



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI PENAMBAHAN BERAS KETAN HITAM SEBAGAI  
INHIBITOR ORGANIK PADA MATERIAL BAJA SPCC  
TERHADAP LINGKUNGAN NaCl 3,5 % DENGAN METODE  
KEHILANGAN BERAT**

SKRIPSI

**BINTANG H SARAGIH**

**0606074653**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL  
DEPOK  
JULI 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI PENAMBAHAN BERAS KETAN HITAM SEBAGAI  
INHIBITOR ORGANIK PADA MATERIAL BAJA SPCC  
TERHADAP LINGKUNGAN NaCl 3,5 % DENGAN METODE  
KEHILANGAN BERAT**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana**

**BINTANG H SARAGIH**

**0606074653**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL**

**DEPOK**

**JULI 2010**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

**Nama : Bintang H Saragih**

**NPM : 0606074653**

**Tanda Tangan :**



**Tanggal : 24 Juni 2010**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Bintang H Saragih

NPM : 0606074653

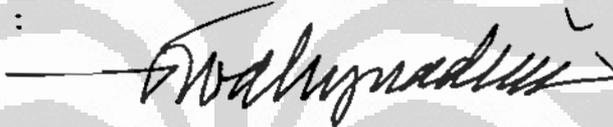
Program Studi: Teknik Metalurgi dan Material

Judul Skripsi : Studi Penambahan Beras Ketan Hitam Sebagai Inhibitor Organik Pada Material Baja SPCC Terhadap Lingkungan NaCl 3,5 % Dengan Metode Kehilangan Berat

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

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing :



(Prof. Dr. Ir. Johnny Wahyuadi Soedarsono, DEA)

Penguji :



(Ir. Andi Rustandi, M.Sc)

Penguji :



(Dwi Marta Nurjaya, ST, MT)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 6 Juli 2010

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus, 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 inhibitor korosi dengan judul *Studi Penambahan Beras Ketan Hitam Sebagai Inhibitor Organik Pada Material Baja SPCC Terhadap Lingkungan NaCl 3,5 % Dengan Metode Kehilangan Berat*. Skripsi ini berisi penelitian serta pengujian yang dilakukan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh beras ketan hitam sebagai inhibitor organik pada lingkungan air tanah. Pengujian dilakukan menggunakan baja SPCC dengan rentang waktu 3 hari, 5 hari, dan 7 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. Johnny Wahyuadi Soedarsono, DEA, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini.
2. Prof. Dr-Ing. Ir. Bambang Suharno, selaku Kepala Departemen Teknik Metalurgi dan Material FTUI.
3. Ir. Ahmad Herman Yuwono, Phd, selaku Koordinator Kerja Praktik Departemen Metalurgi dan Material FTUI.
4. Dr. Ir. Sutopo, M.Sc, selaku Pembimbing Akademis yang telah banyak membantu penulis selama kuliah di Departemen Metalurgi dan Material FTUI.

5. Ir Rini Riastuti, M.Sc, selaku dosen mata kuliah perlindungan korosi dan degradasi material yang telah berkenan membagi ilmunya.
6. Kedua orang tua tercinta, Papa dan Mama yang sudah tenang dan bahagia berada di surga yang selalu mendoakan saya nun jauh disana.
7. Empat saudara saya, abang Rama, abang Bardes, abang Nando dan kak Maira yang telah memberikan bantuan dukungan moral dan material juga senantiasa menjaga dan membimbing dalam penyusunan skripsi.
8. Kekasih hati saya Hellyani Estherina Hakh atas cinta dan kasih sayangnya, segala dukungan, semangat, kesabaran dan doa selama ini. E!
9. Teman – teman seperjuangan di Metalurgi dan Material Angkatan 2006 :
  - a. The “A” Team : Marcelleus Mario, Remon Yonasa, dan Rickson Hamonangan yang senasib - sepenanggungan dalam mengerjakan skripsi ini.
  - b. Anak - anak katek, yang tidak dapat saya sebut satu – persatu karena sangat banyak, terimakasih telah membuat penulis tidak merasa terbebani dalam pembuatan skripsi ini. Terima kasih banyak, kawan.
  - c. Dan kawan – kawan seperjuangan lainnya, yang telah mengukir kenangan indah di Metalurgi dan Material. Semoga apa yang kita perjuangkan ini berbuah manis nantinya. Amin.
10. Piala Dunia 2010 Afrika Selatan, yang senantiasa menemani saat pengerjaan skripsi ini juga atas bantuan dalam bentuk materi, “Tsamina mina eh eh, waka waka eh eh”.

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

Depok, 24 Juni 2010

Bintang H Saragih

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Bintang H Saragih  
NPM : 0606074653  
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 (*Nonexclusive Royalty – Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

### **Studi Penambahan Beras Ketan Hitam Sebagai Inhibitor Organik Pada Material Baja SPCC Terhadap Lingkungan NaCl 3,5 % Dengan Metode Kehilangan Berat**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media / format, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok  
Pada Tanggal : 24 Juni 2010

Yang Menyatakan



(Bintang H Saragih)

## ABSTRAK

Nama : Bintang H Saragih  
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material  
Judul : Studi Penambahan Beras Ketan Hitam Sebagai Inhibitor Organik Pada Material Baja SPCC Terhadap Lingkungan NaCl 3,5 % Dengan Metode Kehilangan Berat

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. Salah satu cara pencegahan dan pengendalian korosi adalah dengan penambahan inhibitor.

Umumnya inhibitor korosi berasal dari senyawa-senyawa organik dan anorganik yang mengandung gugus-gugus yang memiliki pasangan elektron bebas. Namun demikian, pada kenyataannya bahwa bahan kimia sintesis ini merupakan bahan kimia yang berbahaya, harganya lumayan mahal, dan tidak ramah lingkungan. Untuk itu penggunaan inhibitor yang aman, mudah didapatkan, bersifat *biodegradable*, biaya murah, dan ramah lingkungan sangatlah diperlukan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh beras ketan hitam sebagai inhibitor organik pada lingkungan NaCl 3,5% dan mengetahui efisiensi beras ketan hitam terhadap waktu pengujian. Pengujian laju korosi menggunakan metode kehilangan berat dimana sampel baja SPCC direndam dalam air tanah selama 3, 5, dan 7 hari.

Dalam penelitian ini dapat disimpulkan beras ketan hitam bekerja baik dilingkungan air tanah karena terjadi penurunan laju korosi antara perendaman dengan inhibitor dan perendaman tanpa inhibitor terhadap lamanya waktu pengujian. Penurunan laju korosi terbesar pada hari ke-7, yaitu sebesar 34,4587%.

*Kata kunci:*

*Korosi, perlindungan korosi, inhibitor organik, beras ketan hitam, korosi pada lingkungan air tanah.*

## ABSTRACT

Name : Bintang H Saragih  
Study Program : Metallurgy and Materials Engineering  
Title : Study of Addition Black Glutinous Rice for Organic Inhibitor on SPCC Steel on NaCl 3,5% Using Weight Loss Method

Corrosion is one important problem that must be faced by a variety of industrial sectors in Indonesia. Corrosion effect from the economic and safety terms. One way of prevention and control is by adding corrosion inhibitors. Corrosion inhibitors are generally derived from compounds containing organic and inorganic cluster-cluster which has a lone pair of electrons. However, the fact that these synthetic chemicals are hazardous chemicals, the price is quite expensive and not environmentally friendly. Therefore the use of inhibitors that are safe, easily available, biodegradable, low cost, and environmentally friendly is essential.

This study aimed to investigate the influence of black glutinous rice as the organic inhibitors in 3.5% NaCl environment and knowing the efficiency of black glutinous rice with respect to time of testing. Tests for the corrosion rate using weight loss method in which SPCC steel samples immersed in ground water for 3, 5, and 7 days.

In this study we can conclude the black sticky rice works well within the ground water due to the decrease in corrosion rate between immersion with inhibitor and without inhibitor to the duration of immersion test of time. Largest decrease in corrosion rate on day 7th, that is equal to 34.4587%.

*Keywords:*

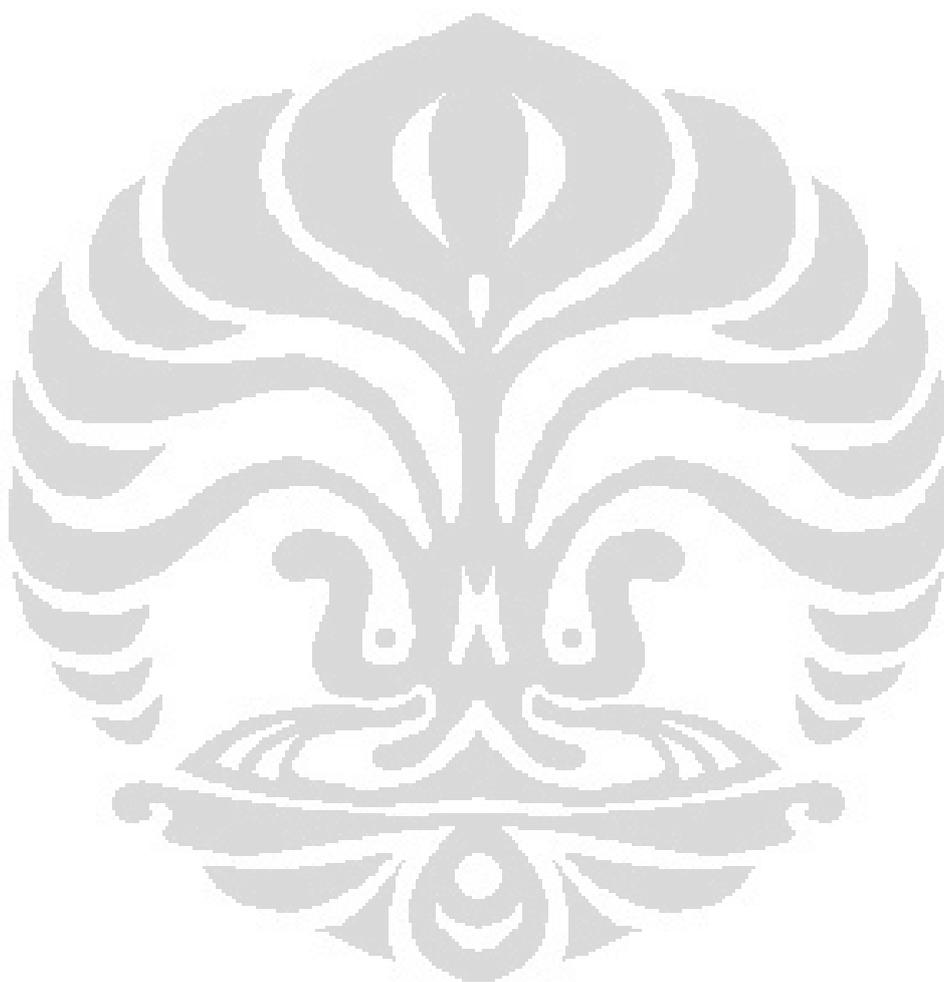
*Corrosion, corrosion protection, organic inhibitors, black glutinous rice, corrosion on the sea water environment.*

## DAFTAR ISI

JUDUL TUGAS AKHIR .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	4
1.4. Ruang Lingkup Penelitian .....	4
1.5. Sistematika Penelitian .....	4
BAB II TEORI PENUNJANG .....	6
2.1. Korosi .....	6
2.2. Jenis – Jenis Korosi .....	7
2.3. Korosi Pada Baja .....	8
2.4. Korosi Baja Pada lingkungan Sodium Klorida .....	10
2.4.1 Sodium Klorida .....	10
2.4.2 Korosi Aqueous Baja pada NaCl 3,5% .....	10
2.5. pH terhadap laju korosi .....	12
2.6. Perlindungan Terhadap Korosi .....	12
2.6.1 Proteksi Katodik dan Anodik .....	13
2.6.2 Pelapisan ( <i>Coating</i> ) .....	14

2.6.3	Pemilihan Material .....	14
2.6.4	Inhibitor .....	15
2.6.4.1	Mekanisme Inhibitor .....	15
2.7	Inhibitor Organik .....	16
2.8	Monitoring Korosi .....	16
2.8.1	Uji Polarisasi .....	17
2.8.2	Uji Kehilangan Berat ( <i>Weight-loss coupons</i> ) .....	19
2.9	Efisiensi Inhibitor .....	20
<b>BAB III</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>21</b>
3.1.	Diagram Alir Penelitian .....	21
3.2.	Alat dan Bahan .....	22
3.2.1.	Alat .....	22
3.2.2.	Bahan .....	22
3.3.	Prosedur Penelitian .....	23
3.3.1.	Preparasi Sampel .....	24
3.3.2.	Persiapan Larutan .....	24
3.3.3.	Pembuatan Inhibitor .....	25
3.3.4.	Perendaman Sampel dalam Larutan .....	26
3.3.5.	Pengambilan Data .....	26
3.3.6.	Analisa Data .....	28
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>30</b>
4.1.	Hasil Penelitian.....	30
4.1.1.	Pengurangan Berat .....	30
4.1.2.	Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor .....	30
4.1.3.	Perubahan pH Dibandingkan dengan Laju Korosi .....	31
4.1.4.	Perubahan Potensial Dibandingkan dengan Laju Korosi .....	32
4.2.	Pembahasan .....	32
4.2.1.	Pengaruh Inhibitor terhadap Laju Korosi .....	32

