



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI PENAMBAHAN BERAS KETAN HITAM SEBAGAI
INHIBITOR ORGANIK DENGAN KONSENTRASI 500GPL
PADA BAJA SPCC PADA LINGKUNGAN ASAM ASETAT 1,5 M
DENGAN METODE KEHILANGAN BERAT**

SKRIPSI

RICKSON HAMONANGAN BUTARBUTAR

0606075233

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL

DEPOK

Juli 2010



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI PENAMBAHAN BERAS KETAN HITAM SEBAGAI
INHIBITOR ORGANIK DENGAN KONSENTRASI 500GPL
PADA BAJA SPCC PADA LINGKUNGAN ASAM ASETAT 1,5 M
DENGAN METODE KEHILANGAN BERAT**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana

Rickson Hamonangan Butarbutar

0606075233

**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 : Rickson Hamonangan Butarbutar

NPM : 0606075233

Tanda Tangan :

Tanggal : 24 Juni 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Rickson Hamonangan Butarbutar

NPM : 0606075233

Program Studi: Teknik Metalurgi dan Material

Judul Skripsi : Studi Penambahan Beras Ketan Hitam Sebagai Inhibitor Organik dengan Konsentrasi 500gpl pada Baja SPCC pada Lingkungan Asam Asetat 1,5 M 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. Johny 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 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 Beras Ketan Hitam Sebagai Inhibitor Organik dengan Konsentrasi 500gpl pada Baja SPCC pada Lingkungan Asam Asetat 1,5M 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. Kedua orang tuaku yang kukasihi, Hotmaruli Butarbutar dan Linda Meiriany, yang telah memberikan bantuan dukungan moral dan material.
5. Saudara - saudaraku, Puteri Christa Franciska, Asido Mac Kenzie, dan Hans Reyner Pangidoan, yang membuat pengerjaan skripsi ini terasa bahagia.

6. Kekasihku tercinta, Maria Astridina yang telah memberi semangat dalam menyelesaikan skripsi ini dan masa kuliahku.
7. Teman – teman seperjuangan di Metalurgi dan Material Angkatan 2006 :
 - a. The “A” Team : Marcelleus Mario, Remon Yonasa, dan Bintang Haruman yang telah 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.

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, 24 Juni 2010

Rickson.H.Butarbutar

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : **Rickson Hamonangan Butarbutar**
NPM : **0606075233**
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 dengan
Konsentrasi 500gpl pada Baja SPCC pada Lingkungan Asam Asetat 1,5 M
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

(Rickson.H.Butarbutar)

ABSTRAK

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, seperti nitrit, kromat, fospat, 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.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh beras ketan hitam sebagai inhibitor organik pada lingkungan asam asetat 1,5 M 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 asam asetat 1,5 M 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, dimana efisiensi inhibitorynya sebesar 88,9798825%.

Kata kunci:

Korosi, perlindungan korosi, inhibitor organik, beras ketan hitam, korosi pada lingkungan asam asetat 1,5M.

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	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	4
1.3. Ruang Lingkup Penelitian	4
1.4. Sistematika Penelitian	5
BAB II TEORI PENUNJANG	7
2.1. Pengertian Korosi	7
2.2. Jenis-Jenis Korosi	8
2.3. Korosi pada Baja	9
2.4. Korosi Baja pada Lingkungan Asam Asetat	11
2.4.1. Asam Asetat	11
2.4.2. Reaksi-Reaksi akibat Asam Asetat	11
2.5. Perlindungan Terhadap Korosi	11
2.5.1. Proteksi Katodik dan Anodik.....	12
2.5.2. Pelapisan (<i>Coating</i>)	13
2.5.3. Pemilihan Material.....	13
2.5.4. Inhibitor	14
2.5.4.1. Mekanisme Inhibitor.....	14
2.6. Inhibitor Organik	15

