



UNIVERSITAS INDONESIA

**Studi Penambahan Inhibitor “x” Hasil Ekstrak Ubi Ungu Sebagai
Inhibitor di lingkungan Air Tanah Pada Lembaran Baja Karbon
Rendah**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana

BASTINO GUNAWAN SIREGAR

0706268335

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 : Bastino Gunawan Siregar

NPM : 0706268335

Tanda Tangan :



Tanggal : 16 Juni 2011



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Bastino Gunawan Siregar
NPM : 0706268335
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Judul Skripsi : Studi Penambahan Inhibitor "x" Hasil Ekstrak Ubi
Ungu Sebagai Inhibitor di lingkungan Air Tanah
Pada Lembaran Baja Karbon Rendah

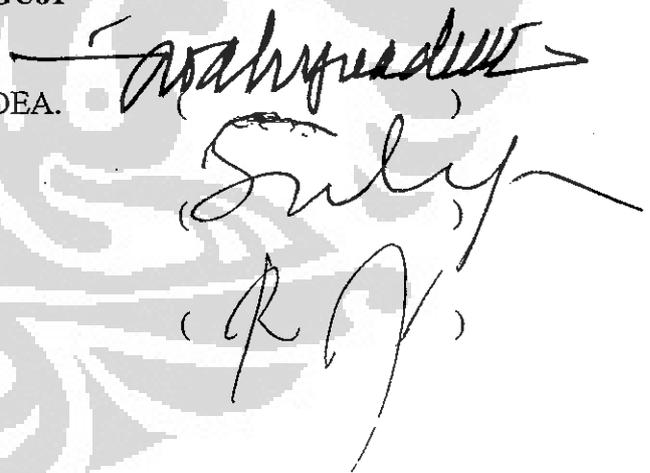
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

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

Penguji 1 : Dr. Ir.Sutopo, M.Sc

Penguji 2 : Deni Ferdian, ST, M.Sc



Ditetapkan : Depok, 16 Juni 2011



KATA PENGANTAR

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

Skripsi ini mengambil tema pengolahan mineral dengan judul *Studi Penambahan Inhibitor "x" Hasil Ekstrak Ubi Ungu Sebagai Inhibitor di lingkungan Air Tanah Pada Lembaran Baja Karbon Rendah*. Skripsi ini berisi penelitian serta pengujian yang dilakukan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh ekstrak ubi ungu sebagai inhibitor organik pada lingkungan air tanah. Pengujian dilakukan menggunakan baja SPCC dengan rentang waktu 3 hari, 6 hari, 9 hari, dan 12 hari. Dalam rentang waktu tersebut, dihitung laju korosi dengan metode kehilangan berat.

Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Johny Wahyuadi Soedarsono, DEA, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini.
2. Prof. Dr. Ir. Dewa Ngurah Suprpta, M.Sc, sebagai penyedia ekstrak ubi ungu.
3. Prof. Dr-Ing. Ir. Bambang Suharno, selaku Kepala Departemen Teknik Metalurgi dan Material FTUI.
5. Kedua orang tua tercinta di rumah Djadiaman S dan Rosmawati S, yang telah memberikan bantuan dukungan moral dan material.
6. Teman – teman seperjuangan di Metalurgi dan Material Angkatan 2007 :
 - a. Tim Skripsi : Doyok, Kuda, B-pay.

- b. Teman – teman Ikatan Mahasiswa Metalurgi dan Material (IMMt) 2007
- c. Teman Kerja Praktek Tersoulmate Miska Rahmaniati
- d. Senior-senior Kerja Praktek Di Mc Dermott :
Shandy, Jati, Ali, Martino, Julian, Fahmi, Roso, Indro, Tommy.
- d. Dan kawan – kawan seperjuangan lainnya, yang telah mengukir kenangan indah di Metalurgi dan Material. Semoga apa yang kita perjuangkan ini berbuah manis nantinya. Amin. Terima kasih banyak, kawan.

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

Depok, 16 Juni 2011



Bastino Gunawan Siregar

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

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

Nama : Bastino Gunawan Siregar
NPM : 0706268335
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Departemen : Metalurgi dan Material
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

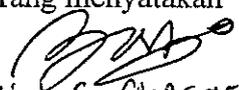
Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Studi Penambahan Inhibitor “x” Hasil Ekstrak Ubi Ungu Sebagai Inhibitor
di lingkungan Air Tanah Pada Lembaran Baja Karbon Rendah**

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 : 16 Juni 2011

Yang menyatakan

(Bastino G. Siregar)

ABSTRAK

Nama : Bastino Gunawan Siregar
NPM : 0706268335
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Judul Skripsi : Studi Penambahan Inhibitor “x” Hasil Ekstrak Ubi Ungu Sebagai Inhibitor di lingkungan Air Tanah Pada Lembaran Baja Karbon Rendah

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari inhibitor “x” yang berasal dari ekstrak ubi ungu sebagai inhibitor di lingkungan air tanah pada lembaran baja karbon rendah. Metode yang digunakan menggunakan metode kehilangan berat dengan waktu perendaman selama 3, 6, 9, 12 hari. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan ekstrak ubi ungu di lingkungan air tanah tidak begitu efektif dengan nilai efisiensi yang didapat pada hari ke-12 sebesar 60,07 %. Kemudian terjadi penurunan laju korosi yang berbeda antara sampel yang di beri inhibitor dan non inhibitor. Hal tersebut dapat menyimpulkan bahwa ekstrak ubi ungu dapat menurunkan laju korosi di lingkungan air tanah.

Kata kunci :

Korosi, perlindungan korosi, inhibitor organik, ubi ungu, korosi pada lingkungan air tanah.

ABSTRACT

Name : Bastino Gunawan Siregar
NPM : 0706268335
Major : Metallurgy and Material Engineering
Title : Study of the addition Inhibitor "x" as a Ekstrak Ubi ungu In natural water at Low Carbon Steel Plate

Intensive search aims to determine the effect of the inhibitor "x" is derived from purple yam extract as an inhibitor in the groundwater at low carbon steel sheets. The methods used method to lose weight with immersion time for 3, 6, 9, 12 days. From this study it can be concluded that the use of extracts of purple yam in the ground water environment is not so effective with the efficiency values obtained on day 12 at 60.07%. Then decrease the corrosion rate is different between the samples in the given inhibitors and non-inhibitors. It can be concluded that the purple yam extracts can reduce the rate of corrosion in the ground water environment.

Keywords :
Corrosion, corrosion protection, organic inhibitors, sweet potato, corrosion of the ground water environment.

DAFTAR ISI

JUDUL TUGAS AKHIR	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	9
DAFTAR TABEL	23
DAFTAR LAMPIRAN	46
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Ruang Lingkup Penelitian	5
1.5. Sistematika Penelitian	5
BAB II TEORI PENUNJANG	7
2.1. Korosi	7
2.2. Pasifitas dan Polarisasi	9
2.3. Korosi dalam Air Tanah	11
2.3.1 Bagian-Bagian Pada Air Tanah	12
2.3.2 Faktor yang Mempengaruhi Korosi Air Tanah	13
2.4. Pengendalian Korosi	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1. Diagram Alir Penelitian	20
3.2. Alat dan Bahan	21

3.2.1.	Alat	21
3.2.2.	Bahan	21
3.3.	Prosedur Kerja	22
3.3.1.	Preparasi Sampel	22
3.3.2.	Pembuatan Larutan	23
3.3.3.	Pembuatan Inhibitor Ekstrak Ubi Ungu	24
3.3.4.	Uji Rendam (<i>Immersion Test</i>) Seama 3, 6, 9, dan 12 Hari..	25
3.3.5.	Pembersihan Sampel	25
3.3.6.	Pengambilan Data	26
3.3.7	Analisa Data.....	27
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	29
4.1.	Hasil Penelitian	29
4.2.	Pembahasan	
4.2.1.	Pengaruh Kehilangan Berat Terhadap laju Korosi dan Efisiensi	34
4.2.2.	Pengaruh Perendaman Terhadap Nilai pH	38
4.2.3	Hubungan Antara Nilai pH dan Potensial Di dalam Diagram Pourbaix.....	39
BAB V	PENUTUP	44
5.1.	Kesimpulan	44
	DAFTAR PUSTAKA	45
	LAMPIRAN	46

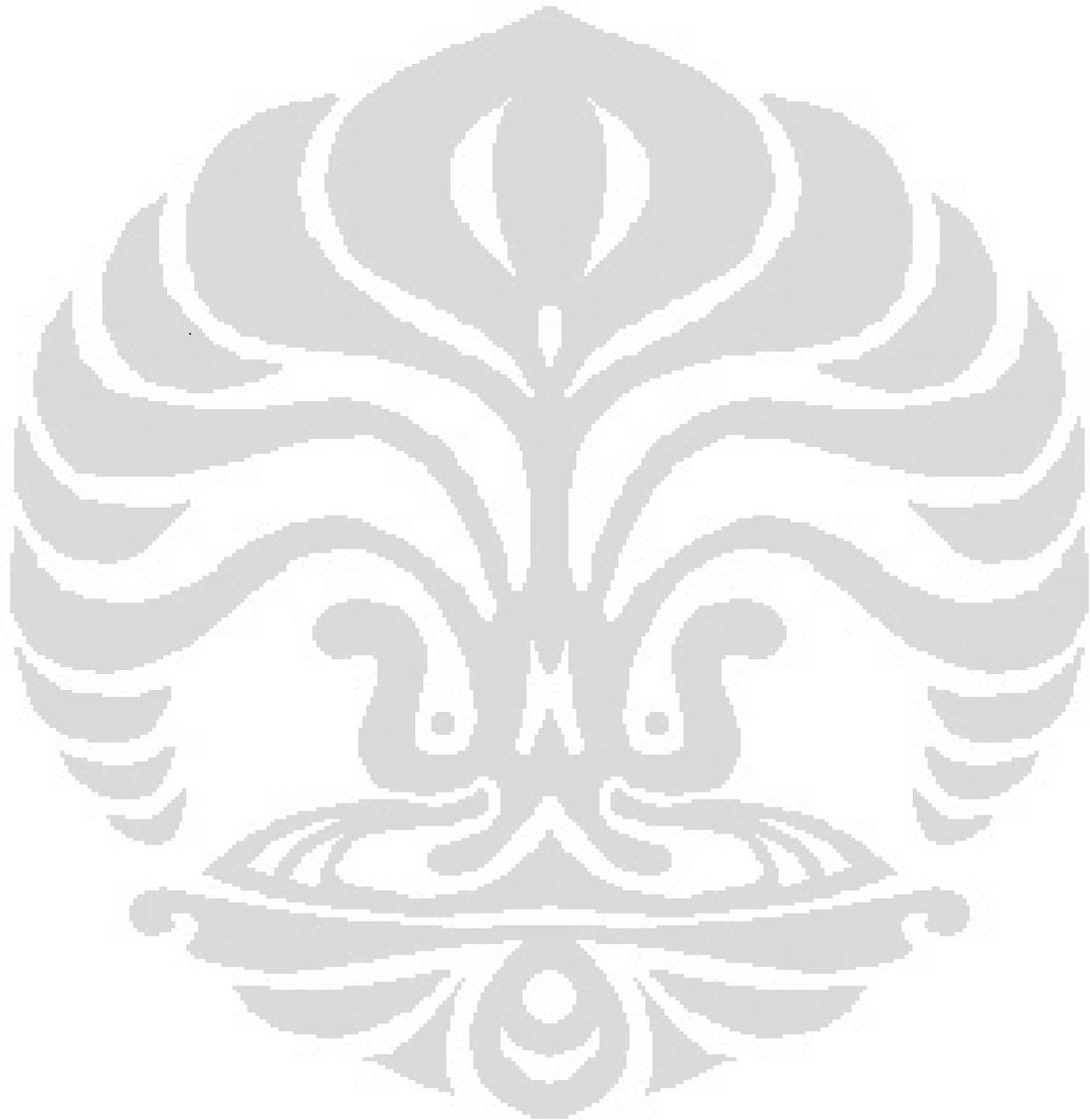
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Daerah Aktif, Pasif, dan Immun	9
Gambar 2.2. Kurva Polarisasi	11
Gambar 2.3. Tabel Deret Galvanik	15
Gambar 2.4. Perbandingan Anoda Korban dan Arus Tanding	16
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	20
Gambar 3.2. Dimensi Sampel	21
Gambar 4.1. Grafik Kehilangan Berat	34
Gambar 4.2. Grafik Efisiensi Inhibitor	34
Gambar 4.3. Grafik Laju Korosi	36
Gambar 4.4. Sampel Hari ke-6 a)inhibitor dan b)Non Inhibitor	37
Gambar 4.5. Grafik pH Inhibitor	38
Gambar 4.6. Grafik pH Non Inhibitor	38
Gambar 4.7. Diagram Poubaix Sampel A	40
Gambar 4.8. Diagram Pourbaix Sampel NA	40
Gambar 4.9. Diagram Pourbaix Sampel B	41
Gambar 4.10.Diagram Pourbaix Sampe NB	41
Gambar 4.11.Diagram Pourbaix Sampel C	42
Gambar 4.12.Diagram Pourbaix Sampel NC.....	42
Gambar 4.13.Diagram Pourbaix Sampel D	43
Gambar 4.14 Diagram Pourbaix Sampel ND.....	43

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Hasil Pengujian Komposisi Air	23
Tabel 4.1. Data Kehilangan Berat Inhibitor	29
Tabel 4.2. Data Kehilangan Berat Non Inhibitor	29
Tabel 4.3. Laju Korosi Inhibitor	30
Tabel 4.4. Laju Korosi Non Inhibitor	30
Tabel 4.5. Efisiensi Inhibitor	31

Tabel 4.6. Perubahan Potensial.....	32
Tabel 4.7. Perubahan pH.....	33



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Korosi adalah kerusakan atau degradasi logam akibat reaksi redoks antara suatu logam dengan berbagai zat di lingkungannya yang menghasilkan senyawa-senyawa yang tidak dikehendaki. Dalam bahasa sehari-hari, korosi disebut perkaratan. Korosi (Kennet dan Chamberlain, 1991) adalah penurunan mutu logam akibat reaksi elektro kimia dengan lingkungannya. Contoh korosi yang paling lazim adalah perkaratan besi. Karena sering terjadi pada besi, maka tidak mungkin belum pernah melihat korosi atau karat pada besi. Sangat banyak instrumen ataupun peralatan sehari-hari yang menggunakan logam besi.

