pengaruh pH pada korosi <i>aqueous</i> baja, menggunakan HCl dan NaOH untuk mengontrol pH di dalam air yang mengandung oksigen terlarut.....	16
Gambar 2.3.	Diagram pourbaix Fe pada 25°C	17
Gambar 2.4.	Pengaruh oksigen terlarut pada korosi baja karbon rendah di air destilasi (temperatur 25°C dan perendaman 48 jam) yang mengandung 165 ppm CaCl ₂	18
Gambar 2.5.	Struktur dari arus tanding	21
Gambar 3.1.	Diagram alir penelitian	28
Gambar 4.1.	Wadah penelitian berisi larutan HCl 1 M.....	40
Gambar 4.2.	Grafik perbandingan rata-rata pH terhadap waktu dengan penambahan inhibitor.....	43
Gambar 4.3.	Grafik perbandingan rata-rata pH terhadap waktu tanpa penambahan inhibitor.....	43
Gambar 4.4.	Grafik perbandingan Δ pH dengan waktu rendam	44
Gambar 4.5.	Grafik perbandingan rata-rata potensial terhadap waktu rendam dengan penambahan inhibitor	45
Gambar 4.6.	Grafik perbandingan rata-rata potensial terhadap waktu rendam tanpa penambahan inhibitor	46
Gambar 4.7.	Grafik perbandingan rata-rata perubahan potensial terhadap waktu rendam.....	46
Gambar 4.8.	Diagram pourbaix Fe dan hasil perkiraan pH dan potensial hari ke-3 dengan penambahan inhibitor.....	49
Gambar 4.9.	Diagram pourbaix Fe dan hasil perkiraan pH dan potensial hari ke-6 dengan penambahan inhibitor.....	49
Gambar 4.10.	Diagram pourbaix Fe dan hasil perkiraan pH dan potensial hari ke-9 dengan penambahan inhibitor.....	50
Gambar 4.11.	Diagram pourbaix Fe dan hasil perkiraan pH dan potensial hari ke-12 dengan penambahan inhibitor.....	50
Gambar 4.12.	Diagram pourbaix Fe dan hasil perkiraan pH dan potensial hari ke-3 tanpa penambahan inhibitor.....	51
Gambar 4.13.	Diagram pourbaix Fe dan hasil perkiraan pH dan potensial hari ke-6 tanpa penambahan inhibitor.....	51
Gambar 4.14.	Diagram pourbaix Fe dan hasil perkiraan pH dan potensial hari ke-9 tanpa penambahan inhibitor.....	52
Gambar 4.15.	Diagram pourbaix Fe dan hasil perkiraan pH dan potensial hari ke-12 tanpa penambahan inhibitor.....	52
Gambar 4.16.	Grafik pengurangan berat logam terhadap waktu uji rendam	54
Gambar 4.17.	Grafik <i>corrosion rate</i> logam terhadap waktu	56
Gambar 4.18.	Grafik efisiensi inhibitor terhadap waktu	57
Gambar 4.19.	Grafik perbandingan efisiensi inhibitor di lingkungan HCl dan air laut.....	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Produk korosi pada baja	14
Tabel 3.1. Dimensi dan berat sampel	30
Tabel 4.1. Sampel sebelum perendaman	34
Tabel 4.2. Sampel dengan inhibitor setelah perendaman.....	34
Tabel 4.3. Sampel dengan inhibitor setelah <i>pickling</i>	34
Tabel 4.4. Sampel tanpa inhibitor setelah perendaman.....	35
Tabel 4.5. Sampel tanpa inhibitor setelah <i>pickling</i>	35
Tabel 4.6. Komposisi baja karbon rendah hasil pengujian <i>spectroscopy</i>	35
Tabel 4.7. Data pH larutan HCl 1M	36
Tabel 4.8. Data potensial logam.....	37
Tabel 4.9. Data kehilangan berat logam.....	38
Tabel 4.10. Data laju korosi dan efisiensi inhibitor	39
Tabel 4.11. Data rata-rata pH dan potensial akhir logam	48

DAFTAR RUMUS

1. Persamaan 2.1.

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

Ket : K = konstanta
W = kehilangan berat (gram)
D = densitas (gram/cm³)
A = luas permukaan yang terendam (cm²)
T = waktu (jam)

2. Persamaan 2.2.

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

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

3. Persamaan 3.1.

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

Ket : ρ = massa jenis (gr/cm³)
m = berat sampel (gram)
p = panjang (cm)
l = lebar (cm)
t = tinggi (cm)

4. Persamaan 3.2.

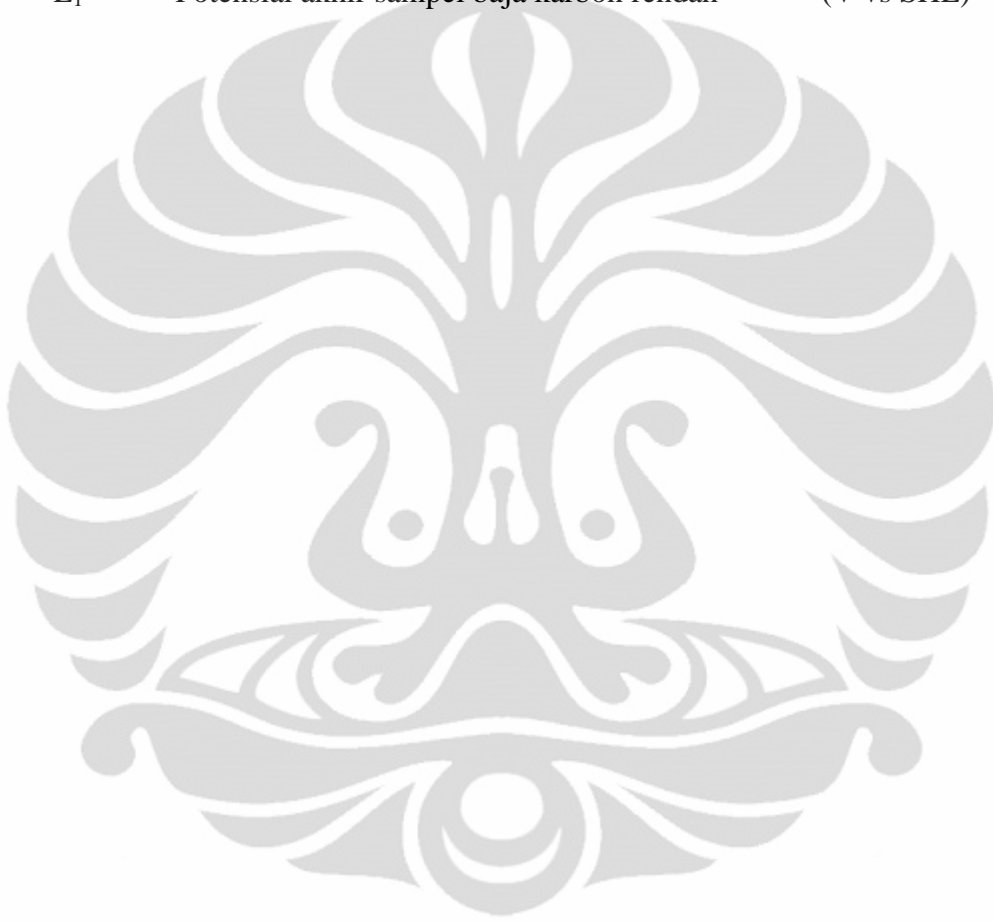
$$\text{volume larutan} = \left(0.2 \frac{s}{d} 0.4\right) \times (\text{luas permukaan sampel})$$

5. Persamaan 4.1.

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

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)
E_0	= Potensial awal sampel baja karbon rendah	(V vs SHE)
E_1	= Potensial akhir sampel baja karbon rendah	(V vs SHE)



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1.	Foto alat-alat preparasi sampel	67
LAMPIRAN 1.1.	Foto alat potong sampel	67
LAMPIRAN 1.2.	Foto mesin bor sampel	67
LAMPIRAN 1.3.	Foto mesin amplas sampel	67
LAMPIRAN 2.	Foto perendaman sampel pada larutan HCl 1 M untuk pengujian baja karbon rendah di semua variabel waktu uji	68
LAMPIRAN 2.1.	Foto perendaman sampel dengan penambahan inhibitor untuk waktu perendaman 3 hari	68
LAMPIRAN 2.2.	Foto perendaman sampel tanpa penambahan inhibitor untuk waktu perendaman 3 hari	68
LAMPIRAN 2.3.	Foto perendaman sampel dengan penambahan inhibitor untuk waktu perendaman 6 hari	69
LAMPIRAN 2.4.	Foto perendaman sampel tanpa penambahan inhibitor untuk waktu perendaman 6 hari	69
LAMPIRAN 2.5.	Foto perendaman sampel dengan penambahan inhibitor untuk waktu perendaman 9 hari	70
LAMPIRAN 2.6.	Foto perendaman sampel tanpa penambahan inhibitor untuk waktu perendaman 9 hari	70
LAMPIRAN 2.7.	Foto perendaman sampel dengan penambahan inhibitor untuk waktu perendaman 12 hari	71
LAMPIRAN 2.8.	Foto perendaman sampel tanpa penambahan inhibitor untuk waktu perendaman 12 hari	71
LAMPIRAN 3.	Pencelupan sampel kedalam <i>ultrasonic agitator</i> untuk mempercepat penghilangan <i>scale</i> dan produk korosi	72
LAMPIRAN 4.	Foto alat timbang berat sampel	72
LAMPIRAN 5.	Hasil pengujian komposisi baja karbon rendah	73

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Korosi merupakan suatu proses degradasi material atau hilangnya suatu material baik secara kualitas maupun kuantitas melalui suatu reaksi kimia atau elektrokimia yang spontan dengan lingkungannya^[1]. Lingkungan atau medium yang dimaksud dapat berupa air, udara, larutan asam, dan lain-lain. Lingkungan yang berinteraksi dengan material adalah faktor utama yang memicu terjadinya korosi^[2]. Semua logam menunjukkan kecenderungan untuk mengalami oksidasi, beberapa logam lebih mudah teroksidasi dari logam yang lain. Namun proses korosi dapat diminimalisir dan dikendalikan atau diperlambat lajunya dengan memperlambat proses perusakannya^[3].

Daya pendorong yang menyebabkan logam terkorosi ialah suatu akibat yang alami dari keberadaan sementara dalam bentuk logamnya. Dalam perkembangannya proses korosi sudah meliputi semua lingkup bidang yang berhubungan dengan logam seperti, industri minyak dan gas. Untuk mencegah dan mengurangi kerugian akibat terjadinya korosi, terdapat beberapa metode untuk mengendalikan dan menghambat terjadinya proses korosi.

Pada umumnya, terdapat 4 metode dasar untuk pengendalian dan perlindungan pada korosi, yaitu:

1. Pemilihan material dan desain (*material selection and design*)

Pengendalian korosi dengan metode ini ialah dengan melakukan pemilihan material yang sesuai dengan keadaan lingkungan kerja sehingga proses korosi dapat diminimalisir. Selain itu pemilihan desain–desain yang sesuai dengan aplikasi dilapangan.

2. Pelapisan (*coating*)

Proteksi dengan menutup permukaan logam dari kontak langsung dengan lingkungannya, sehingga proses korosi dapat diminimalisir. Metode proteksi ini biasanya akan melindungi bagian permukaan dari kontak langsung.

3. Proteksi katodik (*cathodic protection*)

Proteksi korosi dengan proses melindungi anodanya dengan cara memperlakukannya sebagai katoda. Proteksi ini meliputi metode anoda korban dan pemberian arus searah (DC).

4. Inhibitor

Inhibitor adalah proses pengendalian korosi dengan penambahan zat kimia baik secara kontinu maupun periodik pada elektrolitnya sehingga akan mengubah lingkungan kerja menjadi tidak korosif.

Salah satu metode pengendalian korosi logam dalam lingkungannya adalah metode inhibisi, yaitu pemberian zat antikorosi (inhibitor) dengan konsentrasi yang kecil ke dalam lingkungannya, baik secara kontinu maupun periodik menurut selang waktu tertentu. Inhibitor bekerja dengan cara membentuk lapisan pelindung pada permukaan logam dan umumnya berbentuk *fluid* atau cairan yang diinjeksikan pada *production line*^[4]. Berdasarkan bahan dasarnya, inhibitor korosi terdiri dari inhibitor senyawa organik dan anorganik. Senyawa anorganik biasanya mengandung silikat, borat, tungstat, molibdat, fosfat, kromat, dikromat, dan arsenat. Bahan atau zat – zat kimia yang memiliki potensial untuk dikembangkan sebagai inhibitor sangat banyak, tetapi di industri masih tetap menggunakan inhibitor sintetis, karena memiliki kemampuan untuk melindungi dari korosi yang sangat baik serta mudah didapat. Tetapi inhibitor sintetis memiliki kekurangan dimana jenis inhibitor ini mempunyai tingkat bahaya keamanan dan kesehatan dari penggunaan secara intensif.

Inhibitor organik pada umumnya berasal dari ekstrak bahan alami yang mengandung atom N, O, P, S dan atom – atom yang mempunyai pasangan elektron bebas. Unsur-unsur yang mengandung pasangan elektron bebas ini nantinya dapat berfungsi sebagai ligan yang akan membentuk senyawa kompleks dengan logam^[3]. Ekstrak daun tembakau, teh dan kopi dapat efektif sebagai inhibitor pada sampel logam besi, tembaga, dan aluminium dalam medium larutan garam. Inhibitor korosi logam yang paling efektif adalah senyawa-senyawa organik. Ekstrak bahan alam (daun, batang, dan akar) mempunyai aktivitas untuk menghambat korosi karena mempunyai kandungan senyawa heterosiklik.

Pada senyawa organik salah satunya terdapat zat antioksidan. Antioksidan bekerja dengan cara mendonorkan elektronnya kepada senyawa yang bersifat oksidan, sehingga aktivitas senyawa oksidan tersebut bisa dihambat^[5]. Zat antioksidan didefinisikan sebagai senyawa yang dapat menunda, memperlambat, dan mencegah proses oksidasi^[6]. Dengan kata lain, dengan adanya senyawa antioksidan pada lingkungan korosif, dapat menghambat laju terjadinya korosi. Zat antioksidan salah satunya terkandung dalam ubi ungu. Senyawa-senyawa yang terkandung dalam ekstrak ubi ungu antara lain asam fenolat, tokoferol, beta karoten, dan antosianin^[7]. Tetapi, belum diketahui sejauh mana kegunaan ekstrak ubi ungu dalam menghambat korosi. Maka dari itu, pada penelitian ini akan dilakukan studi tentang inhibisi korosi ekstrak ubi ungu sebagai inhibitor korosi dalam skala laboratorium dengan menggunakan material baja karbon rendah dalam media lingkungan HCl 1 M.

1.2 Perumusan Masalah

Pada saat ini Korosi merupakan fenomena alam yang akan selalu ada ketika suatu logam kontak langsung dengan lingkungan. Korosi merupakan salah satu permasalahan penting yang harus dihadapi oleh berbagai macam sektor industri di Indonesia. Korosi memberikan efek dari segi ekonomi maupun dari segi keselamatan kerja. Dari segi ekonomi dapat memberikan kerugian untuk biaya perbaikan dan *loss production*. Dari segi keselamatan kerja, korosi dapat menyebabkan kegagalan dari material yang akan berakibat pada kecelakaan kerja.

Pencegahan dan pengendalian korosi yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan inhibitor. Penambahan inhibitor yang berupa zat kimia dapat mengubah kondisi lingkungan kerja dari material logam. Penambahan inhibitor ini sendiri dalam jumlah sedikit, baik secara kontinu maupun periodik.

Penggunaan inhibitor organik yang aman untuk kesehatan, ramah lingkungan, mudah didapat, biaya murah, dan tidak beracun sangatlah diperlukan untuk menggantikan bahan-bahan kimia yang sintetis, karena semua bahan organik tersedia di alam dan bagaimana cara memanfaatkan dan mengolahnya sebaik mungkin menjadi sesuatu yang berguna. Permasalahan yang akan diangkat pada penelitian ini ialah untuk mengetahui pengaruh ekstrak ubi ungu dalam menghambat laju korosi logam baja karbon rendah. Dan ekstrak ubi ungu

mengandung zat antioksidan. Dan juga untuk mengetahui efisiensi dan konsentrasi paling efektif dan optimal dari ekstrak ubi ungu dalam menghambat laju korosi pada lingkungan yang korosif.

Lingkungan yang digunakan untuk larutan rendam yang digunakan pada penelitian ini adalah larutan HCl 1 M. Penggunaan larutan HCl bertujuan untuk merepresentasikan pemakaian inhibitor organik pada kondisi lingkungan asam kuat, seperti pada : sumur pipa minyak dan gas pada industri perminyakan ketika pengeboran dengan bantuan injeksi HCl, *chemical cleaning and processing*, *pickling* material oleh HCl, dan lain-lain. Pada lingkungan HCl (khususnya *pickling*) untuk material, inhibitor organik biasa digunakan karena efektivitasnya⁽⁸⁾.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Mengetahui pengaruh ubi ungu sebagai inhibitor organik pada lingkungan asam kuat (HCl 1 M).
2. Mengetahui efisiensi ubi ungu sebagai suatu inhibitor organik terhadap variabel waktu perendaman dari sampel baja karbon rendah.
3. Mengetahui waktu perendaman ubi ungu yang efektif sebagai inhibitor organik.
4. Menentukan nilai laju korosi dengan dan tanpa penambahan inhibitor pada larutan HCl 1 M.

1.4 Ruang Lingkup Dan Batasan Penelitian

1. Material logam yang digunakan ialah baja karbon rendah dengan keadaan awal yang dianggap sama untuk tiap variabel uji berbeda.
2. Inhibitor organik yang digunakan dalam penelitian ini adalah ekstrak ubi (merk "X") ungu dengan konsentrasi 6 ml.
3. Sebagai larutan rendam adalah HCl 1 M (asam) dengan volume 450 ml yang disesuaikan dengan batas minimum volume kontak larutan terhadap permukaan sampel.
4. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kehilangan berat dengan waktu perendaman selama 3, 6, 9, dan 12 hari.
5. Perhitungan *corrosion rate* menggunakan metode *weight loss*.

6. Pengujian untuk mengetahui pengaruh ubi ungu sebagai suatu inhibitor organik terhadap lingkungannya dengan membandingkan pH larutan dan potensial dengan dan tidak diberi penambahan inhibitor.

1.5 Sistematika Penulisan

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

BAB 1 Pendahuluan

Menjelaskan tentang latar belakang penelitian mengenai Pengaruh Waktu Perendaman Dengan Penambahan Ekstrak Ubi Ungu Sebagai Inhibitor Organik Pada Baja Karbon Rendah Di Lingkungan HCl 1M. Selanjutnya juga dijabarkan mengenai perumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 Tinjauan Pustaka

Menguraikan mengenai literatur yang berkaitan dengan penelitian ini. Bab tinjauan pustaka meliputi : definisi dasar korosi, jenis-jenis korosi, faktor yang mempengaruhi laju korosi, korosi pada baja karbon, perlindungan terhadap korosi, pengukuran laju korosi dengan metode kehilangan berat, efisiensi inhibitor, dan penjelasan ubi jalar ungu.

BAB 3 Metodologi Penelitian

Menjelaskan tentang diagram alir penelitian, alat dan bahan yang digunakan pada penelitian, dan prosedur kerja penelitian secara terperinci dari perisapan sampel, persiapan larutan sampai pembersihan sampel.

BAB 4 Hasil Pengujian dan Analisa Data

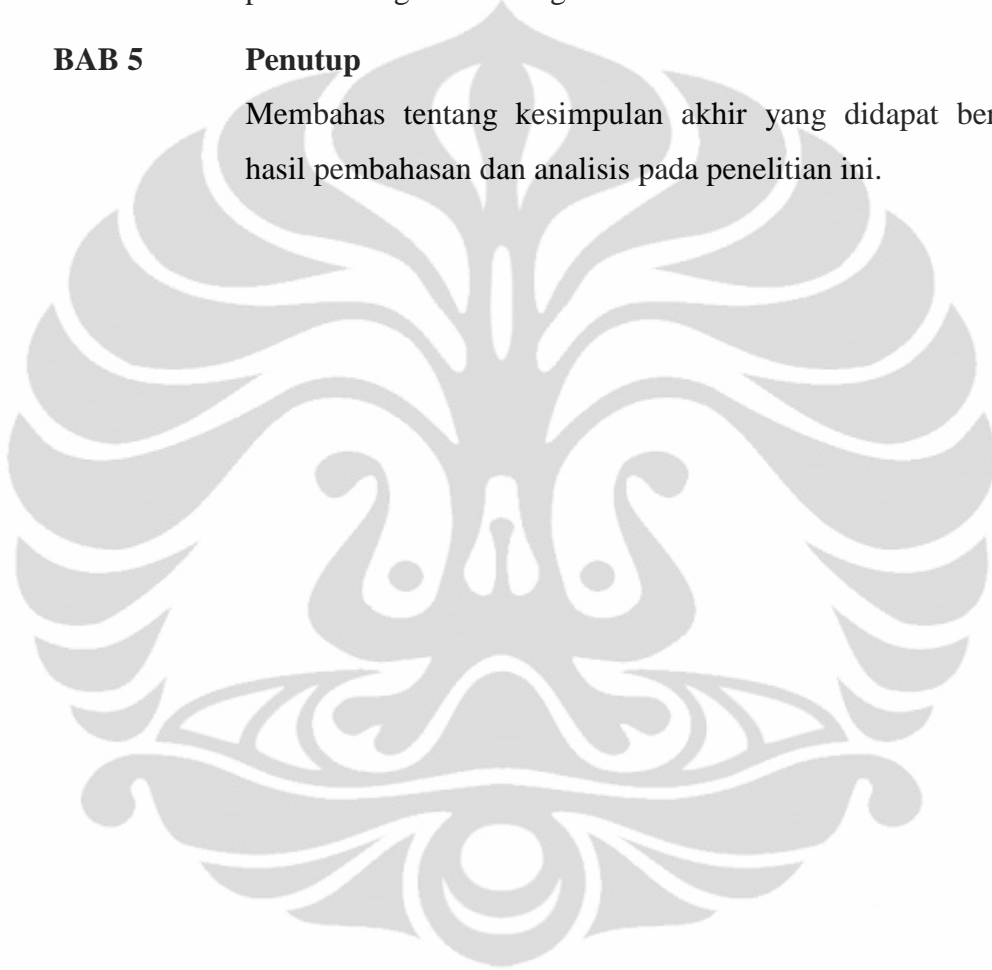
Berisi tentang data-data hasil penelitian berupa angka, gambar, dan grafik dan analisisnya. Data-data yang tersebut meliputi : hasil pengamatan visual baja karbon rendah terhadap pengaruh perbedaan waktu perendaman (3, 6, 9, 12 hari) , hasil pengujian *Spectroscopy* baja karbon rendah, hasil pengukuran pH dan

potensial logam, hasil pengukuran berat yang hilang, laju korosi, dan efisiensi inhibitor. Analisa yang dilakukan terhadap data dari pengamatan visual, pengaruh waktu perendaman inhibitor terhadap pengurangan berat logam, laju korosi, dan efisiensi inhibitorynya, pengaruh waktu perendaman inhibitor terhadap pH larutan, potensial logam dan diagram Pourbaix.