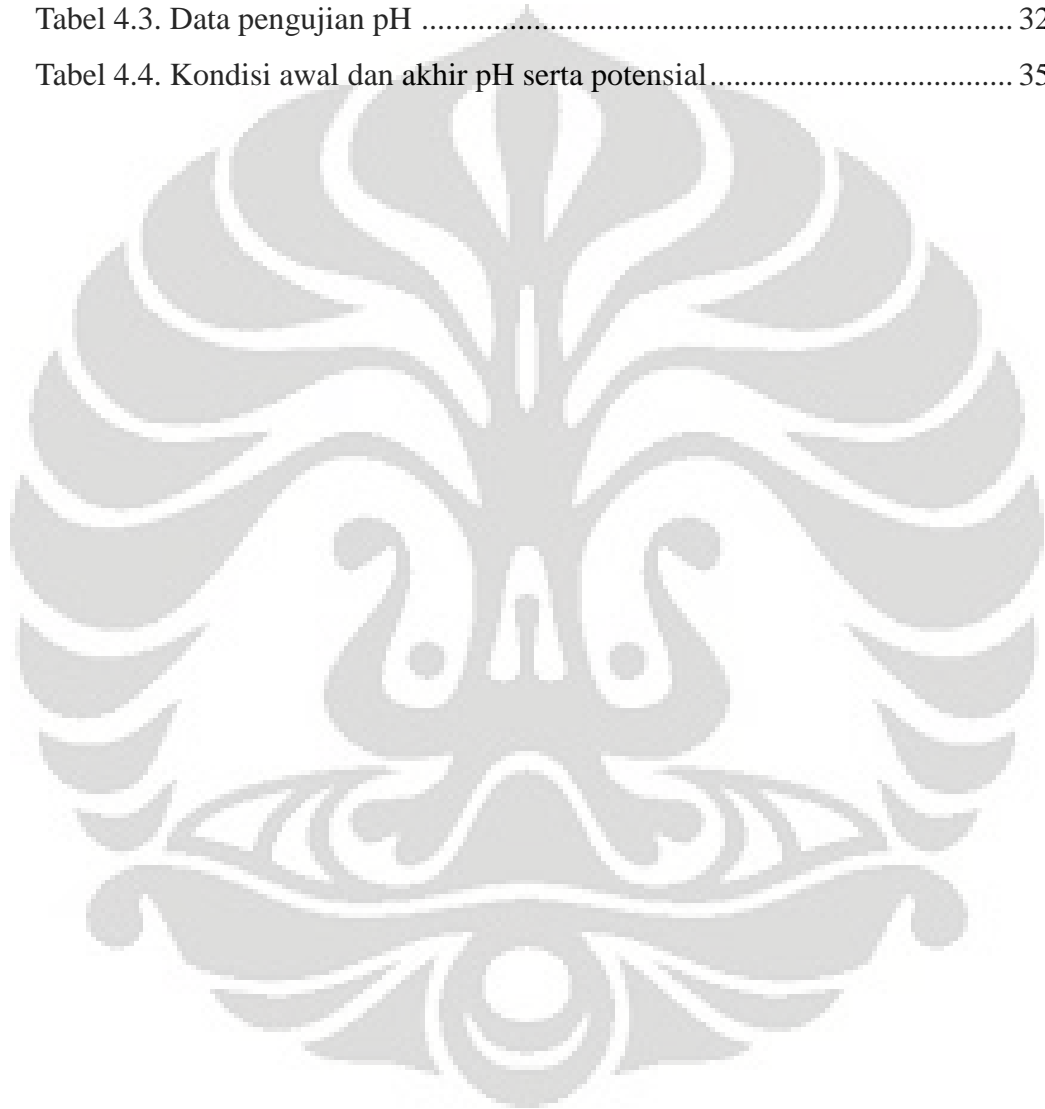
2.7.	Monitoring Korosi	16
2.7.1.	Uji Polarisasi	16
2.4.1.	Uji Kehilangan Berat (<i>Weight-loss coupons</i>)	18
2.8.	Efisiensi Inhibitor	19
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1.	Diagram Alir Penelitian	20
3.2.	Alat dan Bahan	21
3.2.1.	Alat	21
3.2.2.	Bahan	21
3.3.	Prosedur Penelitian	23
3.3.1.	Preparasi Sampel	23
3.3.2.	Persiapan Larutan	23
3.3.3.	Pembuatan Inhibitor	25
3.3.4.	Perendaman Sampel dalam Larutan	25
3.3.5.	Pengambilan Data	26
3.3.6.	Analisa Data	27
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	29
4.1.	Hasil Penelitian	29
4.1.1.	Pengurangan Berat, Laju Korosi, dan Efisiensi Inhibitor ...	29
4.1.2.	Perubahan Potensial Logam	31
4.1.3.	Perubahan pH.....	32
4.2.	Pembahasan	33
4.2.1.	Pengaruh Inhibitor Terhadap Perubahan Lingkungan.....	33
4.2.2.	Pengaruh Inhibitor Terhadap Laju Korosi	37
BAB V	PENUTUP	38
5.1.	Kesimpulan	38
	DAFTAR ACUAN	40
	LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Diagram <i>pourbaix</i> Fe pada 25 ⁰ C	10
Gambar 2.2. Teknik monitoring korosi pada <i>Plant</i> proses	16
Gambar 2.3. Proses korosi menunjukkan arus anodik dan katodik	17
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian	20
Gambar 3.2. Sampel pengujian	24
Gambar 4.1. Grafik pengurangan berat terhadap waktu perendaman	30
Gambar 4.2. Grafik laju korosi terhadap waktu perendaman	30
Gambar 4.3. Grafik efisiensi inhibitor terhadap waktu perendaman	30
Gambar 4.4. Grafik perubahan potensial logam terhadap waktu perendaman	32
Gambar 4.5. Grafik perubahan nilai pH terhadap waktu perendaman	33
Gambar 4.6. Diagram <i>pourbaix</i> dan hasil penggambaran pH dan potensial hari ke-3 dengan inhibitor (a) kondisi awal; (b) kondisi akhir	35
Gambar 4.7. Diagram <i>pourbaix</i> dan hasil penggambaran pH dan potensial hari ke-5 dengan inhibitor (a) kondisi awal; (b) kondisi akhir	36
Gambar 4.8. Diagram <i>pourbaix</i> dan hasil penggambaran pH dan potensial hari ke-7 dengan inhibitor (a) kondisi awal; (b) kondisi akhir	36