Korosi muncul akibat adanya kontak langsung logam dengan lingkungannya atau oksigen. hal tersebut terjadi karena adanya reaksi elektrokimia yang terjadi. Dimana elektron mengalir dari logam yang kurang mulia (anodik) menuju metal yang mulia (katodik), sehingga metal yang kurang mulia menjadi ion-ion positif karena kehilangan elektron. Ion positif tersebut kemudian bereaksi dengan elektron negatif yang berada di elektrolit larutan menjadi garam metal (korosi galvanis). Logam juga akan terkorosi ketika kontak dengan asam, basa, garam, padatan, larutan kimia, uap asam, gas formaldehyde, gas ammonia, dan gas yang mengandung sulfur.

Oleh karena itu diperlukan cara untuk menghambat laju korosi tersebut. Dalam ilmu korosi dikenal beberapa cara untuk mencegah korosi⁽¹⁾.

1. Proteksi Katodik
2. Inhibitor
3. Coating
4. Pemilihan Material

Cara tersebut adalah cara yang umum dilakukan dalam dunia industri untuk menekan laju korosi. Dalam penulisan Tugas Akhir ini menggunakan

Inhibitor sebagai topik Tugas Akhir. Inhibitor bekerja dengan cara mengubah lingkungan korosif menjadi tidak korosif dengan penambahan zat tertentu.

Korosi melibatkan pergerakan ion logam ke dalam larutan pada anoda dan pertukaran elektron dari logam kepada katoda (Evans,dkk, 1976). Korosi dapat dicegah dengan cara proteksi anodik atau katodik, pelapisan (coating) yang dapat mengurangi kontak antara logam dengan lingkungannya, perubahan sifat logam lewat aliansi, dan yang paling efektif penambahan inhibitor korosi (Rosenfel'd, 1981).

Seiring perkembangan zaman dibutuhkan suatu tindakan yang dapat menurunkan tingkat kerusakan lingkungan yang sudah memburuk. Tidak terkecuali dengan Inhibitor. Pada zaman sekarang ini Inhibitor telah menggunakan bahan ekstrak alami, agar nantinya dapat menjaga lingkungan (ramah lingkungan).

Tema kembali ke alam "*Back to nature*" sering di kampanyekan dalam rangka mengembalikan segala penggunaan dengan menggunakan bahan yang ramah lingkungan. Banyak sekali penggunaan-penggunaan yang menggunakan bahan-bahan tidak ramah lingkungan, padahal banyak sekali bahan-bahan yang natural yang sangat ramah lingkungan Dengan cara menggunakan bahan-bahan alami sudah dapat mencegah lingkungan dari kerusakan. Hal ini dilakukan karena lebih aman, efisien, dan tentunya ramah lingkungan. Oleh karena itu aspek kembali ke alam sudah menjadi salah satu aspek yang diperhitungkan.

Inhibitor ekstrak alam biasanya terbuat dari bahan organik dan anorganik. Inhibitor ini digunakan untuk mengurangi serangan lingkungan terhadap material, dan meminimalisasi terjadinya korosi. kelebihan inhibitor ekstrak alam ramah lingkungan, mudah di pergharui, mudah didapatkan.

Ekstrak bahan alam yang mengandung senyawa N, O, P dan S yang memiliki pasangan elektron bebas, yang nantinya akan membentuk ligan dan menyatu menjadi senyawa kompleks dengan material logam. Efektivitas ekstrak bahan alam sebagai inhibitor korosi tidak terlepas dari kandungan nitrogen yang terdapat dalam senyawa kimianya seperti daun tembakau yang mengandung

senyawa-senyawa kimia antara lain nikotin, hidrazin, alanin, quinolin, anilin, piridin, amina, dan lain-lain (Reynolds, 1994).

Senyawa-senyawa itu nantinya akan membentuk senyawa kompleks dengan Fe^{2+} yang mendapatkan donor elektron dari natrium. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa ekstrak alam baik untuk digunakan sebagai inhibitor. Sudrajat dan Ilim (2006) juga mengemukakan bahwa ekstrak daun tembakau, lidah buaya, daun pepaya, daun teh, dan kopi dapat efektif menurunkan laju korosi *mild steel* dalam medium air laut buatan yang jenuh CO_2 .

Oleh karena itu ingin melakukan percobaan inhibitor dengan menggunakan Low Carbon steel sebagai logamnya, pada lingkungan air tanah dan menggunakan ekstrak dari ubi ungu.

1.2. Perumusan Masalah

Korosi sangat dekat dengan kehidupan sehari-hari. Setiap hari melihat benda-benda disekitar terkorosi. Terlebih benda-benda yang terbuat dari logam besi. Hal tersebut tentunya sangat merugikan. Korosi juga sangat mengganggu bagi industri-industri yang berkembang di Indonesia. Mereka selalu ingin mengontrol dan mengerti korosi, terlebih jika mereka menggunakan material yang korosifitasnya tinggi.

Banyak dampak negatif yang disebabkan yang ditimbulkan dari adanya korosi. Terhambatnya proses pengerjakan di suatu fabrikasi akibat adanya korosi pada logam, tingkat keselamatan yang rendah karena rusaknya perangkat keselamatan atau benda-benda yang tingkat kritisnya tinggi akibat korosi. Dapat juga menurunkan nilai ekonomi dari suatu benda yang terkena korosi. oleh karena itu korosi sangat menjadi momok yang menakutkan bagi para penggerak industri di Indonesia. Dibutuhkan keahlian khusus untuk menjaga agar logam-logam yang mereka gunakan tidak mudah terkorosi.

Untuk mengurangi dan mencegah korosi dapat dengan menggunakan salah satu pencegahan dengan menggunakan inhibitor. Inhibitor merupakan suatu larutan kimia yang nantinya akan dicampurkan ke dalam lingkungan, sehingga

lingkungan itu akan mengurangi serangan korosinya terhadap logam. Inhibitor biasanya terbuat dari bahan organik dan anorganik. Ada senyawa-senyawa yang dibutuhkan untuk dapat mengurangi korosi seperti N,P,O,S. Senyawa tersebut dibutuhkan untuk membentuk senyawa kompleks yang nantinya akan berikatan dengan besi. Inhibitor organik bekerja dengan membentuk lapisan pelindung pada permukaan logam. Lapisan molekul pertama yang terbentuk mempunyai ikatan yang sangat kuat yang disebut adsorpsi kimia. Campuran senyawa organik teradsorpsi pada permukaan logam menggunakan elektron bebas. Molekul dari senyawa organik harus mempunyai sifat yang menunjukkan kemampuan sebagai inhibitor misalnya molekul mempunyai struktur yang besar, ikatan rangkap, dan adanya pusat aktif⁽²⁾. Molekul senyawa organik yang efektif untuk digunakan sebagai inhibitor korosi adalah molekul yang mempunyai heteroatom misalnya nitrogen, sulfur, oksigen dan cincin aromatik (Stupnisek-Lisac,dkk, 1988).

Bahan-bahan inhibitor alam sangat dibutuhkan, karena ramah lingkungan, murah, dapat diperbaharui. Hal ini karena melihat bahwa yang berbahan sintesis sangat berbahaya bagi lingkungan. Oleh karena itu inhibitor ekstrak alam menjadi pilihan. Syarat-syarat inhibitor korosi yang baik harus murah, tidak beracun, aman bagi lingkungan, dan tersedia di alam (Kunze,2001; Esih,dkk, 1990).

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan :

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

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

- A. Material yang digunakan adalah baja SPCC dengan kondisi awal yang dianggap sama untuk variabel uji yang berbeda.
- B. Perhitungan corrosion rate menggunakan metode kehilangan berat (weight loss) yang dilakukan sesuai dengan standar ASTM G1-03⁽³⁾.
- C. Inhibitor organik yang digunakan adalah ubi ungu dengan volume 2 ml.
- D. Larutan rendam adalah air tanah dengan volume yang disesuaikan dengan batas minimum volume kontak larutan terhadap permukaan sampel disesuaikan dengan standar ASTM G31-72.
- E. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kehilangan berat dengan waktu perendaman selama 3, 6, 9 dan 12 hari.
- F. Pengujian untuk mengetahui pengaruh ekstrak ubi ungu sebagai suatu inhibitor terhadap lingkungannya dengan membandingkan pH larutan dan potensial sebelum dan sesudah penambahan inhibitor. Data mengenai pH larutan dan potensial logam setelah pengujian akan dipetakan ke dalam Diagram Pourbaix untuk melihat mekanisme penghambatan terhadap perubahan kondisi lingkungan.

1.5. Sistematika Penulisan

Dalam penelitian ini, sistematika penulisan disusun agar konsep dalam penulisan skripsi menjadi berurutan sehingga akan didapat kerangka alur pemikiran yang mudah dan praktis. Sistematika tersebut dapat diuraikan dalam bentuk bab-bab yang saling berkaitan satu dengan yang lain, diantaranya ialah:

1.5.1. Bab I Pendahuluan

Membahas mengenai latar belakang penulisan, perumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan.

1.5.2. Bab II Teori Penunjang

Membahas mengenai teori korosi secara umum baik pengertian dan jenis-jenis korosi, perlindungan terhadap korosi, inhibitor organik, korosi

pada baja, korosi pada lingkungan air tanah, kinetika korosi, dan perhitungan laju korosi menggunakan metode kehilangan berat.

1.5.3. Bab III Metodologi Penelitian

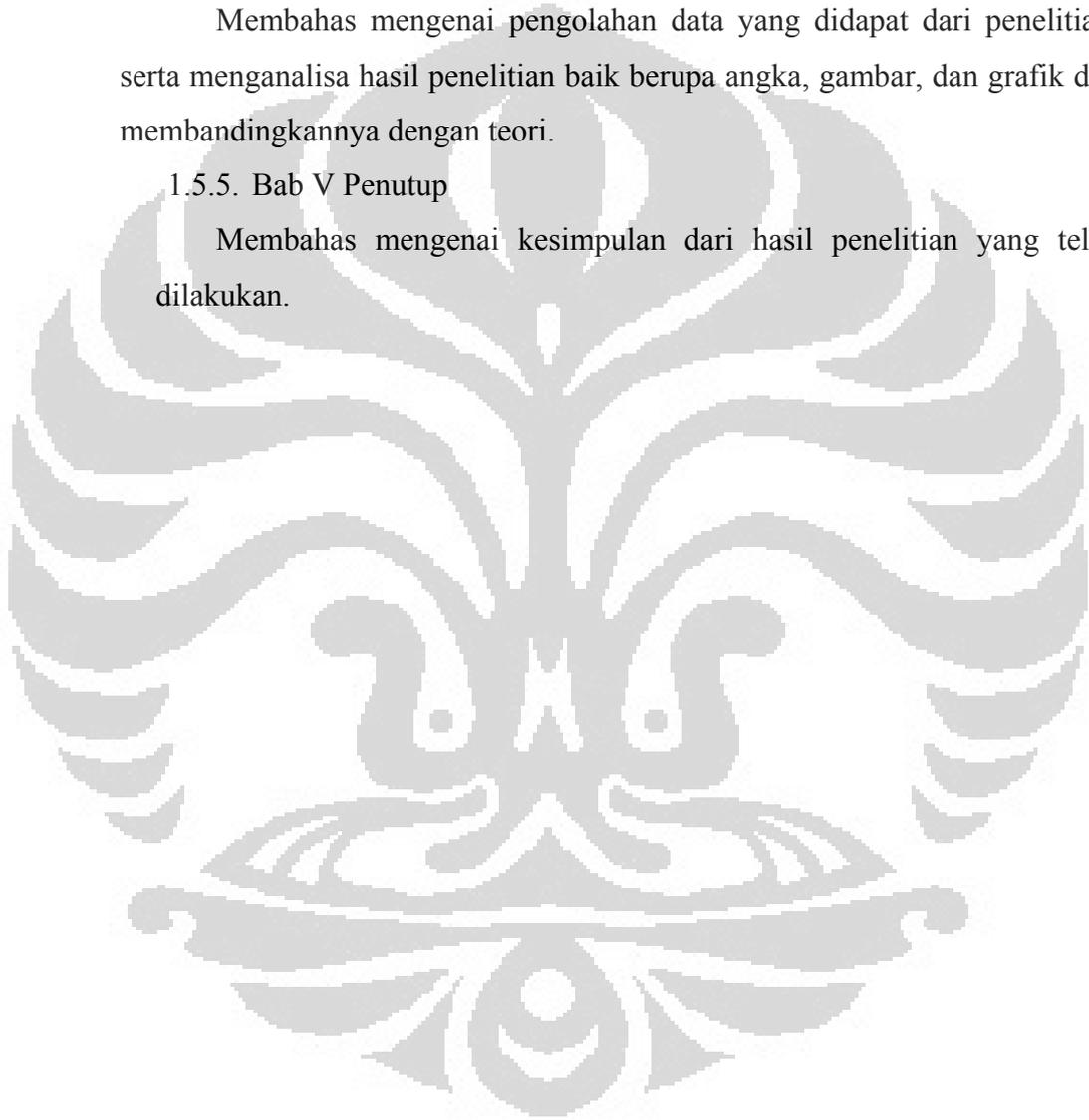
Membahas mengenai diagram alir penelitian, alat dan bahan yang diperlukan untuk penelitian, dan prosedur penelitian.