BAB 5

Penutup

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



BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Definisi Dasar Korosi

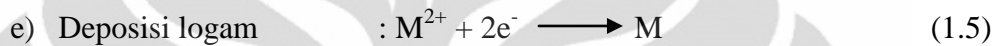
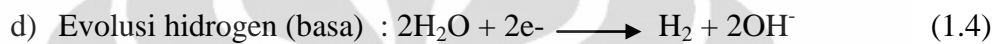
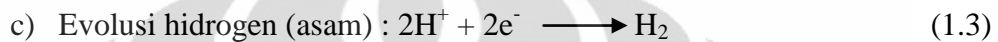
Korosi merupakan degradasi material (biasanya logam) akibat reaksi elektrokimia material tersebut dengan lingkungannya^[2]. Banyak ahli juga menyebutkan korosi merupakan penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya^[9]. Lingkungan tersebut dapat berupa air, udara, gas, larutan asam, dan lain-lain^[10].

Korosi merupakan sesuatu yang sangat berbahaya, baik secara langsung maupun tidak langsung. Di bidang industri minyak dan gas, proses korosi adalah suatu masalah yang penting dan perlu diperhatikan karena dampak akibat dari korosi cukup besar. Contoh di bidang industri minyak dan gas bila terjadi korosi pada pipa-pipa sebagai media tempat mengalirnya minyak dan gas dari pengeboran menuju *platform* proses, maka akan dapat berakibat timbul kerusakan (*damage*) dan kebocoran pada pipa-pipa tersebut. Dampak bahaya korosi secara langsung secara langsung ialah dibutuhkan biaya untuk mengganti material-material logam atau alat-alat yang rusak akibat korosi, biaya pengerjaan untuk penggantian material yang terkorosi, biaya untuk pengendalian korosi dan biaya tambahan untuk membuat konstruksi dengan logam yang lebih tebal (*over design*). Dampak secara tidak langsung, korosi dapat mengakibatkan kerugian seperti penyediaan gas terhenti, *image* perusahaan menurun, nilai saham menjadi turun, dan menghasilkan *safety* yang rendah^[11].

Reaksi yang terjadi pada proses korosi akan menghasilkan sulfida logam, oksida logam, dan hasil reaksi lainnya. Pada saat proses korosi terjadi reaksi elektrokimia antara material dengan lingkungan disekitar material tersebut. Reaksi elektrokimia yang terjadi merupakan reaksi reduksi-oksidasi. Logam yang mengalami proses korosi akan terjadi reaksi oksidasi dimana logam akan terdegradasi menjadi ion-ion dari logam tersebut dan selain itu menghasilkan elektron.

Komponen-komponen yang merupakan syarat terjadinya korosi antara lain^[12] :

1. Adanya katoda, yaitu suatu material yang mengalami reaksi reduksi karena mempunyai potensial yang lebih positif jika diukur dengan perhitungan potensial. Reaksi katodik pada korosi logam antara lain^[13]:



2. Adanya anoda, yaitu suatu material yang mengalami reaksi oksidasi dan mengalami kehilangan material (*loss material*) karena mempunyai potensial yang lebih negatif jika diukur dengan penghitungan potensial. Reaksi anodik pada korosi logam antara lain^[14]:



3. Kadar oksigen
4. Temperatur dan transfer panas
5. Kecepatan (pergerakan fluida)

2.2. Jenis-Jenis Korosi

Korosi memiliki berbagai macam bentuk. Setiap bentuk korosi memiliki karakteristik dan mekanisme yang berbeda-beda. Jenis-jenis korosi adalah sebagai berikut^[11,15] :

2.2.1 *Uniform Corrosion*

Uniform corrosion merupakan jenis korosi dimana korosi terjadi secara menyeluruh dipermukaan. Jenis korosi ini mudah diprediksi, karena kecepatan atau laju korosi di setiap permukaan adalah sama. Pada umumnya, *uniform corrosion* dicegah dengan melapisi permukaannya seperti *coating*. Tujuannya ialah untuk mengurangi interaksi logam dengan lingkungannya.

2.2.2 *Galvanic Corrosion*

Merupakan bentuk korosi dimana korosi terjadi jika dua atau lebih logam yang memiliki potensial reduksi (E°_{red}) berbeda dihubungkan. Salah satu dari logam tersebut akan mengalami korosi. Menurut deret volta dan deret galvanik, logam yang memiliki potensial reduksi (E°_{red}) lebih kecil akan mengalami korosi.

2.2.3 *Crevice Corrosion*

Merupakan bentuk korosi dimana korosi terjadi ketika terdapat celah akibat penggabungan atau penyatuan dua logam yang sama yang memiliki kadar oksigen berbeda dengan area luarnya. Korosi ini umumnya terjadi pada celah-celah sambungan seperti pada ulir.

2.2.4 *Pitting Corrosion*

Merupakan bentuk korosi dimana korosi terjadi karena pecahnya lapisan pasif di satu titik akibat dari lingkungan korosif, seperti ion Cl^- pada air laut. Ion Cl^- akan menyerang permukaan lapisan pasif dari logam. Ion Cl^- akan terkonsentrasi menyerang pada permukaan lapisan pasif yang terjadi *pitting* terlebih dahulu, sehingga *pitting* akan menjadi dalam. Pecahnya lapisan pasif mengakibatkan gas hidrogen dan oksigen mudah masuk dan mengkorosikan logam tersebut.

2.2.5 *Environmentally Induced Cracking (EIC)*

Merupakan bentuk korosi dimana korosi terjadi karena adanya beban tarik atau beban fatigue yang berulang-ulang dan mengakibatkan timbulnya crack yang menjalar panjang. Crack tersebut memiliki 3 bentuk yang tergantung dari jenis EIC-nya. Bentuk-bentuk tersebut antara lain :

1. *Stress Corrosion Cracking (SCC)*

Bentuk korosi dimana korosi terjadi karena adanya tegangan akibat beban tarik pada suatu logam di lingkungan korosif. Hal ini sewaktu-waktu akan menyebabkan material tersebut akan terkena korosi pada satu titik yang menyebabkan *crack* yang menjalar dan diawali di bagian titik yang terkena korosi.

2. *Corrosion Fatigue Cracking (CFC)*

Bentuk korosi dimana korosi terjadi karena adanya tegangan akibat beban fatik pada suatu material di lingkungan korosif. Hal ini sewaktu-waktu

akan menyebabkan material tersebut akan terkena korosi pada satu titik yang menyebabkan *crack* yang menjalar dan diawali di bagian titik yang terkena korosi.

3. *Hydrogen Induced Cracking (HIC)*

Bentuk korosi dimana korosi terjadi karena adanya tegangan internal pada suatu material karena adanya molekul-molekul gas hidrogen yang berdifusi ke dalam struktur atom logam.

2.2.6 *Intergranular Corrosion*

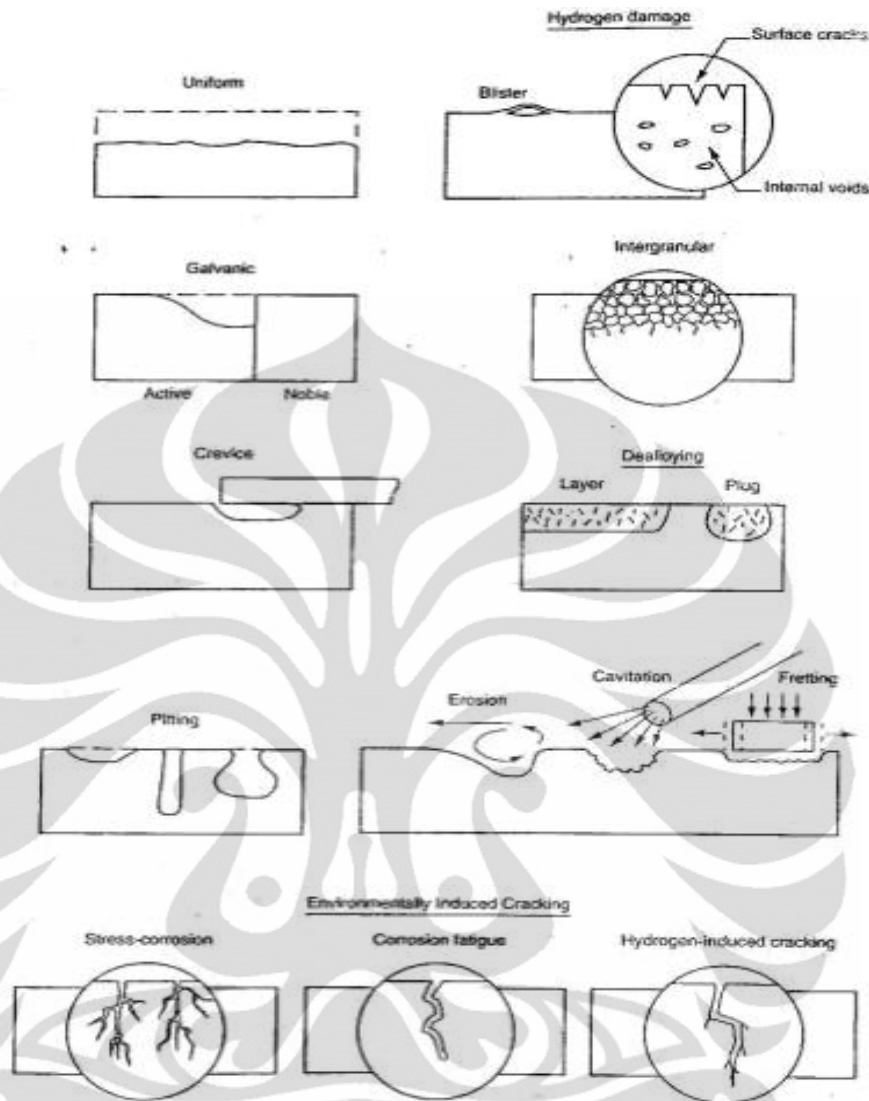
Merupakan bentuk korosi yang biasanya dialami oleh *stainless steel* atau *alloy* dimana korosi terjadi pada sekitar batas butir, lalu akan terjadi *crack* yang menjalar sepanjang batas butir. Hal ini terjadi karena *chrome* pada sekitar batas butir membentuk presipitat *chromium* karbida di batas butir. Terbentuknya presipitat *chromium* karbida terjadi pada temperatur antara 425°C – 815°C.

2.2.7 *Dealloying*

Merupakan bentuk korosi dimana korosi terjadi pada salah satu logam dalam sebuah paduan atau *alloy*. Misalkan, pada Cu-Zn di lingkungan korosif, Zn akan terkorosi menurut deret volta. Akibatnya, Zn akan berkurang jumlahnya dalam paduan dan menyebabkan sifat mekanis yang dihasilkan oleh Zn pada material *alloy* tersebut akan menurun.

2.2.8 *Erosion-Corrosion and Fretting*

Merupakan bentuk korosi dimana korosi terjadi karena fluida korosif yang mengalir, baik fluida *liquid* (*Erosion Corrosion*) maupun *vapor* (*Fretting Corrosion*) dengan kecepatan tinggi. Karena kecepatan tinggi dari fluida korosif yang mengalir, lapisan proteksi korosif akan tererosi dan menghilang. Oleh sebab itu, kemungkinan terjadinya korosi semakin besar. Korosi jenis ini umumnya terjadi pada bagian internal pipa, dimana fluida gas mengalir dengan tekanan tinggi. Untuk itu bagian internal pipa sebaiknya diberikan *coating* internal.



Gambar 2.1. Skema jenis-jenis korosi^[15]

Jenis korosi di atas masing-masing dipengaruhi kondisi lingkungan, jenis dan karakteristik material, perlakuan terhadap material tersebut, kehadiran material lain, dan faktor non-lingkungan lain yang mungkin ada. Pada media korosif HCl, beberapa jenis korosi logam yang dapat timbul antara lain^[16]:

1. Korosi Seragam, ditandai dengan reaksi elektrokimia (dengan HCl) yang merata di sepanjang permukaan logam sehingga permukaan terkikis dan logam menjadi tipis.
2. Korosi *Pitting*, yaitu serangan korosi terlokalisasi yang menghasilkan *pit*. Biasanya terjadi akibat rusaknya lapisan pasif logam oleh Cl^- pada daerah tertentu (*pit*) sehingga menghasilkan sel elektrokimia dengan *pit* sebagai sel anoda dan daerah pasif logam sebagai sel katoda karena perbedaan potensial.

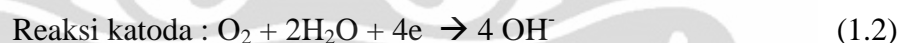
3. *Hydrogen Damage*, yang dapat terjadi akibat difusi atom hidrogen ke batas butir logam dan dapat mengakibatkan *hydrogen blistering*, *hydrogen induce cracking*, dan mengurangi keuletan ditinjau dari aspek metalurgi.

2.3. Faktor Yang Mempengaruhi 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^[17]:

1. Faktor Gas 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 (CO₂), jika karbondioksida dilarutkan dalam air maka akan terbentuk asam karbonat (H₂CO₂) yang dapat menurunkan pH air dan meningkatkan korosifitas, biasanya bentuk korosinya berupa pitting yang secara umum reaksinya adalah:



FeCO₃ merupakan *corrosion product* yang dikenal sebagai *sweet corrosion*.

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.

3. Faktor pH

pH netral adalah 7, sedangkan $\text{pH} < 7$ bersifat asam dan korosif, sedangkan untuk $\text{pH} > 7$ bersifat basa juga korosif. Tetapi untuk besi, laju korosi rendah pada pH antara 7 sampai 13. Laju korosi akan meningkat pada $\text{pH} < 7$ dan pada $\text{pH} > 13$.

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

Adanya bakteri pereduksi sulfat akan mereduksi ion sulfat menjadi gas H_2S , yang mana jika gas tersebut kontak dengan besi akan menyebabkan terjadinya korosi.

5. Faktor Padatan Terlarut

- a. 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.
- b. 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*.
- c. 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.

2.4. Korosi pada Baja Karbon

Baja karbon, paling banyak digunakan untuk material keteknikan, diperkirakan 85% dari produksi baja dunia. Walaupun terdapat keterbatasan terhadap ketahanan korosi, baja karbon banyak digunakan untuk aplikasi kelautan (maritim), nuklir, transportasi, proses kimia, industri perminyakan, *refining*, pipa

saluran, konstruksi pertambangan dan peralatan proses logam. Baja merupakan material yang banyak digunakan untuk aplikasi pipa saluran air, khususnya baja karbon rendah. Baja karbon rendah adalah baja dengan kadar karbon sekitar 0,05-1%. Baja karbon rendah memiliki elemen paduan lain, sekitar 2%, yang sebagian besar meningkatkan sifat mekanisnya. Baja karbon rendah relatif murah, namun kualitas kekuatan dan kekerasannya bisa didapatkan melalui variasi kandungan karbon, unsur paduan, dan perlakuan panas yang diberikan.

Namun, baja terdiri dari beberapa fasa dan terdapat ketidakhomogenan pada permukaan, sehingga dapat menyebabkan lokal sel elektrokimia. Hal tersebut menyebabkan rendahnya ketahanan korosi dari baja karena reduksi katodik mudah terjadi sehingga menyebabkan *porous* sebagai produk korosi dan tidak terbentuk produk sampingan seperti lapisan pasif^[19]. Penambahan elemen paduan seperti Cu, Ni, Si, dan Cr pada baja karbon rendah menunjukkan pengaruh terhadap korosi. Unsur-unsur tersebut dapat meningkatkan ketahanan korosi^[18]. Sedangkan penambahan unsure Si, Ti, S, Se, dan C akan menurunkan ketahanan korosi^[25].

Tabel 2.1. Produk korosi pada baja^[20]

Senyawa	Warna	Oksida	Ket.
Fe ₂ O ₃ .H ₂ O Fe(OH) ₃	Merah kecoklatan	Fe ³⁺	<i>Hematite</i>
Fe ₃ O ₄	Hitam	Fe ^{2+/3+}	<i>Magnetite/lodestone</i>
Fe(OH) ₂	Biru/Hijau	Fe ²⁺	Dapat larut, warna dapat berubah sesuai tingkat keasaman (pH)
FeO	Hitam	Fe ²⁺	<i>Pyrophoric</i>

2.4.1. Korosi pada Baja dengan Pengaruh Ion Klorida

Korosi pada baja karbon antara lain dipengaruhi oleh konsentrasi ion agresif, seperti ion klorida (Cl^-) dan ion sulfat (SO_4^{2-}). Ion klorida merupakan faktor penting yang mempengaruhi korosi. Ion klorida ini merusak lapisan pasif yang dapat menghalangi korosi. Mekanisme tersebut menghasilkan *pitting corrosion* dimana lapisan pasif yang pecah akan memberikan jalan bagi H^+ menuju logam yang tak terlindungi lagi.

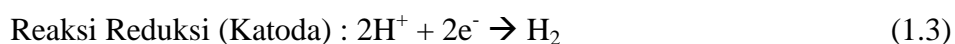
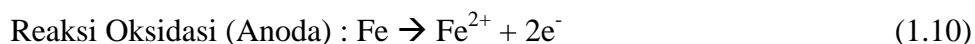
Ion klorida dikenal memiliki efek perusak terhadap baja karbon. Kebanyakan ion tersebut memiliki kemampuan untuk terserap di permukaan logam dan berinterferensi membentuk lapisan pasif. *Pitting* merupakan jenis serangan utama yang terjadi akibat ion klorida. Ketika proses korosi mulai, reaksi hidrolisis ion logam dari reaksi anodik menyebabkan penurunan pH, yang dapat menghambat perbaikan lapisan film dan mempercepat serangan. Baja karbon akan terkorosi di dalam air yang mengandung klorida terutama dalam bentuk korosi *uniform* dibandingkan dalam bentuk *localized attack*^[21].

2.4.2. Korosi pada Baja dengan Pengaruh pH

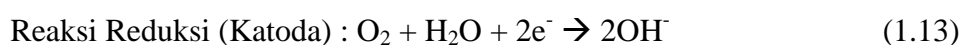
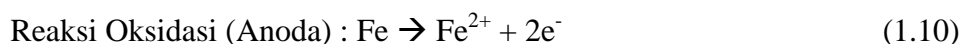
Salah satu yang merupakan pengaruh lingkungan pada korosi baja yaitu pH. Perubahan pH pada suatu larutan akan menyebabkan kecenderungan korosi yang berbeda-beda pada potensial tertentu. Semakin kecil pH maka semakin korosif lingkungan, sehingga logam akan lebih mudah terkorosi. Kondisi pH rendah pada lingkungan asam jelas mempercepat korosi dengan menyediakan pasokan berlimpah ion hidrogen bebas. Meskipun air bahkan benar-benar murni mengandung beberapa ion hidrogen bebas, karbon dioksida bebas dalam air dapat memperbanyak konsentrasi ion hidrogen berkali-kali.

Beberapa sifat karakteristik logam Fe pada masing-masing kondisi lingkungan dengan tingkat keasaman (pH) yang berbeda adalah sebagai berikut :

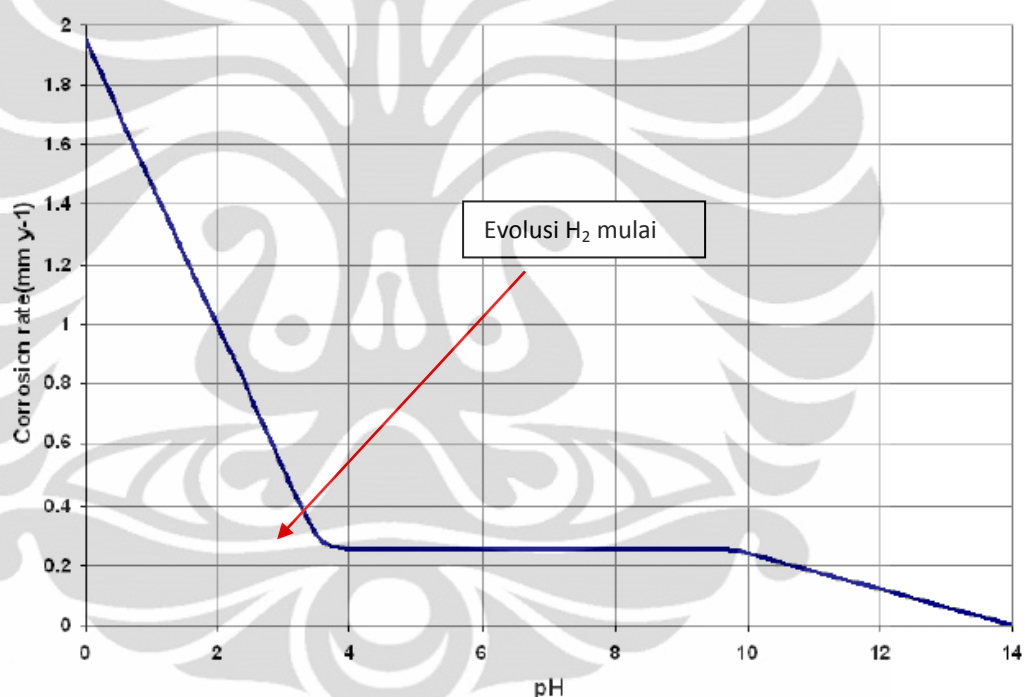
- a) Pada lingkungan pH rendah (asam), logam Fe akan berada pada kondisi imun. Tetapi jika logam Fe berada pada nilai potensial yang tinggi maka logam Fe memiliki kecenderungan untuk terkorosi secara merata membentuk ion Fe^{2+} dan ion Fe^{3+} . Reaksi yang terjadi adalah :



- b) Pada lingkungan pH tinggi (basa), logam Fe akan berada pada daerah imun, yaitu terbentuk lapisan pasif berupa Fe_2O_3 . Tetapi terdapat pula daerah aktif terkorosi dimana akan terbentuk HFeO_2^-



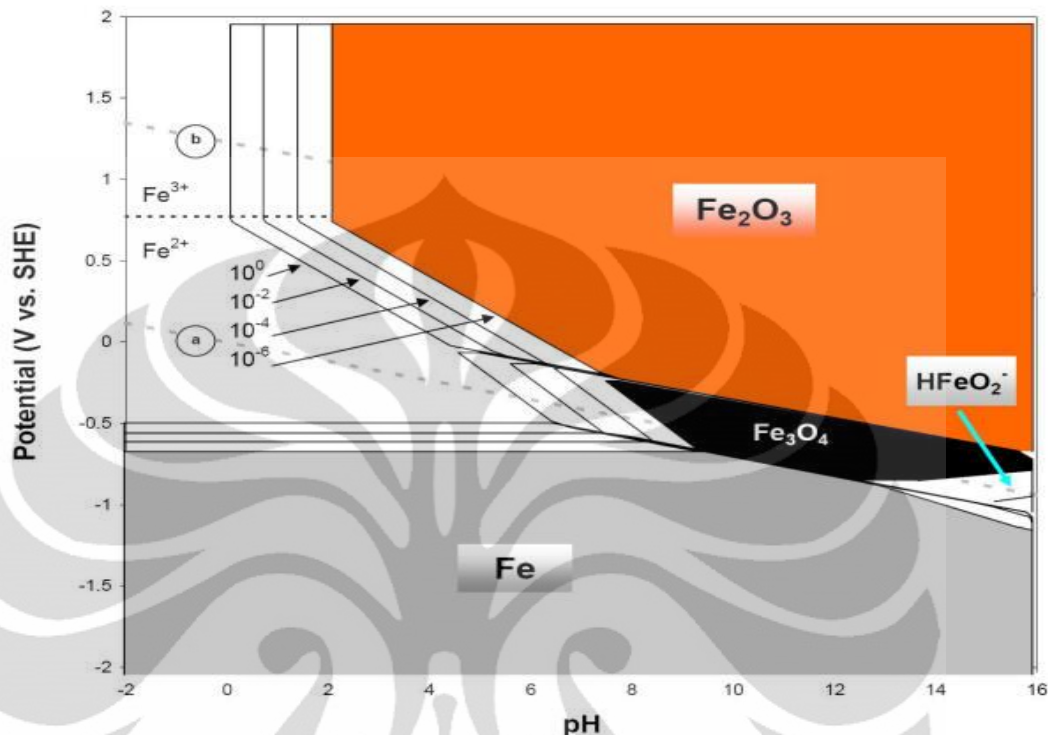
- c) Pada lingkungan pH Netral, Logam Fe akan berada dalam daerah imun dan membentuk lapisan pasif berupa Fe_2O_3 dan berupa Fe_3O_4 . Tetapi pada daerah ini, kemungkinan logam Fe berada pada daerah aktif terkorosi masih ada. Pada daerah pasif material tersebut tetap terkorosi, tetapi laju korosinya sangat lambat akibat adanya lapisan pasif.