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Produk korosi pada baja	10
Tabel 3.1. Data luas permukaan, massa, dan densitas	22
Tabel 4.1. Data pengurangan berat, laju korosi, dan efisiensi inhibitor	29
Tabel 4.2. Data pengujian potensial logam	31
Tabel 4.3. Data pengujian pH	32
Tabel 4.4. Kondisi awal dan akhir pH serta potensial.....	35



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Korosi merupakan salah satu permasalahan penting yang harus dihadapi oleh berbagai macam sektor industri di seluruh dunia termasuk Indonesia. Dampak-dampak korosi diantaranya, menambah biaya untuk perbaikan dan pencegahan korosi pada fasilitas produksi, kehilangan produk karena terkontaminasi oleh produk korosi, kegagalan dari material yang bisa berakibat pada kecelakaan kerja. Milyaran Dollar AS telah dibelanjakan setiap tahunnya untuk merawat jembatan, peralatan perkantoran, kendaraan bermotor, mesin-mesin industri, serta peralatan elektronik lainnya agar umur konstruksinya dapat bertahan lama (Akhadi, 1991).

Korosi adalah kerusakan atau degradasi logam akibat reaksi redoks antara suatu logam dengan berbagai zat di lingkungannya yang menghasilkan senyawa-senyawa yang tidak dikehendaki. Pada peristiwa korosi, logam mengalami oksidasi, sedangkan oksigen (udara) mengalami reduksi. Karat logam umumnya adalah berupa oksida atau karbonat. Contoh korosi yang paling lazim adalah perkaratan besi. Rumus kimia karat besi adalah $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$, suatu zat padat yang berwarna coklat-merah.

Korosi dapat juga diartikan sebagai serangan yang merusak logam karena logam bereaksi secara kimia atau elektrokimia dengan lingkungan. 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 lingkungan, misalnya air (dan embun di udara), asam, basa, garam, serta padatan dan larutan kimia lainnya.