1.5.4. Bab IV Hasil Penelitian dan Pembahasan

Membahas mengenai pengolahan data yang didapat dari penelitian, serta menganalisa hasil penelitian baik berupa angka, gambar, dan grafik dan membandingkannya dengan teori.

1.5.5. Bab V Penutup

Membahas mengenai kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.



Bab II

Teori Penunjang

2.1 Korosi

Korosi adalah suatu reaksi redoks antara logam dengan berbagai zat yang ada di lingkungannya sehingga menghasilkan senyawa-senyawa yang tidak dikehendaki. Dalam kehidupan sehari-hari korosi dikenal dengan sebutan perkaratan⁽⁴⁾.

Proses korosi terjadi hampir pada semua material terutama logam terjadi secara perlahan tetapi pasti, korosi dapat menyebabkan suatu material mempunyai keterbatasan umur pemakaian, dimana material yang diperkirakan untuk pemakaian dalam waktu lama ternyata mempunyai umur yang lebih singkat dari umur pemakaian rata-ratanya. Korosi adalah reaksi redoks antara suatu logam dengan berbagai zat di lingkungannya yang menghasilkan senyawa-senyawa yang tak dikehendaki.

Korosi atau perkaratan sangat lazim terjadi pada besi. Besi merupakan logam yang mudah berkarat. Karat besi merupakan zat yang dihasilkan pada peristiwa korosi, yaitu berupa zat padat berwarna coklat kemerahan yang bersifat rapuh serta berpori. Rumus kimia dari karat besi adalah $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$. Bila dibiarkan, lama kelamaan besi akan habis menjadi karat.

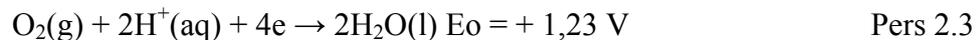
Rumus kimia karat besi adalah $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, suatu zat padat yang berwarna coklat-merah. Pada korosi besi, bagian tertentu dari besi berlaku sebagai anode, dimana besi mengalami oksidasi.



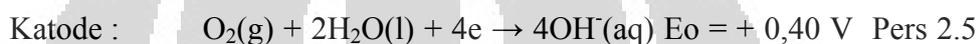
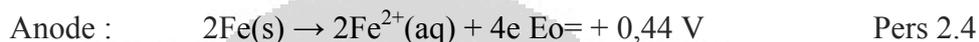
Elektron yang dibebaskan di anode mengalir ke bagian lain dari besi yang berlaku sebagai katode, dimana oksigen tereduksi.



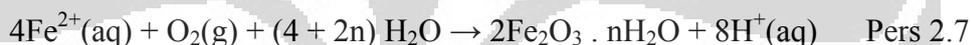
atau



Ion besi (II) yang terbentuk pada anode selanjutnya teroksidasi membentuk ion besi (III) yang kemudian membentuk senyawa oksida terhidrasi, $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, yaitu karat besi. Maka reaksi yang terjadi :



Ion Fe^{2+} tersebut kemudian mengalami oksidasi lebih lanjut dengan reaksi :



Mengenai bagian mana dari besi itu yang bertindak sebagai anode dan bagian mana yang bertindak sebagai katode bergantung pada berbagai faktor, misalnya zat pengotor, atau perbedaan rapat logam itu. Korosi besi memerlukan oksigen dan air.

Agar reaksi korosi dapat berlangsung secara elektrokimia, ada 3 kondisi yang harus berlangsung secara serentak, yaitu⁽⁵⁾:

1. Ada perbedaan potensial

Dikarenakan adanya arus liar (stray external currents) dan ketidakstabilan termodinamika dari sebuah logam,

2. Ada mekanisme perpindahan muatan antara elektron dan elektrolit konduktor

Adanya reaksi oksidasi dan reduksi pada anoda dan katoda yang disebut mekanisme perpindahan muatan,

3. Tersedianya suatu jalan konduksi yang terus-menerus

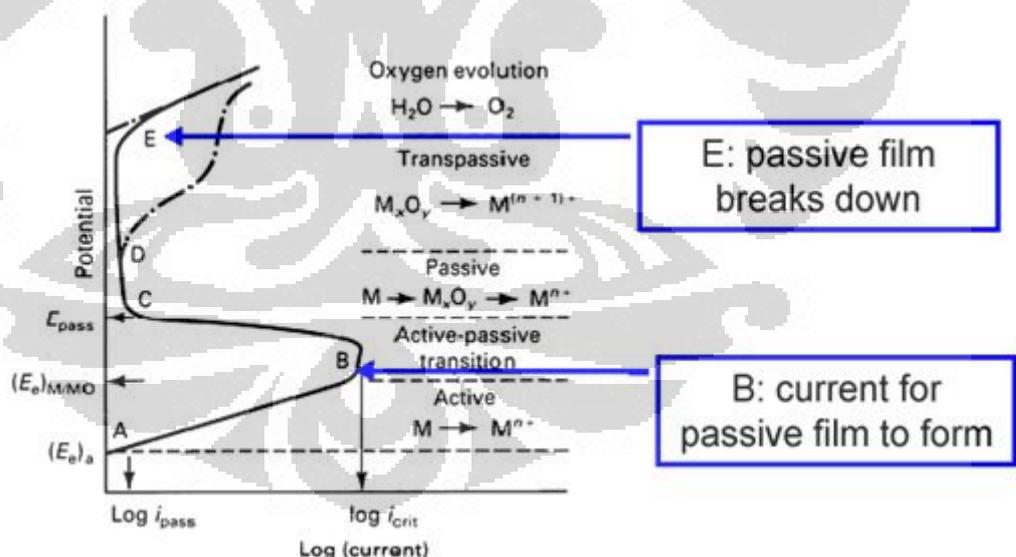
Ion logam dilepaskan ke suatu elektrolit untuk menyediakan jalan konduksi sehingga menghasilkan suatu sirkuit listrik.

2.2 Pasifitas dan Polarisasi

Didefinisikan sebagai suatu keadaan tahan korosi akibat dari terbentuknya lapisan permukaan yang tipis dibawah keadaan teroksidasi dengan terpolarisasi katodik yang tinggi. passive film terbentuk oleh reaksi elektrokimia :



Beberapa logam dan paduan, memiliki lapisan “barrier” sederhana dengan mengurangi korosi pada potensial aktif dan terpolarisasi anodik yang kecil, keadaan yang seperti ini tidak dikatakan sebagai keadaan passive.



Gambar 2.1 Daerah Aktif, Pasif, dan Immun⁽⁶⁾

Gambar 2.1 menggambarkan bagaimana proses dari perubahan-perubahan yang terjadi akibat pengaruh potensial dan nilai dari rapat arus. Terdapat 3 bagian besar yang menjadi pembahasan, yaitu:

1. Daerah Aktif

Daerah dimana *corrosion rate* meningkat,

2. Daerah Pasif

Daerah pasif daerah yg terbentuk lapisan pasif sehingga *corrosion rate* pada posisi rendah dan konstan,

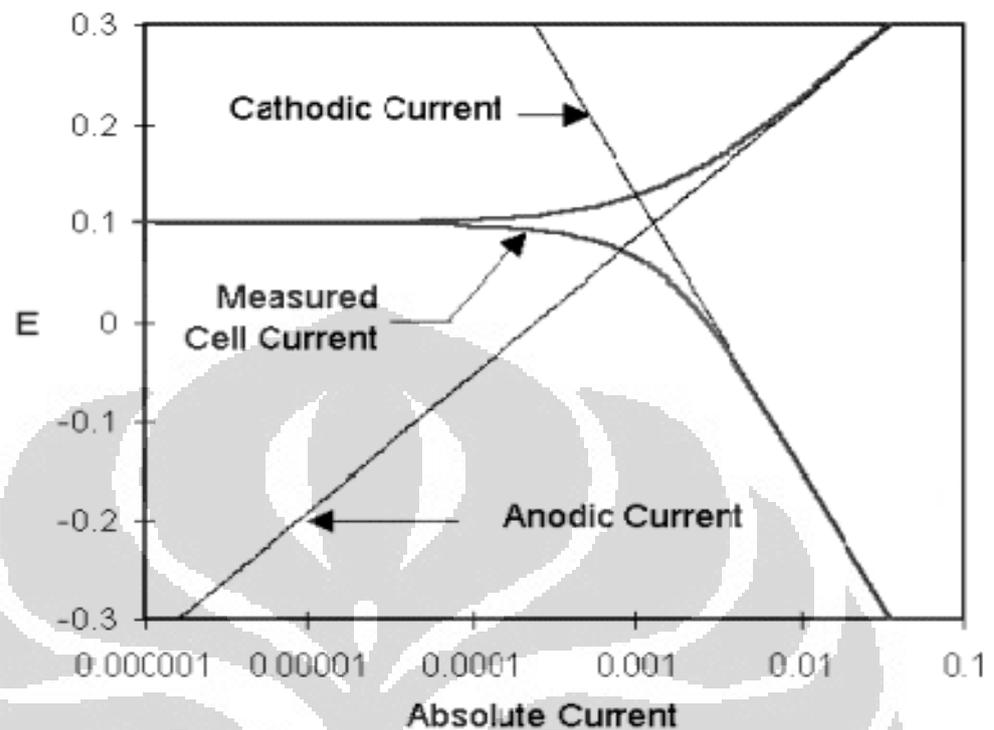
3. Daerah Imun

Daerah dimana korosi terhenti.

Lapisan pasif harus menyediakan penahan yang menjaga agar arus korosi pada permukaan logam bernilai cukup rendah sehingga kerusakan lanjutan oleh korosi dapat diminimalisasikan. Proses penembusan oleh lapisan pasif dapat menghasilkan korosi surmuran, korosi celah, korosi batas butir.

Polarisasi adalah salah satu bentuk reaksi korosi yang merupakan penyebab timbulnya karat pada kerusakan logam. Secara definitif polarisasi itu adalah proses pengutuban ion hidrogen secara kimia listrik sehingga terbentuk gas hidrogen dengan bantuan pengikatan elektron yang dihasilkan dari proses degradasi logam.

Polarisasi ada 2 macam yakni, aktivasi polarisasi dan konsentrasi polarisasi. Aktivasi polarisasi dapat berlangsung dengan kontrol urutan reaksi pembentukan hidrogen yang pada logam dengan larutan yang bersentuhan. Sedangkan konsentrasi polarisasi terjadi akibat adanya konsentrasi hidroksil yang pekat sehingga pengontrolnya adalah konsentrasi dari ion.



Gambar 2.2 Kurva Polarisasi⁽⁶⁾

Pada Gambar 2.2 menunjukkan kurva polarisasi yang berisikan garis katodik dan anodik. Potensial E digambarkan sebagai fungsi dari logaritma rapat arus (absolute current). Ketika reaksi korosi dikontrol dengan polarisasi, maka kelakuan polarisasi akan menunjukkan garis lurus.

Variasi dari potensial sebagai sebagai fungsi dari arus memungkinkan untuk mengetahui pengaruh dari proses konsentrasi dan aktifitas pada tingkat dimana reaksi anoda maupun katoda dapat memberi atau menerima elektron. Karenanya, pengukuran polarisasi dapat menentukan laju reaksi yang terlibat pada proses korosi.

2.3 Korosi dalam Air Tanah

Sebagai salah satu alternatif sumber air untuk sistem penyediaan air bersih, kualitas air tanah lebih baik bila dibandingkan dengan kualitas air permukaan. Air hujan yang turun dipermukaan bumi dan meresap kedalam tanah kemudian

mengalir ketempat yang lebih rendah didalam tanah. Kualitas dan potensi air tanah akan tergantung dari kondisi geologi atau kondisi batuan di daerah dimana air tanah tersebut berada. Air tanah bisa berada di dataran rendah atau didaerah pegunungan.

Air tanah juga dikenal sebagai lingkungan yang korosif. Seperti pada aplikasinya seperti pipa air minum, pipa bawah tanah yang sering sekali bersinggungan ataupun kontak langsung dengan lingkungan air tanah. Lingkungan tersebut bisa berupa udara dengan kelembaban yang cukup tinggi, udara dengan kelembaban sangat rendah, larutan elektrolit, air laut, ataupun air tanah.

2.3.1 Bagian-Bagian pada Air Tanah

Bagian-bagian pada air tanah, yaitu:

1. Air Permukaan (Mata Air)

Mata air adalah air yang muncul ke permukaan tanah, yang terjadi karena karena terpotongnya tanah dan umumnya keluar dengan sendiri kepermukaan tanah. Mata air bisa berupa rembesan yang keluar di lereng-lereng atau atau muncul kepermukaan tanah pada suatu dataran. Air permukaan, dimana komposisi zat terlarut tergantung pada tanah yang ditempati atau tempat tergenangnya. Pada umumnya zat yang terlarut jauh lebih rendah dari air laut. Biasanya mengandung Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , Cl^- , dan SO_4^{2-} . Agresivitas korosi air permukaan lebih rendah dari air laut.

2. Air Tanah Dangkal

Air tanah dangkal adalah air yang meresap kedalam tanah dan setelah melalui beberapa saringan dan menemui lapisan tanah yang rapat air, air akan terkumpul dan menjadi air tanah dangkal. Air Tanah dangkal ini dimanfaatkan untuk sumber air dengan membuat sumur. Air tanah dangkal bisa sampai kedalaman 30 m. Air tanah dangkal, seperti air sumur,

komposisi zat terlarutnya sangat tergantung pada tanah dimana sumur itu dibuat. Bila tanahnya banyak kapurnya maka itu akan sadah. Korosivitasnya lebih rendah daripada air laut.