Gambar 2.2. Pengaruh pH pada korosi *aqueous* baja, menggunakan HCl dan NaOH untuk mengontrol pH di dalam air yang mengandung oksigen terlarut^[22]

Poin penting bahwa pH berpengaruh terhadap korosi baja karbon pada pH rendah bukan hal sederhana. Hal tersebut dikarenakan persamaan kinetik berhubungan dengan laju korosi. Selain itu, misalnya adanya ion tambahan seperti ion Cl^- kemungkinan meningkatkan timbulnya *localized attack* contohnya *pitting*, *crevice corrosion*, dan *SCC (Stress Corrosion Cracking)*. Jadi, pengaruh variabel pH terhadap proses korosi sangatlah kompleks^[23].

Pengaruh pH pada proses korosi dapat dilihat pada Diagram Pourbaix (gambar 2.3) berikut :



Gambar 2.3. Diagram pourbaix Fe pada 25°C^[24]

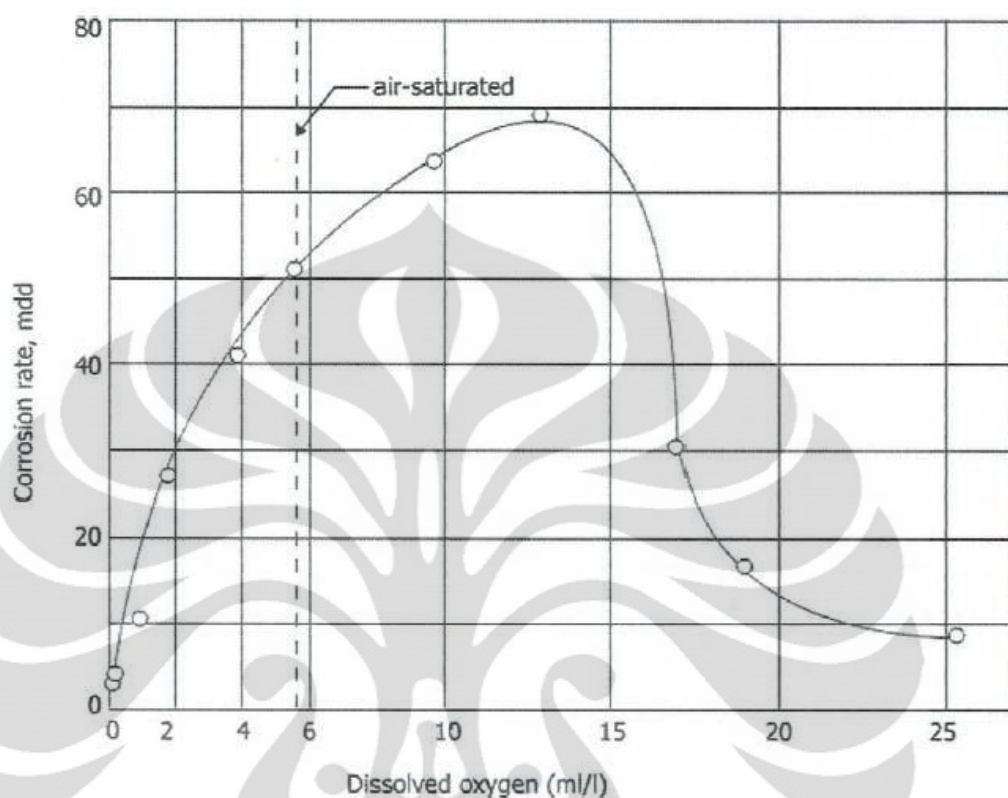
Pada Diagram Pourbaix diatas, terdapat daerah-daerah yang terdiri dari tiga bagian, yaitu :

- Daerah imun yaitu daerah dimana logam tetap dalam keadaannya untuk logam murni dan logam Fe tidak mengalami korosi (wilayah berwarna abu-abu).
- Daerah pasif yaitu daerah dimana logam Fe akan terkorosi secara lambat karena pada permukaan logam Fe akan membentuk lapisan pasif yang menghambat laju korosi (wilayah berwarna orange dan hitam).
- Daerah korosi (aktif) yaitu dimana logam Fe akan membentuk ion logam yang larut dalam elektrolit (wilayah berwarna putih).

2.4.3. Korosi pada Baja dengan Pengaruh Oksigen Terlarut

Efek pengaruh oksigen terlarut terlihat pada Gambar 2.4.. Dijelaskan bahwa laju korosi meningkat dari tahap awal hingga ke tahapan tertentu,

kemudian kembali turun. Laju korosi pada baja dikontrol oleh proses katodik, yaitu suplai oksigen terlarut^[25].



Gambar 2.4. Pengaruh oksigen terlarut pada korosi baja karbon rendah di air destilasi (temperatur 25°C dan perendaman 48 jam) yang mengandung 165 ppm CaCl_2 ^[26].

Penurunan laju korosi tersebut mengarah kepada terbentuknya lapisan pasif di permukaan^[15]. Proses korosi pada besi atau baja pada temperatur kamar membutuhkan oksigen terlarut pada larutan netral dan alkali. Perbedaan *transport* oksigen terlarut menghasilkan perbedaan sel differensiasi aerasi, yang akan menghasilkan korosi terlokalisasi pada permukaan besi atau baja pada temperatur kamar. pH yang lebih rendah terdapat di daerah anoda (di bawah deposit karat oksida) sedangkan di sekelilingnya merupakan daerah katoda (ber-pH tinggi) yang dihasilkan dari reaksi reduksi oksigen terlarut^[27].

2.5. Perlindungan terhadap Korosi

Korosi merupakan proses alami yang tidak dapat dihindari, tetapi korosi itu sendiri harus dikontrol dengan pengendalian dan monitoring agar tidak menimbulkan dampak yang negatif. Pengendalian korosi itu sendiri dengan cara mengatur terjadinya laju korosi. Metode perlindungan korosi dapat dibagi-bagi

menjadi beberapa pendekatan, antara lain termodinamika (Diagram Pourbaix), kinetika (proteksi katodik), lapisan pelindung (proteksi anodik, *coatings*, dan inhibitor), desain struktural, kontrol lingkungan, dan *metallurgical design*. Metode-metode perlindungan tersebut digunakan untuk suatu material disesuaikan dengan jenis, karakteristik, dan aplikasi material tersebut, kondisi lingkungan, biaya, ketersediaan, dan efektivitas dan efisiensi metode perlindungan tersebut untuk material dan kondisi lingkungannya. Pada logam, perlindungan preventif yang biasa dan banyak digunakan karena pertimbangan-pertimbangan di atas antara lain proteksi katodik, *coatings*, pemilihan material dan inhibitor^[28].

2.5.1. *Coating*

Salah satu metode pengendalian korosi yang lain ialah dengan cara memberi lapisan perlindungan (*coating protection*). Proteksi lapisan yang lazim digunakan pada jaringan pipa adalah eksternal pelapisan, yang sering kali dikombinasi dengan proteksi katodik. Untuk korosi bagian dalam pipa (internal korosi) pengendaliannya lebih sukar, apabila terjadi kebocoran/kegagalan umumnya lebih merata sepanjang jaringan yang berhubungan dengan korosi bagian luar. Fungsi dari lapisan tersebut adalah untuk mencegah logam dari kontak langsung dengan elektrolit dan lingkungan sehingga reaksi logam dan lingkungan terhambat.

Fungsi Lapisan *Coating*:

- A. Lapisan primer merupakan lapisan utama yang berkontak langsung dengan logam yang akan dilindungi dan bersifat anti-*corrosive*. Sifat:
- Adhesi pada permukaan logam harus kuat
 - Daya inhibisi korosi (inhibitor)
 - Daya “sacrificial”

Fungsi utama lapisan primer:

- Inhibisi, Menghambat proses korosi elektrokimia
- Barrier, Mencegah kandungan air dan oksigen mencapai permukaan baja
- Sacrificial, Pigmen yang mengandung logam yang lebih aktif (seng) akan terkorosi menggantikan logam induk (baja). Jadi coating untuk baja biasanya mengandung serbuk seng.

- B. Lapisan *Intermediate* merupakan lapisan yang berada diantara atau setelah lapisan primer yang bertujuan untuk mempertebal.
- a) Menambah ketebalan
 - b) Ketahanan kimia
 - c) Adhesi antara primer dan *topcoat*
- C. *Topcoat* (luar) adalah lapisan paling luar selain melindungi juga sebagai estetika
- a) Ketahanan cuaca dan kimia
 - b) Memberikan warna dan kilap
 - c) Mencegah jamur

Berdasarkan definisi ASTM D16-47, cat yaitu larutan dispersi yang dapat diubah menjadi larutan padat yang relatif tidak tembus cahaya setelah digunakan sebagai lapisan tipis pada suatu permukaan bahan dasar. Pelapisan biasanya dimaksudkan untuk memberikan suatu lapisan padat dan merata sebagai bahan isolator atau penghambat aliran listrik diseluruh permukaan logam yang dilindungi^[39].

Secara umum, *coating* dibagi menjadi tiga jenis, yaitu^[28]:

1. Pelapis Logam: *electroplating, electroless-plating, hot dip galvanizing, pack cementation, cladding, thermal spraying, dan physical vapor deposition.*
2. Pelapis Organik, dengan tiga metode proteksi, yaitu *barrier effect, sacrificial effect, dan inhibition effect.*
3. Pelapis Anorganik: *anodizing, chromate filming, phosphate coating, nitriding, dan lapisan pasif.*

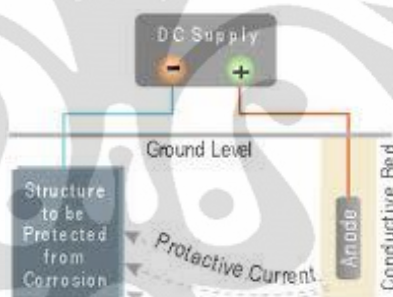
2.5.2. Proteksi Katodik dan Anodik

Proteksi katodik adalah sistem perlindungan permukaan logam dengan cara melalukan arus searah yang memadai ke permukaan logam dan mengkonversikan semua daerah anoda di permukaan logam menjadi daerah katodik. Sistem ini hanya efektif untuk sistem-sistem yang terbenam dalam air atau di dalam tanah. Proteksi katodik biasanya digunakan untuk kapal laut, sebagai pengganti *coating*. Selain itu proteksi katodik dan anodik berhasil mengendalikan laju korosi untuk struktur pinggir pantai, instalasi pipa, dan tangki bawah tanah atau laut dan sebagainya.

Mekanisme Proteksi katodik dan anodik:

1. Arus Tanding

Arus Tanding atau disebut dengan arus tanding merupakan suatu metode perlindungan logam dengan cara memberikan arus searah (DC) dari luar struktur (*rectifier*). Prinsip dari penggunaan metode ini adalah saat pemberian arus searah dengan besar arus dan tegangan tertentu kepada anoda, maka pemberian maka akan terjadi suplai elektron kepada katoda. Suplai elektron tidak didapat dari anoda namun suplai dari luar. Anoda ini akan mencegah terjadinya terlarutnya logam katoda menjadi ion – ionnya. Anoda juga diperlukan dalam penggunaan metode ini dan biasanya anoda yang digunakan dalam sistem proteksi ini adalah logam inert seperti karbon, *high silicon cast iron*, *platinum-coated metal*, *lead-silver*, dll.



Gambar 2.5 Struktur dari arus tanding ^[29]

Terdapat beberapa keuntungan dan kelemahan dalam penggunaan proteksi katodik ini. Beberapa keuntungannya yaitu :

- a. Memiliki *driving voltage* yang besar sehingga efektif dalam melindungi struktur yang besar
- b. Kontrol tegangan dan arus yang fleksibel
- c. Dapat diterapkan pada struktur tanpa coating dan lingkungan dengan resistivitas yang tinggi.

Beberapa kelemahan pada metode ini adalah :

- a. Kemungkinan terjadi interaksi dengan struktur lain
- b. Sangat bergantung dari keberadaan sumber arus dari luar
- c. Memerlukan maintenance, monitoring, dan inspeksi yang cukup rumit dan rutin
- d. Gangguan pada anoda akan mempengaruhi kinerja selama ini

2. Anoda Korban

Anoda Korban atau disebut dengan anoda korban adalah suatu sistem proteksi katodik dengan memperlakukan logam yang akan diproteksi secara keseluruhan sebagai katoda. Prinsip proteksi ini sama dengan prinsip korosi galvanik dimana logam yang dilindungi harus tidak lebih reaktif dari logam yang akan dikorbankan atau untuk melindunginya berdasarkan deret galvanik. Kereaktifan logam ini berdasarkan nilai potensial dari logam – logam tersebut. Material anoda korban harus lebih aktif.

Banyak logam yang dapat dipakai dalam sistem proteksi anoda korban namun material yang sering dipakai sebagai anoda korban terutama pada industri minyak dan gas seperti pipa, *vessel*, dan fasilitas – fasilitas lainnya adalah seng (Zn), Aluminium (Al), dan Magnesium (Mg). Masing – masing logam ini memiliki keistimewaan terutama pada penggunaannya. Pada logam Zn biasanya dipakai untuk daerah perairan air payau seperti sungai, danau, bendungan, dll. Untuk logam Al sering dipakai untuk melindungi peralatan – peralatan pada daerah yang mengandung kadar Cl^- yang tinggi seperti pada air laut, sedangkan untuk logam Mg biasa digunakan untuk melindungi peralatan – peralatan di dalam tanah

Penggunaan dari anoda korba harus selalu dimonitor dan diperhitungkan karena material yang akan dikorbankan akan habis sesuai perhitungan luasan yang akan dilindungi dalam jangka waktu tertentu. Terdapat beberapa keuntungan dalam penggunaan metode ini, antara lain :

1. Tidak memerlukan sumber daya eksternal sehingga metode ini dapat digunakan untuk daerah terpencil
2. Biaya instalasi relatif rendah
3. Perawatan yang dibutuhkan cukup sederhana
4. Kemungkinan terjadinya over proteksi kecil
5. Tidak terdapat bahaya interferensi
6. Distribusi arus merata

Kelemahan dari penggunaan anoda korban antara lain :

- a. Terdapat batasan luas proteksi
- b. Tidak terlalu efektif bila digunakan untuk lingkungan resistivitas tinggi

- c. Membutuhkan jumlah yang besar untuk pemakaian struktur yang besar, seperti pada pipa – pipa berdiameter besar

Syarat material yang dapat digunakan sebagai anoda korban adalah

- a. Potensial korosi material anoda harus lebih negatif
- b. Polarisasi anoda korba harus cukup rendah
- c. Efisiensi material yang digunakan sebagai anoda harus tinggi.

2.5.3 Inhibitor Korosi

Suatu inhibitor kimia adalah suatu zat kimia yang dapat menghambat atau memperlambat suatu reaksi kimia. Secara khusus, inhibitor korosi merupakan suatu zat kimia yang bila ditambahkan kedalam suatu lingkungan tertentu, dapat menurunkan laju penyerangan lingkungan itu terhadap suatu logam. Adapun mekanisme kerja inhibitor secara umum dapat dibedakan sebagai berikut^[4]:

1. Melalui pengaruh lingkungan (misal pH) menyebabkan inhibitor dapat mengendap dan selanjutnya teradsorpsi pada permukaan logam serta melindunginya terhadap korosi. Endapan yang terjadi cukup banyak, sehingga lapisan yang terjadi dapat teramati oleh mata.
2. Inhibitor lebih dulu mengkorosi logamnya, dan menghasilkan suatu zat kimia yang kemudian melalui peristiwa adsorpsi dari produk korosi tersebut membentuk suatu lapisan pasif pada permukaan logam.
3. Inhibitor teradsorpsi pada permukaan logam, dan membentuk suatu lapisan tipis dengan ketebalan beberapa molekul inhibitor. Lapisan ini tidak dapat dilihat oleh mata biasa, namun dapat menghambat penyerangan lingkungan terhadap logamnya.
4. Inhibitor menghilangkan kontituen yang agresif dari lingkungannya. Berdasarkan sifat korosi logam secara elektrokimia, inhibitor dapat mempengaruhi polarisasi anodik dan katodik. Bila suatu sel korosi dapat dianggap terdiri dari empat komponen yaitu: anoda, katoda, elektrolit dan penghantar elektronik, maka inhibitor korosi memberikan kemungkinan menaikkan polarisasi anodik, atau menaikkan polasisasi katodik atau menaikkan tahanan listrik dari rangkaian melalui pembentukan endapan tipis pada permukaan logam. Mekanisme ini dapat diamati melalui suatu kurva polarisasi yang diperoleh secara eksperimental.

Inhibitor bekerja memperlambat laju korosi dengan beberapa cara antara lain adalah^[30] :

1. Meningkatkan sifat polarisasi katodik dan anodik material
2. Mereduksi pergerakan atau difusi ion ke permukaan logam
3. Meningkatkan tahanan listrik pada permukaan logam

Jenis-Jenis Inhibitor

1. Inhibitor Anodik (passivasi)

Seperti namanya anodic inhibitor bekerja dengan menghambat terjadinya reaksi anodik. Inhibitor jenis ini bekerja dengan mengubah sifat permukaan logam menjadi pasif. Terdapat dua jenis inhibitor anodik yaitu^[27]:

- *Oxidizing ion* yang bisa membentuk perlindungan pada logam tanpa membutuhkan oksigen, contoh inhibitor jenis ini adalah *inhibitor* berbasis nitrat, kromat, dan nitrit.
- *Non-Oxidizing ion* adalah jenis inhibitor anodik yang membentuk lapisan pasif pada permukaan anoda dengan membutuhkan kehadiran oksigen seperti *oshphate, tungsten, molybdate*.

Inhibitor jenis ini biasa digunakan pada aplikasi *recirculation-cooling systems, rectrifier* 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*)

2. Inhibitor Katodik

Inhibitor katodik bekerja dengan menghambat reaksi katodik suatu logam dan membentuk presipitat di wilayah katoda yang dapat meningkatkan impedansi permukaan sekaligus membatasi difusi pereduksi untuk melindungi logam tersebut. Karena reaksi anodik dan katodik berjalan setimbang, maka penghambatan reaksi katodik akan menyebabkan reaksi anodik (korosi logam) terhambat juga. Penambahan inhibitor katodik menyebabkan potensial korosi dan rapat arus korosi logam turun. Terdapat tiga jenis inhibitor katodik, yaitu^[30]:

- a) Racun katoda, yang dapat menghambat reaksi evolusi hidrogen. Contohnya antara lain sulfida, selenida, arsenat, bismunat, dan antimonat.

- b) Presipitat katoda, yang dapat mengendap membentuk oksida sebagai lapisan pelindung pada logam. Contohnya antara lain kalsium, seng, dan magnesium.
- c) *Oxygen scavengers*, yang dapat mengikat oksigen terlarut sehingga mencegah reaksi reduksi oksigen pada katoda. Contohnya antara lain hidrasin, natrium sulfit, dan hidroksil amin HCl.

3. Inhibitor Organik

Inhibitor organik bekerja dengan membentuk senyawa kompleks yang mengendap (*adsorpsi*) pada permukaan logam sebagai lapisan pelindung yang bersifat *hidrofobik* yang dapat menghambat reaksi logam tersebut dengan lingkungannya. Reaksi tersebut dapat berupa reaksi anodik, reaksi katodik, ataupun keduanya. Hal ini tergantung dari reaksi pada permukaan logam dan potensial logam tersebut. Selain fungsi utamanya tersebut, inhibitor organik juga dapat menetralkan konstituen korosif dan mengabsorpsi konstituen korosif tersebut. Bila ditambahkan dengan konsentrasi yang tepat, inhibitor dapat melindungi seluruh permukaan logam^[30].

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.

4. Inhibitor Presipitasi

Inhibitor presipitasi bekerja dengan membentuk presipitat di seluruh permukaan suatu logam yang berperan sebagai lapisan pelindung untuk menghambat reaksi anodik dan katodik logam tersebut secara tidak langsung. Contoh yang umum dari inhibitor ini adalah silikat dan *phosphat*. Natrium silikat baik digunakan sebagai *water softeners* untuk mencegah terjadinya *rust water*. Namun, pemakaiannya sangat dipengaruhi pH dan *Saturation Index*. Selain itu *phosphat* membutuhkan oksigen untuk meningkatkan efektivitas kerjanya. Silikat dan *phosphat* sangat berguna pada sistem lingkungan dimana aditif yang bersifat racun tidak ada^[30].

5. Inhibitor Mudah Menguap

Inhibitor jenis ini bekerja pada ruangan tertutup dengan cara meniupkannya dari tempat dia diuapkan menuju ke lingkungan yang korosif. Inhibitor ini setelah menyentuh permukaan logam yang akan dilindungi akan 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^[30].

2.5.4. Pemilihan Material

Salah cara mengendalikan laju korosi ialah dengan pemilihan material yang digunakan, hal tersebut juga disesuaikan dengan kondisi lingkungan aplikasi dari material tersebut. Yang pertama dilakukan adalah peninjauan terhadap lingkungan dimana material tersebut akan diaplikasikan. Dalam memilih material sebagai metode pengendalian laju korosi terdapat beberapa faktor, seperti faktor ekonomi, sifat dari material, lingkungan, dan lain-lain. Dalam hal ini faktor-faktor tersebut ditujukan agar mendapatkan penggunaan material secara efektif dan efisien.