4.2.2. Pengaruh Inhibitor terhadap Perubahan Lingkungan .....	34
BAB V PENUTUP .....	38
5.1. Kesimpulan .....	38

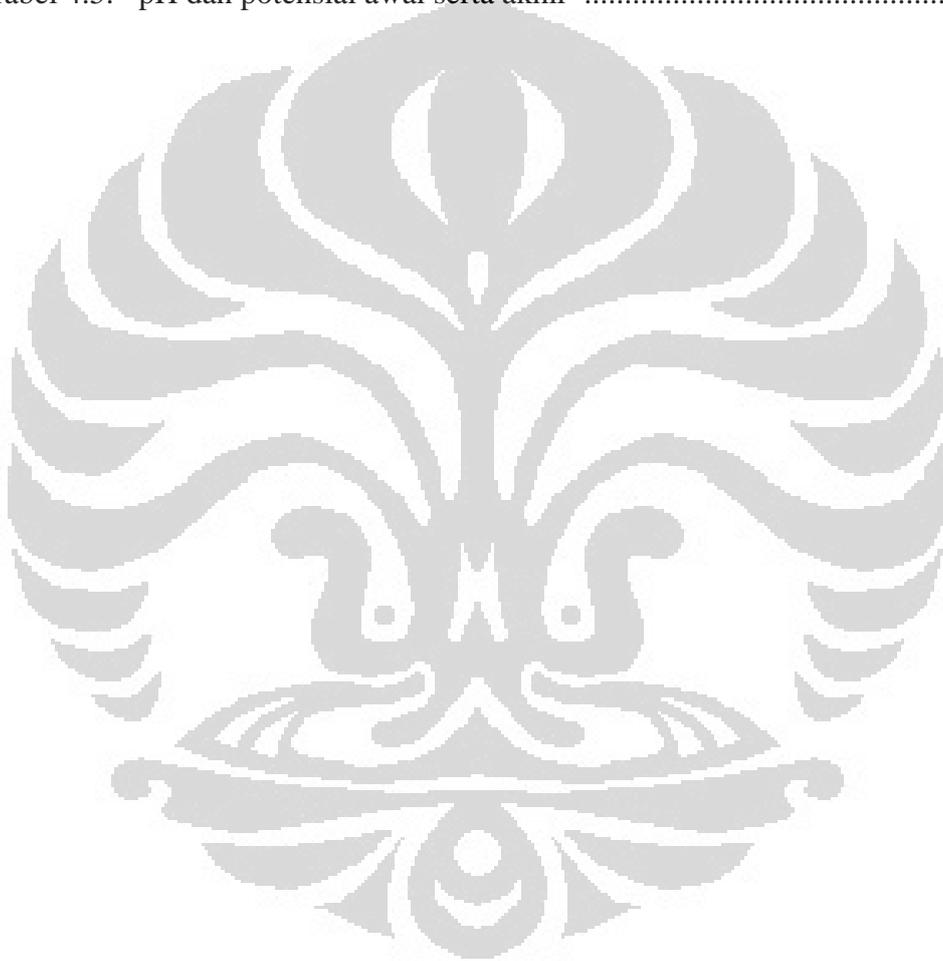


## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram Pourbaix Fe pada 25° C .....	9
Gambar 2.2.	Laju korosi pada konsentrasi NaCl .....	10
Gambar 2.3	Teknik Monitoring Korosi pada <i>Plant</i> Proses .....	17
Gambar 2.4	Proses Korosi menunjukkan Arus Anodik & Katodik .....	18
Gambar 3.1.	Diagram alir penelitian .....	21
Gambar 3.2.	Persiapan sampel .....	25
Gambar 4.1.	Grafik kehilangan berat sebagai fungsi dari waktu perendaman .....	33
Gambar 4.2.	Grafik laju korosi sebagai fungsi dari waktu perendaman .....	33
Gambar 4.3.	Grafik perubahan pH sebagai fungsi dari waktu pencelupan .....	34
Gambar 4.4.	Grafik perubahan potensial sebagai fungsi dari waktu pencelupan .....	35
Gambar 4.5.	Diagram pourbaix dan hasil penggambaran pH dan potensial pada hari ke-3 dengan inhibitor (a) kondisi awal; (b) kondisi akhir .....	36
Gambar 4.6.	Diagram pourbaix dan hasil penggambaran pH dan potensial pada hari ke-5 dengan inhibitor (a) kondisi awal; (b) kondisi akhir .....	36
Gambar 4.7.	Diagram pourbaix dan hasil penggambaran pH dan potensial pada hari ke-7 dengan inhibitor (a) kondisi awal; (b) kondisi akhir .....	37

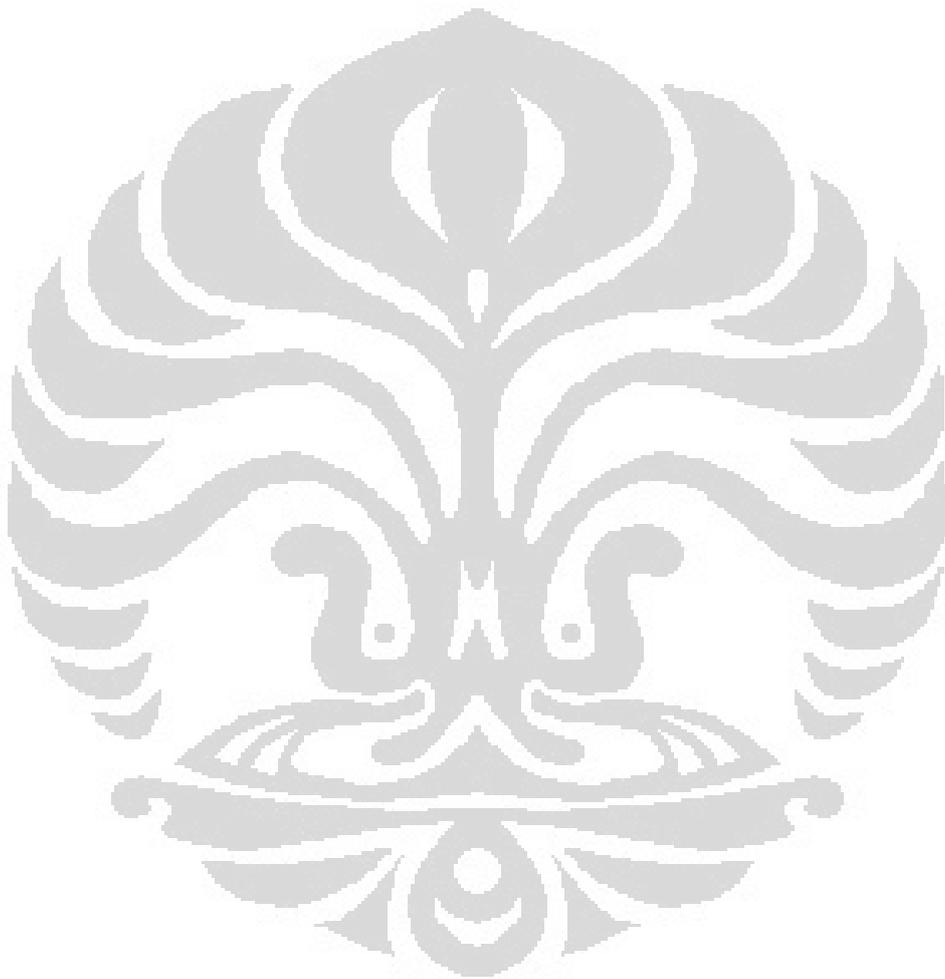
## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Data luas permukaan, massa, dan densitas .....	23
Tabel 4.1. Tabel pengurangan berat .....	30
Tabel 4.2. Tabel Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor .....	30
Tabel 4.3. Perubahan pH .....	31
Tabel 4.4. Perubahan potensial .....	32
Tabel 4.5. pH dan potensial awal serta akhir .....	36



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengamatan Visual .....	41
-------------------------------------	----



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1. Latar Belakang

Korosi adalah suatu hasil kerusakan degradasi logam melalui suatu reaksi kimia atau elektrokimia yang spontan, yang dimulai dari permukaan logam. Denny A. Jones (1991) mendefinisikan korosi sebagai hasil kerusakan dari reaksi kimia antara logam dengan lingkungannya (4). Semua logam menunjukkan suatu kecenderungan untuk teroksidasi, beberapa lebih mudah dari logam yang lain. Tabulasi dari kekuatan relatif dari kecenderungan ini disebut deret galvanik (*galvanic series*).

Gaya pendorong yang mengakibatkan metal terkorosi adalah suatu akibat yang alami dari keberadaan sementara dalam bentuk logamnya. Banyak logam yang terkorosi saat melakukan kontak dengan air (dan embun di udara), asam, basa, garam, serta padatan dan larutan kimia lainnya. Logam juga akan terkorosi ketika kontak dengan gas seperti uap asam, gas formaldehyde, gas ammonia, dan gas yang mengandung sulfur.

Secara umum, ada 4 metode dasar untuk pengendalian dan perlindungan pada korosi, yaitu:

1. Pemilihan material, yaitu pemilihan material berdasarkan ketahanan ketahanan korosinya pada lingkungan kerja.
2. Pelapisan (coating), yaitu membatasi permukaan dengan lingkungannya.
3. Proteksi katodik, meliputi aplikasi pemberian arus searah (DC) dari sumber eksternal untuk melindungi logam dari serangan korosi.
4. Inhibitor, suatu zat kimia yang dapat mengubah lingkungan kerja dan ditambahkan dalam jumlah sedikit, baik secara kontinu maupun periodik.

Inhibitor merupakan suatu zat kimia yang bila ditambahkan ke dalam suatu lingkungan tertentu, dapat menurunkan laju penyerangan lingkungan itu terhadap suatu logam, dengan mekanisme antara lain:

1. Inhibitor teradsorpsi pada permukaan logam dan membentuk suatu lapisan tipis dengan ketebalan beberapa molekul inhibitor.
2. 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.

3. 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.
4. Inhibitor menghilangkan kontituen yang agresif dari lingkungannya.

"*Back to Nature* (kembali ke alam)" merupakan istilah yang digunakan oleh banyak orang, agar masyarakat kembali memanfaatkan bahan-bahan kimia yang telah disediakan oleh alam dan bukan bahan sintetis. Trend *back to nature* ini didasarkan oleh berbagai kekurangan, keamanan, dan bahaya kesehatan dari penggunaan yang terus menerus dari bahan kimia sintetis. Istilah *back to nature* juga berlaku dalam aplikasinya dibidang perlindungan pada korosi, yaitu inhibitor.

Ekstrak bahan alam khususnya senyawa yang mengandung atom N, O, P, S, dan atom-atom yang memiliki pasangan elektron bebas. Unsur-unsur yang mengandung pasangan elektron bebas ini nantinya dapat berfungsi sebagai ligan yang akan membentuk senyawa kompleks dengan logam. Dari beberapa hasil penelitian seperti Fraunhofer (1996), diketahui bahwa ekstrak daun tembakau, teh dan kopi dapat efektif sebagai inhibitor pada sampel logam besi, tembaga, dan aluminium dalam medium larutan garam. Keefektifan ini diduga karena ekstrak daun tembakau, teh, dan kopi memiliki unsur nitrogen yang berfungsi sebagai pendonor elektron terhadap logam  $Fe^{2+}$  untuk membentuk senyawa kompleks.

Efektivitas ekstrak bahan alam sebagai inhibitor korosi tidak terlepas dari kandungan nitrogen yang terdapat dalam senyawaan kimianya seperti daun tembakau yang mengandung senyawa-senyawa kimia antara lain nikotin, hidrazin, alanin, quinolin, anilin, piridin, amina, dan lain-lain (Reynolds, 1994). Lidah buaya mengandung aloin, aloenin, aloesin dan asam amino. Daun pepaya mengandung N-asetil-glukosaminida, benzil isotiosianat, asam amino (Andrade *et al.*, 1943).

Soejono Tjitro, Juliana Anggono, dan Heri Hariyono menggunakan asam askorbat (vitamin C) sebagai inhibitor. Dalam dunia kedokteran, asam askorbat merupakan suatu zat anti-oksidan, demikian juga halnya dengan asam amino. Menurut

Indigomorie, antioksidan dapat didefinisikan sebagai suatu zat yang dapat memperlambat proses oksidasi (2).

Untuk mencapai tujuan dari penelitian ini, maka diadakan suatu pengujian dalam skala laboratorium dengan menggunakan material SPCC dalam lingkungan NaCl 3,5% , dengan menggunakan inhibitor dari beras ketan putih dan beras ketan hitam yang mengandung zat asam amino.