3. Air Tanah Dalam

Air Tanah Dalam adalah air yang meresap sampai kedalam tanah dan bisa mencapai kedalaman 100 s/d 300 m. Untuk menggunakan air tanah dalam harus digunakan pompa dan melalui pengeboran sampai menemui lapisan yang mengandung air. Bila tekanan air tanah ini besar, maka air akan menyembur keluar dan menjadi air artesis. Air tanah dalam, pada umumnya bebas dari mikroba karena mendapat saringan alam yang sempurna, lebih jernih karena mendapat proses pendapatan yang lama sekali. Kelemahannya jumlah ion yang terlarut akan cukup banyak karena kontak langsung antara air dengan tempat di dalam tanah sangat lama dan bergantung pada komposisi tanahnya sendiri, bisa mengandung mineral yang cukup tinggi.

2.3.2 Faktor yang Mempengaruhi Korosi Air Tanah

Korosi pada lingkungan air tanah ada 2 faktor yang mempengaruhinya yaitu kadar CO₂ dan kesadahan daripada air tanah itu sendiri. Air dengan CO₂ akan bereaksi membentuk H₂CO₃ dan kemudian H₂CO₃ akan terurai menurut persamaan reaksi sebagai berikut:



Kemudian H₂CO₃ terurai sebagai berikut



Dapat disimpulkan dari Persamaan bahwa air tanah yang mengandung CO₂ cenderung menjadi lingkungan air tanah yang korosif. Pada persamaan tertulis bahwa air tanah yang mengandung CO₂ akan menghasilkan HCO₃⁻ yang

cenderung korosif. Air tanah mengandung beberapa zat dalam jumlah yang bervariasi terdiri dari CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} dan SiO_2 dan kation Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , dan sedikit sekali Mg^{2+} dan Al^{3+} . Pada temperatur tinggi zat-zat tersebut akan membentuk endapan pada dinding logam yang panas. Endapan yang utama adalah CaCO_3 dan CaSO_4 dan didapat juga NaSO_4 .

2.4 Pengendalian Korosi

Korosi merupakan proses atau reaksi elektrokimia yang bersifat alamiah dan berlangsung dengan sendirinya, oleh karena itu korosi tidak dapat dicegah atau dihentikan sama sekali. Korosi hanya bisa dikendalikan atau diperlambat lajunya sehingga memperlambat proses perusakannya.

Dilihat dari aspek elektrokimia, korosi merupakan proses terjadinya transfer elektron dari logam ke lingkungannya. Logam berlaku sebagai sel yang memberikan elektron (anoda) dan lingkungannya sebagai penerima elektron (katoda). Ada beberapa cara pengendalian dari korosi, yaitu⁽¹⁾:

1. Pemilihan Material (Material Selection)

Pemilihan jenis material harus sesuai dengan lingkungan tempat aplikasinya serta memiliki ketahanan korosi yang baik. Pemilihan logam atau material bertujuan agar pertukaran ion dengan lingkungan tidak berlangsung cepat atau memilih logam atau material yang perbedaan potensialnya dengan lingkungan tidak terlalu besar.



Gambar 2.3 Tabel Deret Galvanik

Dari Gambar 2.3 dapat dilihat pada daerah katodik memiliki ketahanan korosi yang tinggi pada suatu media tertentu.

2. Proteksi Katodik

Proteksi katodik ialah sistem perlindungan permukaan logam dengan cara melakukan arus searah yang memadai ke permukaan logam dan mengkonversikan semua daerah anoda di permukaan logam menjadi daerah katodik dengan 2 cara, yaitu anoda korban (sacrificial anode) dan arus tanding (impressed current).

Impressed current, struktur yang dilindungi mendapat supply elektron sehingga potensialnya menjadi lebih katodik. Arus yang digunakan adalah arus searah, dimana arus negatif dihubungkan dengan logam yang dilindungi sedang arus positif dihubungkan dengan anoda pembantu. Sedangkan anoda korban menggunakan prinsip galvanik dimana struktur yang dilindungi dihubungkan dengan logam lain yang bersifat anodik.

Anoda Korban	Arus Tanding
Tidak memerlukan sumber daya dari luar	Memerlukan sumber daya
Luaran arus terbatas	Arus dapat divariasikan
Terbatas hanya untuk tahanan rendah	Tidak masalah untuk medium yang bertahanan tinggi
Memerlukan elektrolit	Tidak memerlukan elektrolit
Biaya instalasi relatif rendah	Biaya instalasi relatif tinggi
Persoalan interferensi relatif rendah	Dapat menimbulkan masalah interferensi
Lingkup proteksi terbatas	Dapat memproteksi struktur yang lebih luas.

Gambar 2.4 Perbandingan Anoda Korban dan Arus Tanding

3. Inhibitor

Secara garis besar inhibitor ialah penambahan zat kimia dengan konsentrasi rendah ke media lingkungan untuk memperlambat laju korosi logam (10 – 80 ppm). Inhibitor berasal dari kata inhibisi yang artinya menghambat. Inhibitor di bagi sebagai berikut⁽⁶⁾:

1. Interfasa Inhibisi

Interaksi inhibitor dengan permukaan logam membentuk lapisan tipis (presipitasi),

2. Interphase Inhibisi

Penurunan tingkat korosifitas lingkungan, misalnya pengurangan kadar oksigen, netralisasi gas yang bersifat asam, pengaturan pH.

Kemudian berikut adalah cara kerja ataupun mekanisme dari pada inhibitor, yaitu:

1. Inhibitor Passivator

Menghambat korosi dengan cara menghambat reaksi anodic melalui pembentukan lapisan pasif, sehingga merupakan inhibitor berbahaya, bila jumlah yang ditambahkan tidak mencukupi. Inhibitor pasivator terdiri dari

A. Inhibitor Pasivator Oksidator

$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ mempasivasi baja dengan peningkatan reaksi katodik dari $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ menjadi Cr_2O_3 , dan menghasilkan lapisan pasif Cr_2O_3 dan FeOOH . Contoh $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, CrO_4^{2-} , ClO_3^- , ClO_4^- .

B. Inhibitor Pasivator non Oksidator

Molybdat (MoO_4^{2-}) menginhibisi dengan cara membentuk lapisan pelindung yang terdiri dari senyawa ferro-molybdat menurut reaksi berikut :



Contoh ion metalat (vanadat, ortovanadat, metavanadat), NO_2^- . Inhibitor vanadium dipakai di Unit CO_2 Removal Pabrik Ammonia, karena larutan Benfield yang bersifat korosif.

2. Inhibitor Presipitasi

Membentuk kompleks tak larut dengan logam atau lingkungan sehingga menutup permukaan logam dan menghambat reaksi anodik dan katodik. Contoh Na_3PO_4 , Na_2HPO_4 . Contoh inhibitor yang bereaksi dengan logam :



Contoh inhibitor yang bereaksi dengan lingkungan :



3. Inhibitor Adsorpsi

Agar teradsorpsi harus ada gugus aktif (gugus heteroatom). Gugus ini akan teradsorpsi di permukaan logam. Contoh senyawa asetilen, senyawa sulfur, senyawa amine dan senyawa aldehyd.

4. Inhibitor Aman dan Inhibitor Berbahaya

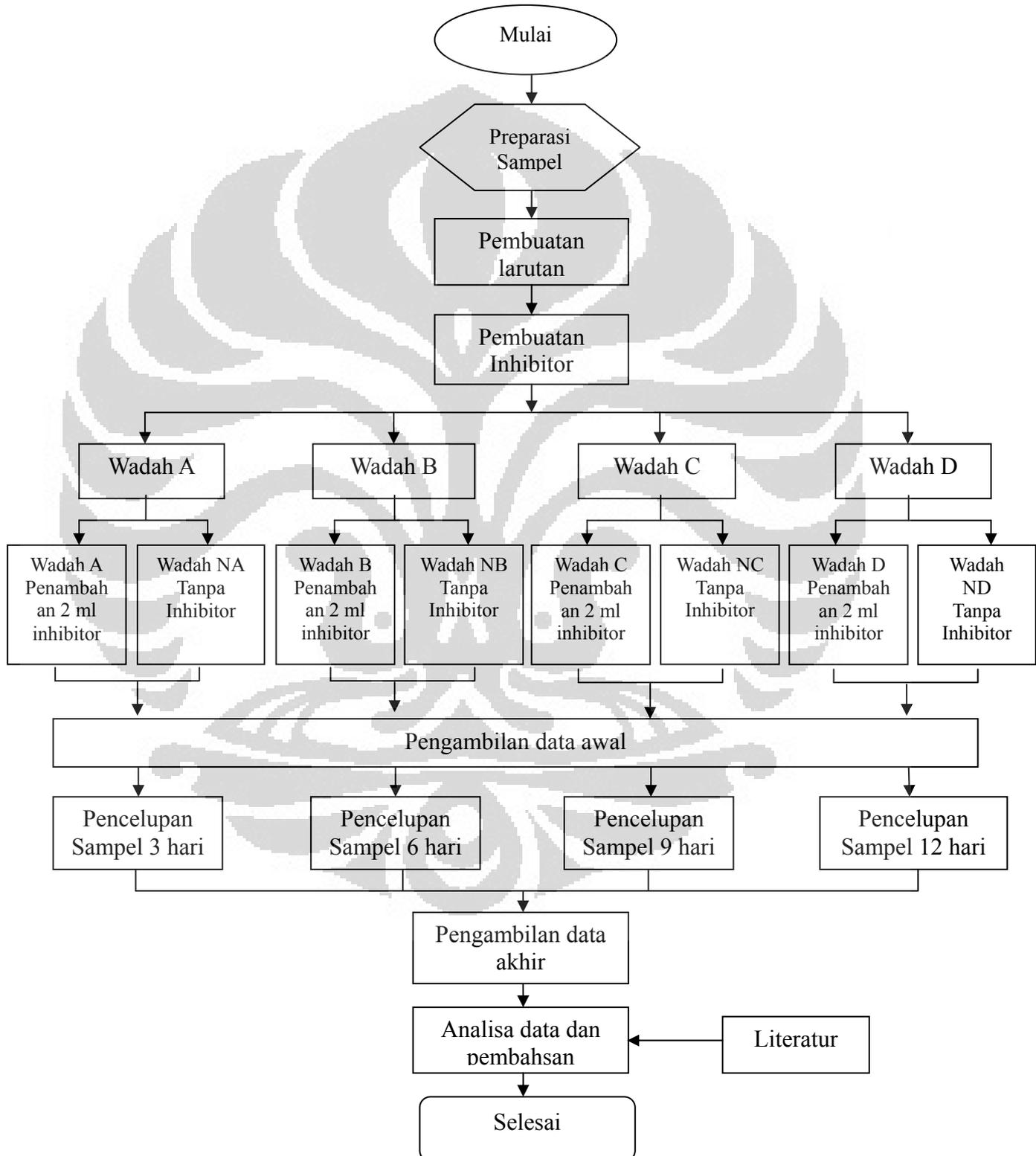
Inhibitor aman (tidak berbahaya) adalah inhibitor yang bila ditambahkan dalam jumlah yang kurang (terlalu sedikit) dari konsentrasi kritisnya, tetap akan mengurangi laju korosi. Inhibitor aman ini umumnya adalah inhibitor katodik, contohnya adalah garam-garam seng dan magnesium, calcium, dan polifosfat.

Inhibitor berbahaya adalah inhibitor apabila ditambahkan di bawah harga kritis akan mengurangi daerah anodik, namun luas daerah katodik tidak terpengaruh. Sehingga kebutuhan arus dari anoda yang masih aktif bertambah hingga mencapai harga maksimum sedikit di bawah konsentrasi kritis. Laju korosi di anoda-anoda yang aktif itu meningkat dan memperhebat serangan korosi sumuran. Yang termasuk inhibitor berbahaya adalah inhibitor anodik, contohnya adalah molibdat, silikat, fosfat, borat, kromat, nitrit, dan nitrat.



BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Percobaan



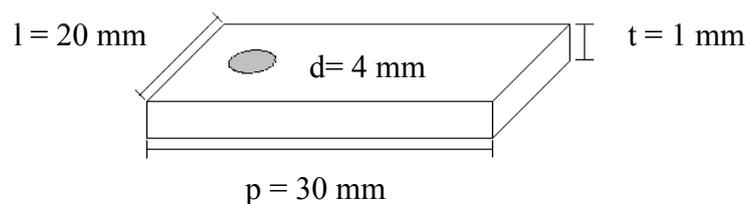
3.2. Alat dan Bahan

3.2.1. Alat

1. Alat pemotong sampel
2. Mesin bor dan mata bor diameter 4 mm
3. Mesin dan kertas amplas
4. Timbangan digital
5. Jangka sorong
6. *Magnetic steerer*
7. pH meter digital
8. Multimeter dan capit buaya
9. Jirigen
10. Benang
11. Wadah plastik (Aqua 1.5 L) dan kertas label
12. *Cutter* dan gunting
13. Elektroda standar Ag/AgCl
14. Penggaris dan pensil
15. Kamera digital
16. *Beaker glass* 1000 ml
17. Jarum suntik 1 ml
18. *Hair dryer*
19. *Ultrasonic agitator*

3.2.2. Bahan

1. *Low carbon steel* (baja SPCC)
 - a. Dimensi : 30 mm x 20 mm x 1 mm
 - b. Densitas : Dimensi logam dianggap sama, dan dihitung berat rata-ratanya. Sehingga densitasnya adalah :



Gambar 3.2 Dimensi sampel

$$d = \frac{4.63268}{3 \times 2 \times 0.1}$$

Pers.3.1.

$$= 7.721137 \text{ gr/cm}^3$$

2. *Aquadesh*
3. HCl 37 % Merck
4. Ekstrak ubi ungu (dengan merk X)
5. Sabun
6. *Acetone*
7. NaHCO₃
8. Inhibitor *baracor*

3.3. **Prosedur Kerja**

3.3.1. **Preparasi Sampel**

1. Pemotongan sampel

Untuk penelitian ini, material *low carbon steel* (baja SPCC) yang didapat berupa lembaran berdimensi 200 mm x 200 mm x 1 mm. Kemudian dipotong menjadi berukuran 30 mm x 20 mm x 1 mm sebanyak 24 buah (6 sampel untuk uji rendam selama 3 hari, 6 sampel untuk uji rendam selama 6 hari, 6 sampel untuk uji rendam selama 9 hari dan 6 sampel untuk uji rendam 12 hari).