2.6. Pengukuran Laju Korosi dengan Metode Kehilangan berat

Metode kehilangan berat adalah salah satu metode untuk mengetahui laju korosi dari suatu material terhadap lingkungannya. Berdasarkan ASTM G1-03^[41], persamaan untuk menghitung laju korosi adalah sebagai berikut :

$$\text{Laju korosi} = \frac{K.W}{D.A.T} \dots\dots\dots \text{Pers 2.1.}$$

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)

2.7. Efisiensi Inhibitor

Efisiensi inhibitor menunjukkan persentase penurunan laju korosi akibat penambahan inhibitor. Persamaannya adalah sebagai berikut :

$$Efisiensi\ inhibitor = \frac{X_A - X_B}{X_A} \times 100\% \dots\dots\dots Pers\ 2.2.$$

Dimana : X_A = laju korosi pada wadah tanpa inhibitor

X_B = laju korosi pada wadah dengan penambahan inhibitor.

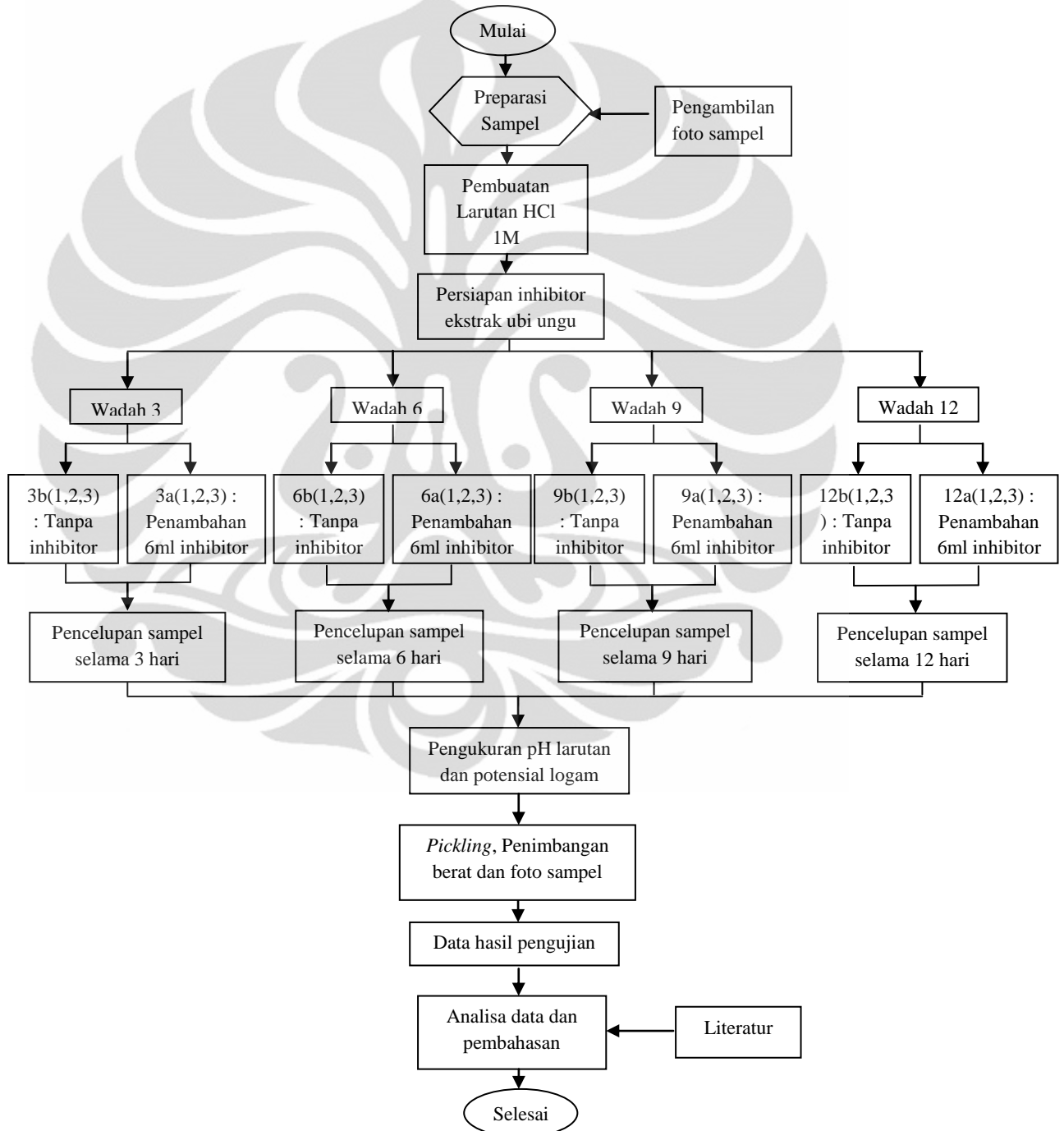
2.8. Ubi Jalar Ungu

Berdasarkan Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian Vol. 30. No. 4 2008, di Indonesia 89 % produksi ubi jalar digunakan sebagai bahan pangan dengan tingkat konsumsi 7,9 kg/kapita/tahun, sedangkan sisanya dimanfaatkan untuk bahan dasar industry, terutama saus, dan pakan ternak. Selama ini pemanfaatan ubi jalar sebagai bahan pangan masih terbatas dalam bentuk makanan tradisional. Setelah tahun 2000, penggunaan ubi jalar sebagai bahan pangan dan nonpangan mulai bervariasi. Bahan pangan yang kini mulai banyak diminati konsumen tidak hanya memiliki komposisi gizi yang baik serta penampakan dan cita rasa yang menarik, tetapi juga mempunyai fungsi fisiologis tertentu bagi tubuh. Senyawa antosianin yang terdapat pada ubi jalar berfungsi sebagai antioksidan penangkap radikal bebas, sehingga berperan dalam mencegah terjadinya penuaan, kanker, dan penyakit degeneratif seperti arteriosklerosis. Selain itu, antosionin juga memiliki kemampuan sebagai antimutagenik dan antikarsinogenik terhadap mutagen dan karsinogen yang terdapat pada bahan pangan dan produk olahannya, mencegah gangguan fungsi hati, antipertensi, dan menurunkan kadar gula darah^[40].

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan dari persiapan sampel hingga proses *pickling* dan menimbang sampel, seperti diagram alir berikut :



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian

3.2. Alat dan Bahan

3.2.1. Alat

1. Alat pemotong sampel
2. Mesin bor dan mata bor diameter 3 mm
3. Amplas #80 dan #400
4. Timbangan digital
5. pH meter digital
6. Multimeter
7. Jangka sorong
8. Benang untuk menggantungkan sampel
9. Wadah plastik (botol air mineral 1.5 L) dan kertas label
10. Elektroda standar kalomel (*SCE-Standard Calomel Electrode*)
11. Penggaris, Pensil, Gunting
12. Kamera digital
13. Beaker glass 1000 ml
14. Tabung ukur 100ml
15. *Hair Dryer*
16. *Ultrasonic Agitator*
17. Suntikan

3.2.2. Bahan

Bahan yang digunakan untuk penelitian, antara lain:

1. Material Baja Karbon Rendah
 - Dimensi: 25 mm x 20 mm x 1 mm
 - Densitas: dipilih 5 material secara acak untuk dihitung densitasnya. Panjang (p), lebar (l), dan tebal (t) diukur menggunakan jangka sorong, sedangkan massa sampel (m) diukur menggunakan timbangan digital. Sehingga densitas sampel (ρ) adalah

$$\frac{m}{p \times l \times t} \dots\dots\dots \text{Pers 3.1}$$

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

Tabel 3.1. Dimensi dan berat sampel

Sampel	p (cm)	l (cm)	t (cm)	m (gram)	ρ (gram/cm^3)
1	2,48	2	0,1	3,13	6,310
2	2,5	2,1	0,1	3,13	5,961
3	2,5	2,1	0,1	3,17	6,038
4	2,47	2,0	0,1	3,10	6,250
5	2,46	2,0	0,1	3,17	6,391

Dari kelima sampel diatas, didapat densitas material rata-rata

$$\frac{6,310+5,961+6,038+6,250+6,391}{5} = 6,190 \text{ gr}/\text{cm}^3$$

2. HCl 32%
3. Ekstrak ubi ungu (dengan merk "X")
4. Aquades
5. Acetone dan air sabun
6. NaHCO_3
7. Inhibitor *baracor*

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1. Preparasi Sampel

Sampel perlu dilakukan preparasi sesuai standar yang ada, antara lain :

1. Untuk pengujian ini, material yang didapat berdimensi 200 mm x 200 mm x 1 mm. Kemudian material dipotong menjadi ukuran 25 mm x 20 mm x 1 mm. Ukuran sampel ini disesuaikan dengan ukuran wadah plastik yang digunakan untuk pencelupan. Berdasarkan ASTM G31-72, dimana volume larutan minimal untuk merendam sebuah sampel adalah sebanyak 0,4 kali luas permukaan sampel^[42].
2. Peneboran Sampel
 Sampel yang sudah diampelas lalu dilakukan pengeboran dengan mata bor berjari-jari $r = 1,5\text{mm}$ pada bagian atas sebagai tempat menggantung sampel.

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 #400.

4. Pengambilan Foto

Sampel difoto untuk melihat dan mendapatkan data kondisi visual pada permukaan sampel sebelum dilakukan pencelupan

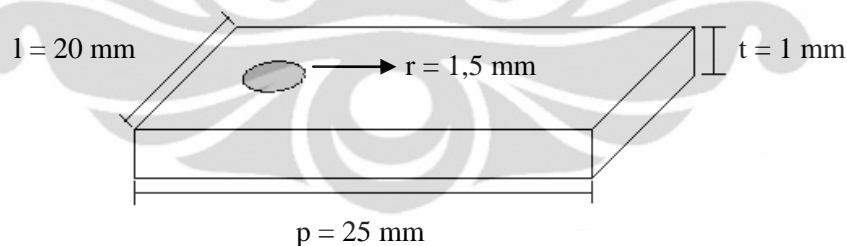
5. Penimbangan berat awal sampel

Setiap sampel dilakukan penimbangan awal menggunakan timbangan digital untuk

3.3.2. Persiapan Larutan

Siapkan 98,5 ml larutan HCl 32% untuk dilarutkan dengan *aquades* sampai volume larutan 1000 ml pada *beaker glass* 1000 ml dan 500 ml untuk mendapatkan larutan HCl 1 M, kemudian simpan dalam wadah yang besar (seperti dirigen). Berdasarkan ASTM G31-72^[42], untuk pengujian rendam skala laboratorium, volume larutan minimal untuk pengujian adalah :

$$volume\ larutan = \left(0.2 \frac{s}{d} 0.4\right) \times (luas\ permukaan\ sampel) \dots\dots Pers\ 3.2$$



Luas permukaan sampel:

$$\begin{aligned} &= (2 \times p \times l) + (2 \times p \times t) + (2 \times l \times t) - (2\pi r^2) + (t \times 2\pi r) \\ &= (2 \times 25 \times 20) + (2 \times 25 \times 1) + (2 \times 20 \times 1) - (2 \times 3,14 \times 1,5^2) + (1 \times 2 \times 3,14 \times 1,5) \\ &= 1085,29\text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jika diambil batas atasnya sebesar 0,4% dari luas permukaan sampel, maka :

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

Volume minimal larutan yang digunakan untuk sebuah sampel dengan luas permukaan $1085,29 \text{ mm}^2$ adalah 434 ml. Dalam penelitian, volume yang digunakan adalah 450 ml. Hal tersebut disebabkan dalam satu wadah plastik dibutuhkan 450 ml larutan rendam, siapkan 10800 ml larutan HCl 1 M untuk 24 wadah.

3.3.3. Pembuatan 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 yang digunakan bermerek "X" 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 1 konsentrasi sebagai variabel tetap, dimana inhibitor ditambahkan kedalam wadah masing-masing 6 ml.

3.3.4 Perendaman Sampel Dalam Larutan

Sampel yang telah dipreparasi, digantung dengan benang dan kemudian dicelupkan kedalam wadah plastik yang telah berisi larutan HCl $1M \pm 450\text{ml}$ 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 A (1, 2, 3) dan B (1, 2, 3) dengan perendaman sampel selama 3 hari.
 - a. 3A.1, 3A.2, 3A.3; pada larutan yang ditambahkan inhibitor
 - b. 3B.1, 3B.2, 3B.3; pada larutan yang tidak ditambahkan inhibitor
2. Wadah A (1, 2, 3) dan B (1, 2, 3) dengan perendaman sampel selama 6 hari.
 - a. 6A.1, 6A.2, 6A.3; pada larutan yang ditambahkan inhibitor
 - b. 6B.1, 6B.2, 6B.3; pada larutan yang tidak ditambahkan inhibitor
3. Wadah A (1, 2, 3) dan B (1, 2, 3) dengan perendaman sampel selama 9 hari.
 - a. 9A.1, 9A.2, 9A.3; pada larutan yang ditambahkan inhibitor
 - b. 9B.1, 9B.2, 9B.3; pada larutan yang tidak ditambahkan inhibitor
4. Wadah A (1, 2, 3) dan B (1, 2, 3) dengan perendaman sampel selama 12 hari.
 - c. 12A.1, 12A.2, 12A.3; pada larutan yang ditambahkan inhibitor
 - d. 12B.1, 12B.2, 12B.3; pada larutan yang tidak ditambahkan inhibitor

Beberapa 15 menit setelah dilakukan pencelupan, setiap wadah diukur potensial dan pH larutan. Pengukuran pH dilakukan dengan mencelupkan pH meter digital dan kertas lakmus ke dalam larutan. Pengukuran potensial logam dilakukan dengan menggunakan multimeter, dimana bagian positif dihubungkan dengan sampel dan bagian negatif dengan elektroda standar Ag/AgCl.

3.3.5 Pembersihan Sampel^[31]

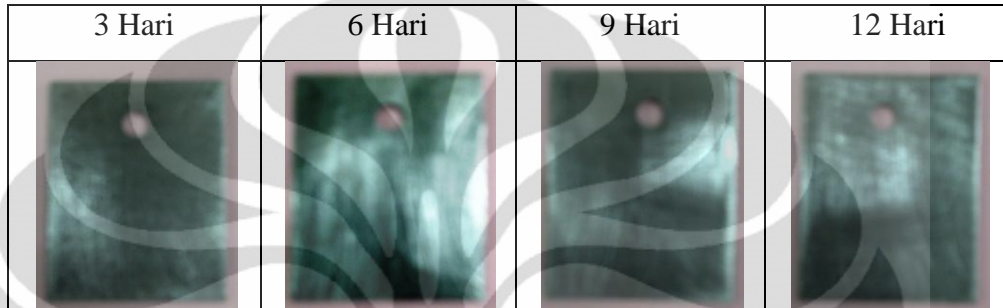
- a. Keluarkan sampel untuk difoto sebelum melakukan pembersihan
- b. Celupkan sampel kedalam air sabun untuk menghilangkan minyak atau *paraffin* pada permukaan sampel. Cuci dengan *acetone* kemudian keringkan dengan *hair dryer*.
- c. Masukkan sampel kedalam *beaker glass* berisi larutan HCl 1M 200 ml yang sudah ditambahkan 2 ml inhibitor *baracor* untuk *pickling* dan menghilangkan *scale* dan produk korosi. Masukkan *beaker glass* tersebut kedalam mesin *Ultrasonic Agitator* untuk mempercepat proses.
- d. Celupkan sampel kedalam larutan NaHCO₃ lewat jenuh selama 1 menit untuk menghilangkan suasana asam kemudian bilas dengan *aquadesh*.
- e. Cuci sampel dengan *acetone* dan keringkan dengan *hair dryer*.
- f. Foto sampel dan hitung beratnya sesudah melakukan pembersihan.

BAB 4
HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

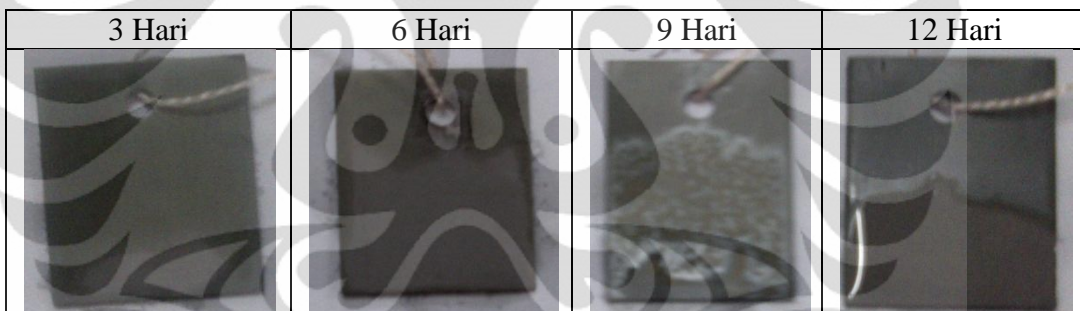
4.1. Hasil Pengujian

4.1.1. Hasil Pengamatan Visual Baja Karbon Rendah

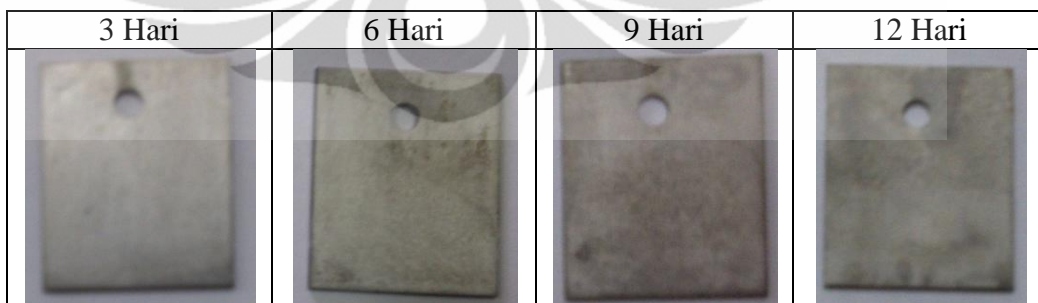
Tabel 4.1. Sampel sebelum perendaman



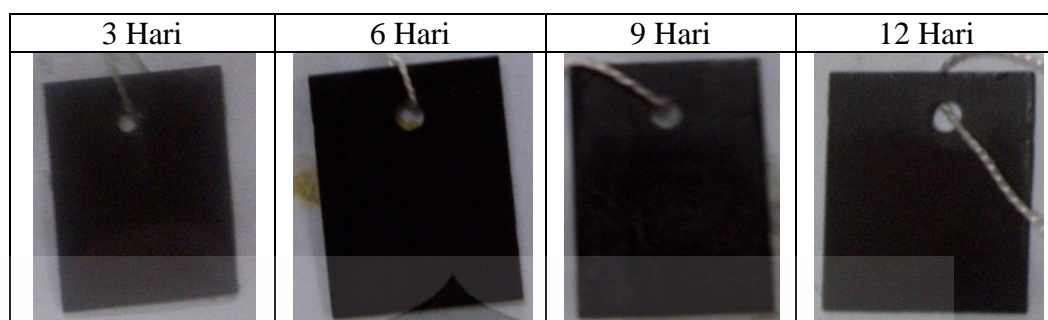
Tabel 4.2. Sampel dengan inhibitor setelah perendaman



Tabel 4.3. Sampel dengan inhibitor setelah *pickling*



Tabel 4.4. Sampel tanpa inhibitor setelah perendaman



Tabel 4.5. Sampel tanpa inhibitor setelah pickling



4.1.2. Hasil Pengujian *Spectroscopy* Baja Karbon Rendah

Pada penelitian ini, sampel baja karbon rendah dilakukan pengujian *spectroscopy* di CMPFA (*Center for Material Processing and Failure Analysis*) untuk mengetahui komposisi materialnya. Hasil pengujian menunjukkan komposisi baja karbon rendah adalah sebagai berikut sebagai berikut :

Tabel 4.6. Komposisi baja karbon rendah hasil pengujian *spectroscopy*

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.