## 2. Perumusan Masalah

Manusia selalu mencoba untuk mengerti dan mengendalikan korosi selama mereka menggunakan objek logam. 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, korosi memberikan dampak seperti menambah biaya untuk perbaikan dan pencegahan korosi pada fasilitas produksi, kehilangan produk karena terkontaminasi oleh produk korosi, dan lain-lain. Dari segi keselamatan kerja, korosi dapat menyebabkan kegagalan dari material yang akan berakibat pada kecelakaan kerja.

Saat dioperasikan di lingkungan tertentu, logam cenderung untuk bereaksi kimia dengan lingkungannya untuk membentuk senyawa dan kembali ke tingkat energi terendahnya.

Salah satu cara pencegahan dan pengendalian korosi adalah dengan penambahan inhibitor. Inhibitor adalah suatu zat kimia yang dapat mengubah lingkungan kerja dan ditambahkan dalam jumlah sedikit, baik secara kontinu maupun periodik.

Umumnya inhibitor korosi berasal dari senyawa-senyawa organik dan anorganik yang mengandung gugus-gugus yang memiliki pasangan elektron bebas, seperti nitrit, kromat, fosfat, urea, fenilalanin, imidazolin, dan senyawa-senyawa amina. Namun demikian, pada kenyataannya bahwa bahan kimia sintesis ini merupakan bahan kimia yang berbahaya, harganya lumayan mahal, dan tidak ramah lingkungan, sehingga industri-industri kecil dan menengah jarang menggunakan inhibitor pada sistem pendingin, sistem pemipaan, dan sistem pengolahan air produksi mereka, untuk melindungi besi/baja dari serangan korosi.

Untuk itu penggunaan inhibitor yang aman, mudah didapatkan, bersifat *biodegradable*, biaya murah, dan ramah lingkungan sangatlah diperlukan.

### 3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh beras ketan sebagai inhibitor pada lingkungan NaCl 3,5%.
2. Mengetahui efisiensi beras ketan hitam sebagai suatu inhibitor organik pada lingkungan NaCl 3,5%.

### 4. Ruang Lingkup Penelitian

1. Material yang digunakan adalah baja SPCC dengan kondisi awal yang dianggap sama untuk variabel uji yang berbeda.
2. Perhitungan corrosion rate menggunakan metode kehilangan berat (*weight loss*) yang dilakukan sesuai dengan standar ASTM G1-03.
3. Inhibitor organik yang digunakan adalah beras ketan hitam dengan konsentrasi 500 gpl.
4. Larutan rendam adalah NaCl 3,5% dengan volume yang disesuaikan dengan batas minimum volume kontak larutan terhadap permukaan sampel disesuaikan dengan standar ASTM G-3172.
5. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kehilangan berat dengan waktu perendaman selama 3, 5, dan 7 hari.
6. Pengujian untuk mengetahui pengaruh beras ketan hitam 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.

### 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:

### **Bab I Pendahuluan**

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

### **Bab II Teori Penunjang**

Membahas mengenai teori korosi secara umum baik pengertian dan jenis-jenis korosi, perlindungan terhadap korosi, aspek teoritis dari inhibitor, dan korosi pada lingkungan air tanah.

### **Bab III Metodologi Penelitian**

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

### **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.

### **Bab V Penutup**

Membahas mengenai kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, serta saran-saran yang bisa dimanfaatkan berdasarkan hasil penelitian.

## BAB II

### TEORI PENUNJANG

#### 2.1 Pengertian Korosi

Korosi adalah proses degradasi material logam yang terjadi akibat interaksi antara material logam dengan berbagai zat di lingkungannya. Pada prosesnya, korosi dipengaruhi beberapa faktor yaitu sifat fisik, kimia, termodinamika, reaksi elektrokimia, dan aspek metalurgis. Pada reaksi elektrokimianya melibatkan reaksi reduksi – oksidasi, contoh paling umum adalah perkaratan pada besi akibat kontak dengan udara, besi mengalami oksidasi, sedangkan oksigen (udara) mengalami reduksi. Banyak logam terkorosi saat melakukan kontak dengan lingkungan, misalnya air, udara, asam, basa, garam, serta padatan dan larutan kimia lainnya. Karat logam umumnya adalah berupa oksida atau karbonat. Paduan – paduan juga merupakan aspek penting yang mempengaruhi serangan korosi yang terjadi.

Faktor – faktor yang mempengaruhi korosi antara lain :

1. Logam : struktur atom logam atau paduannya, komposisi, ketidakteraturan mikroskopik dan makroskopik, tegangan, dll.
2. Lingkungan : kondisi lingkungan seperti sifat kimia, konsentrasi, pengotor, tekanan, temperatur, kecepatan, serta kondisi spesifik lainnya yang dapat mempengaruhi kecepatan, tingkat (dalam periode waktu) dan bentuk korosi.
3. *Interface* logam/lingkungan : Adanya lapisan oksida dapat mempengaruhi proses korosi.

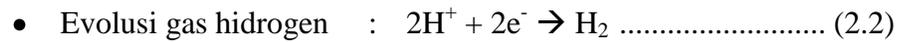
Korosi dapat terjadi apabila berada dalam suatu sel elektrolitik, yang dalam mekanismenya mempunyai empat komponen, yaitu :

1. Anoda : Media terjadinya reaksi oksidasi, ditandai dengan pelepasan elektron. Proses korosi umumnya terjadi pada anoda, reaksi yang terjadi pada korosi logam M adalah sebagai berikut

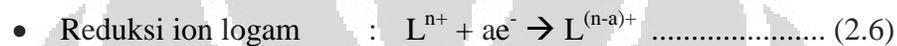
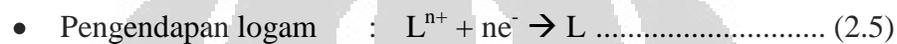


2. Katoda : Media terjadinya reaksi reduksi, ditandai dengan pengikatan elektron. Pada umumnya katoda adalah bagian logam yang tidak terkorosi.

Beberapa reaksi yang umum terjadi di katoda adalah sebagai berikut



- Reduksi oksigen



3. Elektrolit : Media penghantar arus listrik, pada umumnya yang berperan sebagai elektrolit adalah lingkungan.

4. Hubungan Listrik : Adanya kontak dari anoda – katoda mengakibatkan arus listrik dan nantinya mengalir melalui elektrolit.

## 2.2 Jenis – Jenis Korosi

Korosi pada logam dapat terjadi dalam berbagai bentuk, hal ini dikarenakan perbedaan kondisi yang terjadi pada logam seperti: lingkungan, bentuk material, proses, dll. Jenis-jenis bentuk korosi antara lain adalah sebagai berikut :

a. Korosi seragam (*uniform*) :

Korosi uniform merupakan jenis korosi yang diharapkan terjadi pada logam. Karakteristik utama dari korosi uniform adalah jenis reaksi kimia atau elektrokimia yang terjadi pada permukaan logam berjalan secara seragam pada semua permukaan yang terekspose pada lingkungan.

b. Korosi galvanik :

Korosi galvanik adalah korosi yang terjadi apabila dua logam yang berbeda potensialnya saling terhubung secara elektrik, atau terhubung dalam suatu elektrolit.

c. *Cavitation* :

Korosi yang disebabkan oleh pecahnya gelembung udara yang dihasilkan karena perubahan disepanjang permukaan yang terekspos pada kecepatan aliran fluida yang sangat tinggi.

d. Korosi *pitting* :

Pada korosi sumuran, area anoda pada permukaan logam terlokalisasi pada suatu tempat sehingga korosi yang terjadi hanya pada daerah tersebut. Seluruh gaya pendorong (*driving force*) korosi terkonsentrasi pada daerah anoda sehingga laju korosi terjadi lebih cepat dibandingkan dengan laju korosi permukaan logam secara keseluruhan.

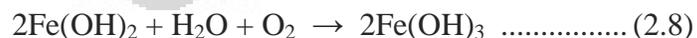
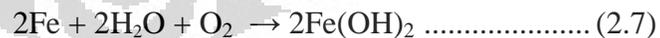
e. Korosi erosi :

Korosi erosi yang terjadi akibat pergerakan relatif antara fluida korosif dengan permukaan logam. Pada umumnya, pergerakan yang terjadi cukup cepat, sehingga terjadi efek keausan mekanis atau abrasi. Pergerakan yang cepat dari fluida korosif mengerosi secara fisik dan menghilangkan lapisan pasif. Pasir dan padatan lumpur mempercepat korosi erosi.

### 2.3 Korosi Pada Baja

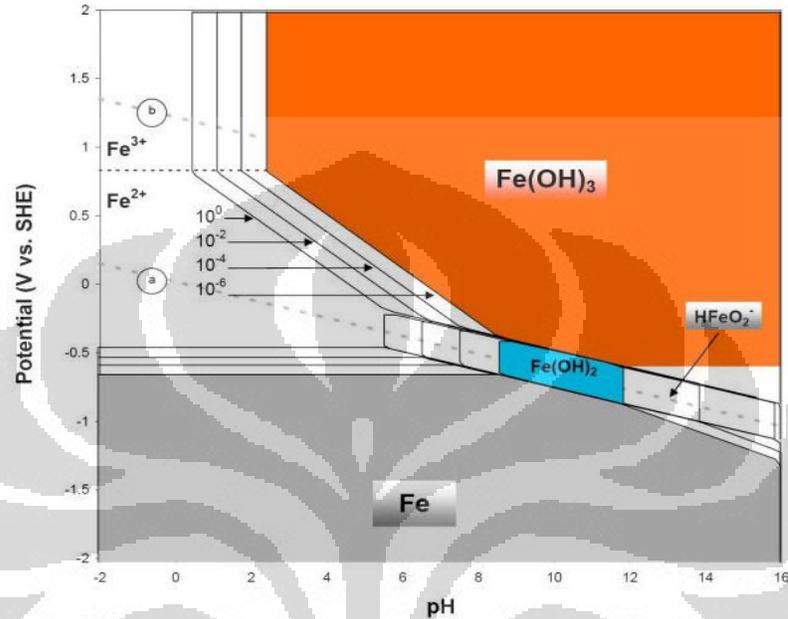
Baja karbon, paling banyak digunakan untuk material keteknikan, diperkirakan 85% dari produksi baja dunia. Walaupun terdapat keterbatasan terhadap ketahanan korosi, baja karbon banyak digunakan untuk aplikasi kelautan (maritim), nuklir, transportasi, proses kimia, industri perminyakan, *refining*, pipa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

Pengkaratan pada baja :



Proses korosi baja (Fe) secara termodinamika dapat diprediksi dengan menggunakan diagram pourbaix (potensial/V-pH). Pada potensial lebih positif dari -0,6 dan pada pH dibawah 9, ion ferrous ( $\text{Fe}^{2+}$  atau Fe II) merupakan zat yang stabil. Hal ini mengindikasikan bahwa Fe akan terkorosi pada kondisi tersebut. Pada daerah lain, dapat dilihat bahwa korosi Fe akan menghasilkan ion ferric ( $\text{Fe}^{3+}$  or Fe III),

ferric hydroxide  $[\text{Fe}(\text{OH})_3]$ , ferrous hydroxide  $[\text{Fe}(\text{OH})_2]$  dan pada kondisi yang sangat basa terbentuk ion kompleks  $\text{HFeO}_2^-$ . Produk korosi yang padat akan berbeda dari produk korosi sebelumnya, yaitu ferric oxide ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dan magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ).



Gambar 2.1 Diagram Pourbaix Fe pada 25° C

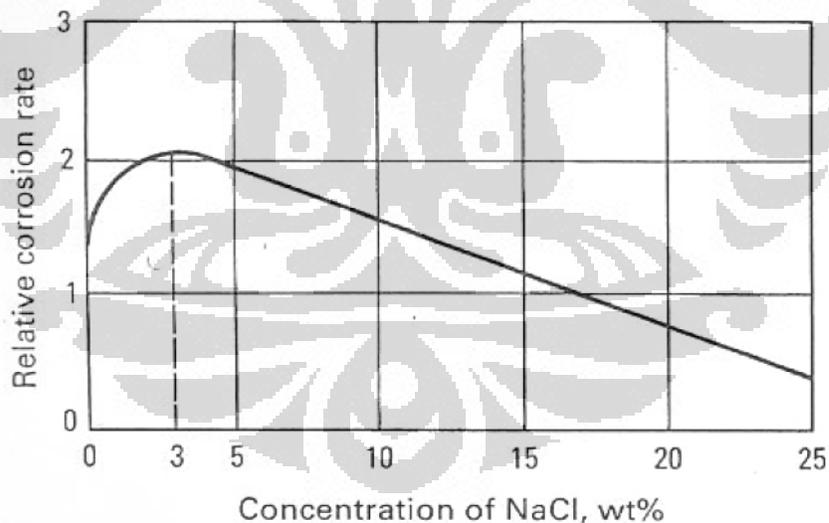
Tabel 2.1 Produk Korosi pada Baja

Senyawa	Oksidasi	Struktur
$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ $\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\text{Fe}^{3+}$	Hematite
$\text{Fe}_3\text{O}_4$	$\text{Fe}^{2+/3+}$	magnetite/lodestone
$\text{Fe}(\text{OH})_2$	$\text{Fe}^{2+}$	Dapat larut, warna dapat berubah sesuai tingkat keasaman (pH)
$\text{FeO}$	$\text{Fe}^{2+}$	pyrophoric

## 2.4 Korosi Baja Pada lingkungan Sodium Klorida

### 2.4.1 Sodium Klorida

Garam tidak cukup besar mengubah nilai pH karena sifatnya yang terlarut di dalam air. Contoh umumnya yaitu sodium klorida (NaCl) yang melimpah di air laut, air payau, tubuh mamalia, dll. Skema pengaruh konsentrasi NaCl terhadap laju korosi baja pada larutan teraerasi di temperatur kamar terlihat pada Gambar 2.2. Peningkatan awal laju korosi disebabkan karena peningkatan konduktivitas larutan. Konduktivitas yang rendah hanya menyebabkan reaksi anodik cenderung untuk membatasi reduksi oksigen pada katoda. Konduktivitas yang lebih tinggi akan menghasilkan polarisasi yang lebih rendah dengan arus korosi yang lebih tinggi antara anoda dan katoda. Namun demikian, semakin tinggi kelarutan garam maka akan menurunkan kelarutan oksigen, dan laju korosi akan menurun setelah melewati nilai maksimumnya seperti 3 wt % NaCl. Garam-garam alkali lainnya seperti KCl, LiCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, KI, NaBr, dll akan memberikan efek yang kurang lebih sama dengan NaCl [5].