2. Pengeboran sampel

Sampel yang telah dipotong, kemudian dibor dengan menggunakan mata bor berdiameter 4 mm pada bagian atas untuk penggantungan sampel.

3. Pengamplasan sampel

Sampel diampelas untuk menghilangkan oksida yang ada dipermukaan sampel.

4. Penimbangan berat awal sampel

Masing-masing sampel ditimbang berat awalnya menggunakan timbangan digital.

3.3.2. Pembuatan Larutan

Larutan yang digunakan pada penelitian ini adalah air tanah. Air tanah ini kemudian diuji komposisinya untuk mendapatkan data seperti pH, temperatur, kalsium (sebagai CaCO_3), alkalinity (sebagai CaCO_3), dan TDS (*Total Dissolve Solid*).

Dari komposisi ini dihitung Langelier Saturation Index (LSI) untuk mengetahui apakah air cenderung mengendapkan CaCO_3 dipermukaan sampel atau melarutkan CaCO_3 sehingga bersifat lebih korosif.

Air yang digunakan adalah air tanah yang diambil di lantai 4 laboratorium Departemen Metalurgi dan Material. Komposisi yang didapat antara lain:

Tabel 3.1. Hasil pengujian komposisi air

pH	7.01	
Temperatur	25	$^{\circ}\text{C}$
Kalsium (sebagai CaCO_3)	370	ppm
Alkalinity (sebagai CaCO_3)	94	ppm
Klorida	445	ppm
TDS	8×10^{-5}	ppm

$$\begin{aligned} A &= [(\log \text{TDS (ppm)}) - 1] / 10 \\ &= [\log 8 \times 10^{-5}] - 1 / 10 \\ &= -0,5096 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B &= -13,2[\log (T (K))] + 34,55 \\ &= -13,2[\log (25^{\circ}\text{C} + 273)] + 34,55 \\ &= 1,890 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= \log \text{Ca}^{2+} (\text{ppm}) - 0,4 \\ &= \log 370 - 0,4 \\ &= 2,16 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= \log \text{alkalinity (ppm)} \\ &= \log 94 \\ &= 1,973 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{pH}_s &= (9,3 + A + B) - (C + D) \\ &= (9,3 + (-0,5096) + 1,890) - (2,16 + 1,973) \\ &= 6,56 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LSI} &= \text{pH} - \text{pH}_s \\ &= 7,01 - 6,56 \\ &= 0,569 > 0 \end{aligned}$$

Karena $\text{LSI} > 0$, maka akan terbentuk endapan CaCO_3 .

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

$$\text{volume larutan} = 0,4 \times \text{luas permukaan} \dots \dots \dots \text{Pers 3.2}$$

Luas permukaan sampel (ukuran sampel 30 x 20 x 1 mm) :

$$\begin{aligned} &= (2 \times p \times l) + (2 \times p \times t) + (2 \times l \times t) - (2\pi r^2) + (t \times 2\pi r) \\ &= (2 \times 30 \times 20) + (2 \times 30 \times 1) + (2 \times 20 \times 1) - (2 \times 3,14 \times 2^2) + (1 \times 2 \times 3,14 \times 2) \\ &= 1.287,44 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume minimal} &= 1.287,44 \times 0,4 \\ &= 514.976 \text{ ml} \approx 515 \text{ ml} \end{aligned}$$

Volume larutan minimal untuk sebuah sampel dengan luas permukaan sebesar 1.287,44 mm² adalah 515 ml. Dalam pengujian, volume yang digunakan adalah 520 ml. Karena dalam satu wadah plastik dibutuhkan 520 ml larutan rendam,

3.3.3. Pembuatan Inhibitor Ekstrak Ubi Ungu

Ekstrak ubi ungu dibuat dengan mencuci dan mengupas umbi ubi ungu segar sampai bersih. Umbi ubi ungu selanjutnya dipotong-potong dengan ukuran 2x2x2 cm. Kedalam 100 gr potongan umbi ubi jalar kemudian ditambahkan 1 L aquades dan dihomogenisasi dengan *blender* selama 5 menit. Homogenat umbi ubi jalar lalu disaring dengan 3 lapis kain kasa dan dipanaskan pada suhu mendidih selama 45 menit. Ekstrak ini kemudian didinginkan dan siap digunakan untuk penelitian. Namun, peneliti tidak melakukan proses-proses ekstraksi tersebut karena memperoleh inhibitor organik dalam bentuk yang dapat digunakan

secara langsung. Dalam penelitian ini, ekstrak ubi ungu yang digunakan bermerk-X dengan komposisi antosianin 0.6 gr/ml dan kandungan alkohol 5%.

3.3.4. Uji Rendam (*Immersion Test*) Selama 3, 6, 9, dan 12 Hari

Sampel yang telah dipreparasi, digantung dengan benang dan kemudian dicelupkan kedalam wadah plastik yang telah berisi larutan air tanah \pm 520 ml pada temperatur ruang, dimana setiap satu sampel direndam pada 1 wadah. Sebelum dilakukan pencelupan, setiap wadah diukur pH awal larutan dan potensial awal logam. Kemudian, setiap wadah diberi penomoran, dengan perlakuan yang berbeda pada setiap nomornya. Berikut penomoran dan perlakuan:

1. Wadah A (1, 2, 3) dan NA (1, 2, 3) dengan perendaman sampel selama 3 hari.
 - a. NA1, NA2, NA3; pada larutan yang tidak ditambahkan inhibitor
 - b. A1, A2, A3; pada larutan yang ditambahkan 2 ml inhibitor
2. Wadah B (1, 2, 3) dan NB (1, 2, 3) dengan perendaman sampel selama 6 hari.
 - a. NB1, NB2, NB3; pada larutan yang tidak ditambahkan inhibitor
 - b. B1, B2, B3; pada larutan yang ditambahkan 2 ml inhibitor
3. Wadah C (1, 2, 3) dan NC (1, 2, 3) dengan perendaman sampel selama 9 hari.
 - a. NC1, NC2, NC3; pada larutan yang tidak ditambahkan inhibitor
 - b. C1, C2, C3; pada larutan yang ditambahkan 2 ml inhibitor
4. Wadah D (1, 2, 3) dan ND (1, 2, 3) dengan perendaman sampel selama 12 hari.
 - a. ND1, ND2, ND3; pada larutan yang tidak ditambahkan inhibitor
 - b. D1, D2, D3; pada larutan yang ditambahkan 2 ml inhibitor

3.3.5. Pembersihan Sampel

Setelah dilakukan uji rendam, proses selanjutnya adalah pembersihan sampel untuk menghilangkan minyak, scale, dan produk korosi. Langkah-langkah pembersihan sampel adalah sebagai berikut^[12] :

- a. Keluarkan sampel
- b. Celupkan sampel kedalam air sabun untuk menghilangkan minyak atau *paraffin* pada permukaan sampel. Bilas dengan air, lalu cuci dengan *acetone* kemudian keringkan dengan *hair dryer*.

- c. Masukkan sampel kedalam *beaker glass* berisi larutan HCl 37% merk 100 ml diencerkan dengan aquades sampai 200ml, dan sudah ditambahkan 2ml inhibitor *baracor* untuk *pickling* dan menghilangkan *scale* dan produk korosi. Masukkan *beaker glass* tersebut kedalam mesin *Ultrasonic Agitator* selama 2 menit tiap sampel.
- d. Celupkan sampel kedalam larutan NaHCO_3 lewat jenuh 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.

3.3.6. Pengambilan Data

Langkah selanjutnya adalah pengambilan data-data akhir penelitian, yang akan dianalisis berdasarkan data-data yang diperoleh selama melakukan penelitian dari awal sampai dengan selesai. Data akhir yang diperoleh diantaranya :

1. pH larutan

Pengambilan data pH awal dan akhir larutan, dilakukan dengan cara mencelupkan sensor pH meter digital pada larutan.

2. Potensial logam

Pengukuran potensial awal dan akhir logam dilakukan dengan menggunakan multimeter, dimana bagian positif dihubungkan dengan sampel dan bagian negatif dengan elektroda standar Ag/AgCl, sehingga didapat potensial vs Ag/AgCl.

3. Pengambilan foto sampel

Pengambilan foto akhir sampel dilakukan sebanyak 2 kali, yaitu : pada saat sampel dikeluarkan dari wadah dan setelah dilakukan proses pembersihan.

4. Berat akhir sampel

Setelah dilakukan proses pembersihan dan pengambilan foto, sampel ditimbang dalam timbangan digital untuk mengetahui berat akhir setelah perendaman.

3.3.7 Analisa Data

Dari pengambilan data pada bagian 3.3.6., dilakukan analisa data untuk menjawab tujuan penelitian yang telah disebutkan pada bagian 3.

1. Analisa penambahan inhibitor terhadap laju korosi

Untuk mengetahui laju korosi digunakan metode kehilangan berat (*weight loss*), sesuai dengan ASTM G31-72:

$$\text{Laju korosi} = \frac{K.W}{D.A.t} \quad \dots\dots\dots \text{Pers 3.3}$$

Dimana : K = konstanta (mpy $\rightarrow 3,45 \times 10^6$)

W = kehilangan berat (gram)

D = densitas (gram/cm³)

A = luas permukaan yang terendam (cm²)

T = waktu (jam)

2. Analisa pengaruh inhibitor terhadap perubahan lingkungan

Untuk mengetahui pengaruh inhibitor terhadap perubahan lingkungan, parameter yang dilihat hanyalah pH larutan dan potensial logam sebelum dan sesudah penambahan inhibitor. pH dan potensial ini kemudian diplot pada diagram pourbaix Fe untuk mengetahui pengaruh inhibitor terhadap perubahan lingkungan, apakah membuat logam ke daerah imun (daerah Fe), pasif (daerah Fe₂O₃ dan Fe₃O₄), atau aktif (daerah Fe²⁺, Fe³⁺, dan HFeO₂⁻).

Karena pengukuran potensial logam menggunakan Ag/AgCl, maka diperlukan persamaan agar potensial yang didapat adalah potensial vs SHE.

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

3. Analisa pengaruh waktu terhadap efektifitas inhibitor

Untuk mengetahui pengaruh waktu terhadap efektifitas inhibitor, dapat dilihat pada laju korosi di wadah A, B, dan C. Untuk tiap wadah, dihitung efisiensi inhibitor dengan:

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

Dimana X_A adalah laju korosi pada wadah tanpa inhibitor (A, B, C dan D) dan X_B adalah pada wadah dengan inhibitor (NA, NB, NC dan ND).



BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Tabel 4.1 Data Kehilangan Berat Inhibitor

Lama Hari	Kode Sampel	No Sampel	Berat Awal (g)	Berat Akhir (g)	Selisih Berat
3 Hari	A	1	4,5148	4,4983	0,0165
		2	4,6460	4,6306	0,0154
		3	4,7409	4,7218	0,0191
6 Hari	B	1	4,8920	4,8700	0,0220
		2	4,6150	4,5960	0,0190
		3	4,6786	4,6555	0,0231
9 Hari	C	1	4,8183	4,7933	0,0250
		2	4,6432	4,6217	0,0215
		3	4,7062	4,6875	0,0187
12 hari	D	1	4,6614	4,6347	0,0267
		2	4,7091	4,6853	0,0238
		3	4,7954	4,7720	0,0234

Tabel 4.2 Data Kehilangan Berat Non Inhibitor

Lama Hari	Kode Sampel	No Sampel	Berat Awal (g)	Berat Akhir (g)	Selisih Berat
3 Hari	NA	1	4,6008	4,5739	0,0269
		2	4,5745	4,5490	0,0255
		3	4,5349	4,5085	0,0264
6 Hari	NB	1	4,4962	4,4678	0,0284
		2	4,8074	4,7641	0,0433
		3	4,4153	4,3853	0,0300
9 Hari	NC	1	4,7339	4,6855	0,0484
		2	4,6183	4,5733	0,0450
		3	4,6936	4,6445	0,0491
12 hari	ND	1	4,5976	4,5435	0,0541
		2	4,6854	4,6150	0,0704
		3	4,8180	4,7574	0,0606

Tabel 4.3 Laju Korosi Inhibitor

Kode Sampel	No Sampel	Berat Awal (mg)	Berat Akhir (mg)	Selisih Berat	Rata-Rata Selisih Berat	Corrosion Rate	Rata-Rata Corrosion Rate
A	1	4,5148	4,4983	0,0165	0,0170	7,954744669	8,195797538
	2	4,6460	4,6306	0,0154		7,424428358	
	3	4,7409	4,7218	0,0191		9,208219587	
B	1	4,8920	4,8700	0,0220	0,0214	5,303163113	5,479935216
	2	4,6150	4,5960	0,0190		5,568321268	
	3	4,6786	4,6555	0,0231		5,568321268	
C	1	4,8183	4,7933	0,0250	0,0217	4,017547813	3,492588232
	2	4,6432	4,6217	0,0215		3,455091119	
	3	4,7062	4,6875	0,0187		3,005125764	
D	1	4,6614	4,6347	0,0267	0,0246	3,218055798	2,968967834
	2	4,7091	4,6853	0,0238		2,868529138	
	3	4,7954	4,7720	0,0234		2,820318564	