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 diantaranya adalah :

- Proteksi katodik, teknik yang digunakan untuk mengendalikan korosi pada permukaan logam dengan menjadikan permukaan logam tersebut sebagai

katoda dari sel elektrokimia. Meliputi aplikasi pemberian arus searah (DC) dari sumber eksternal untuk melindungi logam dari serangan korosi.

- Coating (pelapisan), yaitu melapisi permukaan logam dengan suatu bahan agar tidak berkontak langsung dengan lingkungannya.
- Pemilihan material, yaitu pemilihan material berdasarkan ketahanan ketahanan korosinya pada lingkungan kerja.
- Memadukan logam (Alloying), untuk menghasilkan paduan yang lebih tahan korosi.
- Pemakaian Inhibitor, inhibitor merupakan suatu zat kimia yang dapat mengubah lingkungan kerja dan ditambahkan dalam jumlah sedikit, baik secara kontinu maupun periodik.
- Penghilangan oksigen
- Memodifikasi kondisi permukaan,

Penggunaan inhibitor korosi merupakan cara yang paling efektif untuk mencegah korosi, karena biayanya yang relatif murah dan prosesnya yang sederhana. Suatu inhibitor kimia adalah suatu zat kimia yang dapat menghambat atau memperlambat suatu reaksi kimia.

Secara khusus, inhibitor korosi merupakan suatu zat kimia yang bila ditambahkan kedalam suatu lingkungan tertentu, dapat menurunkan laju penyerangan lingkungan itu terhadap suatu logam. Pada prakteknya, jumlah yang di tambahkan adalah sedikit, baik secara kontinu maupun periodik menurut suatu selang waktu tertentu. Inhibitor korosi umumnya berasal dari senyawa-senyawa organik dan anorganik yang mengandung gugus-gugus yang memiliki pasangan elektron bebas, seperti nitrit, kromat, dan fosfat (Hartati, 2003). Pada kenyataannya, bahan kimia sintesis merupakan bahan kimia yang berbahaya, harganya 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.

Adapun menurut mekanisme kerjanya inhibitor dapat dibedakan sebagai berikut :

1. Inhibitor teradsorpsi pada permukaan logam, dan membentuk suatu lapisan tipis dengan ketebalan beberapa molekul inhibitor. Lapisan ini tidak dapat dilihat oleh mata biasa, namun dapat menghambat penyerangan lingkungan terhadap logamnya.
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.

Berdasarkan sifat korosi logam secara elektrokimia, inhibitor dapat mempengaruhi polarisasi anodik dan katodik. Bila suatu sel korosi dapat dianggap terdiri dari empat komponen yaitu: anoda, katoda, elektrolit dan penghantar elektronik, maka inhibitor korosi memberikan kemungkinan menaikkan polarisasi anodik, atau menaikkan polarisasi katodik atau menaikkan tahanan listrik dari rangkaian melalui pembentukan endapan tipis pada permukaan logam. Mekanisme ini dapat diamati melalui suatu kurva polarisasi yang diperoleh secara eksperimental.

Terdapat 6 jenis inhibitor, yaitu inhibitor yang memberikan pasivasi anodik, pasivasi katodik, inhibitor ohmik, inhibitor organik, inhibitor pengendapan, dan inhibitor fasa uap. Saat ini sudah banyak jenis inhibitor organik yang digunakan. Pada umumnya inhibitor organik yang dapat digunakan adalah senyawa-senyawa yang mampu membentuk senyawa kompleks baik kompleks yang terlarut maupun kompleks yang mengendap. Untuk itu diperlukan adanya gugus fungsi yang mengandung atom atom yang mampu membentuk ikatan kovalen terkoordinasi, misalnya atom nitrogen, belerang, pada suatu senyawa tertentu.

Berdasarkan 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.