Gambar 2.2. Laju korosi pada konsentrasi NaCl

### 2.4.2 Korosi Aqueous Baja pada NaCl 3,5 %

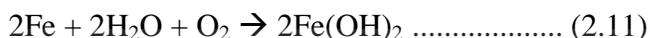
Reaksi korosi yang terjadi pada baja di lingkungan air adalah:



Karena air mengalami kontak dengan atmosfer sehingga mengandung oksigen yang terlarut. Air biasanya bersifat netral, sehingga reaksi katodik yang terjadi adalah reduksi oksigen.



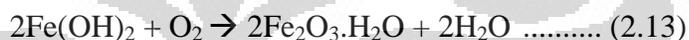
Secara keseluruhan, reaksi yang terjadi adalah:



$\text{Fe}(\text{OH})_2$  atau *iron (II) hydroxide* mengendap dan tidak stabil. Dengan adanya oksigen di air,  $2\text{Fe}(\text{OH})_2$  teroksidasi kembali membentuk  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  atau *hydrated iron (III) oxide*. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Ferrous hidroksida ( $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ) diubah menjadi *hydrat ferric oxide* atau biasa disebut karat, dengan oksigen:



$\text{Fe}(\text{OH})_2$  merupakan endapan berwarna hijau atau hijau kehitaman, sedangkan  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  merupakan endapan berwarna coklat kemerahan [10].

Larutan NaCl dengan kadar 3,5 % digunakan untuk mensimulasikan air laut pada pengujian skala laboratorium. Namun demikian larutan tersebut terkadang jauh lebih agresif dibandingkan air laut alami, terutama pada baja karbon rendah. Hal ini sangat dimungkinkan terjadi akibat adanya  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  pada air laut. Reduksi oksigen pada katoda akan menghasilkan permukaan dengan presipitat  $\text{CaCO}_3$  dan  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  melalui reaksi :



Presipitat diatas ini akan menghambat reaksi katodik dan juga korosi. Namun demikian variasi temperature, kelarutan oksigen, arus, organisme dan juga polutan dapat meningkatkan korosi pada area pesisir laut dan ditengah laut. Aktifitas biologi pada air laut juga mempengaruhi korosifitas material dengan membentuk *crevice corrosion*, asam dan sulfide.

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. Area kecil dimana ion  $\text{Cl}^-$  terserap di permukaan logam merupakan daerah anodic menuju lapisan oksida pasif katodik yang luas. Ketika proses korosi mulai, reaksi hidrolisis ion logam dari reaksi anodic menyebabkan penurunan pH, yang mana 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*.

### 2.5 pH terhadap laju korosi

Karena larutan NaCl 3,5 % bersifat netral, pada range pH 4-10, laju korosi tidak tergantung oleh pH yang dikontrol difusi oksigen. Sedangkan pada pH < 4 evolusi hidrogen merupakan factor pengontrol laju korosi. Sedangkan pada pH > 10, laju korosi menurun karena pasivasi di permukaan yang disebabkan oleh adanya oksigen dan alkalis [6].

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

### 2.6 Perlindungan Terhadap Korosi

Dengan dasar pengetahuan tentang elektrokimia proses korosi yang dapat menjelaskan mekanisme dari korosi, dapat dilakukan usaha-usaha untuk pencegahan terbentuknya korosi. Banyak cara sudah ditemukan untuk pencegahan terjadinya korosi, yaitu :

1. Proteksi Katodik dan Anodik
2. Pelapisan (*Coating*)
3. Pemilihan Material

#### 4. Inhibitor

##### 2.6.1 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. Sistem perlindungan seperti ini telah berhasil mengendalikan proses korosi untuk kapal-kapal laut, struktur pinggir pantai (*water front*), instalasi pipa dan tangki bawah tanah atau laut dan sebagainya.

Dalam praktek, untuk memperkecil kebutuhan arus penggunaan proteksi katodik dikombinasikan dengan penggunaan bahan pelapis hanya saja syarat yang harus dipenuhi oleh bahan pelapisnya adalah harus tahan terhadap lingkungan alkalin yang akan dihasilkan oleh sistem. Cara pemberian arus searah dalam sistem proteksi katodik ada dua yaitu dengan cara menerapkan anoda korban (*sacrificial anode*) atau dengan cara menerapkan arus tanding (*impressed current*). Penjelasan metode proteksi katodik sebagai berikut :

##### 1. Anoda korban (*sacrifice anode*)

Pada sistem proteksi katodik dengan anoda korban, tidak diperlukan memberikan daya. Paduan yang dijadikan anoda korban akan membangkitkan arus yang diperlukan sebagai akibat adanya perbedaan potensial dengan struktur yang dilindunginya.

##### 2. Arus tanding (*impressed current*)

Sistem proteksi katodik arus tanding, memanfaatkan arus searah yang diberasal dari suatu sumber daya, dimana kutub positif dari sumber daya dihubungkan dengan anoda sedangkan kutub negatifnya dihubungkan dengan sistem yang akan diproteksi.

Pada perlindungan secara anodik (proteksi anodik),tegangan sistem yang dilindungi dinaikkan sehingga memasuki daerah anodiknya. Pada kondisi ini sistem terlindungi karena terbentuknya lapisan pasif. Syarat yang harus dipenuhi agar sistem

ini berjalan dengan baik adalah bahwa karakteristik lingkungannya harus stabil. Pada jenis lingkungan yang tidak stabil (berfluktuasi) penerapan sistem proteksi anodik tidak dianjurkan.

### **2.6.2 Pelapisan (*Coating*)**

Salah satu cara pengendalian korosi 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, bilamana kebocoran/kegagalan terjadi umumnya lebih merata sepanjang jaringan yang berhubungan dengan korosi bagian luar.

Pelapisan biasanya dimaksudkan untuk memberikan suatu lapisan padat dan merata sebagai bahan isolator atau penghambat aliran listrik diseluruh permukaan logam yang dilindungi. Fungsi dari lapisan tersebut adalah untuk mencegah logam dari kontak langsung dengan elektrolit dan lingkungan sehingga reaksi logam dan lingkungan terhambat.

### **2.6.3 Pemilihan Material**

Dalam konteks kontrol korosi, memilih logam atau paduan sedemikian sehingga pertukaran ion dengan lingkungannya tidak berlangsung dengan cepat atau dengan kata lain memilih logam atau paduannya yang perbedaan potensialnya dengan lingkungannya tidak terlalu besar. Dalam praktek, jika lingkungannya relatif agresif (*severe*) wajib memilih logam atau paduannya yang memiliki ketahanan korosi lebih baik dari baja. Hal ini didasarkan pada aspek logam tersebut imun pada lingkungan tersebut atau logam tersebut membentuk lapisan tipis yang memiliki sifat protektif dan memiliki *recoverability* yang memadai apabila lapisan tersebut terkelupas.

Aplikasi dari metode ini sangat erat kaitannya dengan potensial galvanis dari logam yang digunakan dan tentunya berhubungan dengan elektrolit/lingkungan disekitar material.

## 2.6.4 Inhibitor

Inhibitor adalah suatu zat yang apabila ditambahkan kedalam system reaksi kimia dapat mengurangi laju korosi suatu material. Inhibitor berasal dari kata inhibisi : menghambat, jadi inhibitor ditambahkan untuk menghambat reaksi antarmuka antara material dengan lingkungan.

### 2.6.4.1 Mekanisme Inhibitor

Adapun jenis-jenis inhibitor berdasarkan mekanismenya dibagi menjadi 4 macam, yaitu :

1. *Physical Inhibitor/Adsorption inhibitor (Organic based)*

Molekul inhibitor secara physical terabsorpsi ke permukaan material atau senyawa organik yang mengabsorpsi pada permukaan logam dan menekan kelarutan logam serta mengurangi reaksinya.

2. *Pembentukan Film/Precipitation inhibitors (Cathodic Inhibitor)*

Memperlambat reaksi katodik dengan mengubah potensial ke arah Negatif dengan mekanisme membentuk endapan  $M(OH)_n$  akibat tingginya pH setempat pada permukaan katoda mencegah oksigen masuk ke permukaan logam.

3. *Passivator/Oxidizer (Anodic Inhibitor)*

Cara kerja inhibitor anodik sebagai berikut :

- Membentuk lapisan pasiv pada permukaan material, sehingga memperlambat reaksi anodik.
- Mengubah potensial korosi ke arah positif, Menstabilkan passive film, mengurangi laju korosi. Merepasive logam jika lapisan film rusak
- Mencegah adsorpsi anion yang agresif seperti ion  $Cl^-$  dengan cara mengabsorpsi anion yang bersifat inhibit.
- Membantu memperbaiki lapisan film dengan membentuk senyawa pasivator yang mampu menutupi lubang pada lapisan film.

4. Destimulator

Menurunkan kadar O<sub>2</sub> pada lingkungan (*oxygen scavenger*)

## 2.7 Inhibitor Organik

Mekanisme inhibitor organik dalam melindungi material pada umumnya membentuk lapisan hidrofobik pada permukaan logam untuk melindungi logam terhadap korosi akibat lingkungan sekitarnya.

Efektifitas inhibitor ini sangat bergantung kepada komposisi kimia yang dimilikinya, struktur molekul, dan afinitasnya terhadap permukaan logam.

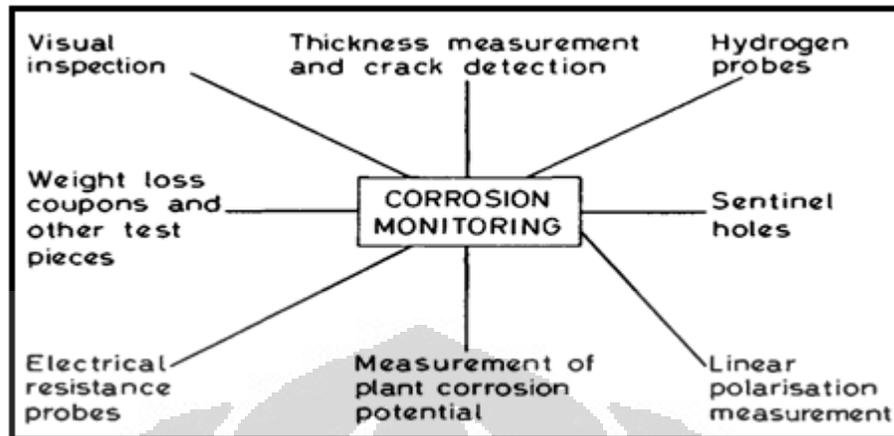
Proses adsorpsi pada saat *film forming* dipengaruhi variabel temperatur dan tekanan. Inhibitor organik akan teradsorpsi sesuai muatan ion – ion inhibitor dan muatan permukaan. Kekuatan dari ikatan adsorpsi merupakan faktor yang sangat penting bagi inhibitor organik tersebut.

Inhibitor jenis ini akan membentuk lapisan protektif dari molekul yang teradsorpsi di permukaan logam, yang akan menciptakan penghalang antara logam dengan elektrolit. Karena luasan permukaan logam yang terlapsi berbanding lurus dengan konsentrasi inhibitor yang diberikan, maka konsentrasi inhibitor dalam suatu elektrolit menjadi sangat penting.