Tabel 4.4 Laju Korosi Non Inhibitor

Kode Sampel	No Sampel	Berat Awal (mg)	Berat Akhir (mg)	Selisih Berat	Rata-Rata Selisih Berat	Corrosion Rate	Rata-Rata Corrosion Rate
NA	1	4,6008	4,5739	0,0269	0,0263	12,96864434	12,66331071
	2	4,5745	4,5490	0,0255		12,29369631	
	3	4,5349	4,5085	0,0264		12,72759147	
NB	1	4,4962	4,4678	0,0284	0,0339	6,45901473	8,171692251
	2	4,8074	4,7641	0,0433		10,43758922	
	3	4,4153	4,3853	0,0300		7,31586063	
NC	1	4,7339	4,6855	0,0484	0,0475	7,77972565	7,633340844
	2	4,6183	4,5733	0,0450		7,31586063	
	3	4,6936	4,6445	0,0491		7,90463904	
ND	1	4,5976	4,5435	0,0541	0,0617	6,5204801	7,436481001
	2	4,6854	4,6150	0,0704		8,48506098	
	3	4,8180	4,7574	0,0606		7,303901923	

Tabel 4.5 Efisiensi Inhibitor

Lama Hari	Kode Sampel	No Sampel	Rata-Rata Corrosion Rate	Efisiensi Inhibitor (%)
3 Hari	A	1	8,195798	35,27919
		2		
		3		
	NA	1	12,66331	
		2		
		3		
6 Hari	B	1	5,479935	32,94002
		2		
		3		
	NB	1	8,171692	
		2		
		3		
9 Hari	C	1	3,492588	54,24561
		2		
		3		
	NC	1	7,633341	
		2		
		3		
12 hari	D	1	2,968968	60,07563
		2		
		3		
	ND	1	7,436481	
		2		
		3		

Tabel 4.6 Perubahan Potensial

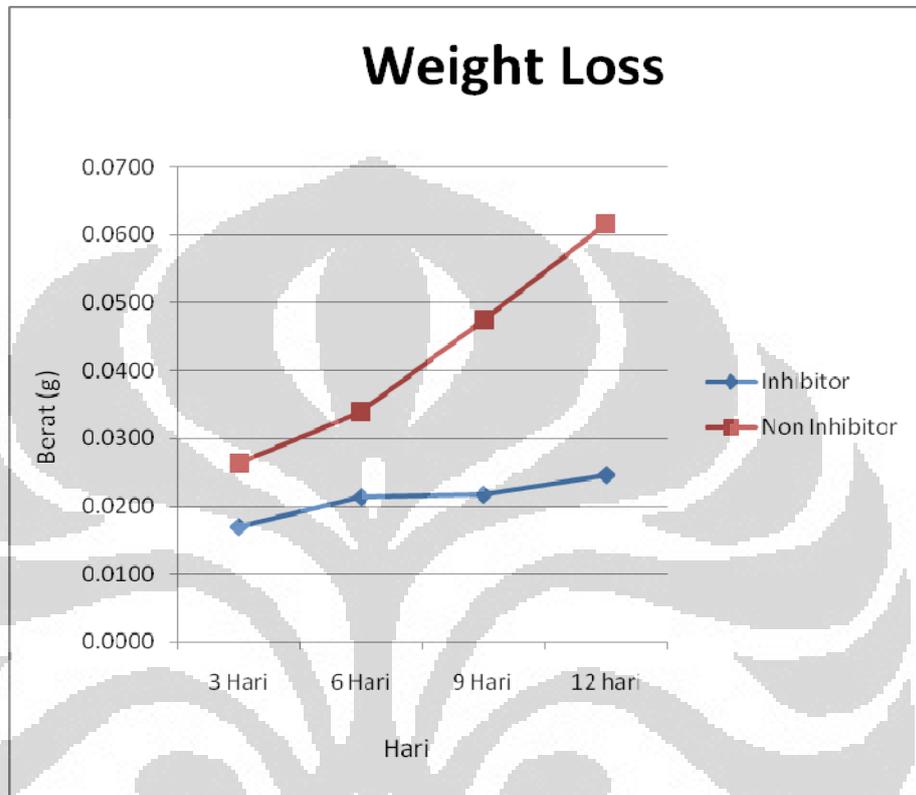
Lama Hari	Kode Sampel	Potensial Awal Vs SHE	Rata-rata Potensial Awal VS SHE	Potensial Akhir Vs SHE	Rata-rata Potensial Akhir Vs SHE	Perubahan Potensial
3 Hari	A	-0,170	-0,129	-0.519	-0,534	0,405
		-0,089		-0.562		
		-0,128		-0.520		
	NA	-0,162	-0,095	-0.353	-0,293	
		-0,014		-0.229		
		-0,108		-0.297		
6 Hari	B	-0,094	-0,139	-0.503	-0,501	0,362
		-0,170		-0.511		
		-0,153		-0.489		
	NB	0,082	-0,131	-0.151	-0,209	
		-0,038		-0.268		
		-0,438		-0.207		
9 Hari	C	-0,161	-0,109	-0.497	-0,498	0,389
		-0,082		-0.497		
		-0,083		-0.499		
	NC	-0,154	-0,127	-0.362	-0,337	
		-0,093		-0.291		
		-0,133		-0.357		
12 hari	D	-0,155	-0,203	-0.489	-0,489	0,285
		-0,308		-0.483		
		-0,147		-0.494		
	ND	-0,092	-0,056	-1.376	-0,692	
		-0,083		-0.329		
		-0,178		-0.371		

Tabel 4.7 Perubahan pH

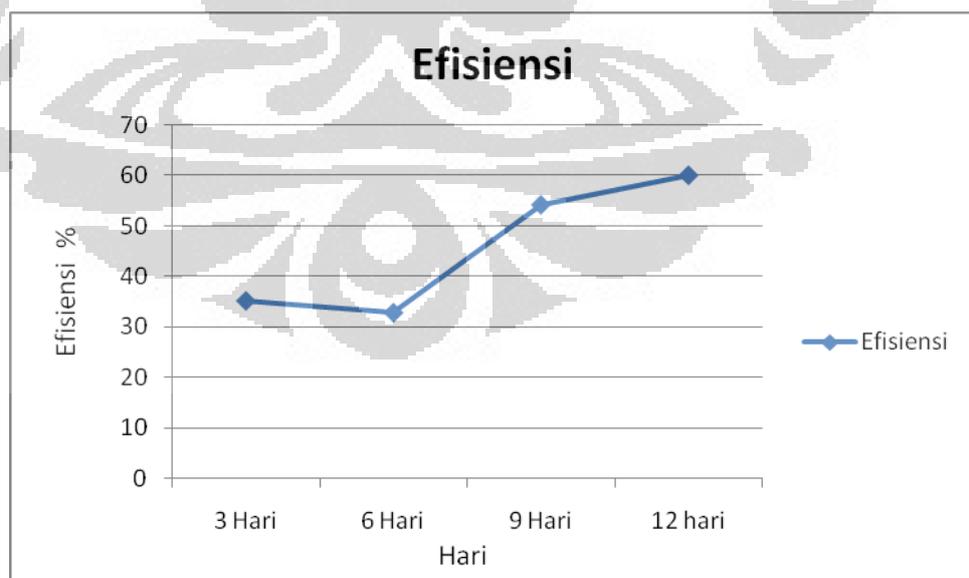
Lama Hari	Kode Sampel	pH Awal	pH Awal Rata-rata	pH Akhir	pH Akhir Rata-rata
3 Hari	A	7,01	7,00	7,02	7,06
		7,08		7,11	
		6,92		7,04	
	NA	7,12	7,11	7,18	7,15
		7,12		7,21	
		7,08		7,07	
6 Hari	B	7,08	7,32	7,43	7,40
		7,76		7,42	
		7,12		7,35	
	NB	7,45	7,57	7,59	7,59
		7,68		7,61	
		7,59		7,57	
9 Hari	C	7,65	7,59	7,61	7,62
		7,74		7,66	
		7,39		7,58	
	NC	7,56	7,62	7,79	7,68
		7,88		7,78	
		7,43		7,46	
12 hari	D	7,56	7,70	7,88	7,74
		7,65		7,76	
		7,89		7,58	
	ND	7,87	7,75	7,98	7,76
		7,75		7,77	
		7,64		7,54	

4.2 Pembahasan

4.2.1 Pengaruh Kehilangan Berat terhadap Laju Korosi Dan Efisiensi



Gambar 4.1 Grafik Kehilangan Berat



Gambar 4.2 Grafik Efisiensi Inhibitor

Terlihat jelas dari data kehilangan berat Gambar 4.1 antara inhibitor dengan non inhibitor terjadi perbedaan berat yang signifikan. Dari data tersebut terjadi perubahan selisih berat yang signifikan dari waktu ke waktu (lama perendaman).

Dapat di lihat pada lama perendaman hari ke-3 pada grafik Inhibitor rata-rata selisih 0.0170 gram, sedangkan pada garis non inhibitor jelas sekali perbedaannya karena rata-rata selisih beratnya 0.0263 gram. Begitu pula pada hari ke-6 0.0214 untuk sampel inhibitor, 0.0339 untuk yang non inhibitor. Pada hari ke-9 0.0217 gram untuk sampel inhibitor dan 0.0475 gram untuk yang non inhibitor. Pada hari ke-12 0.0246 gram untuk sampel inhibitor dan 0.0617 gram untuk sampel yang non inhibitor.

Perbedaan kehilangan berat tersebut mengalami kenaikan terus menerus sesuai lama perendaman. Hal tersebut terjadi di karenakan lama waktu berpengaruh sekali terhadap lama dari proses laju korosi⁽¹⁾.

$$\text{Laju korosi} = \frac{K.W}{D.A.t} \quad \text{Pers. 4.1}$$

Keterangan : K = konstanta (mpy = $3,45 \times 10^6$)

W = kehilangan berat (gram)

D = densitas (gram/cm³)

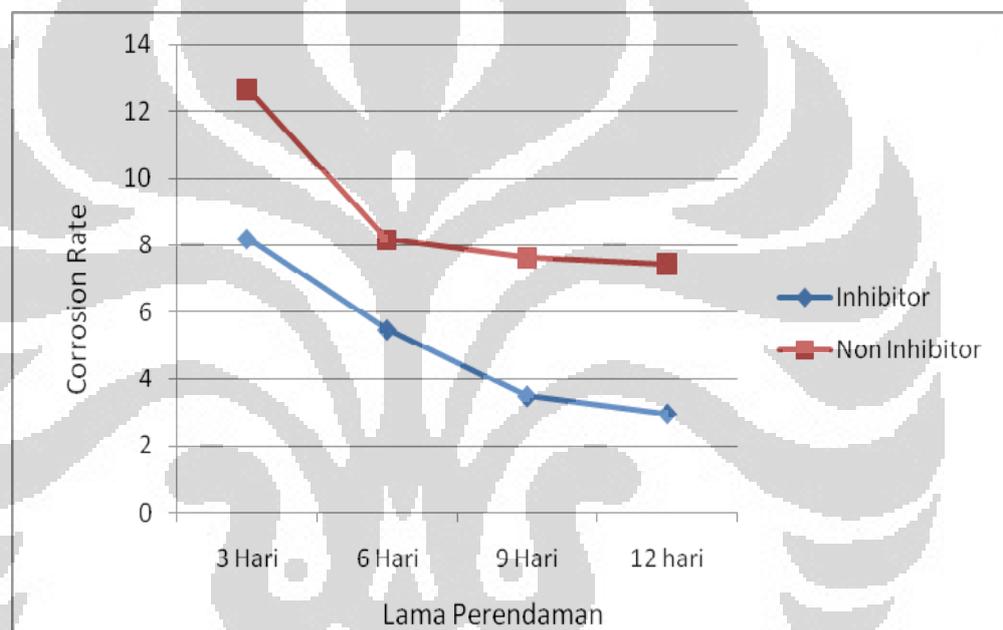
A = luas permukaan yang terendam (cm²)

t = waktu (jam)

Dari Pers.4.1 dapat di tarik kesimpulan bahwa pada perhitungan laju korosi kehilangan berat (w) berkaitan dengan lama perendaman (t). Semakin lama perendaman (t) maka semakin lama pula kehilangan berat (w) yang terjadi. Pengurangan berat tersebut terjadi karena adanya reaksi oksidasi pada sampel besi baja low karbon, yaitu Fe berubah menjadi Fe²⁺. Perubahan Fe tersebut yang merupakan faktor terjadinya degradasi material. Dengan makin

lamanya waktu perendaman maka besar dari material yang terdegradasi akan semakin besar.

Pada Pers.4.1 juga dapat kita lihat kaitan antara laju korosi dengan kehilangan berat (w). Nilai laju korosi ditentukan oleh lama perendaman (t) dan kehilangan berat (w). Semakin lama waktu perendaman maka laju korosi akan semakin tinggi juga. Untuk menekan laju korosi kehilangan berat harus bernilai besar juga agar mengimbangi lamanya waktu perendaman, sehingga laju korosi yang terjadi agak lebih kecil nilainya.



Gambar 4.3 Grafik Laju Korosi

Pada Gambar 4.3 sangat jelas penurunan grafik laju korosi dari lama perendaman yang terjadi. Dari data grafik laju korosi Gambar 4.3 menunjukkan bahwa inhibitor sudah bekerja dengan baik, hal tersebut ditandakan dengan garis inhibitor yang berada jauh di bawah garis non inhibitor. Laju korosi dapat dihitung dengan menggunakan Pers 4.1.

Laju korosi sangat berperan terhadap efisiensi inhibitor yang kita inginkan. Efisiensi dihitung dengan menggunakan Persamaan 4.2 sebagai berikut

$$\text{Efisiensi inhibitor} = \frac{X_A - X_B}{X_A} \times 100\% \quad \text{.....Pers 4.2}$$

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

X_B adalah laju korosi pada wadah dengan inhibitor (mpy)

Dari data Gambar 4.2 mengenai efisiensi dapat kita lihat bahwa inhibitor telah bekerja sangat baik, karena grafik cenderung mengarah naik. Hal tersebut menandakan bahwa kerja dari inhibitor bisa dikatakan efisien.

Kerja inhibitor terbaik terjadi pada hari ke-12 yang bernilai 60.07 %, kemudian pada hari ke-9 yang bernilai 54.24 %, kemudian pada hari ke 3 yang bernilai 35.27 %, kemudian yang terakhir pada hari ke 6 yang bernilai 32.49 %.