4.1.3. Hasil Pengujian Perubahan pH

Tabel 4.7. Data pH larutan HCl 1M

No. Kupon	Waktu Rendam	Status Inhibitor	pH				
			pH awal	Rata-rata pH awal	pH akhir	Rata-rata pH akhir	Rata-rata perubahan pH
03A1	3 hari	Dengan Inhibitor	1,3	1,33	1,1	1,13	0,20
03A2			1,3		1,1		
03A3			1,4		1,2		
03B1		Tanpa Inhibitor	0,9	0,97	0,7	0,70	
03B2			1,0		0,7		
03B3			1,0		0,7		
06A1	6 hari	Dengan Inhibitor	1,4	1,37	1,2	1,17	0,20
06A2			1,4		1,2		
06A3			1,3		1,1		
06B1		Tanpa Inhibitor	1,0	0,97	0,7	0,70	
06B2			1,0		0,7		
06B3			0,9		0,7		
09A1	9 hari	Dengan Inhibitor	1,2	1,27	1,0	1,13	0,14
09A2			1,3		1,2		
09A3			1,3		1,2		
09B1		Tanpa Inhibitor	1,1	1,00	0,8	0,73	
09B2			0,9		0,7		
09B3			1,0		0,7		
12A1	12 hari	Dengan Inhibitor	1,4	1,30	1,2	1,10	0,20
12A2			1,3		1,1		
12A3			1,2		1,0		
12B1		Tanpa Inhibitor	1,0	0,97	0,7	0,70	
12B2			1,0		0,8		
12B3			0,9		0,6		

4.1.4. Hasil Pengujian Potensial Logam

Tabel 4.8. Data potensial logam

No.	Waktu Rendam	Status Inhibitor	Potensial				
			Potensial awal (vs Ag/AgCl) (V)	Rata-rata Potensial awal (vs Ag/AgCl) (V)	Potensial akhir (vs Ag/AgCl) (v)	Rata-rata Potensial akhir (vs Ag/AgCl) (V)	Perubahan rata-rata (V)
03A1	3 hari	Dengan Inhibitor	-0,403	-0,407	-0,390	-0,388	-0,019
03A2			-0,410		-0,390		
03A3			-0,406		-0,385		
03B1		Tanpa Inhibitor	-0,432	-0,443	-0,456	-0,458	
03B2			-0,450		-0,458		
03B3			-0,446		-0,459		
06A1	6 hari	Dengan Inhibitor	-0,407	-0,398	-0,393	-0,389	-0,009
06A2			-0,396		-0,388		
06A3			-0,392		-0,386		
06B1		Tanpa Inhibitor	-0,414	-0,407	-0,436	-0,457	
06B2			-0,405		-0,466		
06B3			-0,403		-0,468		
09A1	9 hari	Dengan Inhibitor	-0,426	-0,412	-0,371	-0,379	-0,033
09A2			-0,405		-0,379		
09A3			-0,405		-0,387		
09B1		Tanpa Inhibitor	-0,440	-0,437	-0,450	-0,451	
09B2			-0,435		-0,452		
09B3			-0,437		-0,451		
12A1	12 hari	Dengan Inhibitor	-0,389	-0,390	-0,384	-0,379	-0,011
12A2			-0,386		-0,376		
12A3			-0,395		-0,376		
12B1		Tanpa Inhibitor	-0,405	-0,407	-0,448	-0,437	
12B2			-0,404		-0,448		
12B3			-0,411		-0,416		

4.1.5. Hasil Pengujian Kehilangan Berat

Tabel 4.9. Data kehilangan berat logam

No. Kupon	Waktu Rendam	Status Inhibitor	Berat			
			W ₀ (gr)	W ₁ (gr)	ΔW (gr)	Rata-rata ΔW
03A1	3 hari	Dengan Inhibitor	3,1382	3,1089	0,0293	0,0301
03A2			3,2473	3,2166	0,0307	
03A3			3,2066	3,1763	0,0303	
03B1		Tanpa Inhibitor	3,2134	3,0725	0,1409	0,1366
03B2			3,2504	3,1058	0,1446	
03B3			3,1265	3,0022	0,1243	
06A1	6 hari	Dengan Inhibitor	3,0100	2,9640	0,0460	0,0462
06A2			3,1773	3,1296	0,0477	
06A3			3,0338	2,9889	0,0449	
06B1		Tanpa Inhibitor	3,1023	2,8772	0,2251	0,2603
06B2			3,1626	2,8713	0,2913	
06B3			3,1034	2,8390	0,2644	
09A1	9 hari	Dengan Inhibitor	3,0678	2,9983	0,0695	0,0683
09A2			3,0027	2,9348	0,0679	
09A3			3,0330	2,9655	0,0675	
09B1		Tanpa Inhibitor	3,3253	2,7260	0,5993	0,5475
09B2			3,0511	2,5275	0,5236	
09B3			3,0106	2,4911	0,5195	
12A1	12 hari	Dengan Inhibitor	3,1322	3,0231	0,1091	0,0964
12A2			3,1383	3,0498	0,0885	
12A3			3,0005	2,9090	0,0915	
12B1		Tanpa Inhibitor	3,1719	2,4233	0,7486	0,7386
12B2			3,1353	2,4114	0,7239	
12B3			3,0481	2,3103	0,7378	

4.1.6. Hasil Perhitungan Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor

Tabel 4.10. Data laju korosi logam dan efisiensi inhibitor

No. Kupon	Waktu Rendam	Status Inhibitor	ΔW (gr)	Laju Korosi (mpy)	Rata-rata Laju Korosi (mpy)	Efisiensi Inhibitor (%)
03A1	3 hari	Dengan Inhibitor	0,0293	20,8986	21,4692	77,96 %
03A2			0,0307	21,8972		
03A3			0,0303	21,6119		
03B1		Tanpa Inhibitor	0,1409	100,4989	97,4318	
03B2			0,1446	103,1379		
03B3			0,1243	88,6587		
06A1	6 hari	Dengan Inhibitor	0,0460	16,4051	16,4764	82,25 %
06A2			0,0477	17,0113		
06A3			0,0449	16,0128		
06B1		Tanpa Inhibitor	0,2251	80,2778	92,8194	
06B2			0,2913	103,8869		
06B3			0,2644	94,2935		
09A1	9 hari	Dengan Inhibitor	0,0695	16,5239	16,2386	87,52 %
09A2			0,0679	16,1435		
09A3			0,0675	16,0484		
09B1		Tanpa Inhibitor	0,5993	142,4863	130,1627	
09B2			0,5236	124,4883		
09B3			0,5195	123,5135		
12A1	12 hari	Dengan Inhibitor	0,1091	19,4543	17,1837	86,92 %
12A2			0,0885	15,7810		
12A3			0,0915	16,3159		
12B1		Tanpa Inhibitor	0,7486	133,4873	131,3772	
12B2			0,7239	129,0829		
12B3			0,7378	131,5615		

4.2. Analisa Data

4.2.1. Analisa Pengamatan Visual Baja Karbon Rendah

Ekstrak ubi ungu yang ditambahkan ke dalam larutan HCl 1 M sebesar 6 ml di setiap wadahnya. Wadah yang digunakan itu sendiri berjumlah 24 buah sesuai dengan jumlah sampel yang juga berjumlah 24 sampel (Gambar 4.1).



Gambar 4.1. Wadah penelitian berisi larutan HCl 1 M

Penambahan ekstrak ubi ungu menyebabkan perubahan warna, larutan HCl 1 M yang diberi inhibitor berubah warna dari bening menjadi merah. Hal ini menandakan terjadi pencampuran di dalam larutan tersebut. Dan pencampuran ini terjadi cukup cepat ditandai dengan perubahan warna yang cukup cepat juga.

Pembahasan selanjutnya kondisi sampel awal yang digunakan bersih dari karat dan sedikit terdapat goresan. Sebelumnya semua sampel dilakukan pengamplasan untuk menghilangkan zat-zat atau karat yang dapat mempengaruhi pengujian. Pada saat awal perendaman sampel terdapat banyak gelembung-gelembung yang mengarah ke bagian atas permukaan larutan HCl. Terjadinya gelembung-gelembung tersebut lebih banyak terjadi pada sistem yang tidak diberi inhibisi dibandingkan sistem yang terinhibisi. Gelembung ini merupakan H_2 , karena pada larutan yang lebih asam dengan $pH < 4$ (ada oksigen terlarut), oksida akan terlarut dan proses korosi akan meningkat, mengarah pada reduksi H^+ , reaksinya sebagai berikut^[15]:



Kondisi sampel setelah pencelupan memiliki ciri-ciri yang berbeda. Untuk sampel pada sistem yang tidak terinhibisi permukaan berwarna hitam dan terdapat sedikit dengan ukuran mikro korosi berbentuk sumuran (*pitting*). Selain itu warna hitam pada sampel tersebut merupakan produk korosi yang masih melekat pada permukaan sampel. Produk korosi yang terbentuk mempengaruhi besar berat kehilangan yang akan didapat. Hal tersebut karena makin banyak produk korosi

makin banyak juga permukaan logam yang terkikis atau terkorosi. Kondisi sampel setelah pembersihan terdapat bintik-bintik coklat di permukaan logam. Korosi yang terjadi pada sistem yang terinhibisi dan tidak terinhibisi adalah korosi *uniform* dan *pitting*^[21]. Sedangkan untuk sampel yang menggunakan inhibitor terlihat bahwa terdapat lapisan tipis yang terletak dibagian permukaan dari sampel. Produk korosi tidak terlihat pada saat sebelum dilakukan pembersihan, dan setelah dilakukan pembersihan hanya sedikit sekali bekas-bekas terjadinya korosi. Lapisan tipis tersebut terbentuk disebabkan oleh penambahan ekstrak ubi ungu ke dalam larutan HCl 1 M. Lapisan ini berfungsi untuk menghambat laju korosi yang terjadi. Pada sistem yang terinhibisi terjadi mekanisme perlindungan oleh inhibitor organik

Prinsip kerja dari ekstrak ubi ungu sesuai dengan prinsip kerja inhibitor organik yaitu adsorpsi pada permukaan logam. Dilihat dari kondisi sampel yang terdapat lapisan tipis, mekanisme adsorpsi yang terjadi adalah *film-forming*. Adsorpsi yang membentuk senyawa kompleks pada lapisan antar muka logam-larutan yang disebut *organo metallic complex layer* yang dapat menghambat reaksi permukaan^[33]. Terjadi transfer/*sharing* muatan dan elektron antara gugus atom yang tidak berpasangan pada ubi ungu (mengandung Antosianin sebagai senyawa antioksidannya) yang mengalami kecenderungan muatan tertentu di larutan HCl dengan atom valensi pada konfigurasi Fe dari baja karbon rendah yang memiliki energi ikatan yang rendah^[33]. Mekanisme tersebut cukup efisiensi menghambat laju korosi yang terjadi pada baja karbon rendah di lingkungan asam.

4.2.2. Analisa Pengujian *Spectroscopy* Baja Karbon Rendah

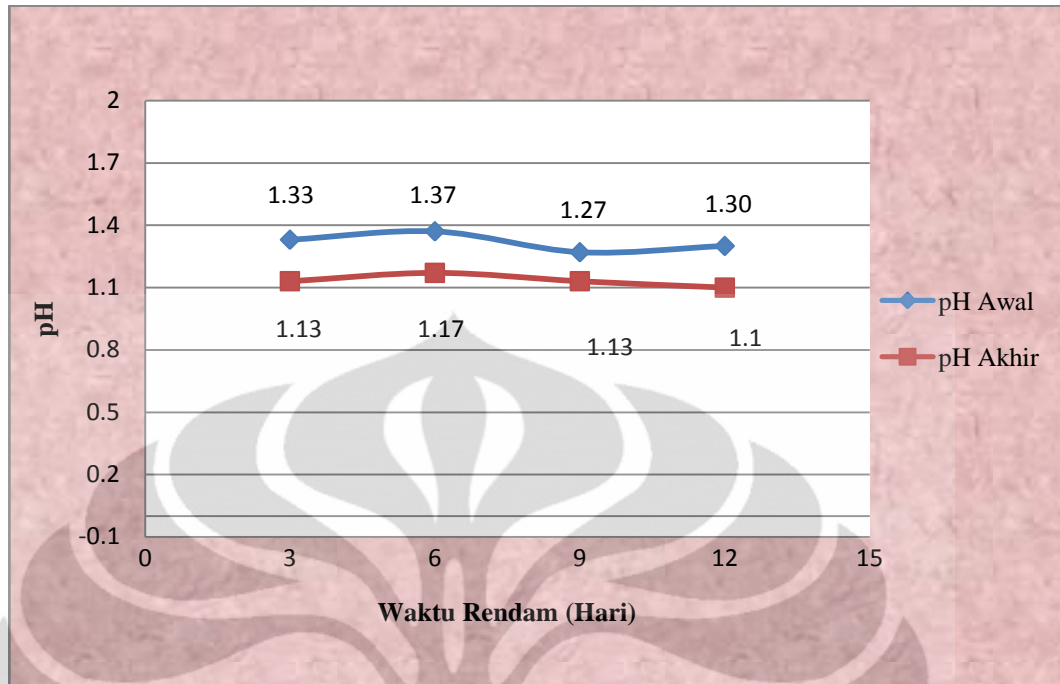
Berdasarkan data hasil pengujian *spectroscopy* (Tabel 4.6.), dapat dilihat bahwa unsur penyusun yang dominan dari baja karbon rendah adalah Fe (99.6%). Unsur-unsur lain yang didapat adalah C sebesar 0.057%, Mn sebesar 0.160%, Cr sebesar 0.023%, Al sebesar 0.05%, Cu sebesar 0.121%, Si sebesar 0.007%, Ni sebesar 0.031%, Ti kurang dari 0.002² %, Mo kurang dari 0.005² %, Nb kurang dari 0.002²%, dan V kurang dari 0.002² %. Maka dari hasil pengujian, didapatkan kadar karbon pada baja tersebut sebesar 0.057%. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa baja ini merupakan golongan baja karbon rendah yang memiliki *range* kadar karbon sekitar 0,05-1%. Elemen paduan seperti Cu, Ni, Si,

dan Cr pada baja dapat meningkatkan ketahanan korosi dari baja apabila diaplikasikan pada suatu lingkungan tertentu. Tetapi, hasil pengujian ini menunjukkan kandungan-kandungan unsur paduan dalam baja tersebut nilainya sangat kecil. Sehingga, sampel baja ini secara umum akan bersifat rentan terhadap korosi.

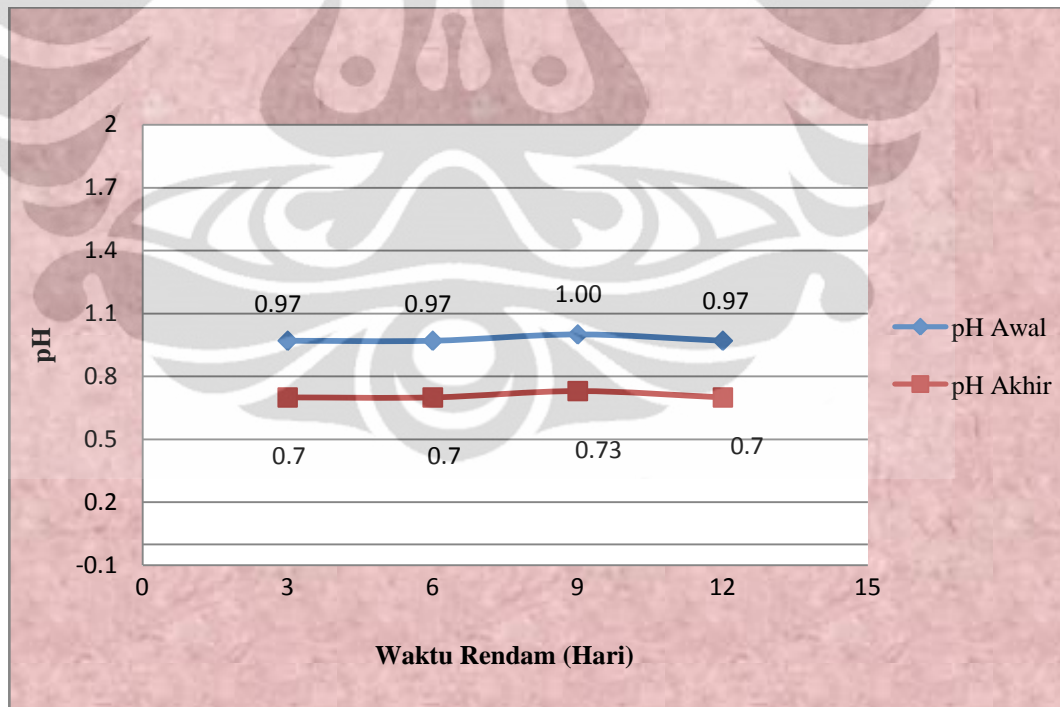
4.2.3. Analisa Pengaruh pH Larutan Terhadap Laju Korosi

Berdasarkan Tabel data 4.7, sistem yang diberi penambahan inhibitor dan yang tidak diberi penambahan inhibitor terjadi penurunan pH larutan pada semua waktu rendam pengujian. Data pH yang diperoleh dari pengujian menunjukkan nilai < 4 , yang menunjukkan bahwa larutan yang digunakan sebagai lingkungan adalah asam kuat. Data yang diperoleh untuk waktu rendam 3 hari didapat rata-rata pH awal sebesar 1,13 untuk sistem yang diberi penambahan inhibitor, sedangkan untuk sistem yang tidak diberi penambahan inhibitor didapat rata-rata pH awal sebesar 0,93. Dan data rata-rata pH awal untuk waktu rendam 6, 9, dan 12 hari sebesar 1,17 untuk sistem terinhibisi, sedangkan data dari sistem yang tidak terinhibisi sebesar 0,97 (waktu rendam 6 hari), 0,97 (waktu rendam 9 hari), dan 0,93 (waktu rendam 12 hari). Dapat terlihat pada setiap waktu rendam pengujian, penambahan ekstrak ubi ungu pada lingkungan asam kuat akan cenderung mengakibatkan peningkatan nilai pH (perbandingan sistem dengan penambahan inhibitor dan tanpa penambahan inhibitor). Perbedaan pH tersebut tidak signifikan karena larutan yang menjadi lingkungan berupa asam kuat, dan penambahan ekstrak ubi ungu sebesar 6 ml yang memiliki sifat mendekati asam ($pH = 4,8$).

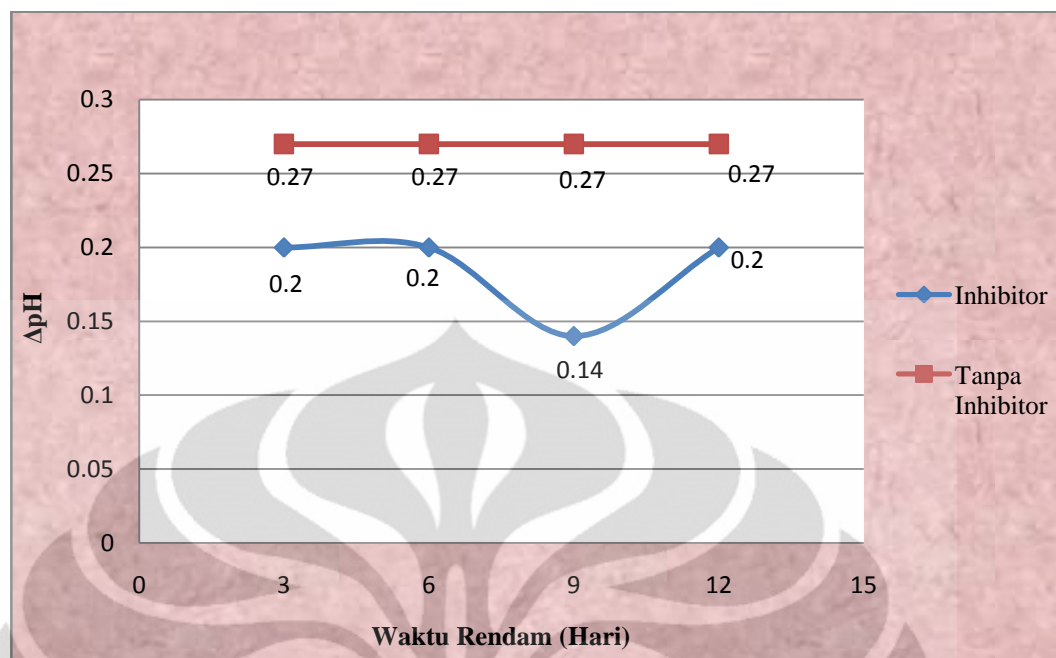
Sama halnya dengan data untuk rata-rata pH akhir, pH untuk sistem yang diberi penambahan inhibitor lebih besar dibandingkan dengan yang tidak diberi penambahan inhibitor. Dengan waktu rendam selama 3 hari didapat rata-rata pH akhir sebesar 0,83 untuk sistem terinhibisi dan tidak terinhibisi. Selanjutnya untuk waktu rendam 6, 9, dan 12 hari besar nilai rata-rata pH akhir yaitu 0,83 (dengan inhibisi); 0,77 (tanpa inhibisi), 0,90 (dengan inhibisi); 0,83 (tanpa inhibisi), dan 0,90 (dengan inhibisi); 0,73 (tanpa inhibisi).



Gambar 4.2. Grafik perbandingan rata-rata pH terhadap waktu dengan penambahan inhibitor



Gambar 4.3. Grafik perbandingan rata-rata pH terhadap waktu tanpa penambahan inhibitor



Gambar 4.4. Grafik perbandingan Δ pH dengan waktu rendam

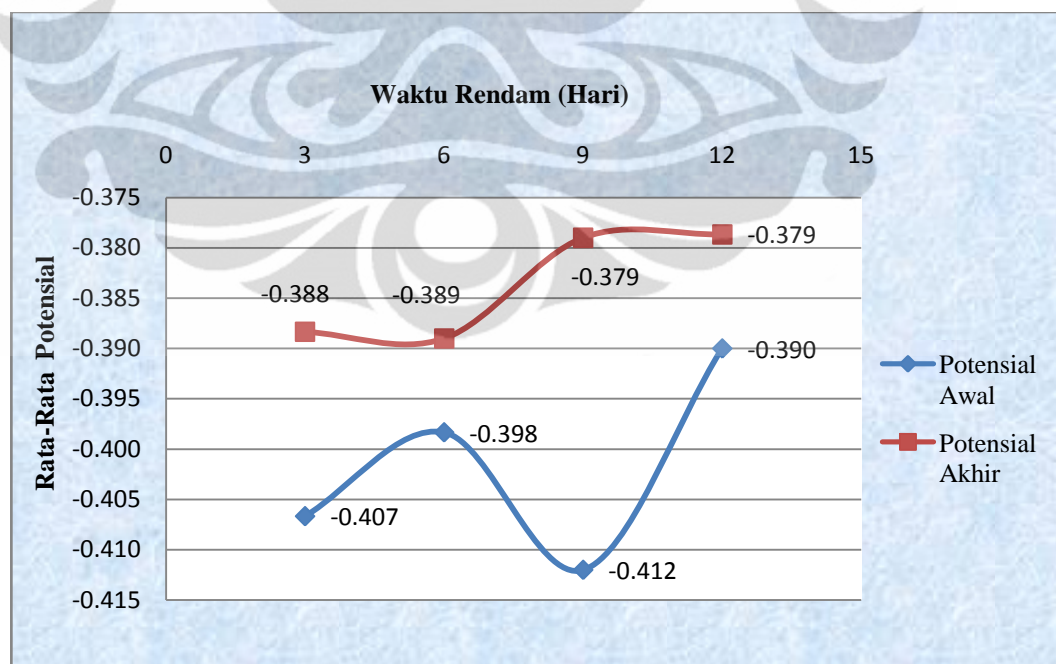
Berdasarkan data hasil penelitian, dimana pada semua waktu pengujian, dengan dan tanpa penambahan inhibitor, rata-rata pH akhir menurun sebagaimana terlihat pada Gambar 4.2. dan Gambar 4.3. Semakin rendah pH ($\text{pH} = 4$ atau $\text{pH} < 4$), maka kemungkinan logam tersebut untuk terkorosi semakin besar karena daerah logam terurai menjadi ion logam yang berada di lingkungan asam. Pada daerah asam kuat, deposit besi oksida terlarut, pH akan menurun ketika baja kontak langsung dengan larutan^[21]. Pengaruh variabel pH terhadap proses korosi sangatlah kompleks^[26].

Pada lingkungan asam kuat ($\text{pH} < 4$), besi atau baja karbon menunjukkan keterkaitan laju korosi dengan pH. Proses korosi pada baja karbon di lingkungan HCl merupakan laju korosi yang tinggi pada kondisi konsentrasi asam di $\text{pH} < 3$. Terdapat ion klorida pada larutan HCl berpengaruh mempercepat laju korosi. Penurunan pH atau adanya perubahan konsentrasi ion hidrogen dapat meningkatkan laju korosi. Tinggi rendahnya laju korosi yang terjadi berdasarkan variabel pH untuk baja, yaitu laju korosi meningkat pada pH yang sangat rendah, laju korosi tidak tergantung pH pada range pH netral, laju korosi menurun dengan peningkatan pH, dan akhirnya laju korosi meningkat kembali pada pH yang sangat rendah^[21].