## 2.8 Monitoring Korosi

Pengujian korosi dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis utama yaitu :

1. Pengujian laboratorium, dimana kondisi dapat ditentukan dan dikontrol secara tepat.
2. Pengujian lapangan (pengujian pada lingkungan aslinya), dimana replika sampel pengujian logam atau paduan yang disebut *coupon test* atau *specimen* terekspos ke kondisi lingkungan aktual dalam kondisi servis, misalnya atmosfer, tanah (*ground*), laut dan sebagainya.
3. Pengujian saat aplikasi, dimana *specimen* pengujian yang biasanya mengambil bentuk komponen manufaktur terekspos ke sebagian kondisi yang digunakan, misalnya pada proses pengaliran di *plant* kimia.

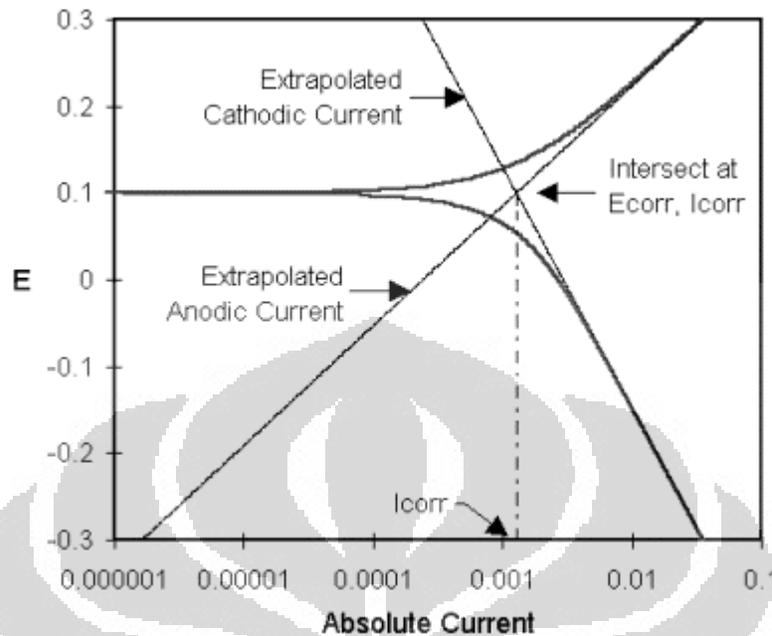


Gambar 2.3 Teknik Monitoring Korosi pada *Plant* Proses

### 2.8.1 Uji Polarisasi

*Tafel plots* atau bagian linear dari polarisasi *logcurrent* anodik atau katodik dan *plot* potensial di ekstrapolasi memotong garis potensial korosi. Laju korosi yang rendah secara umum dapat diukur dengan cepat. Laju korosi biasanya ditentukan dengan kesetimbangan antara reaksi elektrokimia yang berlawanan. Reaksi anodik merupakan peristiwa logam teoksidasi dan melepaskan elektron dan reaksi katodik merupakan peristiwa dimana larutan (umumnya  $O_2$  atau  $H^+$ ) mengalami reduksi, memindahkan elektron dari logam.

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



**Gambar 2.4** Proses Korosi menunjukkan Arus Anodik & Katodik

Potensial logam didapatkan dimana reaksi anodik dan katodik seimbang. Kesetimbangan potensial didapatkan akibat hubungan listrik terhadap logam (pengukuran  $E_{corr}$ ). Penjumlahan dari arus anodik dan katodik pada  $E_{corr}$  merupakan arus korosi ( $I_{corr}$ ). Namun,  $I_{corr}$  tidak dapat diukur secara langsung sehingga diperlukan teknik elektrokimia. Hal tersebut juga berlaku pada penentuan laju korosi (*corrosion rate*). Berikut merupakan persamaan tafel yang digunakan pada percobaan polarization resistance :

$$I_{corr} = (1/R_p) \beta_a \beta_c / (2.303 (\beta_a + \beta_c)) \quad \dots\dots\dots (2.16)$$

Keterangan :  $I_{corr}$  = arus korosi (A)

$R_p$  = polarization resistance

$\beta_a$  = anodic Beta Tafel Constant in volts/decade

$\beta_c$  = cathodic Beta Tafel Constant in volts/decade

$$CR = I_{corr} K E W / D A \quad \dots\dots\dots (2.17)$$

Keterangan : CR = laju korosi (corrosion rate)

K = konstanta, menjelaskan unit laju korosi

EW = berat ekivalen (gram/equivalent)

D = berat jenis (gram/cm<sup>3</sup>)

A = luas permukaan (cm<sup>2</sup>)

### 2.8.2 Uji Kehilangan Berat (*Weight-loss coupons*)

*Weight-loss coupons* adalah metode monitoring korosi yang paling banyak digunakan. Kupon merupakan lempengan logam yang ditempatkan di dalam sistem dan dibiarkan untuk terkorosi. Kupon digunakan untuk mengetahui laju korosi melalui *weight loss*.

*Corrosion coupons* kemungkinan paling banyak digunakan untuk material konstruksi untuk mendeteksi serangan permanen dari perubahan korosifitas. *Coupons* menggambarkan kerusakan korosi selama periode waktu dan hanya digunakan pada kondisi dimana peningkatan laju korosi dapat diukur. Bentuk dan dimensi *coupon* dapat bervariasi sesuai persyaratan pengujian. Sebelum *coupon test* diletakkan pada lingkungan pengujian selama periode tertentu, maka produk korosi yang terbentuk sebelumnya harus dihilangkan. Metode penghilangan produk korosi dapat dilakukan tanpa menyebabkan korosi lebih lanjut atau kerusakan pada *specimen*.

Dengan menggunakan rumus di bawah, maka akan diketahui laju korosi pada lingkungan tersebut :

$$\text{Laju korosi} = \frac{K.W}{D.A.T} \dots\dots\dots (2.18)$$

Keterangan : K = konstanta (mpy = 3,45 x 10<sup>6</sup>)  
 W = kehilangan berat (gram)  
 D = densitas (gram/cm<sup>3</sup>)  
 A = luas permukaan yang terendam (cm<sup>2</sup>)  
 T = waktu (jam)

Beberapa keuntungan dan kerugian metode *weight loss* :

- a. Keuntungan
  - Murah, mudah digunakan

- Kupon terbuat dari material yang sama dengan struktur
  - Pemeriksaan visual dapat mengidentifikasi jenis serangan
  - Kupon tersebut dapat dianalisa scale.
- b. Kerugian
- Laju korosi yang diperoleh berupa rata rata
  - Kalkulasi laju korosi diasumsikan sebagai korosi seragam
  - Pengambilan data berlangsung lama
  - Memerlukan pemasangan dan pengambilan yang dapat mempengaruhi proses dan keselamatan

## 2.9 Efisiensi Inhibitor

Diperlukan suatu metode untuk mengukur efisiensi inhibitor tersebut ketika digunakan

Persamaan untuk menghitung efisiensi inhibitor adalah sebagai berikut :

$$efisiensi\ inhibitor = \frac{X_a - X_b}{X_a} \times 100\% \dots\dots\dots (2.19)$$

Keterangan :  $X_a$  = laju korosi tanpa inhibitor, (mpy)

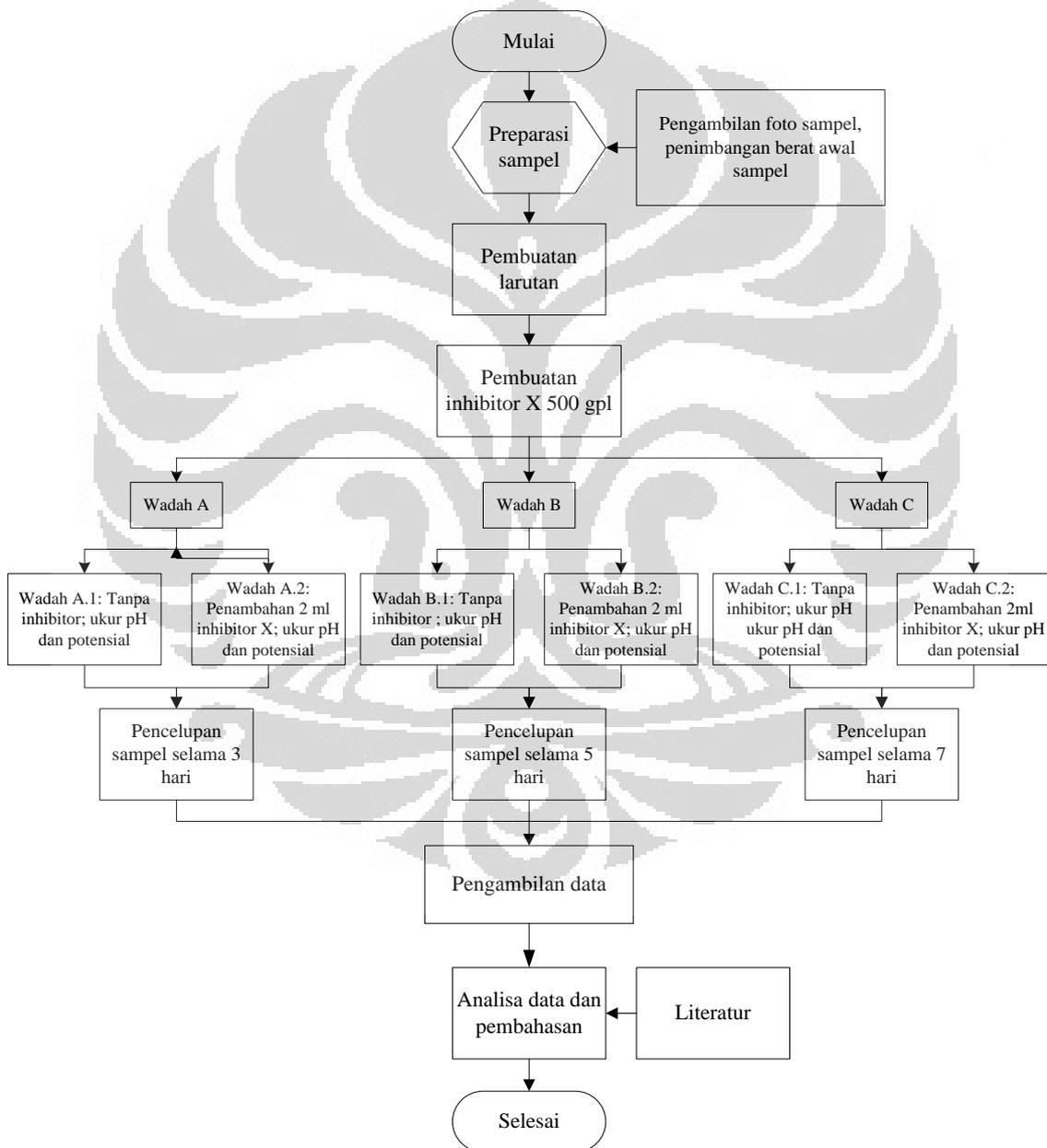
$X_b$  = laju korosi dengan inhibitor, (mpy)

# BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Diagram Alir Penelitian

Berikut diagram alir penelitian untuk pengujian:



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian

## 3.2. Alat dan Bahan

### 3.2.1. Alat

Alat yang digunakan untuk penelitian, antara lain:

1. Alat pemotong sampel
2. Mesin bor dan mata bor diameter 3 mm
3. Amplas #100 dan #500
4. Timbangan digital
5. pH meter digital
6. Multimeter
7. Jangka sorong
8. Benang untuk menggantungkan sampel
9. Wadah plastik tipe PET untuk perendaman sampel
10. Elektroda standar Ag/AgCl
11. Penggaris
12. Pensil
13. Kamera digital
14. Beaker glass 1000 ml
15. Wadah kaca
16. Pinset
17. Arloji kaca
18. *Hair dryer*
19. *Magnetic stirrer*
20. *Ultrasonic agitator*

### 3.2.2. Bahan

Bahan yang digunakan untuk penelitian, antara lain:

1. Material baja SPCC
  - 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 ( $\rho$ ) adalah

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

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

Sampel	p (cm)	l (cm)	t (cm)	m (gram)	$\rho$ (gram/cm <sup>3</sup> )
1	2,045	2,489	0,1	3,67	7,222
2	2,05	2,465	0,1	3,72	7,362
3	2	2,415	0,1	3,48	7,205
4	1,975	2,48	0,1	3,68	7,513
5	2,025	2,52	0,1	3,81	7,466

Dari kelima sampel diatas, didapat densitas rata-rata:

$$\frac{7,222+7,362+7,205+7,513+7,466}{5} = 7,354 \text{ gr/cm}^3$$

- Kristal garam NaCl 3,5 %
- Aquades
- Thiner N (*toluene*)
- Aseton/alkohol.
- HCl 32 M dan inhibitor baracore, sebagai zat *pickling*
  - Masukkan 100 ml HCL 32 M, 100 ml aquades, 10 tetes inhibitor baracore ke dalam beaker glass 1000 ml.
- NaCaCO<sub>3</sub>
  - Siapkan *magnetic stirrer*, letakan beaker glass 1000 ml diatasnya.
  - Nyalakan *magnetic stirrer*, masukan NaCaCO<sub>3</sub> ke dalam 100 ml aquades hingga melebihi larut jenuh ( $\pm 50$ gr) pada beaker glass.
- Beras ketan hitam 50 gram

### 3.3. Prosedur Penelitian

### 3.3.1. Preparasi Sampel

Dalam preparasi sampel dilakukan beberapa hal, antara lain:

1. Pemotongan sampel

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.