Penurunan yang terjadi pada hari ke-6 dikarenakan adanya deposit akibat CaCO_3 yang berlebih dari data visual pada sampel B sehingga menyebabkan laju korosi yang meningkat berlebihan. Hal tersebut menyebabkan efisiensi mengalami penurunan.

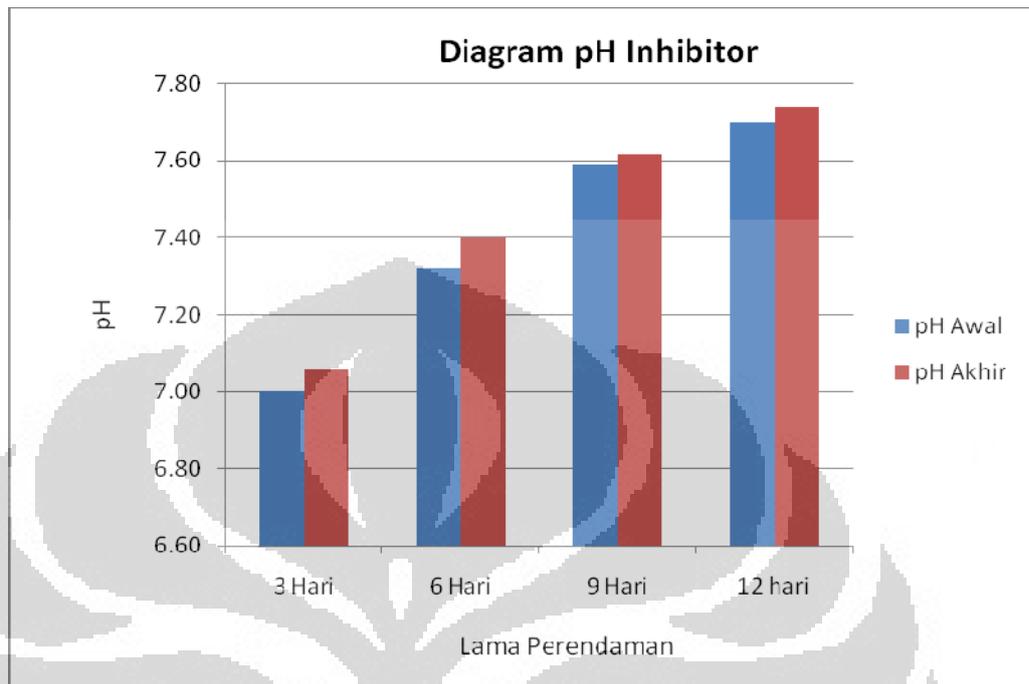


a)

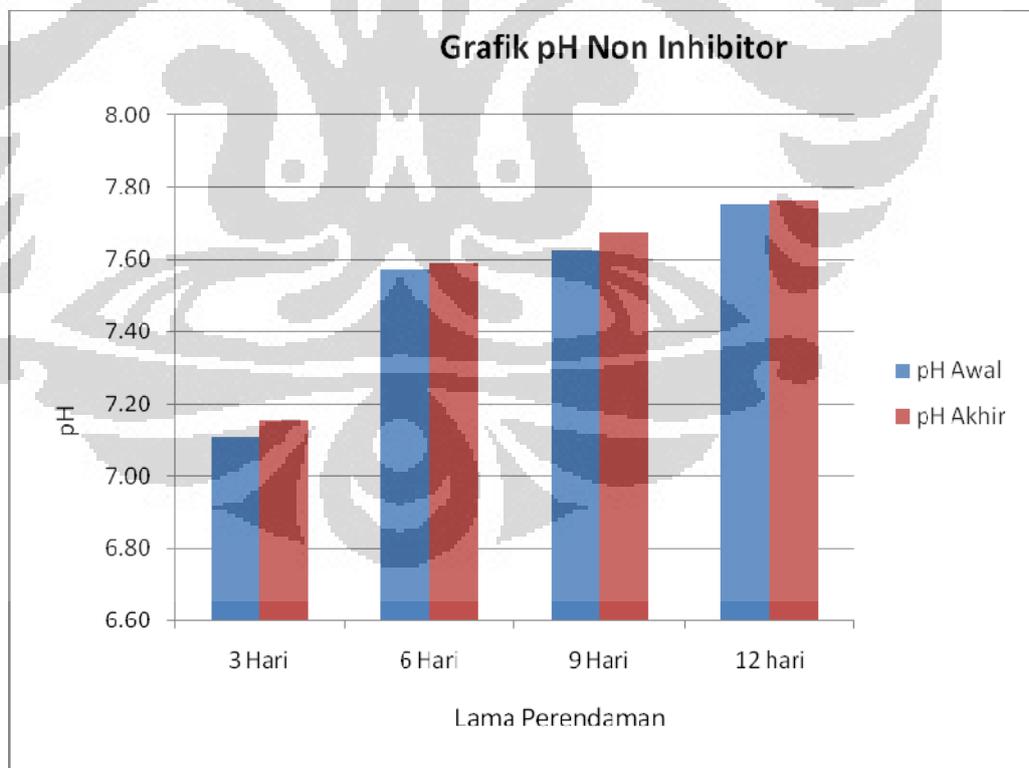
b)

Gambar 4.4 Sampel Hari ke-6 a)Inhibitor dan b)Non Inhibitor

4.2.2 Pengaruh Perendaman Terhadap Nilai pH



Gambar 4.5 Grafik ph Inhibitor



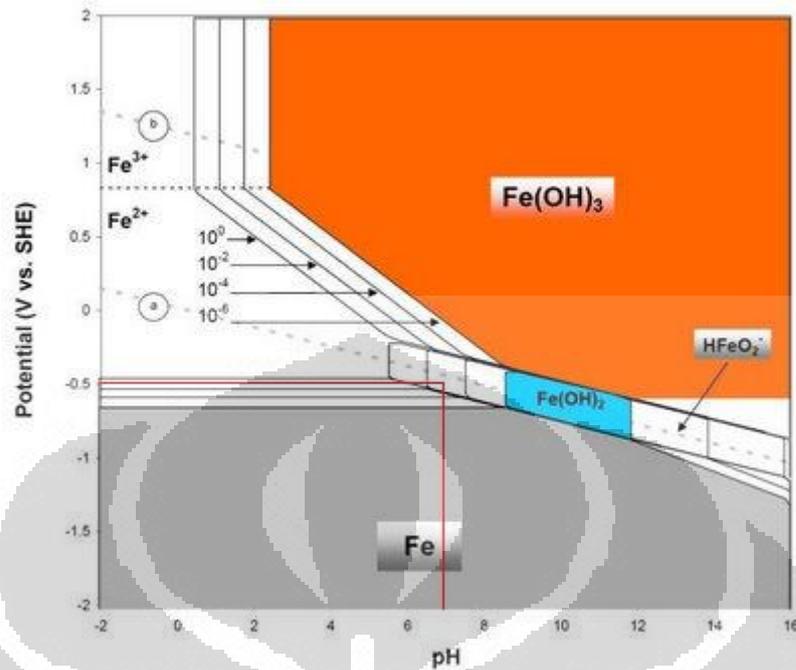
Gambar 4.6 Grafik pH Non Inhibitor

Dari data grafik Gambar 4.5 dan 4.6 di dapatkan kenaikan nilai pH terus menerus pada Inhibitor maupun pada sampe Non Inhibitor, hal tersebut sudah sesuai dengan literatur yang ada. Hal tersebut dikarenakan reaksi katodik yang terjadi.

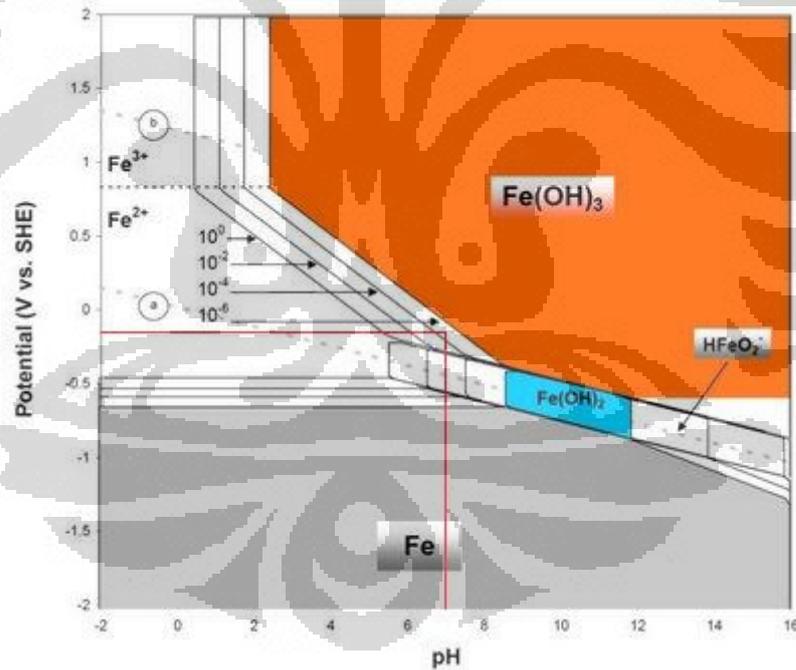
4.2.3 Hubungan Antara nilai pH dan Potensial Di dalam Diagram Pourbaix

Tabel 4.8 Potensial dan pH

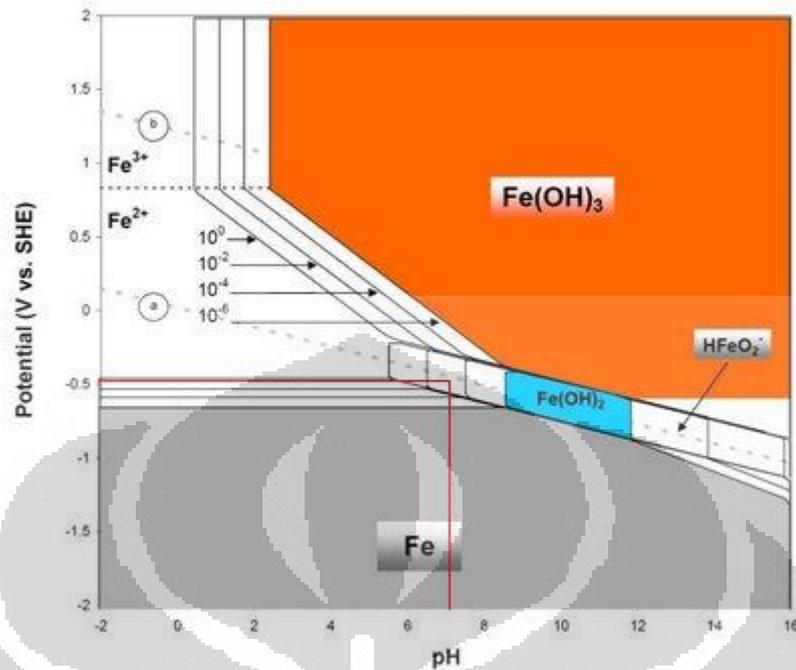
Lama Hari	Kode Sampel	Rata-rata Potensial Akhir Vs SHE	pH Akhir Rata-rata
3 Hari	A	-0,534	7,06
	NA	-0,293	7,15
6 Hari	B	-0,501	7,40
	NB	-0,209	7,59
9 Hari	C	-0,498	7,62
	NC	-0,337	7,68
12 hari	D	-0,489	7,74
	ND	-0,692	7,76