Untuk mencapai tujuan dari penelitian ini, maka diadakan suatu pengujian dalam skala laboratorium dengan menggunakan material SPCC dalam lingkungan asam asetat, dengan menggunakan inhibitor dari beras ketan hitam yang mempunyai kandungan asam amino.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh beras ketan sebagai inhibitor pada lingkungan asam asetat 1,5 M.
2. Mengetahui mekanisme penghambatan beras ketan sebagai inhibitor organik.
3. Mengetahui efisiensi beras ketan sebagai suatu inhibitor organik terhadap waktu pengujian.
4. Mengetahu waktu efektif beras ketan sebagai inhibitor organik

1.3. Ruang Lingkup Penelitian

- Material yang digunakan adalah baja SPCC dengan kondisi awal yang dianggap sama untuk variabel uji yang berbeda.
- Perhitungan corrosion rate menggunakan metode kehilangan berat (weight loss) yang dilakukan sesuai dengan standar ASTM G1-03.
- Inhibitor organik yang digunakan adalah beras ketan hitam dengan konsentrasi 500 gpl.

- Larutan rendam adalah asam asetat 1,5M dengan volume yang disesuaikan dengan batas minimum volume kontak larutan terhadap permukaan sampel disesuaikan dengan standar ASTM G-3172.
- Metode penelitian yang digunakan adalah metode kehilangan berat dengan waktu perendaman selama 3, 5, dan 7 hari.
- 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.

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. Bab I Pendahuluan

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

2. Bab II Teori Penunjang

Membahas mengenai pengertian korosi, jenis – jenis korosi, korosi pada baja, korosi baja pada asam asetat, perlindungan terhadap korosi, inhibitor organik, monitoring korosi, dan efisiensi inhibitor.

3. Bab III Metodologi Penelitian

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

4. Bab IV Hasil Pengujian dan Pembahasan

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

5. 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

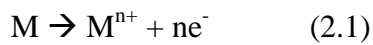
Korosi adalah proses degradasi material logam yang terjadi akibat interaksi antara material logam dengan berbagai zat di lingkungannya. Pada prosesnya, korosi dipengaruhi beberapa faktor yaitu sifat fisik, kimia, termodinamika, reaksi elektrokimia, dan aspek metalurgis. Pada reaksi elektrokimianya melibatkan 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.

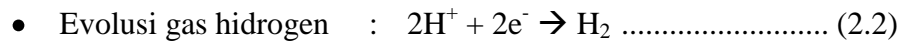
Korosi dapat terjadi apabila berada dalam suatu sel elektrolitik, yang dalam mekanismenya mempunyai empat komponen, yaitu :

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

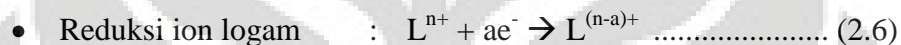
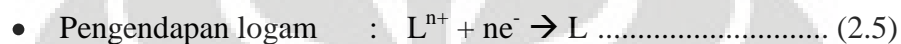
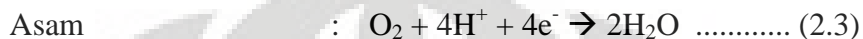


2. Katoda : Media terjadinya reaksi reduksi, ditandai dengan pengikatan elektron. Pada umumnya katoda adalah bagian logam yang tidak terkorosi.

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

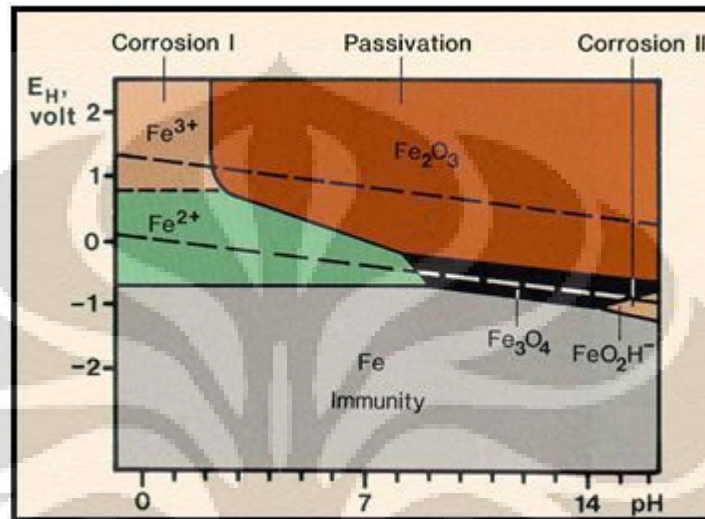
Baja karbon, paling banyak digunakan untuk material keteknikan, diperkirakan 85% dari produksi baja dunia. Walaupun terdapat keterbatasan terhadap ketahanan korosi, baja karbon banyak digunakan untuk aplikasi kelautan (maritim), nuklir, transportasi, proses kimia, industri perminyakan, *refining*, pipa 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 (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 (Fe^{3+} atau Fe III),