2. Pengamplasan sampel

Sampel diampelas untuk menghilangkan oksida yang ada dipermukaan sampel. Pengamplasan menggunakan kertas amplas #100.

3. Pengeboran sampel

Sampel yang telah diampelas, kemudian dibor dengan mata bor berdiameter 3 mm pada bagian atas untuk penggantungan sampel.

4. Pengambilan Foto

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

5. Penimbangan berat awal sampel

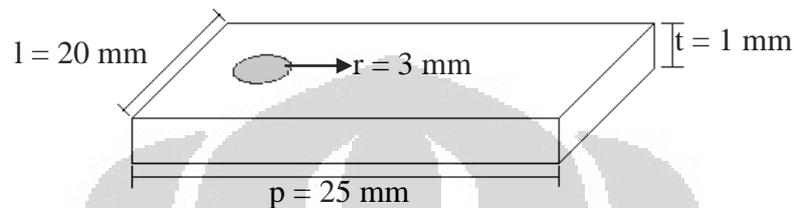
Masing-masing sampel ditimbang berat awalnya menggunakan timbangan digital.

### 3.3.2. Persiapan Larutan

Larutan yang digunakan pada penelitian ini adalah larutan NaCl 3,5 %. Untuk membuat larutan NaCl 3,5 % , dibutuhkan kristal garam NaCl untuk dilarutkan dengan *aquadesh*. Untuk mendapatkan larutan NaCl 3,5 % sebanyak 1000gr, maka dibutuhkan kristal garam NaCl sebanyak  $(1000 \times 3,5 \%)$ gr dan dilarutkan dengan *aquadesh* sebanyak  $(1000 - 1000 \times 3,5 \%)$ . Dalam larutan NaCl 3,5 % sebanyak 1000gr dibutuhkan kristal garam NaCl sebanyak 35gr dan 965gr *aquadesh*.

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

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



**Gambar 3.2. Persiapan sampel**

Luas permukaan sampel:

$$\begin{aligned} &= (2 \times p \times l) + (2 \times p \times t) + (2 \times l \times t) - (2\pi r^2) + (t \times 2\pi r) \dots\dots\dots(3.3) \\ &= (2 \times 25 \times 20) + (2 \times 25 \times 1) + (2 \times 20 \times 1) - (2 \times 3,14 \times 3^2) + (1 \times 2 \times 3,14 \times 3) \\ &= 1052,32 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume minimal} &= 1052,32 \times 0,4 \\ &= 420,93 \text{ ml} \approx 421 \text{ ml} \end{aligned}$$

### 3.3.3. Pembuatan Inhibitor

Inhibitor dibuat dari beras ketan hitam 500 gpl, dengan cara:

1. Timbang masing-masing 50 gram beras ketan hitam dengan timbangan digital, masukan dalam wadah plastik.
2. Rendam beras ketan hitam dengan aquades 100 ml, biarkan selama 24 jam. Air rendaman adalah inhibitor yang akan dipakai.

### 3.3.4. Perendaman Sampel dalam Larutan

Sampel yang telah dilakukan preparasi, digantung dengan benang dan kemudian dicelupkan kedalam wadah plastik yang telah berisi larutan NaCl 3,5 % ± 421 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, dengan perendaman sampel selama 3 hari.
  - A.1; pada larutan tidak ditambahkan inhibitor
  - A.2; ditambahkan 2 ml inhibitor
2. Wadah B, dengan perendaman sampel selama 5 hari.
  - B.1; pada larutan tidak ditambahkan inhibitor
  - B.2; ditambahkan 2 ml inhibitor
3. Wadah C, dengan perendaman sampel selama 7 hari.
  - C.1; pada larutan tidak ditambahkan inhibitor
  - C.2; ditambahkan 2 ml inhibitor

Sesaat setelah dilakukan pencelupan, setiap wadah diukur pH larutan dan potensial logam. Pengukuran pH dilakukan dengan mencelupkan pH meter digital 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. Pengambilan Data

Data-data yang diperlukan untuk penelitian ini antara lain:

1. pH larutan

Pengambilan data pH larutan dilakukan dengan cara mencelupkan sensor pada pH meter digital.

2. Potensial logam

Pengukuran potensial 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. Berat akhir sampel

Sebelum ditimbang berat akhir sampel, sampel diberi perlakuan *degreasing* dan *pickling* terlebih dahulu untuk menghilangkan lemak dan sisa-sisa oksida yang menempel pada permukaan.

Tahapan-tahapan *degreasing*:

- Tuang thinner N pada wadah arloji kaca hingga larutan dapat digunakan untuk merendam keseluruhan permukaan dari sebuah sampel.
- Celup sampel kira-kira 10 detik.
- Pengambilan sampel setelah pencelupan menggunakan pinset.

Tahapan-tahapan *pickling*:

- Tuang aseton dan NaCaCO<sub>3</sub> pada wadah arloji kaca hingga larutan dapat digunakan untuk merendam keseluruhan permukaan dari sebuah sampel.
- Letakan beaker glass 1000 ml yang telah berisi zat pickling ke dalam *ultrasonic agitator*.
- Celup sampel yang telah *didegreasing* ke larutan aseton kira-kira 10 detik.
- Keringkan dengan *hair dryer*.
- Masukkan sampel ke dalam beaker glass yang berisi zat *pickling*. Nyalakan *ultrasonic agitator*, atur pemilihan waktu untuk 3 menit.
- Setelah 3 menit, celup sampel ke dalam larutan NaCaCO<sub>3</sub> kira-kira 10 detik.
- Bilas dengan aquades.
- Celupkan kembali sampel ke dalam aseton kira-kira 10 detik.
- Keringkan dengan *hair dryer*.
- Untuk diperhatikan: semua proses pengambilan dan pengangkatan sampel dilakukan dengan pinset.

Sampel kemudian ditimbang dengan timbangan digital untuk mengukur berat setelah perendaman.

#### 4. Pengamatan visual

Sampel difoto untuk melihat oksida-oksida yang terbentuk pada permukaan sampel.

### 3.3.6. Analisa Data

Dari pengambilan data pada bagian 3.3.5., dilakukan analisa data untuk menjawab tujuan penelitian yang telah disebutkan pada bagian 1.3.

#### 1. Analisa penambahan inhibitor terhadap laju korosi

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

$$\text{Laju korosi} = \frac{K.W}{D.A.T} \dots\dots\dots(3.4)$$

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

W = kehilangan berat (gram)

D = densitas (gram/cm<sup>3</sup>)

A = luas permukaan yang terendam (cm<sup>2</sup>)

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 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), atau aktif (daerah Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, dan HFeO<sup>2-</sup>).

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

$$\text{potensial (V) vs SHE} = \text{potensial (V) vs SCE} - 0,241 \text{ V} \dots\dots\dots(3.5)$$

#### 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:

$$Efisiensi\ inhibitor = \frac{X_A - X_B}{X_A} \times 100\% \dots\dots\dots(3.6)$$

Dimana  $X_A$  adalah laju korosi pada wadah tanpa inhibitor (A.1, B.1, dan C.1) dan  $X_B$  adalah pada wadah dengan inhibitor (A.2, B.2, dan C.2).



## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Hasil Penelitian

##### 4.1.1. Pengurangan Berat

**Tabel 4.1.** Tabel pengurangan berat

	sampel no.	berat awal	berat akhir	pengurangan berat	rata-rata
hari ke-3 dengan inhibitor	1	3.7861	3.7680	0.0181	0.0153
	2	3.8777	3.8602	0.0175	
	3	3.4037	3.3935	0.0102	
hari ke-3 tanpa inhibitor	4	3.6861	3.6643	0.0218	0.0177
	5	3.7184	3.7040	0.0144	
	6	3.6175	3.6005	0.0170	
hari ke-5 dengan inhibitor	7	3.7736	3.7570	0.0166	0.0184
	8	3.6359	3.6157	0.0202	
	9	3.5784	3.5599	0.0185	
hari ke-5 tanpa inhibitor	10	3.8632	3.8376	0.0256	0.0244
	11	3.9647	3.9386	0.0261	
	12	3.7265	3.7051	0.0214	
hari ke-7 dengan inhibitor	13	4.0736	4.0569	0.0167	0.0188
	14	4.1317	4.1115	0.0202	
	15	3.5901	3.5707	0.0194	
hari ke-7 tanpa inhibitor	16	3.5333	3.4974	0.0359	0.0286
	17	3.7844	3.7579	0.0265	
	18	3.7514	3.7279	0.0235	

##### 4.1.2. Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor

**Tabel 4.2.** Tabel Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor

	sampel no.	laju korosi	efisiensi inhibitor
hari ke-3 dengan inhibitor	1	9.4773	13.9098
	2		
	3		

hari ke-3 tanpa inhibitor	4	11.0085	24.3502	
	5			
	6			
hari ke-5 dengan inhibitor	7	6.8658		
	8			
	9			
hari ke-5 tanpa inhibitor	10	9.0758		
	11			
	12			
hari ke-7 dengan inhibitor	13	4.9929		34.4587
	14			
	15			
hari ke-7 tanpa inhibitor	16	7.6179		
	17			
	18			

#### 4.1.3. Perubahan pH Dibandingkan dengan Laju Korosi

Tabel 4.3. Perubahan pH

Perlakuan	sampel no.	pH awal	rata-rata	pH akhir	rata-rata	perubahan
hari ke-3 dengan inhibitor	1	7.31	7.47	7.37	7.54	0.07
	2	7.47		7.55		
	3	7.62		7.70		
hari ke-3 tanpa inhibitor	4	7.50	7.48	7.55	7.54	0.06
	5	7.41		7.48		
	6	7.52		7.59		
hari ke-5 dengan inhibitor	7	7.59	7.48	7.77	7.66	0.18
	8	7.40		7.60		
	9	7.45		7.61		
hari ke-5 tanpa inhibitor	10	7.35	7.41	7.50	7.56	0.16
	11	7.42		7.54		
	12	7.45		7.65		
hari ke-7 dengan inhibitor	13	7.61	7.57	7.94	7.92	0.35
	14	7.56		7.93		
	15	7.54		7.80		
hari ke-7 tanpa inhibitor	16	7.40	7.50	7.72	7.82	0.31
	17	7.53		7.83		
	18	7.58		7.90		

#### 4.1.4. Perubahan Potensial Dibandingkan dengan Laju Korosi

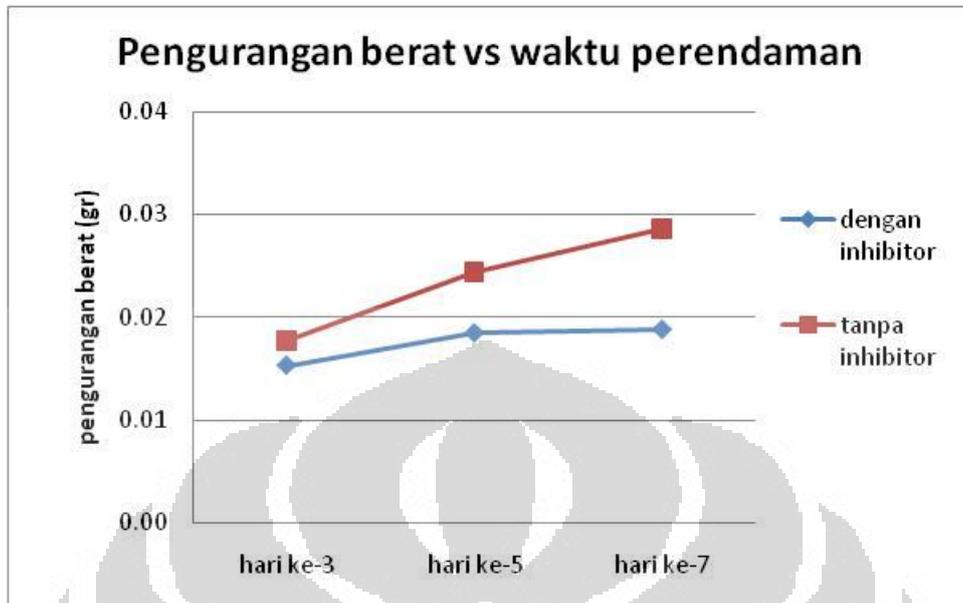
Tabel 4.4. Perubahan potensial

Perlakuan	sampel no.	potensial awal	rata-rata	potensial akhir	rata-rata	perubahan
hari ke-3 dengan inhibitor	1	-0.228	-0.239	-0.415	-0.434	-0.195
	2	-0.247		-0.446		
	3	-0.241		-0.440		
hari ke-3 tanpa inhibitor	4	-0.231	-0.229	-0.402	-0.401	-0.172
	5	-0.227		-0.401		
	6	-0.229		-0.401		
hari ke-5 dengan inhibitor	7	-0.239	-0.238	-0.434	-0.437	-0.199
	8	-0.236		-0.440		
	9	-0.240		-0.437		
hari ke-5 tanpa inhibitor	10	-0.234	-0.237	-0.415	-0.417	-0.180
	11	-0.241		-0.419		
	12	-0.236		-0.417		
hari ke-7 dengan inhibitor	13	-0.242	-0.238	-0.444	-0.448	-0.210
	14	-0.235		-0.452		
	15	-0.238		-0.449		
hari ke-7 tanpa inhibitor	16	-0.243	-0.237	-0.436	-0.437	-0.199
	17	-0.232		-0.434		
	18	-0.237		-0.440		