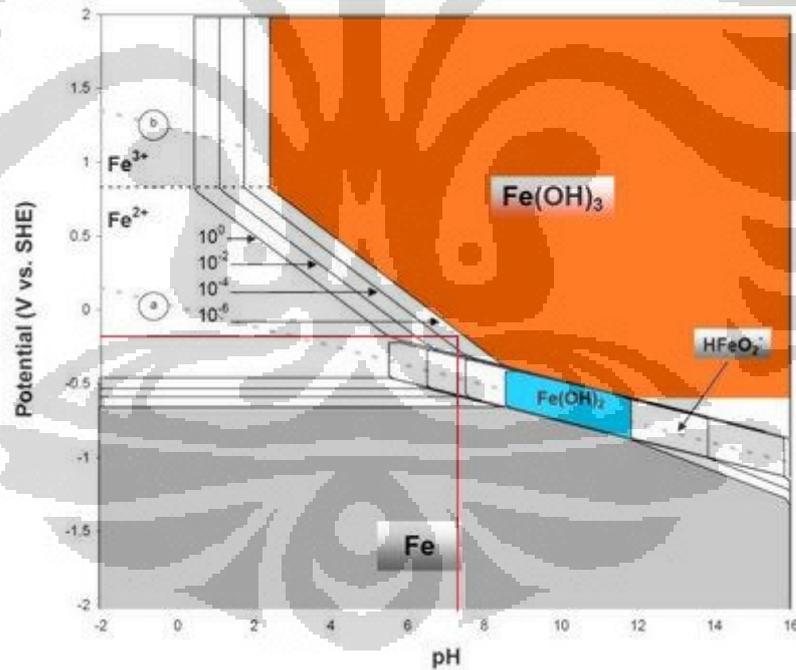
Gambar 4.7 Diagram Pourbaix sampel A



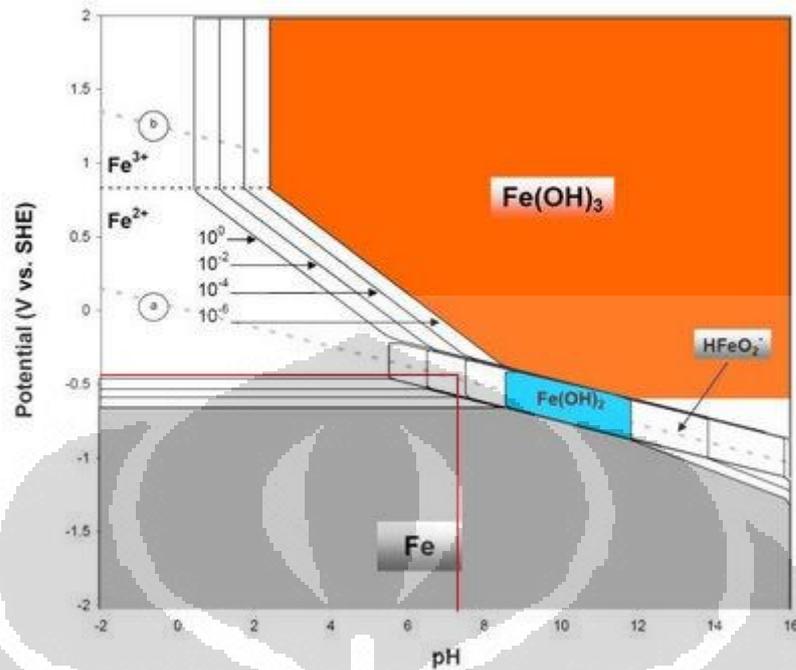
Gambar 4.8 Diagram Pourbaix sampel NA



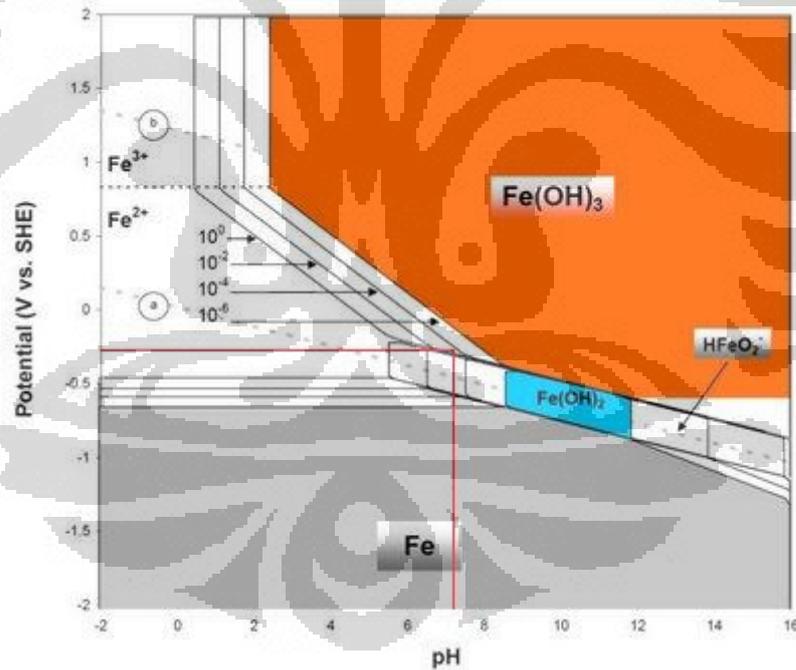
Gambar 4.9 Diagram Pourbaix sampel B



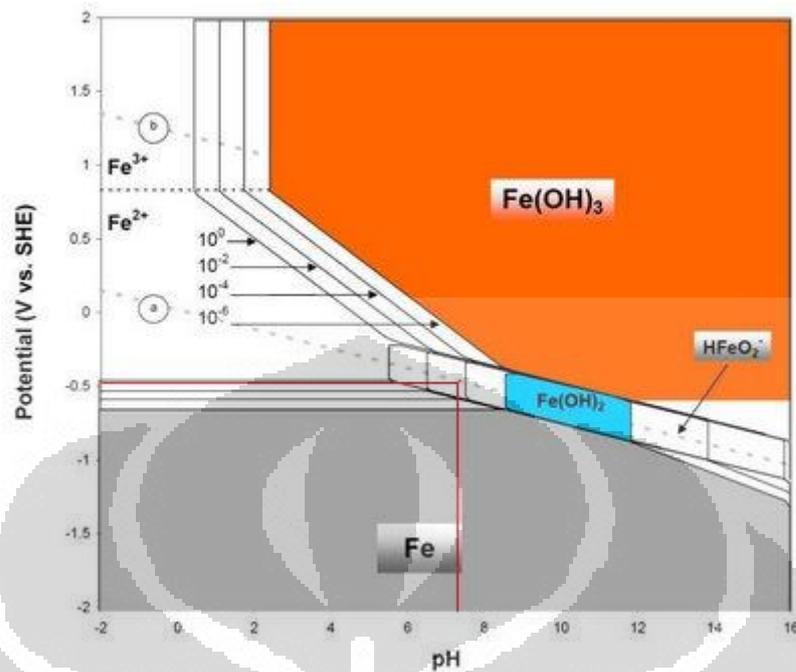
Gambar 4.10 Diagram Pourbaix sampel NB



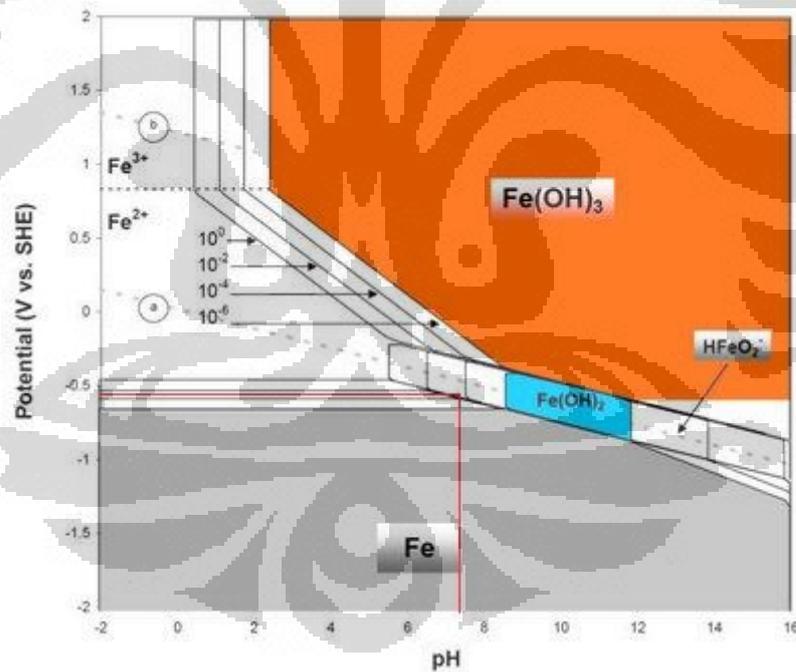
Gambar 4.11 Diagram Pourbaix sampel C



Gambar 4.12 Diagram Pourbaix sampel NC



Gambar 4.13 Diagram Pourbaix sampel D



Gambar 4.14 Diagram Pourbaix sampel ND

Dari gambar diagram pourbaix Gambar 4.7-4.14 di dapat kesimpulan bahwa nilai dari potensial dan ph belum bisa berada pada daerah pasif.

BAB V

KESIMPULAN

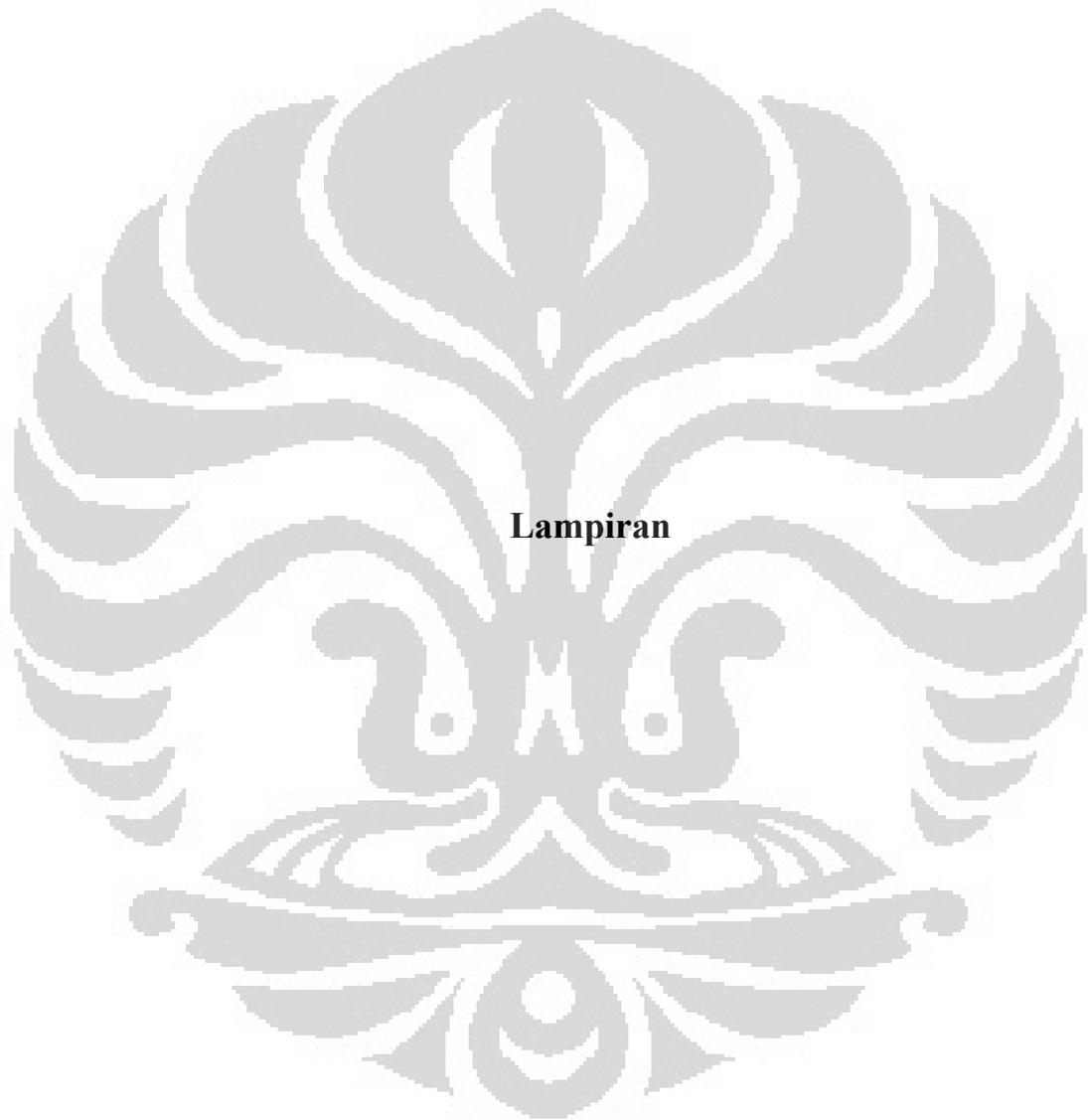
5.1 Kesimpulan

Pada percobaan penambahan inhibitor ubi ungu terhadap low carbon steel dengan metode kehilangan berat di dapat kesimpulan sebagai berikut

1. Efisiensi yang dicapai oleh inhibitor ubi ungu sudah cukup baik. Dari data didapat 60.07 % pada hari ke-12. Itu merupakan nilai efisiensi tertinggi diantara 3,6 dan 9 hari.
2. Laju korosi dapat di perlambat dengan menggunakan inhibitor ubi ungu. Dengan nilai terbaik terdapat pada hari ke-12 dengan nilai 3.63 mpy.
3. Pada pengaruh nilai pH dan potensial di diagram Pourbaix menunjukkan bahwa inhibitor ubi ungu masih belum bisa untuk menggeser nilai berada pada daerah imun.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) Jones, Denny A, "Principle And Prevention Of Corrosion Second Edition", Simon & Schuster (Asia) Pte Ltd, 1997.
- 2) El-Etre, A.Y. and Abdallah, M. "Corrosion inhibition of some metals using lawsonia extract" – Elsevier Science, 2004.
- 3) ASTM Handbook, ASTM G1-03.
- 4) Bayliss, D. A. and D. H. Deacon, " Steelwork Corrosion Control Second edition", Taylor & Francis e-Library, 2004.
- 5) Mario, Marcellius, *Studi Pembahasan beras Ketan Hitam Sebagai inhibitor Organik Dengan Konsentrasi 500GPL Pada Baja SPCC Pada Lingkungan Air Tanah*, Depok, 2011
- 6) Rini.(2009) *Materi pelajaran Korosi*, Depok
- 7) Modul Praktikum Korosi.(2009) Depok
- 8) Purwadaria, Sunara, Ir.,Dr.,(1996), "Mekanisme Proteksi Katodik dan Kriteria Proteksi",
- 9) Diklat Proteksi Katodik, Kelompok Studi Korosi, Lembaga Penelitian ITB, Bandung
- 10) <http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=1241>
- 11) Corus Construction & Industrial,"The prevention of corrosion on structural steelwork".
- 12) Shreir, L. L, "Corrosion Metal/Environment Reactions Volume 1 3rd edition", Butterworth-Heinemann, 2000.
- 13) <http://benkoenairbersih.blogspot.com/>
- 14) <http://www.scribd.com/doc/17468458/KOROSI> Politeknik Manufaktur Bandung
- 15) H. H. Uhlig dan R. w. Revie, "Corrosion and Corrosion Control 3rd Edition" Wiley: New York, 1985.
- 16) http://www.angelfire.com/ak5/process_control/k_dlm_air_tanah.html
- 17) Ahmad, Zaki, "Principles of Corrosion Engineering and Corrosion Control", Elsevier Science & Technology Book, 2006.



Lampiran

Lampiran 1 Alat pemotong sampel



Lampiran 2 Mesin bor



Lampiran 3 Mesin amplas



Lampiran 4 Alat timbangan sampel



Lampiran 5 Inhibitor X ekstrak ubi ungu



Lampiran 6 Proses perendaman**Lampiran 7** Pengambilan pH larutan**Lampiran 8** Pengambilan potensial logam