ferric hydroxide [Fe(OH)₃], ferrous hydroxide [Fe(OH)₂] dan pada kondisi yang sangat basa terbentuk ion kompleks HFeO₂⁻. Produk korosi yang padat akan berbeda dari produk korosi sebelumnya, yaitu ferric oxide (Fe₂O₃) dan magnetite (Fe₃O₄).



Gambar 2.1 Diagram Pourbaix Fe pada 25° C

Tabel 2.1 Produk Korosi pada Baja

Senyawa	Warna	Oksidasi	Struktur
Fe ₂ O ₃ .H ₂ O	Merah	Fe ³⁺	Hematite
Fe(OH) ₃	Kecoklatan		
Fe ₃ O ₄	Hitam	Fe ^{2+/3+}	magnetite/lodestone
Fe(OH) ₂	Biru/Hijau	Fe ²⁺	Dapat larut, warna dapat berubah sesuai tingkat keasaman (pH)
FeO	Hitam	Fe ²⁺	pyrophoric

2.4 Korosi Baja Pada lingkungan Asam Asetat

2.4.1 Asam Asetat

Asam asetat atau asam cuka memiliki rumus empiris $C_2H_4O_2$. Rumus ini seringkali ditulis dalam bentuk CH_3-COOH , CH_3COOH , atau CH_3CO_2H . Asam asetat murni (disebut *asam asetat glasial*) adalah cairan higroskopis tak berwarna, dan memiliki titik beku $16,7^\circ C$. Asam asetat merupakan salah satu asam karboksilat paling sederhana, setelah asam format. Larutan asam asetat dalam air merupakan sebuah asam lemah, artinya hanya terdisosiasi sebagian menjadi ion H^+ dan CH_3COO^- . Asam asetat adalah asam lemah monoprotik dengan nilai $pK_a=4,8$. Sebuah larutan 1,0 M asam asetat (kira-kira sama dengan konsentrasi pada cuka rumah) memiliki pH sekitar 2,4.

2.4.2 Reaksi – Reaksi Kimia Asam Akibat Asam Asetat

Asam asetat bersifat korosif terhadap banyak logam seperti besi, magnesium, dan seng, membentuk gas hidrogen dan garam-garam asetat (disebut *logam asetat*). Logam asetat juga dapat diperoleh dengan reaksi asam asetat dengan suatu basa yang cocok. Contoh yang terkenal adalah reaksi soda kue (Natrium bikarbonat) bereaksi dengan cuka. Hampir semua garam asetat larut dengan baik dalam air. Salah satu pengecualian adalah kromium (II) asetat. Contoh reaksi pembentukan garam asetat:



2.5 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

2.5.1 Proteksi Katodik dan Anodik

Proteksi katodik adalah 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. 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.

2.5.2 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.

2.5.3 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.

2.5.4 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.

2.5.4.1 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 pasif 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 O₂ pada lingkungan (*oxygen scavenger*)

2.6 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.