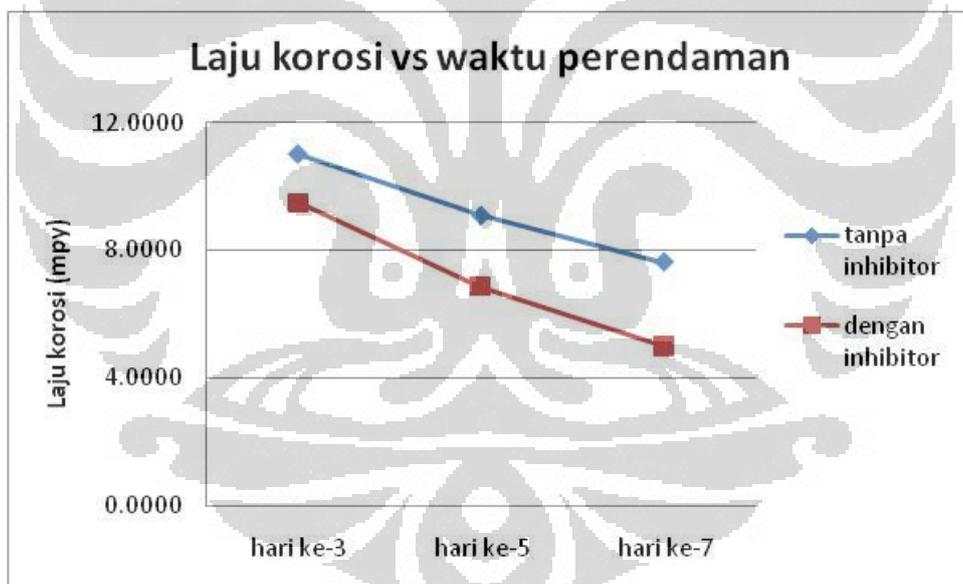
## 4.2. Pembahasan

### 4.2.1. Pengaruh Inhibitor terhadap Laju Korosi

Inhibitor organik beras ketan bekerja baik di larutan NaCl 3,5%. Seperti yang terlihat pada gambar 4.1. dan 4.2. berikut.



**Gambar 4.1.** Grafik kehilangan berat sebagai fungsi dari waktu perendaman



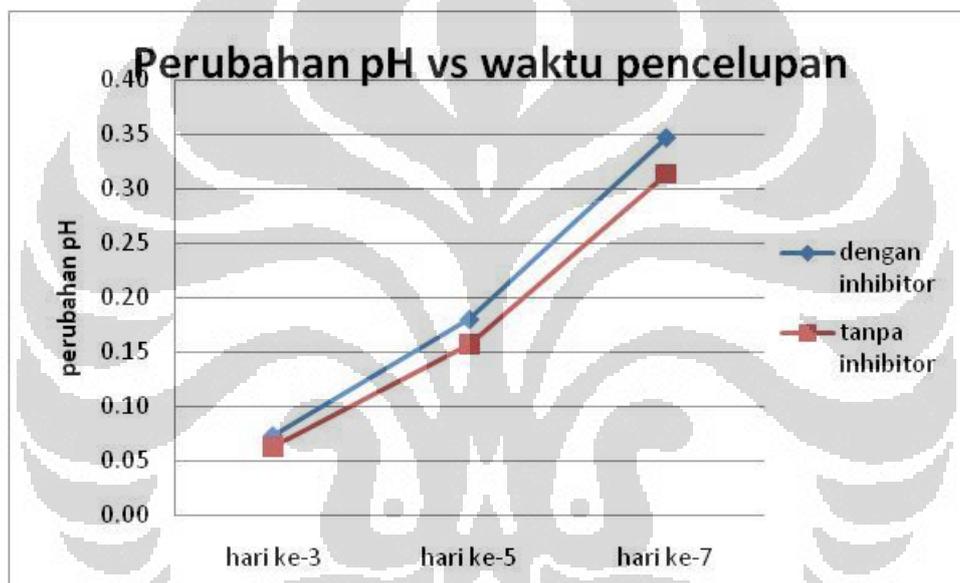
**Gambar 4.2.** Grafik laju korosi sebagai fungsi dari waktu perendaman

Pada gambar 4.2 menunjukkan laju korosi dari hari ke 3, 5, dan 7 mengalami penurunan, baik dengan inhibitor juga tanpa inhibitor. Laju korosi dengan inhibitor berada di bawah laju korosi tanpa inhibitor. Hari ke-3, laju korosi turun dari 11.0085 mpy menjadi 9.4773 mpy atau mengalami kenaikan sebesar 13.9098%. Pada hari ke-5, laju korosi turun dari 9.0758 mpy menjadi 6.8658 mpy atau mengalami penurunan

sebesar 24.3502%. Pada hari ke-7, laju korosi turun dari 7.6179 mpy menjadi 4.9929 mpy atau mengalami penurunan sebesar 34,4587%.

#### 4.2.2. Pengaruh Inhibitor terhadap Perubahan Lingkungan

Inhibitor organik beras ketan berperan dalam perubahan pH dan potensial yang kemudian berperan dalam laju korosi, seperti yang terlihat pada gambar 4.3. - 4.4. berikut.



Gambar 4.3. Grafik perubahan pH sebagai fungsi dari waktu pencelupan



**Gambar 4.4.** Grafik perubahan potensial sebagai fungsi dari waktu pencelupan

Dari gambar 4.3., nilai pH yang diperoleh selama pengujian cenderung mengalami peningkatan. Dapat dilihat bahwa inhibitor organik beras ketan menaikkan pH sedikit lebih besar dengan tanpa inhibitor, dengan inhibitor kenaikan rata-rata pada hari ke-3 adalah 0,07 dan tanpa inhibitor adalah 0,06, kenaikan rata-rata pada hari ke-5 adalah 0,18 dan tanpa inhibitor adalah 0,16, dan kenaikan rata-rata pada hari ke-7 adalah 0,35 dan tanpa inhibitor adalah 0,31. Hal ini menyatakan bahwa pH larutan akan semakin besar seiring lamanya waktu pencelupan. Namun demikian peningkatan yang terjadi tetap menjadikan sistem korosi tetap berada pada kisaran pH netral.

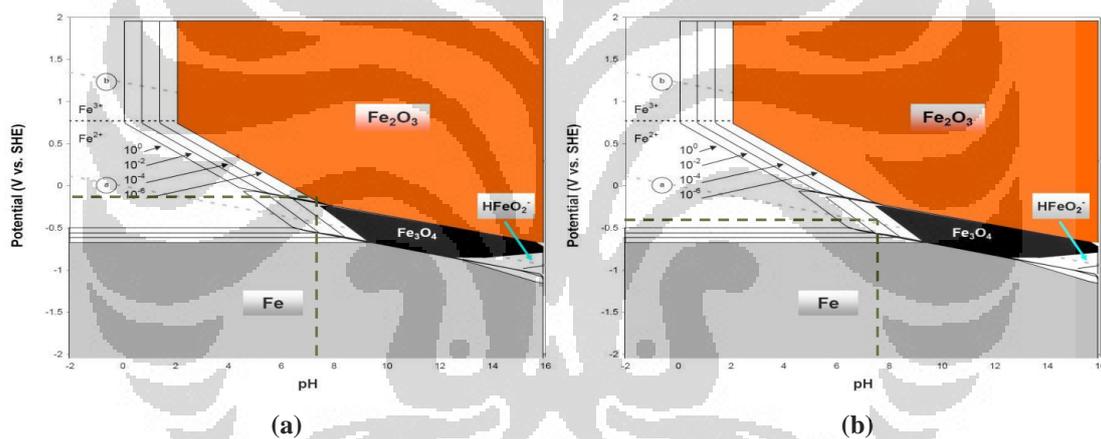
Dari gambar 4.4., dapat dilihat bahwa inhibitor organik menurunkan nilai potensial dibandingkan tanpa ditambahkan inhibitor pada setiap variabel waktu pencelupan. Pada hari ke-3, dengan inhibitor rata-rata penurunan sebesar 0,195 V dan tanpa inhibitor sebesar 0.172 V, pada hari ke-5 inhibitor rata-rata penurunan sebesar 0,199 V dan tanpa inhibitor sebesar 0.180 V, dan pada hari ke-7 inhibitor rata-rata penurunan sebesar 0,210 V dan tanpa inhibitor sebesar 0.199 V.

pH awal rata-rata dan potensial awal rata-rata pada setiap variabel waktu digambar di diagram pourbaix Fe untuk mengetahui kondisi awal sampel. Setelah itu digambar pula pH akhir rata-rata dan potensial akhir rata-rata pada setiap variabel waktu

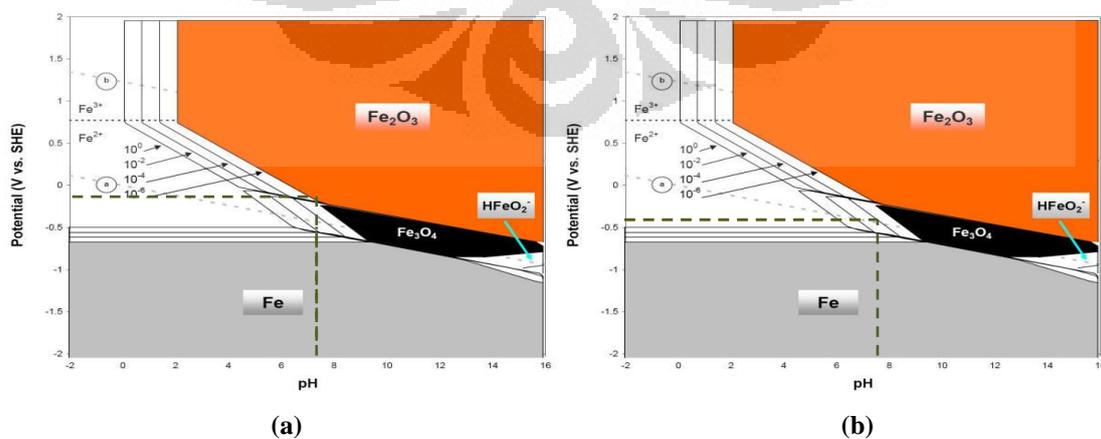
untuk mengetahui pengaruh lingkungan yang diberikan oleh inhibitor terhadap keadaan sampel.

**Tabel 4.5.** pH dan potensial awal serta akhir

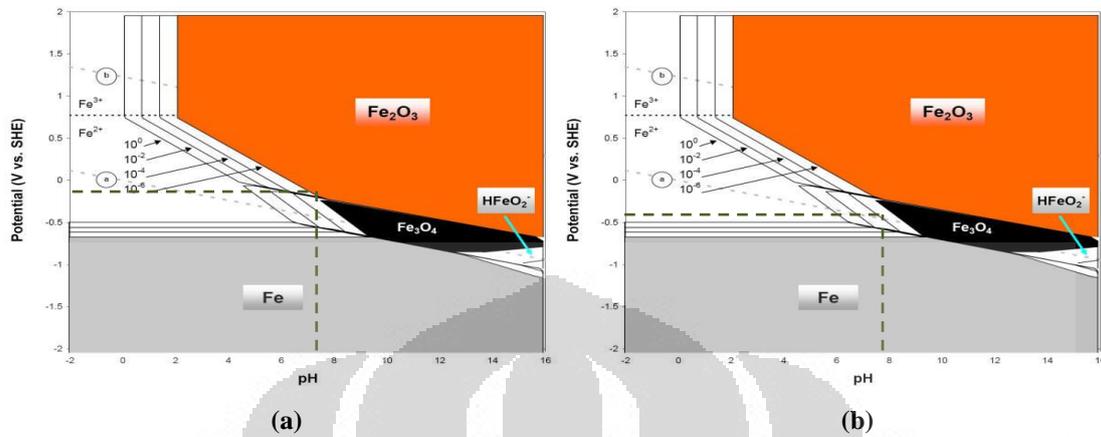
Perlakuan	Keadaan Awal		Keadaan Akhir	
	pH	Potensial	pH	Potesial
hari ke-3 dengan inhibitor	7.47	-0.239	7.54	-0.434
hari ke-5 dengan inhibitor	7.48	-0.238	7.66	-0.437
hari ke-7 dengan inhibitor	7.57	-0.238	7.92	-0.448



**Gambar 4.5.** Diagram pourbaix dan hasil penggambaran pH dan potensial pada hari ke-3 dengan inhibitor (a) kondisi awal; (b) kondisi akhir