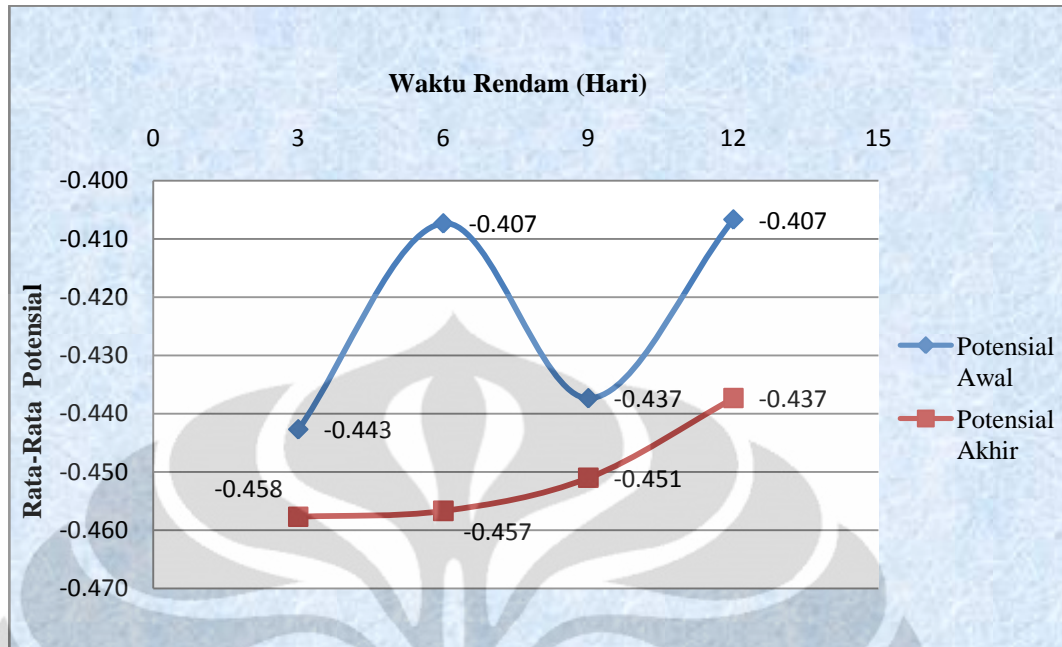
Dapat di lihat dari data laju korosi di setiap sampel pada setiap waktu perendaman. Untuk waktu perendaman 3 hari laju korosi yang didapat sebesar 21,4692 mpy (terinhibisi) dan 97,4318 mpy (tidak terinhibisi). Sama dengan waktu rendam 3 hari, untuk waktu rendam 6, 9, dan 12 hari mendapatkan nilai laju korosi berbeda antara sistem yang terinhibisi dengan yang tidak. Laju korosi sistem yang terinhibisi memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan yang tidak terinhibisi. Hal tersebut dilihat dari penurunan pH pada sistem yang tidak terinhibisi juga lebih besar. Mekanisme korosi tidak hanya tergantung pada konsentrasi ion hidrogen, tetapi juga kehadiran ion-ion atau komponen larutan lainnya (total komponen yang ada dalam larutan)^[21]. Misalnya adanya ion tambahan seperti ion Cl^- yang kemungkinan meningkatkan timbulnya *localized attack*, contohnya *pitting*^[26].

4.2.4. Analisa Pengaruh Perubahan Potensial

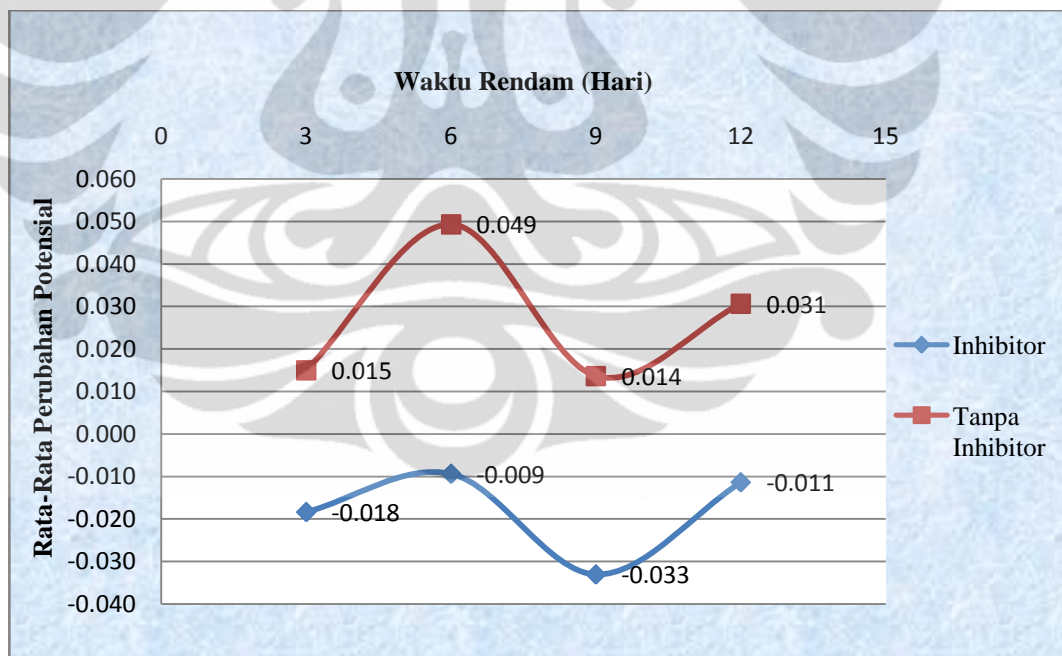
Pada saat penelitian pengukuran data potensial baja karbon rendah yang digunakan sebagai sampel dilakukan menggunakan elektroda standar Ag/AgCl untuk di setiap wadah pengujian. Berikut ini grafik data pengukuran potensial :



Gambar 4.5. Grafik perbandingan rata-rata potensial terhadap waktu rendam dengan penambahan inhibitor



Gambar 4.6. Grafik Perbandingan rata-rata potensial terhadap waktu rendam tanpa penambahan inhibitor



Gambar 4.7. Grafik perbandingan rata-rata perubahan potensial terhadap waktu rendam

Berdasarkan Gambar 4.7 menunjukkan perubahan data potensial terhadap waktu perendaman. Pada waktu rendam 3 hari terjadi perubahan potensial sebesar -0,018 v (dengan inhibitor), 0,015 v (tanpa inhibitor); waktu rendam 6 hari terjadi perubahan potensial sebesar -0,009 v (dengan inhibitor), 0,049 v (tanpa inhibitor);

waktu rendam 9 hari terjadi perubahan potensial sebesar $-0,033$ v (dengan inhibitor), $0,014$ v (tanpa inhibitor); waktu rendam 12 hari terjadi perubahan potensial sebesar $-0,011$ v (dengan inhibitor), $0,031$ v (tanpa inhibitor). Jika dilihat data tersebut, perubahan potensial sistem yang dilakukan penambahan inhibitor organik pada lingkungannya menunjukkan nilai potensial menjadi lebih besar (makin positif), sedangkan untuk perubahan potensial sistem yang dilakukan tanpa penambahan inhibitor organik menunjukkan nilai potensial yang menjadi lebih kecil (makin negatif). Perbedaan tersebut menunjukkan terjadinya perubahan kondisi larutan yang membuat sampel baja untuk memiliki potensial yang berbeda terhadap kondisi awalnya. Potensial baja karbon rendah pada sistem yang terinhibisi memiliki nilai yang lebih positif, menandakan baja karbon rendah lebih bersifat *noble* dan menjauhi potensial korosinya^[15, 30].

Berdasarkan Tabel 4.8., pada sistem yang dilakukan penambahan inhibitor, nilai potensial awal dan potensial akhir di semua waktu rendam pengujian (3, 6, 9, dan 12 hari) memperlihatkan nilai potensial yang lebih positif dari nilai potensial awal dan akhir sistem tanpa penambahan inhibitor. Hal tersebut menunjukkan terjadinya pergeseran potensial korosi logam ke nilai yang lebih *noble*, yang merupakan prinsip proses anodik. Dapat disimpulkan bahwa ekstrak ubi ungu sebagai inhibitor organik yang ditambahkan ke dalam lingkungan dapat menghambat reaksi anodik. Jika dibandingkan dengan waktu perendaman, waktu perendaman 9 hari memiliki perubahan nilai potensial yang lebih positif dibandingkan waktu perendaman lainnya. Pada saat itu terjadi penghambatan reaksi anodik, maka didapat efisiensi inhibitor yang paling tinggi di waktu perendaman 9 hari. Namun berdasarkan bertambahnya waktu perendaman nilai potensial mengalami naik turun. Disana terdapat potensial yang lebih negatif satu dengan lainnya, nilai potensial yang lebih negatif menunjukkan terjadinya fungsi katodik. Maka tidak dapat disimpulkan bahwa dengan rendahnya laju korosi dipengaruhi oleh kecenderungan penghambatan reaksi anodik. Hal ini menunjukkan penambahan ekstrak ubi ungu dapat menghambat reaksi evolusi hidrogen, yang merupakan jenis dari inhibitor katodik. Namun, reaksi katodik dan anodik berjalan setimbang, dimana penghambatan reaksi katodik akan menyebabkan reaksi anodik juga terhambat^[30].

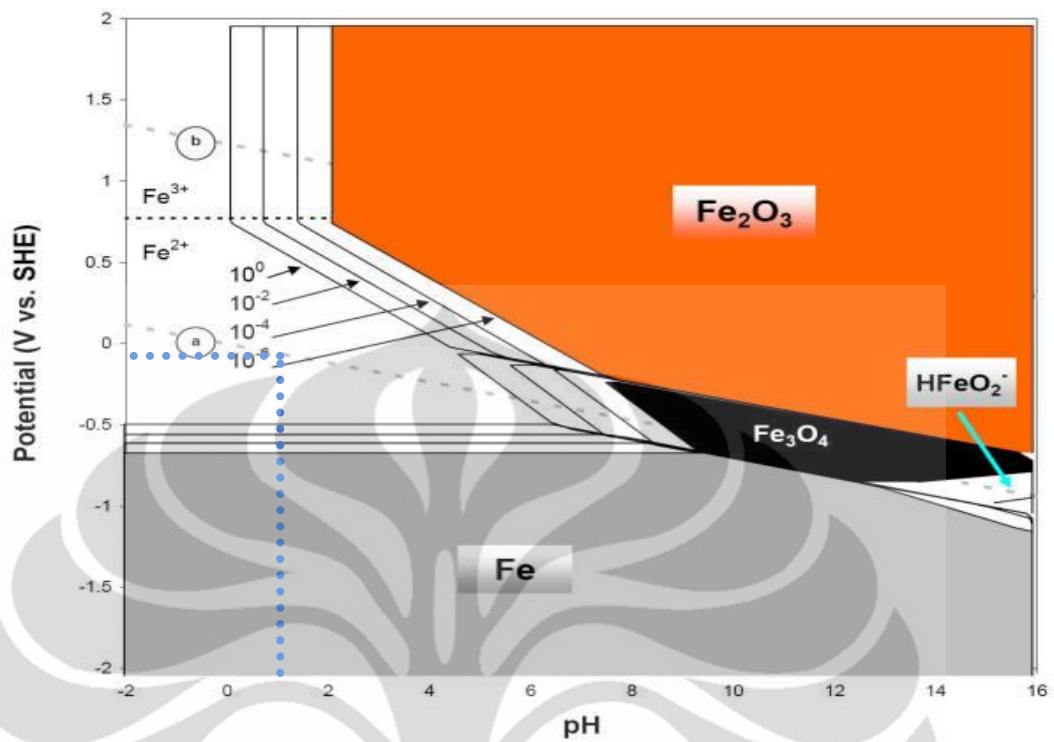
Pengaruh potensial dari material terhadap lingkungannya juga dapat dijelaskan didalam Diagram Pourbaix. Dalam diagram pourbaix potensial dihubungkan dengan nilai pH dari lingkungan di sistem tersebut. Potensial yang terdapat pada diagram pourbaix sudah dikonversikan ke V vs SHE dari sebelumnya menggunakan elektroda standar Ag/AgCl. Persamaan yang digunakan untuk mengkonversi yaitu :

$$\text{potensial (V) vs SHE} = \text{potensial (V) vs Ag/AgCl} + 0,222 \text{ V} \dots\dots\dots \text{Pers 4.1}$$

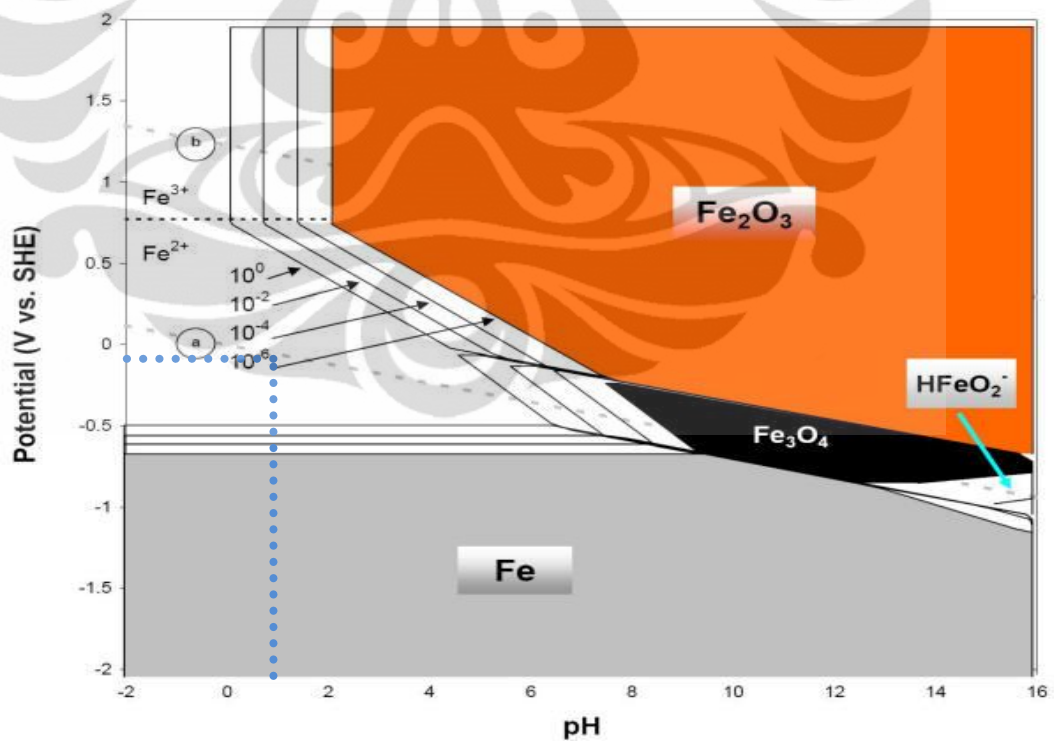
Apabila diplot dalam diagram pourbaix maka data pengujian sebagai berikut :

Tabel 4.11. Data rata-rata pH dan potensial akhir logam

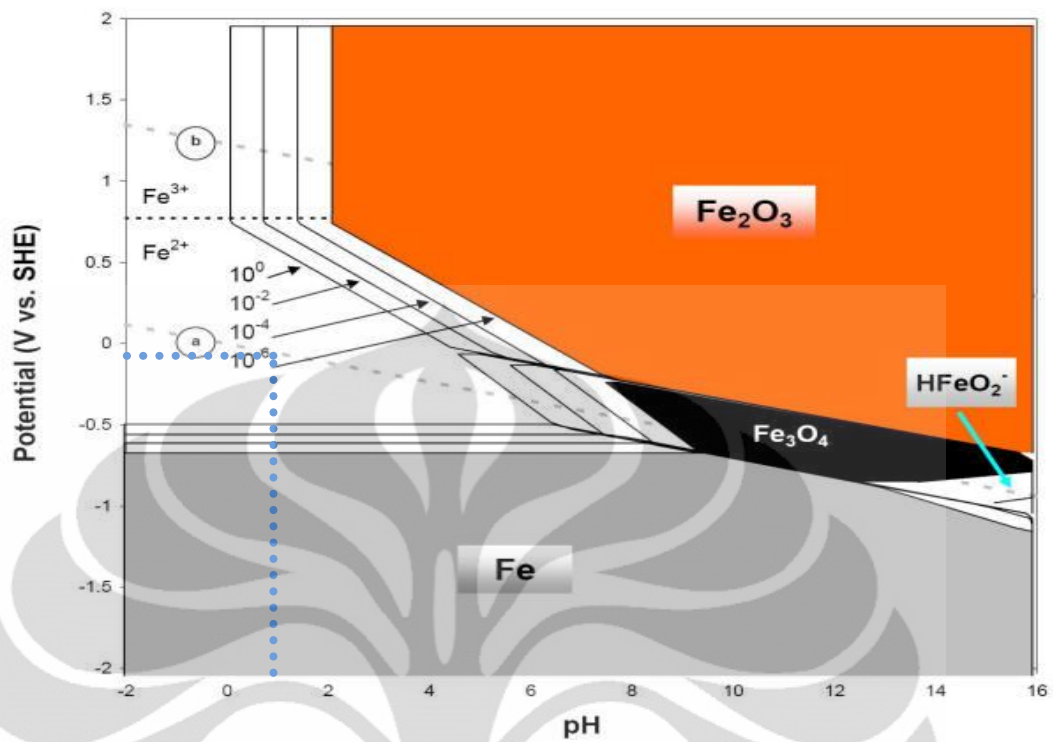
Waktu Uji Rendam	Kondisi Setelah Perendaman	
	pH	Potensial (V vs SHE)
hari ke-3 dengan inhibitor	1,13	-0,166
hari ke-6 dengan inhibitor	1,17	-0,167
hari ke-9 dengan inhibitor	1,13	-0,157
hari ke-12 dengan inhibitor	1,10	-0,157
hari ke-3 tanpa inhibitor	0,70	-0,236
hari ke-6 tanpa inhibitor	0,70	-0,235
hari ke-9 tanpa inhibitor	0,73	-0,229
hari ke-12 tanpa inhibitor	0,70	-0,215



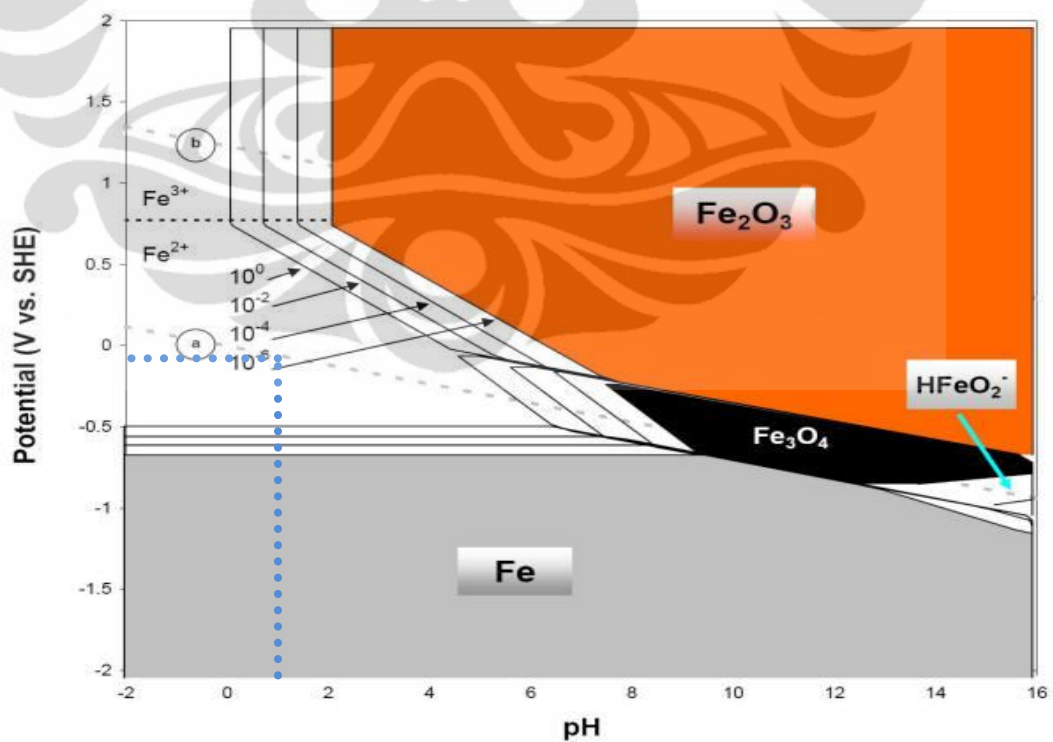
Gambar 4.8. Diagram pourbaix Fe dan hasil perkiraan pH dan potensial hari ke-3 dengan penambahan inhibitor



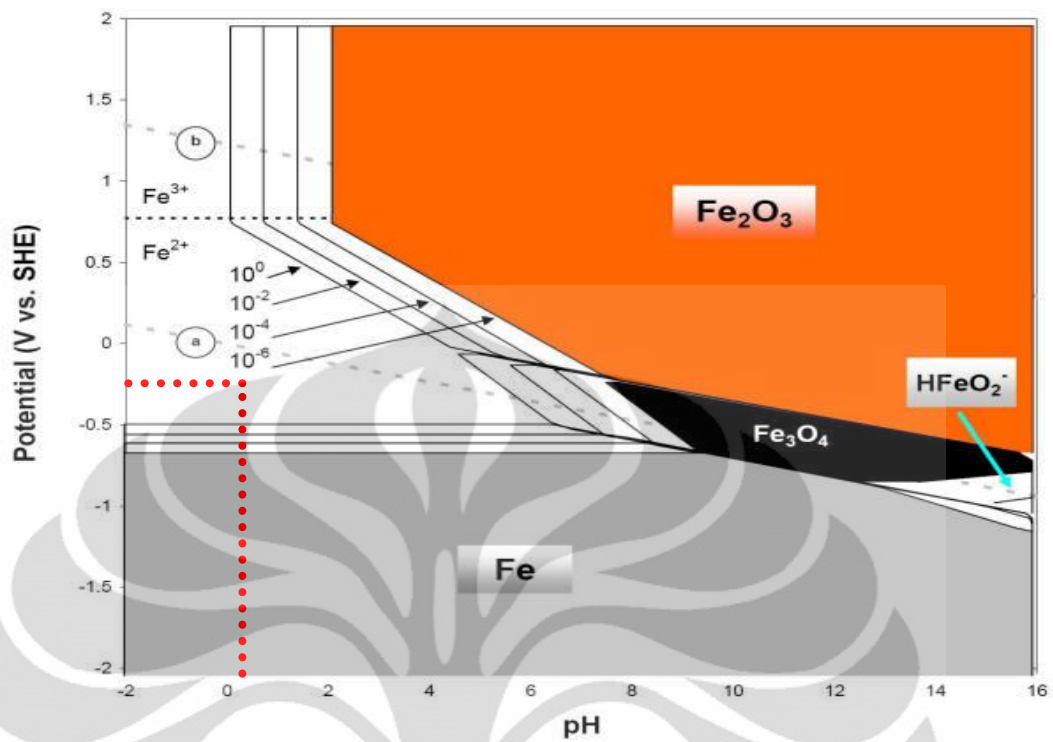
Gambar 4.9. Diagram pourbaix Fe dan hasil perkiraan pH dan potensial hari ke-6 dengan penambahan inhibitor