**Gambar 4.6.** Diagram pourbaix dan hasil penggambaran pH dan potensial pada hari ke-5 dengan inhibitor (a) kondisi awal; (b) kondisi akhir



**Gambar 4.7.** Diagram pourbaix dan hasil penggambaran pH dan potensial pada hari ke-7 dengan inhibitor (a) kondisi awal; (b) kondisi akhir

Dari hasil penggambaran pada diagram pourbaix, inhibitor tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap lingkungan. Dengan demikian mekanisme perlindungan inhibitor organik beras ketan hitam bukanlah pembuatan lapisan pasif logam oksida (dalam penelitian ini Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan pengujian kehilangan berat yang dilakukan terhadap baja SPCC dengan penambahan inhibitor beras ketan hitam dengan konsentrasi 500 gpl pada lingkungan NaCl 3,5 %, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengujian laju korosi dengan metode kehilangan berat menunjukkan:
  - Inhibitor bekerja dilingkungan NaCl 3,5 %  
Pada hari ke-3 laju korosi rata-rata turun dari 11,0085 mpy menjadi 9,4773 mpy, pada hari ke-5 laju korosi rata-rata turun dari 9,0758 mpy menjadi 6,8658 mpy, dan pada hari ke-7 laju korosi rata-rata turun dari 7,6179 mpy menjadi 4,9929 mpy.
  - Penambahan inhibitor menurunkan laju korosi menurun seiring dengan lamanya waktu perendaman  
Pada hari ke-3 laju korosi rata-rata adalah 9,4773 mpy, pada hari ke-5 laju korosi rata-rata adalah 6,8658 mpy, dan pada hari ke-7 laju korosi rata-rata adalah 4,9929 mpy.
  - Waktu efisien dari inhibitor adalah pada saat perendaman hari ke-7  
Pada hari ke-3 efisiensi inhibitor adalah 13,9098 %, pada hari ke-5 efisiensi inhibitor adalah 24,3502 %, pada hari ke-7 efisiensi inhibitor adalah 34,4587 %.
2. Pada pengukuran pH, didapat
  - Perubahan pH rata-rata dengan inhibitor lebih besar dibandingkan dengan perubahan pH rata-rata tanpa inhibitor pada setiap lamanya pencelupan.  
Pada hari ke-3 perubahan pH rata-rata naik dari 0,06 tanpa inhibitor menjadi 0,07 dengan inhibitor. Pada hari ke-5 perubahan pH rata-rata turun dari 0,16 tanpa inhibitor menjadi 0,18 dengan inhibitor. Pada hari ke-7 perubahan pH rata-rata naik dari 0,31 tanpa inhibitor menjadi 0,35 dengan inhibitor.

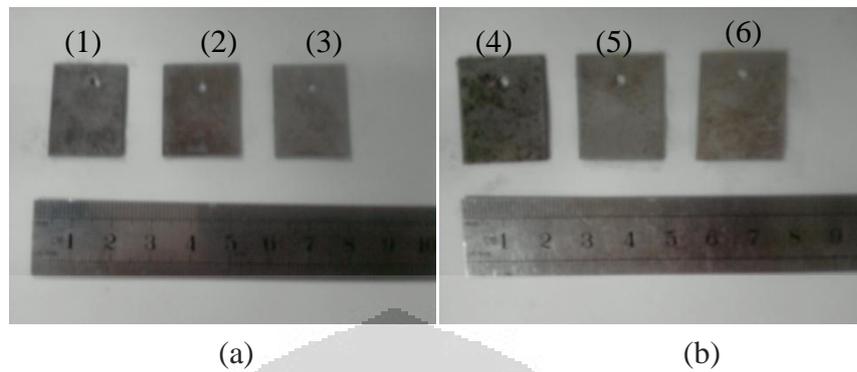
- Perubahan pH rata-rata tanpa inhibitor terbesar pada hari ke-7  
Pada hari ke-3 perubahan pH rata-rata 0,06. Pada hari ke-5 perubahan pH rata-rata 0,16. Pada hari ke-7 perubahan pH rata-rata 0,31.
  - Perubahan pH rata-rata dengan inhibitor terbesar pada hari ke-7  
Pada hari ke-3 perubahan pH rata-rata 0,07. Pada hari ke-5 perubahan pH rata-rata 0,18. Pada hari ke-7 perubahan pH rata-rata 0,35.
3. Pada pengukuran potensial, didapat
- Dengan inhibitor, didapat perubahan potensial rata-rata paling besar di hari ke-7  
Pada hari ke-3 perubahan potensial rata-rata 0,195 V. Pada hari ke-5 perubahan potensial rata-rata 0,199 V. Pada hari ke-7 perubahan potensial rata-rata 0,210 V.
  - Tanpa inhibitor, didapat perubahan potensial potensial paling besar di hari ke-7  
Pada hari ke-3 perubahan potensial rata-rata 0,172 V. Pada hari ke-5 perubahan potensial rata-rata 0,180 V. Pada hari ke-7 perubahan potensial rata-rata 0,199 V.
4. Dari pengukuran potensial, pengukuran pH, dan pengamatan visual endapan, mekanisme perlindungan inhibitor organik adalah pembentukan lapisan kompleks.

## DAFTAR ACUAN

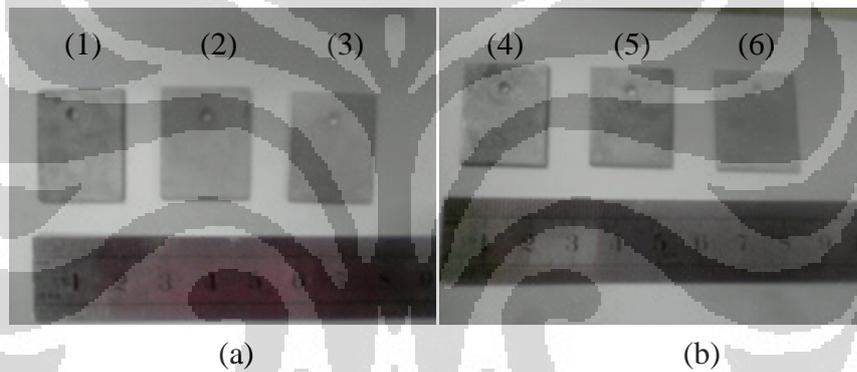
- [1] Jones, Denny A. (1997). *Principles And Prevention Of Corrosion*. Singapore: Prentice Hall.
- [2] Fontana, G. 1986. "*Corrossion Engineering*". New York: McGraw-Hill Book Company.
- [3] Dalimunthe, Indra Surya. "Kimia dari Inhibitor Korosi". Universitas Sumatera Utara.
- [4] ASM International. (1992). *Metals Handbook Volume 13: Corrosion* (4<sup>th</sup> ed.). USA: Korb, Lawrence J., & David L. Olson.
- [5] Nathan, C. C. "Corrosion Inhibitor". National of Corrosion Engineering: Houson, Texas 1979.
- [6] Hermawan, Beni. "Ekstrak Bahan Alam sebagai Alternatif Inhibitor Korosi". 22 April 2007.  
[http://www.chem-is-try.org/artikel\\_kimia/berita/ekstrak\\_bahan\\_alam\\_sebagai\\_alternatif\\_inhibitor\\_korosi](http://www.chem-is-try.org/artikel_kimia/berita/ekstrak_bahan_alam_sebagai_alternatif_inhibitor_korosi)
- [7] H. H. Uhlig dan R. w. Revie, "Corrosion and Corrosion Control 3rd Edition" Wiley: New York, 1985.
- [8] Riastuti, Rini & Andi Rustandi. (2008). Diktat Mata Kuliah Korosi Dan Proteksi Logam. Depok.



1. Foto pengamatan hari ke-3

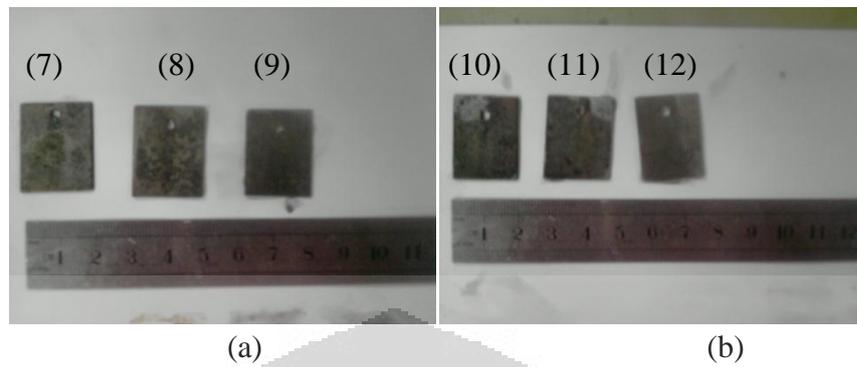


**Gambar 6.1.** (a) foto sampel (1), (2), dan (3): dengan inhibitor; (b) foto sampel (4), (5), dan (6): tanpa inhibitor

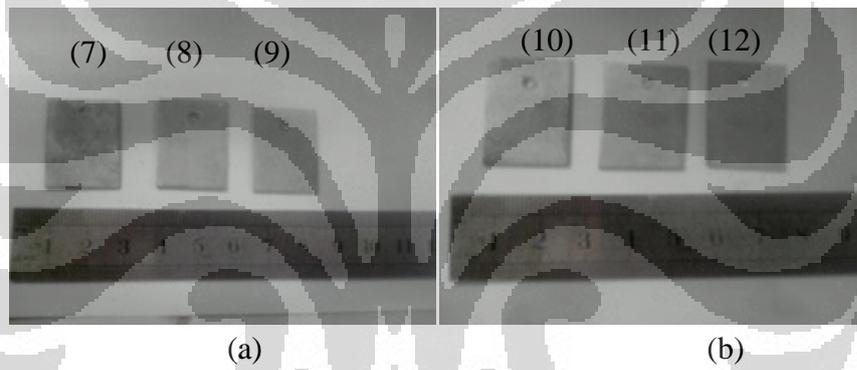


**Gambar 6.2.** (a) foto sampel (1), (2), dan (3): dengan inhibitor setelah *dipickling*; (b) foto sampel (4), (5), dan (6): tanpa inhibitor setelah *dipickling*

2. Foto Pengamatan hari ke-5

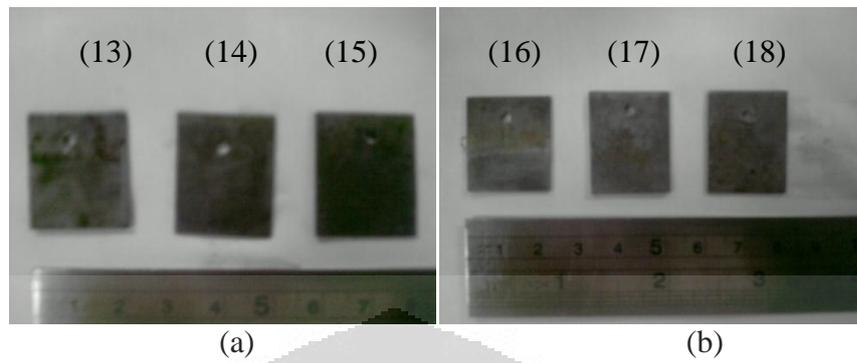


**Gambar 6.3.** (a) foto sampel (7), (8), dan (9): dengan inhibitor; (b) foto sampel (10), (11), dan (12): tanpa inhibitor

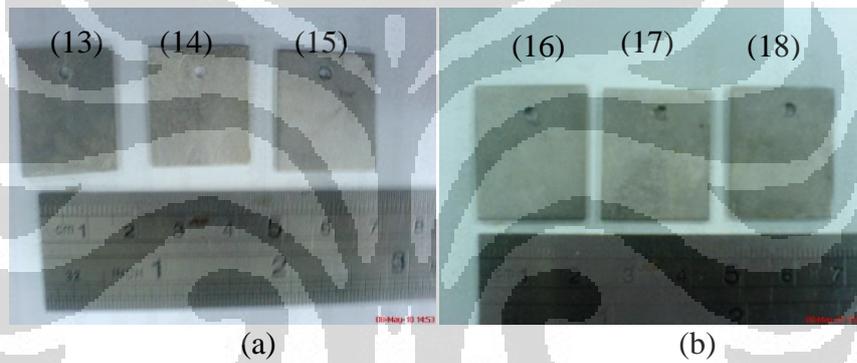


**Gambar 6.4.** (a) foto sampel (7), (8), dan (9): dengan inhibitor setelah *dipickling*; (b) foto sampel (10), (11), dan (12): tanpa inhibitor setelah *dipickling*

3. Foto pengamatan hari ke-7



**Gambar 6.5.** (a) foto sampel (13), (14), dan (15): dengan inhibitor; (b) foto sampel (16), (17), dan (18): tanpa inhibitor



**Gambar 6.6.** (a) foto sampel (13), (14), dan (15): dengan inhibitor setelah dipickling; (b) foto sampel (16), (17), dan (18): tanpa inhibitor setelah dipickling