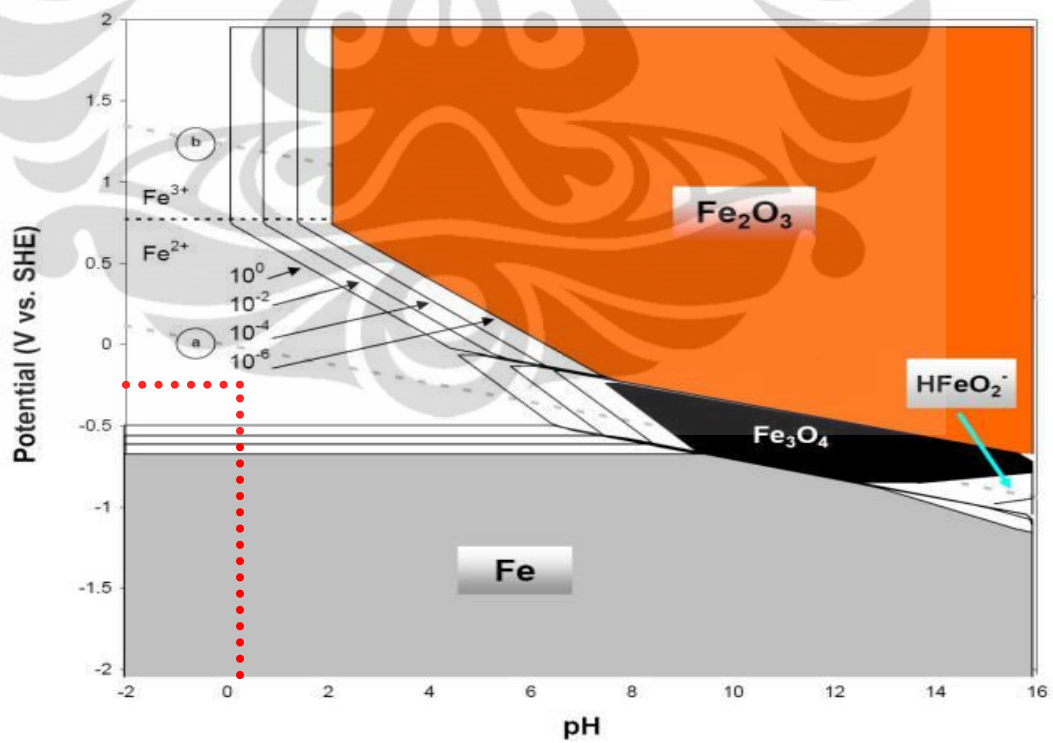
Gambar 4.10. Diagram pourbaix Fe dan hasil perkiraan pH dan potensial hari ke-9 dengan penambahan inhibitor



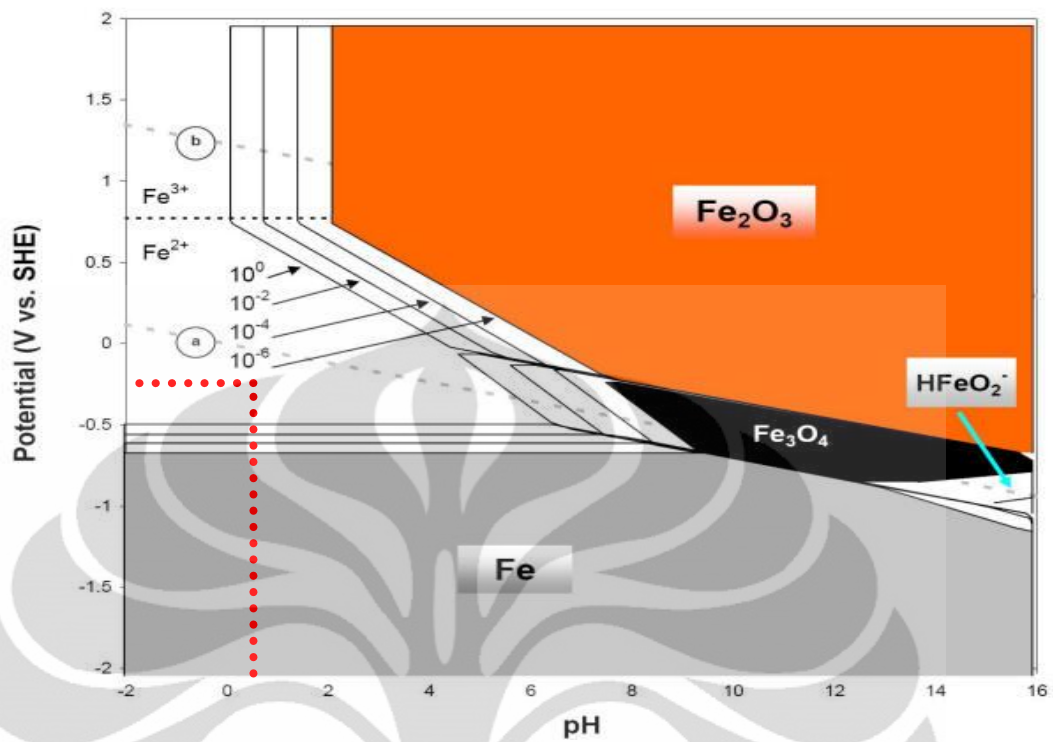
Gambar 4.11. Diagram pourbaix Fe dan hasil perkiraan pH dan potensial hari ke-12 dengan penambahan inhibitor



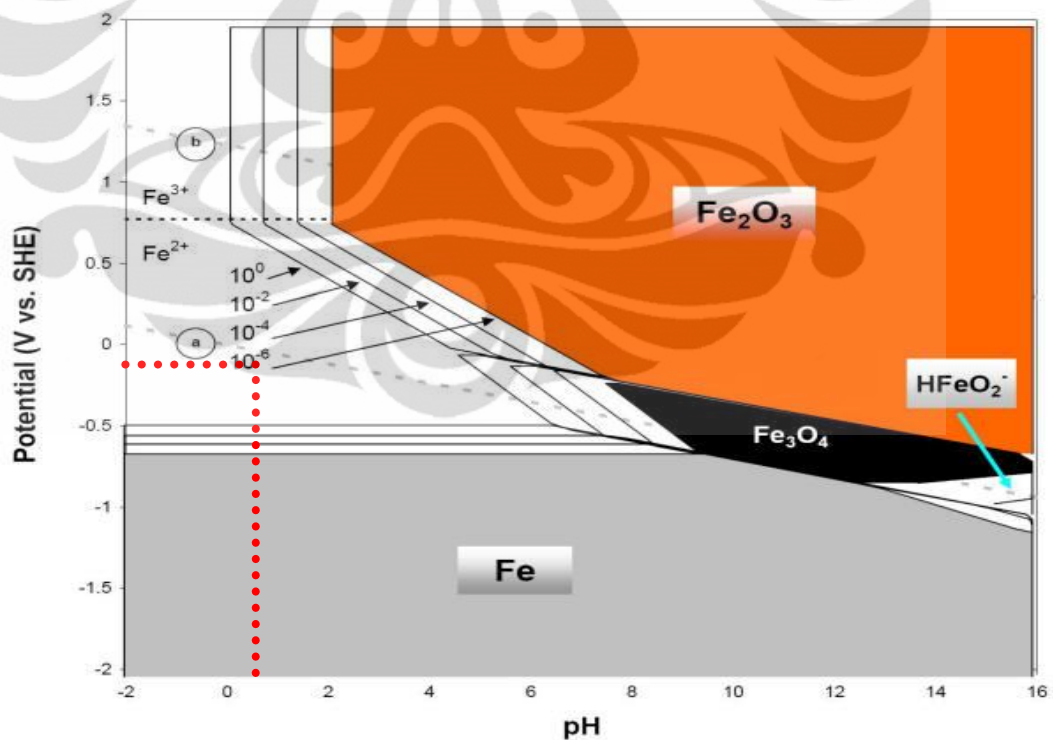
Gambar 4.12. Diagram pourbaix Fe dan hasil perkiraan pH dan potensial hari ke-3 tanpa penambahan inhibitor



Gambar 4.13. Diagram pourbaix Fe dan hasil perkiraan pH dan potensial hari ke-6 tanpa penambahan inhibitor



Gambar 4.14. Diagram pourbaix Fe dan hasil perkiraan pH dan potensial hari ke-9 tanpa penambahan inhibitor



Gambar 4.15. Diagram pourbaix Fe dan hasil perkiraan pH dan potensial hari ke-12 tanpa penambahan inhibitor

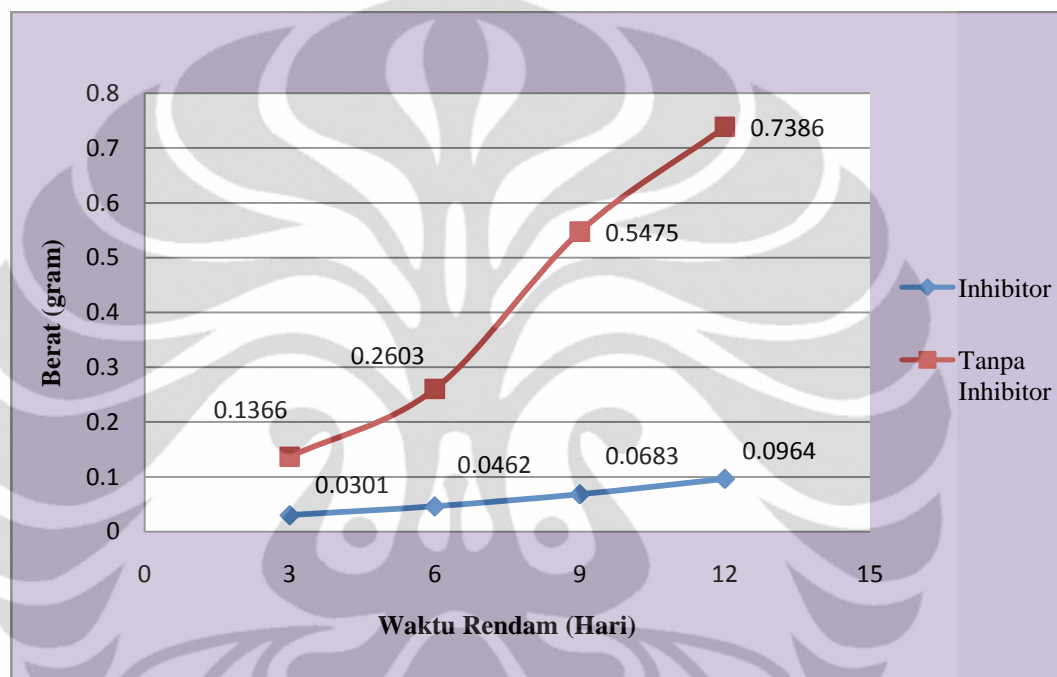
Berdasarkan hasil plot perbandingan data potensial terhadap pH, secara kinetika penambahan inhibitor tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap lingkungan, hal itu disebabkan tidak mempunya efek inhibitor mendorong potensial dan pH dari daerah Fe^{2+} (korosif) ke daerah Fe_2O_3 atau Fe_3O_4 (pasif). Tetapi hasil plot data tersebut bukanlah hasil yang valid, karena keadaan penelitian belum tentu sama dengan standar diagram pourbaix. Namun secara umum nilai potensial sistem yang diberi penambahan inhibitor lebih positif dibandingkan sistem yang tidak diberi penambahan inhibitor setelah proses pencelupan. Pada umumnya perilaku logam di lingkungan HCl dengan perlindungan (penambahan inhibitor) menunjukkan reaksi yang selalu menekan laju korosi di katodik untuk mencegah terbentuk hidrogen dari ion H^+ yang berasal dari reaksi reduksi.

Jadi berdasarkan data yang didapat dari nilai potensial, pengaruh penambahan inhibitor ke dalam lingkungan tidak selalu untuk menekan reaksi anodik. Selain itu penambahan inhibitor juga bisa dapat menjadi pengontrol reaksi katodik, hal tersebut dilihat dari nilai potensial pada hari ke 3 memiliki nilai potensial yang negatif. Disamping itu pada proses pencelupan dengan penambahan inhibitor terdapat gelembung–gelembung H_2 , meskipun jumlahnya lebih sedikit dibandingkan dengan sistem yang tidak diberi penambahan inhibitor. Jadi pengaruh penambahan inhibitor dapat sebagai fungsi kontrol katodik dan anodik, hal tersebut juga yang mempengaruhi penghambatan laju korosi.

4.2.5. Analisa Pengaruh Waktu Rendam terhadap Pengurangan Berat Logam, Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor

Berdasarkan data Tabel 4.9., menunjukkan bahwa terjadi pengurangan berat logam dari berat awalnya. Antara sistem terinhibisi dan tidak terinhibisi terdapat perbedaan jumlah berat logam yang berkurang. Hal tersebut dipengaruhi oleh 2 faktor, yaitu penambahan inhibitor ekstrak ubi ungu dan waktu perendaman sampel. Pada waktu perendaman 3 hari, nilai rata-rata berat yang hilang sebesar 0,0301 gram (dengan inhibitor) dan 0,1366 gram (tanpa inhibitor). Untuk waktu perendaman 6 hari, nilai rata-rata berat yang hilang sebesar 0,0462 gram (dengan inhibitor) dan 0,2603 gram (tanpa inhibitor). Selanjutnya untuk waktu perendaman 9 hari, nilai rata-rata berat yang hilang sebesar 0,0683 gram (dengan

inhibitor) dan 0,5475 gram (tanpa inhibitor). Dan yang terakhir untuk waktu perendaman 12 hari, nilai rata-rata berat yang hilang sebesar 0,0897 gram (dengan inhibitor) dan 0,5932 gram (tanpa inhibitor). Dilihat dari data sistem yang diberi penambahan inhibitor dan tanpa penambahan inhibitor, diperoleh hubungan bahwa semakin lama waktu perendaman menyebabkan semakin banyak berat sampel baja yang hilang (Gambar 4.15).



Gambar 4.16. Grafik pengurangan berat logam terhadap waktu uji rendam

Pada sistem dengan penambahan inhibitor ekstrak ubi ungu jumlah rata-rata berat yang hilang lebih kecil dibandingkan dengan sistem tanpa penambahan inhibitor di semua waktu perendaman. Hal tersebut menunjukkan bahwa inhibitor ekstrak ubi ungu berhasil memperlambat terjadinya laju korosi. Masih terjadi pengurangan berat sampel atau dalam artian masih terjadi korosi pada sistem dengan penambahan inhibitor disebabkan belum seluruhnya inhibitor teradsorp secara katodik dan anodik. Selain itu faktor kadar oksigen yang berlebih juga meningkatkan laju korosi. Pada penelitian ini digunakan metode penelitian terbuka, dalam arti penelitian ini tidak tertutup atau terlindung dari udara.

Efek pengurangan berat sampel dapat dihubungkan dengan laju korosi yang terjadi pada lingkungan. Semakin banyak berat yang hilang menandakan

semakin besar nilai dari laju korosi sistem tersebut. Maka dari itu dapat dibandingkan laju korosi untuk sistem dengan penambahan inhibitor dan tanpa penambahan inhibitor. Selain itu terlihat pengaruh waktu juga menjadi faktor dari jumlah berat yang hilang dan laju korosi. Semakin lama waktu perendaman semakin banyak berat yang hilang di setiap sistem penelitian. Hal sesuai dengan Persamaan 2.1.

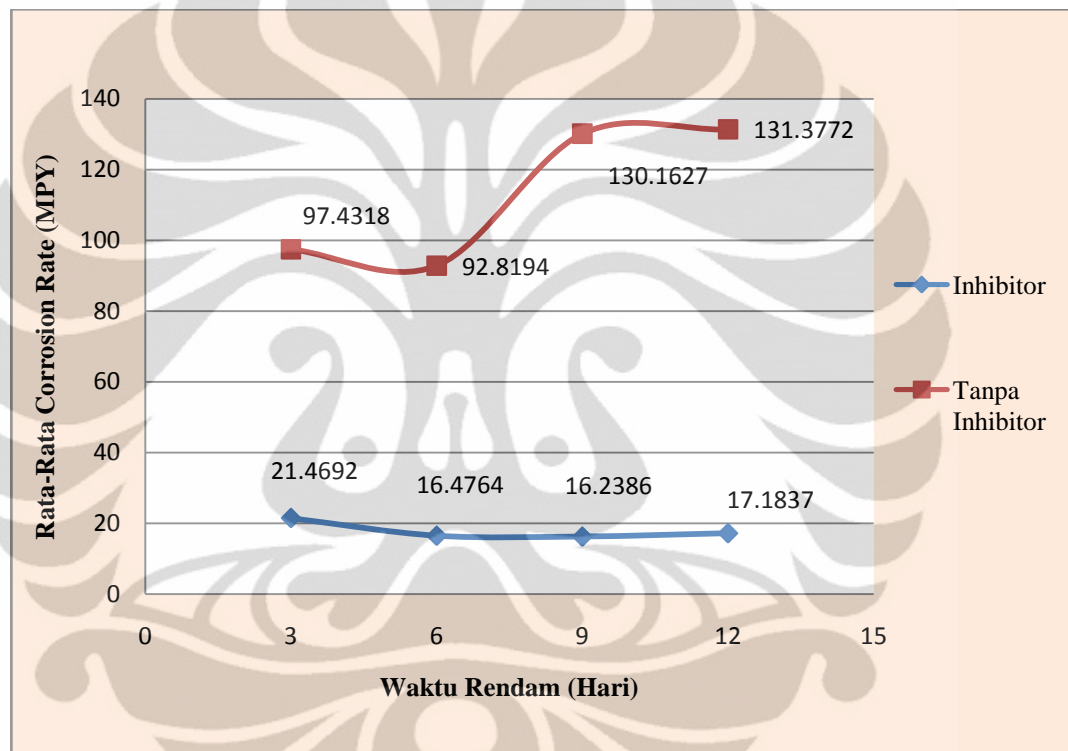
$$Laju\ korosi = \frac{K.W}{D.A.T} \dots\dots\dots Pers. 2.1.$$

- Ket : 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)

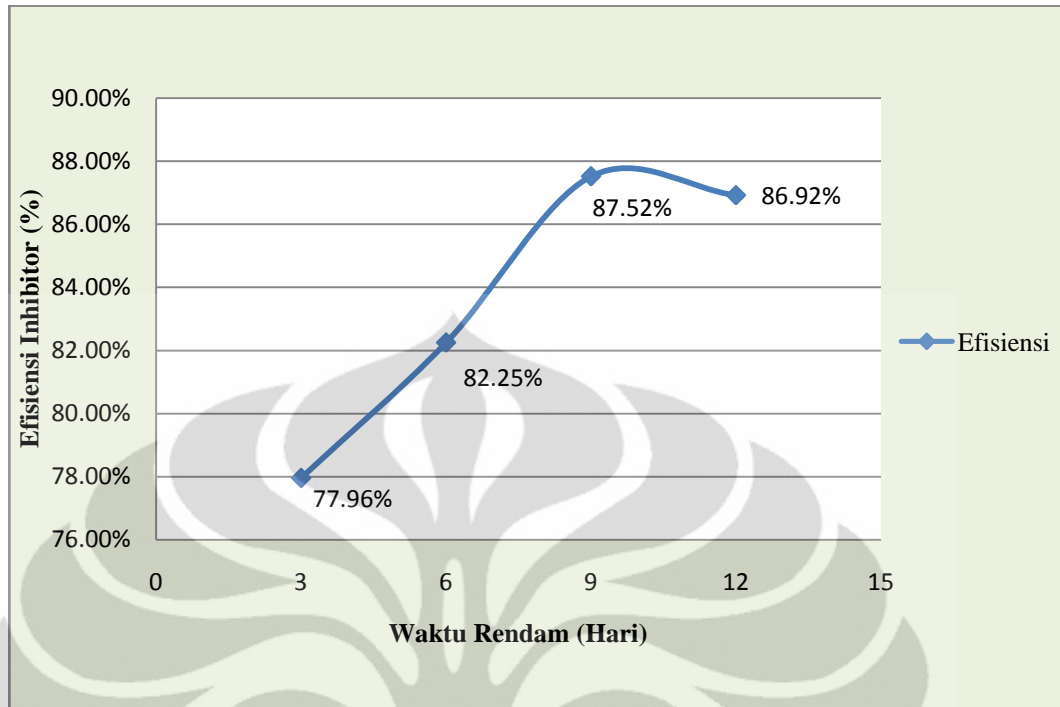
Dapat dilihat perbandingan W (Berat yang hilang) dengan T (waktu perendaman) yang berbanding lurus. Seperti yang sudah dibahas laju korosi juga dipengaruhi oleh berat yang hilang dan waktu perendaman. Laju korosi yang semakin cepat atau ditandai dengan nilai laju korosi semakin besar, pada penelitian ini laju korosi yang cepat terjadi pada waktu perendaman 12 hari (288 jam). Hal tersebut disebabkan sampel tersebut mengalami waktu perendaman relative lebih lama untuk terjadinya proses korosi dan pengurangan berat akibat bereaksi dengan lingkungan, yaitu larutan asam kuat (HCl 1M).

Data untuk rata-rata laju korosi yang didapat dari pengujian ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu perendaman, semakin cepat laju korosi untuk setiap sistem, baik dengan penambahan inhibitor maupun tanpa penambahan inhibitor (Gambar 4.16.). Pada sistem tanpa penambahan inhibitor, laju korosi yang paling cepat terjadi pada perendaman 12 hari sebesar 131,3772 mpy. Untuk waktu perendaman 3, 6 dan 9 hari data laju korosi yang didapat sebesar 97,4318 mpy, 92,8194 mpy dan 130,1627 mpy. Begitu pula dengan sistem dengan penambahan inhibitor, nilai laju korosi yang terbesar terjadi pada saat

waktu perendaman selama 12 hari sebesar 17,1837 mpy. Untuk waktu perendaman lainnya yaitu 3, 6 dan 9 nilai laju korosi yang didapat sebesar 21,4692 mpy, 16,4764 mpy dan 16,2386 mpy. Laju korosi yang terjadi pada sistem dengan penambahan inhibitor lebih kecil dibandingkan dengan sistem tanpa penambahan inhibitor. Jadi dapat disimpulkan penambahan inhibitor organik ekstrak ubi ungu efektif untuk menghambat laju korosi di lingkungan asam kuat.



Gambar 4.17. Grafik *corrosion rate* logam terhadap waktu



Gambar 4.18. Grafik efisiensi inhibitor terhadap waktu

Berdasarkan Gambar 4.17., efisiensi yang paling besar terjadi pada saat waktu perendaman 9 hari dengan nilai sebesar 87,52%. Untuk efisiensi yang paling kecil terjadi pada saat waktu perendaman selama 3 hari yaitu sebesar 77,96%. Selanjutnya untuk nilai efisiensi dengan waktu perendaman selama 6 dan 12 hari, yaitu sebesar 82,25% dan 86,92%. Data efisiensi dari setiap waktu perendaman tersebut didapat dengan menggunakan Persamaan 2.2

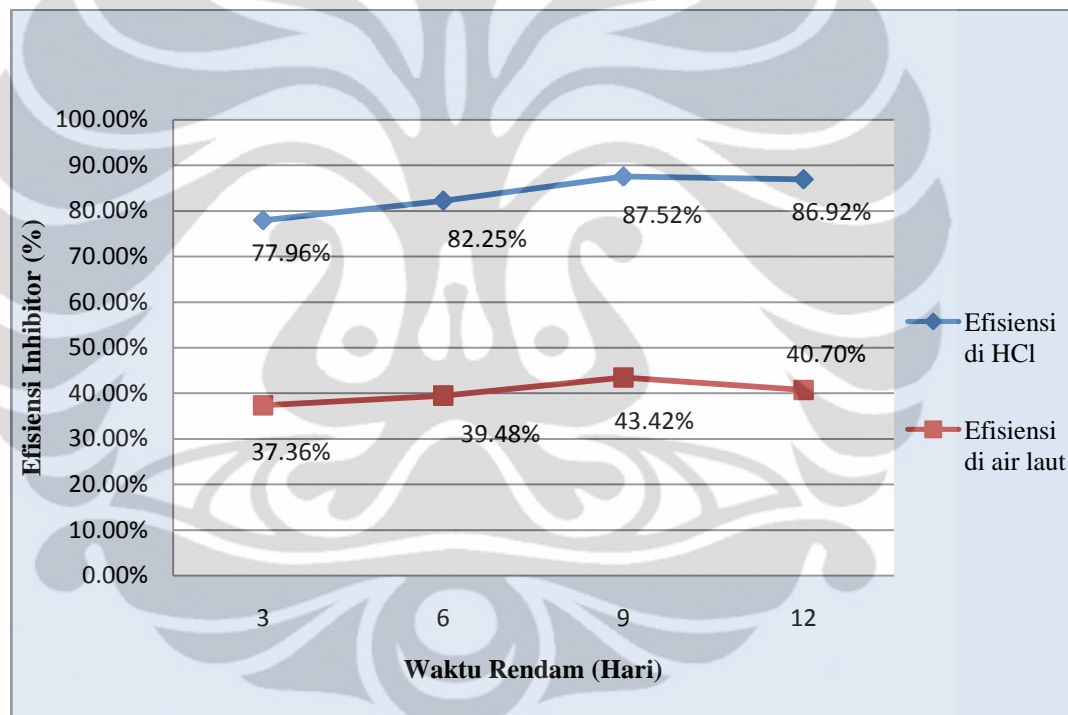
$$\text{Efisiensi inhibitor} = \frac{X_A - X_B}{X_A} \times 100\% \dots\dots\dots \text{Pers. 2.2}$$

Ket : X_A adalah laju korosi pada wadah tanpa inhibitor (mpy)

X_B adalah laju korosi pada wadah dengan inhibitor (mpy)

Terjadi puncak optimal dari efisiensi inhibitor ekstrak ubi ungu ketika waktu perendaman 9 hari, dan kemudian nilai efisiensi turun pada waktu perendaman 12 hari. Penyebab penurunan efisiensi tersebut adalah degradasi dari inhibitor itu sendiri. Inhibitor terdegradasi karena reaksi-reaksi kimia dalam menghambat terjadinya laju korosi.

Dibandingkan dengan penelitian Andhi Gunaatmaja yang menggunakan inhibitor organik ekstrak ubi ungu dengan lingkungan NaCl 3,5%^[43]. Data efisiensi yang didapat dari penelitian tersebut adalah paling besar nilai efisiensi pada waktu perendaman 9 hari sebesar 43,4263%, dan efisiensi yang bernilai paling kecil pada waktu perendaman 3 hari sebesar 37,6344%. Dilihat dari data tersebut dapat dibandingkan bahwa nilai efisiensi dari penelitian inhibitor ekstrak ubi ungu di lingkungan HCl 1 M memiliki efisiensi lebih tinggi dibandingkan di lingkungan NaCl 3,5%. Dapat disimpulkan inhibitor ekstrak ubi ungu lebih efektif di lingkungan asam kuat yaitu HCl 1M.



Gambar 4.19. Grafik perbandingan efisiensi inhibitor di lingkungan HCl dan NaCl 3,5%

BAB 5

KESIMPULAN

Bedasarkan penelitian yang dilakukan terhadap sampel baja karbon rendah dengan penambahan inhibitor organik (ekstrak ubi ungu) sebesar 6 ml, dengan variable waktu uji rendam yang berbeda (3, 6, 9, dan 12 hari) di lingkungan HCl 1M (asam kuat), diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengaruh inhibitor organik ekstrak ubi ungu di lingkungan HCl 1M :

1.1. Penambahan ekstrak ubi ungu ke dalam larutan HCl 1 M sebagai lingkungan penelitian menyebabkan terjadi perubahan warna larutan menjadi warna merah muda dan membentuk lapisan pada permukaan sampel baja.

1.2. Terjadi perubahan pH yang memiliki kecenderungan menurun pada sistem dengan penambahan inhibitor dan tanpa penambahan inhibitor di semua waktu pengujian.

- Waktu perendaman selama 3 hari, rata-rata pH awal sebesar 1,13 (untuk sistem dengan penambahan inhibitor) dan 0,97 (untuk sistem tanpa penambahan inhibitor).
- Waktu perendaman selama 6 hari, rata-rata pH awal sebesar 1,37 (untuk sistem dengan penambahan inhibitor) dan 0,97 (untuk sistem tanpa penambahan inhibitor).
- Waktu perendaman selama 9 hari, rata-rata pH awal sebesar 1,27 (untuk sistem dengan penambahan inhibitor) dan 1,00 (untuk sistem tanpa penambahan inhibitor).
- Waktu perendaman selama 12 hari, rata-rata pH awal sebesar 1,30 (untuk dengan penambahan inhibitor) dan 0,97 (untuk sistem tanpa penambahan inhibitor).
- Waktu perendaman selama 3 hari, rata-rata pH akhir sebesar 1,13 (untuk sistem dengan penambahan inhibitor) dan 0,70 (untuk sistem tanpa penambahan inhibitor).

- Waktu perendaman selama 6 hari, rata-rata pH akhir sebesar 1,17 (untuk sistem dengan penambahan inhibitor) dan 0,70 (untuk sistem tanpa penambahan inhibitor).
- Waktu perendaman selama 9 hari, rata-rata pH akhir sebesar 1,13 (untuk sistem dengan penambahan inhibitor) dan 0,73 (untuk sistem tanpa penambahan inhibitor).
- Waktu perendaman selama 12 hari, rata-rata pH akhir sebesar 1,10 (untuk sistem dengan penambahan inhibitor) dan 0,70 (untuk sistem tanpa penambahan inhibitor).

1.3. Potensial sampel baja karbon rendah pada sistem dengan penambahan inhibitor memiliki nilai yang lebih positif dibandingkan dengan sampel pada sistem tanpa penambahan inhibitor setelah dilakukan proses pencelupan.

- Potensial akhir untuk pengujian selama 3 hari, rata-rata sebesar -0,166 V vs SHE (untuk sistem dengan penambahan inhibitor) dan -0,236 V vs SHE (untuk sistem tanpa penambahan inhibitor).
- Potensial akhir untuk pengujian selama 6 hari, rata-rata sebesar -0,167 V vs SHE (untuk sistem dengan penambahan inhibitor) dan -0,235 V vs SHE (untuk sistem tanpa penambahan inhibitor).
- Potensial akhir untuk pengujian selama 9 hari, rata-rata sebesar -0,157 V vs SHE (untuk sistem dengan penambahan inhibitor) dan -0,229 V vs SHE (untuk sistem tanpa penambahan inhibitor).
- Potensial akhir untuk pengujian selama 12 hari, rata-rata sebesar -0,157 V vs SHE (untuk sistem dengan penambahan inhibitor) dan -0,215 V vs SHE (untuk sistem tanpa penambahan inhibitor).

1.4. Pada penelitian ini korosi yang dominan terjadi pada kedua sistem (dengan dan tanpa penambahan inhibitor) adalah korosi *uniform* dan *pitting*

2. Penentuan nilai laju korosi dengan dan tanpa penambahan inhibitor ekstrak ubi ungu pada larutan HCl 1 M yaitu:

2.1. Terjadi peningkatan nilai laju korosi pada sistem tanpa penambahan inhibitor di setiap penurunan pH dan setiap waktu perendaman. Dan untuk sistem

dengan penambahan inhibitor terjadi penurunan hingga hari ke-9 dan meningkat di hari 12, walaupun kenaikannya tidak terlalu signifikan.

2.2 Laju korosi untuk sistem dengan penambahan inhibitor jauh lebih rendah dibandingkan dengan sistem tanpa penambahan inhibitor pada semua waktu pengujian.

- Waktu pengujian selama 3 hari, laju korosi sebesar 21,4692 mpy (untuk sistem dengan penambahan inhibitor) dan 97,4318 mpy (untuk sistem tanpa penambahan inhibitor).
- Waktu pengujian selama 6 hari, laju korosi sebesar 16,4764 mpy (untuk sistem dengan penambahan inhibitor) dan 92,8194 mpy (untuk sistem tanpa penambahan inhibitor).
- Waktu pengujian selama 9 hari, laju korosi sebesar 16,2386 mpy (untuk sistem dengan penambahan inhibitor) dan 130,1627 mpy (untuk sistem tanpa penambahan inhibitor).
- Waktu pengujian selama 12 hari, laju korosi sebesar 17,1837 mpy (untuk sistem dengan penambahan inhibitor) dan 131,3772 mpy (untuk sistem tanpa penambahan inhibitor).

2.3. Laju korosi semakin cepat terjadi karena kadar oksigen terlarut bertambah pada permukaan logam di pH rendah, dan diperkuat dengan wadah berisi lingkungan asam kuat (HCl 1M) dibuka bagian atasnya, sehingga memungkinkan oksigen dari atmosfer untuk masuk kedalam sistem semakin besar.

3. Penentuan efisiensi ekstrak ubi ungu sebagai inhibitor organik di lingkungan yang korosif (asam kuat), dapat disimpulkan sebagai berikut:

3.1. Sistem dengan penambahan inhibitor dan tanpa penambahan inhibitor, semakin lama waktu perendaman menyebabkan berat sampel yang hilang semakin banyak.

- Waktu pengujian selama 3 hari, rata-rata berat yang hilang sebesar 0,0301 gr (untuk sistem dengan penambahan inhibitor) dan 0,1366 gr (untuk sistem tanpa penambahan inhibitor).

- Waktu pengujian selama 6 hari, rata-rata berat yang hilang sebesar 0,0462 gr (untuk sistem dengan penambahan inhibitor) dan 0,2603 gr (untuk sistem tanpa penambahan inhibitor).
 - Waktu pengujian selama 9 hari, rata-rata berat yang hilang sebesar 0,0683 gr (untuk sistem dengan penambahan inhibitor) dan 0,5475 gr (untuk sistem tanpa penambahan inhibitor).
 - Waktu pengujian selama 12 hari, rata-rata berat yang hilang sebesar 0,0964 gr (untuk sistem dengan penambahan inhibitor) dan 0,7368 gr (untuk sistem tanpa penambahan inhibitor).
- 3.2.** Terdapat hubungan antara W (berat yang hilang) dan T (waktu pengujian) yang saling berbanding lurus. Jadi semakin lama waktu perendaman, maka semakin banyak berat sampel yang hilang.
- 3.3** Efisiensi inhibitor organik ekstrak ubi ungu memiliki nilai optimal terhadap waktu perendaman sampel baja karbon rendah.
- Waktu perendaman selama 3 hari, efisiensi inhibitor yang diperoleh sebesar 77,96 %.
 - Waktu perendaman selama 6 hari, efisiensi inhibitor yang diperoleh sebesar 82,25 %.
 - Waktu perendaman selama 9 hari, efisiensi inhibitor yang diperoleh sebesar 87,52 %.
 - Waktu perendaman selama 12 hari, efisiensi inhibitor yang diperoleh sebesar 86,92 %.
- 4.** **Dari hasil penelitian untuk waktu perendaman yang efektif dengan penambahan inhibitor organik ekstrak ubi ungu dalam menghambat terjadinya laju korosi di lingkungan asam kuat adalah dengan waktu perendaman selama 9 hari dan efisiensi sebesar 87,52%.**

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jones, Denny A., 1992. *“Principles and Prevention of Corrosion”*. New York: Macmillan Publishing Company, New York.
- [2] Bardal, Einar., 2003. *Corrosion and Protection*. The Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway;
- [3] Hermawan, Beni. “Ekstrak Bahan Alam sebagai Alternatif Inhibitor Korosi”. 22 April 2007.
- [4] Dalimunthe, Indra Surya. “Kimia dari Inhibitor Korosi”. Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara
- [5] Winarsi, Heri. 2007. “Antioksidan Alami dan Radikal Bebas”. Yogyakarta : Kanisius
- [6] <http://www.kamusilmiah.com/pangan/antioksidan-dan-peranannya-bagi-kesehatan/> (diakses Mei 2011)
- [7] <http://ptp2007.wordpress.com/2008/07/08/ekstraksi-antosianin-dari-ubi-jalar/> (diakses Mei 2011)
- [8] ASM International., 1995. *Handbook Of Corrosion Data* (2nd ed.). Philadelphia: Craig, Bruce D., & David B. Anderson.
- [9] Trethewey, K.R. dan J. Chamberlain., 1991. *Korosi untuk Mahasiswa dan Rekayasawan*. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama
- [10] Riastuti, Rini & Andi Rustandi.,2008. *Diktat Mata Kuliah Korosi Dan Proteksi Logam*. Depok
- [11] Jaya, Halwan, dkk., 2010. *Laporan Kerja Praktek Proses Katodik Pipa*. Departemen Metalurgi dan Material FTUI : Depok
- [12] Manganon, Pat L., 1999. *The Principles Of Material Selection For Engineering Design*. Florida: Prentice Hall
- [13] Iswahyudi. “Desain Sistem Proteksi Katodik Anoda Korban pada Jaringan Pipa Pertamina UPms V” . Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS
- [14] http://www.unene.ca/un1001/UN1001_General%20Corrosion.ppt (diakses Juni 2011)
- [15] Denny A. Jones., 1997. *Principles and Prevention of Corrosion*, 2nd Ed. Singapore : Prentice Hall International, Inc.

- [16] Yonasa, Remon., 2010. “Studi Penambahan Beras Ketan Hitam Sebagai Inhibitor Organik Dengan Konsentrasi 500 gpl Untuk Material Baja SPCC di Larutan HCl 0.1 M”, Skripsi, Program Sarjana Fakultas Teknik UI, Depok,
- [17] Halimatuddahlia , “Pencegahan Korosi dan Scale pada Proses Produksi Minyak Bumi . Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara
- [18] ASM Handbook Volume 13B., 2005. Corrosion : Materials (USA : ASM International.
- [19] <http://www.keytometals.com/articles/art60.htm> (diakses Mei 2011)
- [20] <http://corrosion-doctors.org/Experiments/iron-products.htm> (diakses Juni 2011)
- [21] ASM Handbook Volume 13A., 2003. Corrosion : Fundamentals, Testing, and Protection. USA : ASM International.
- [22] www.corrosion-doctors.org (diakses Juni 2011)
- [23] ASM Handbook Volume 13., 1997. Corrosion. USA : ASM International.
- [24] <http://corrosion-doctors.org/Cooling-Water-Towers/ph.htm> (diakses Juni 2011)
- [25] ASM Handbook Volume 13B., , 2005. Corrosion : Materials (USA : ASM International.
- [26] Elsevier Science & Technology Books, *Principle of Corrosion Engineering and Corrosion Control* (IChem Publisher, September 2006)
- [27] Ismail N.Andijani and Mohammad Mobin., 2005. “*Studies On The Determination Of Maximum Chloride Level In Product Water Transmitted Through Pipelines A, B And C1*”.
- [28] ASM International., 1992. *Metals Handbook Volume 13: Corrosion* (4th ed.). Philadelphia: Korb, Lawrence J., & David L. Olson
- [29] <http://www.titanindia.com/haigh%20silicon%20cast%20iron%20anode.htm> (diakses Juni 2011)
- [30] Roberge, Pierre R., 2000. *Handbook Of Corrosion Engineering*. New York: McGraw-Hill

- [31] NACE International. 2005. *NACE Standard RP0775-2005 Item No. 21017 Standard Recommended Practice Preparation, Installation, Analysis, And Interpretation Corrosion Coupons In Oilfield Operations*. Texas.
- [32] NACE International. 1973. *Corrosion Inhibitor*. Texas: Nathan, C. C.
- [33] Revie, R. Winston. 2000. *Uhlig's Corrosion Handbook* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons Inc
- [34] Abdurahman, Fahmi. "Pengaruh Waktu Perendaman Baja Karbon Rendah Dengan Penambahan Ekstrak Ubi Ungu Sebagai *Green Corrosion Inhibitor* di Lingkungan HCl 1M", Skripsi, Program Sarjana Fakultas Teknik UI, Depok, 2010
- [35] Arief, Farhan. "Studi Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Organik Ramah Lingkungan untuk Material Baja Karbon Rendah pada Lingkungan Air Laut", Skripsi, Program Sarjana Fakultas Teknik UI, Depok, 2010
- [36] Kharisma Adi. "**Meraih Peluang dengan Ubi Ungu**". 7 Mei 2009. <http://mybusinessblogging.com/entrepreneur/2009/05/07/adi-kharisma-dan-ubi-ungu/> (diakses Mei 2011)
- [37] Fontana, G., 1986. "*Corrossion Engineering*". New York: McGraw-Hill Book Company.
- [38] Iman Ardianto, Fadila. "Studi Pengaruh Ekstrak Ubi Ungu sebagai *Green Corrosion Inhibitor* untuk Material Baja Karbon Rendah pada Lingkungan HCl 1M", Skripsi, Program Sarjana Fakultas Teknik UI, Depok, 2010
- [39] ASTM D1647., 1996. *Standard Test Methods for Resistance of Dried Films of Varnishes to Water and Alkali*.
- [40] Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian Vol. 30. No. 4 2008
- [41] ASTM G1-03., 2003. *Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens*.
- [42] ASTM G31-72., 2004. *Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals*.
- [43] Gunaatmaja, Andhi. "Pengaruh Waktu Perendaman Terhadap Laju Korosi Pada Baja Karbon Rendah Dengan Penambahan Ekstrak Ubi Ungu Sebagai Inhibitor Organik Di Lingkungan NaCl 3,5%", Skripsi, Program Sarjana Fakultas Teknik UI, Depok, 2011



LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. Foto alat-alat preparasi sampel**LAMPIRAN 1.1. Foto alat potong sampel****LAMPIRAN 1.2. Foto mesin bor sampel****LAMPIRAN 1.3. Foto mesin amplas sampel**

LAMPIRAN 2. Foto perendaman sampel pada larutan HCl 1 M untuk pengujian baja karbon rendah di semua variabel waktu uji

LAMPIRAN 2.1. Foto perendaman sampel dengan penambahan inhibitor untuk waktu perendaman 3 hari



LAMPIRAN 2.2. Foto perendaman sampel tanpa penambahan inhibitor untuk waktu perendaman 3 hari



LAMPIRAN 2.3. Foto perendaman sampel dengan penambahan inhibitor untuk waktu perendaman 6 hari



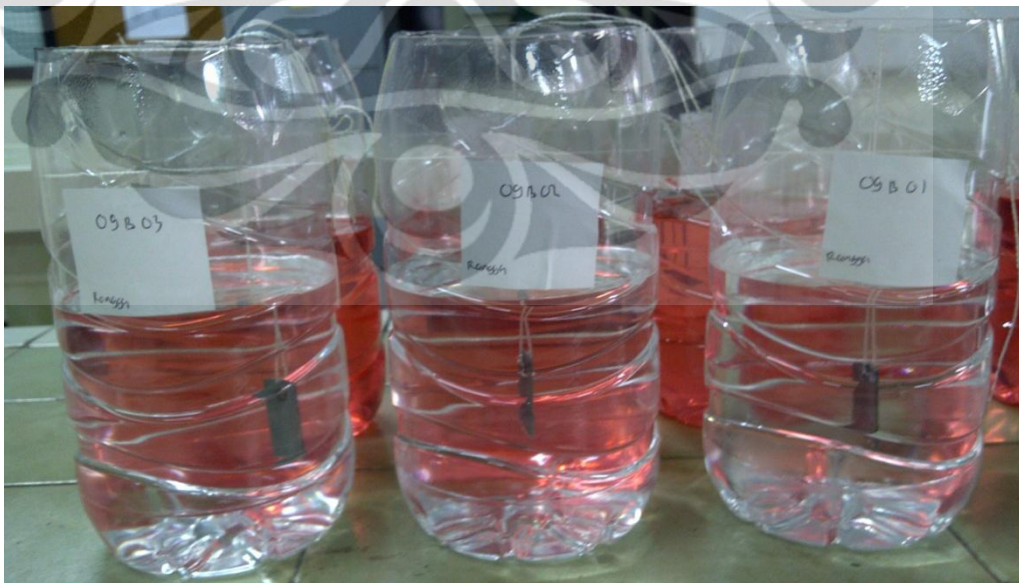
LAMPIRAN 2.4. Foto perendaman sampel tanpa penambahan inhibitor untuk waktu perendaman 6 hari



LAMPIRAN 2.5. Foto perendaman sampel dengan penambahan inhibitor untuk waktu perendaman 9 hari



LAMPIRAN 2.6. Foto perendaman sampel tanpa penambahan inhibitor untuk waktu perendaman 9 hari



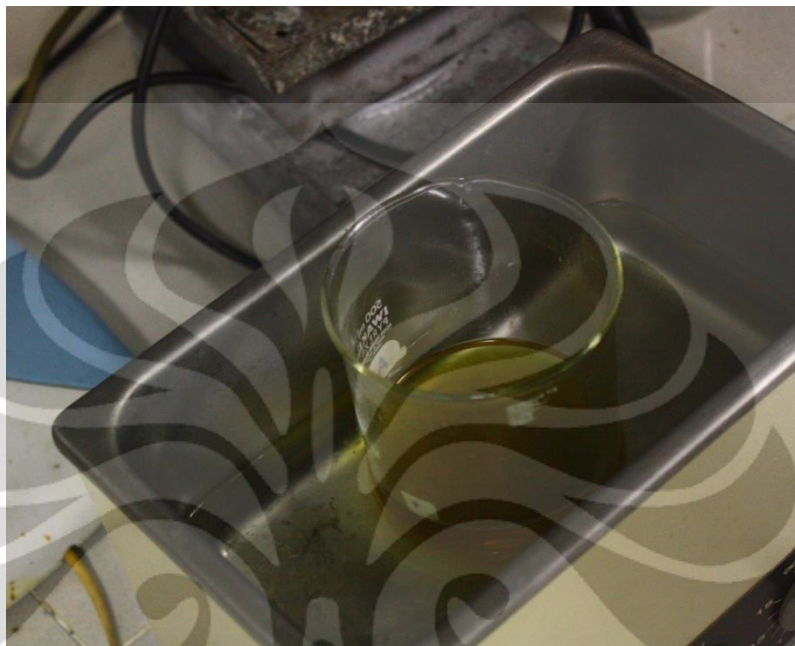
LAMPIRAN 2.7. Foto perendaman sampel dengan penambahan inhibitor untuk waktu perendaman 12 hari



LAMPIRAN 2.8. Foto perendaman sampel tanpa penambahan inhibitor untuk waktu perendaman 12 hari



LAMPIRAN 3. Pencelupan sampel kedalam *ultrasonic agitator* untuk mempercepat penghilangan *scale* dan produk korosi



LAMPIRAN 4. Foto alat timbang berat sampel



LAMPIRAN 5. Hasil pengujian komposisi 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 ASTM A751
<i>Contract Nr.</i>		<i>Standard</i>	
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