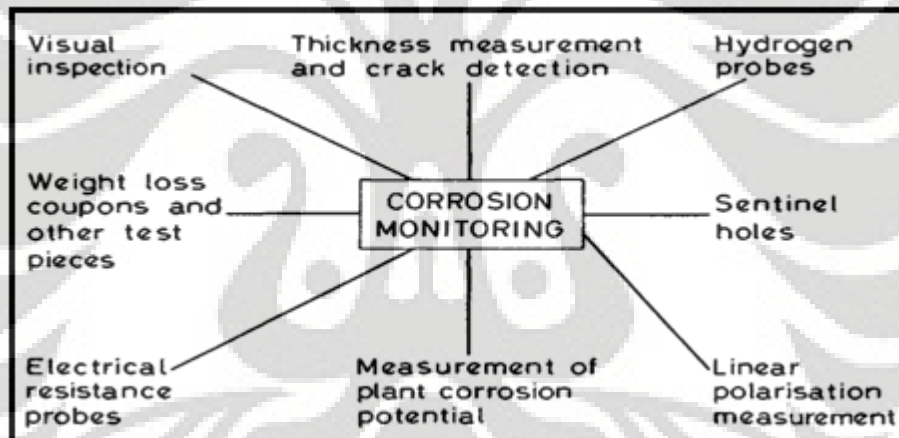
Proses adsorpsi pada saat *film forming* dipengaruhi variabel temperatur dan tekanan. Inhibitor organik akan teradsorpsi sesuai muatan ion – ion inhibitor dan muatan permukaan. Kekuatan dari ikatan adsorpsi merupakan faktor yang sangat penting bagi inhibitor organik tersebut.

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.

2.7 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.



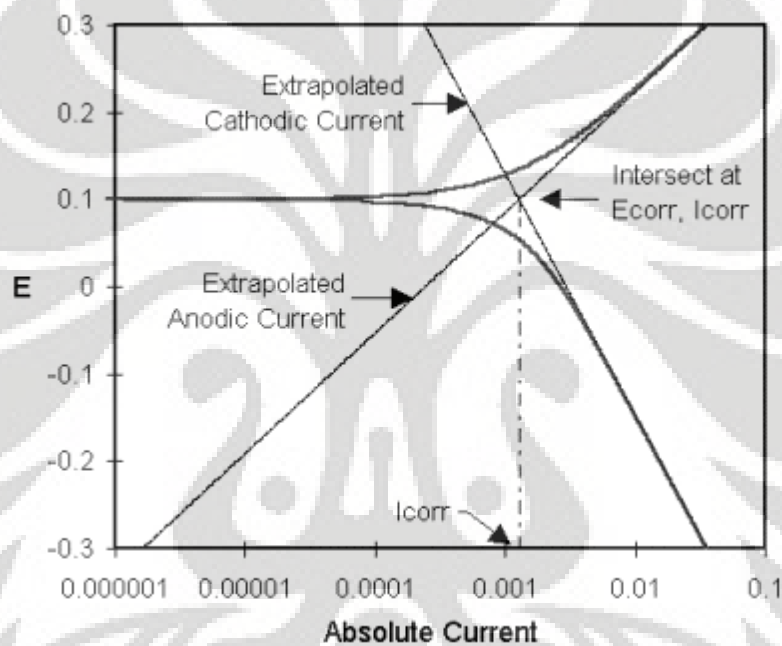
Gambar 2.2 Teknik Monitoring Korosi pada *Plant* Proses

2.7.1 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 2.3 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 :

$$I_{\text{corr}} = (1/R_p) \beta_a \beta_c / (2.303 (\beta_a + \beta_c)) \dots\dots\dots(2.11)$$

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

R_p = polarization resistance

β_a = anodic Beta Tafel Constant in volts/decade

β_c = cathodic Beta Tafel Constant in volts/decade

$$CR = I_{\text{corr}} K EW / D A \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan : CR = laju korosi (*corrosion rate*)

K = konstanta, menjelaskan unit laju korosi

EW = berat ekivalen (gram/equivalent)

D = berat jenis (gram/cm³)

A = luas permukaan (cm²)

2.7.2 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 :

$$\text{Laju korosi} = \frac{K.W}{D.A.T} \dots\dots\dots (2.13)$$

- 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)

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

2.8 Efisiensi Inhibitor

Diperlukan suatu metode untuk mengukur efisiensi inhibitor tersebut ketika digunakan

Persamaan untuk menghitung efisiensi inhibitor adalah sebagai berikut :

$$\text{efisiensi inhibitor} = \frac{X_a - X_b}{X_a} \times 100\% \dots\dots\dots (2.14)$$

- Keterangan :
- X_a = laju korosi tanpa inhibitor, (mpy)
 - X_b = laju korosi dengan inhibitor, (mpy)

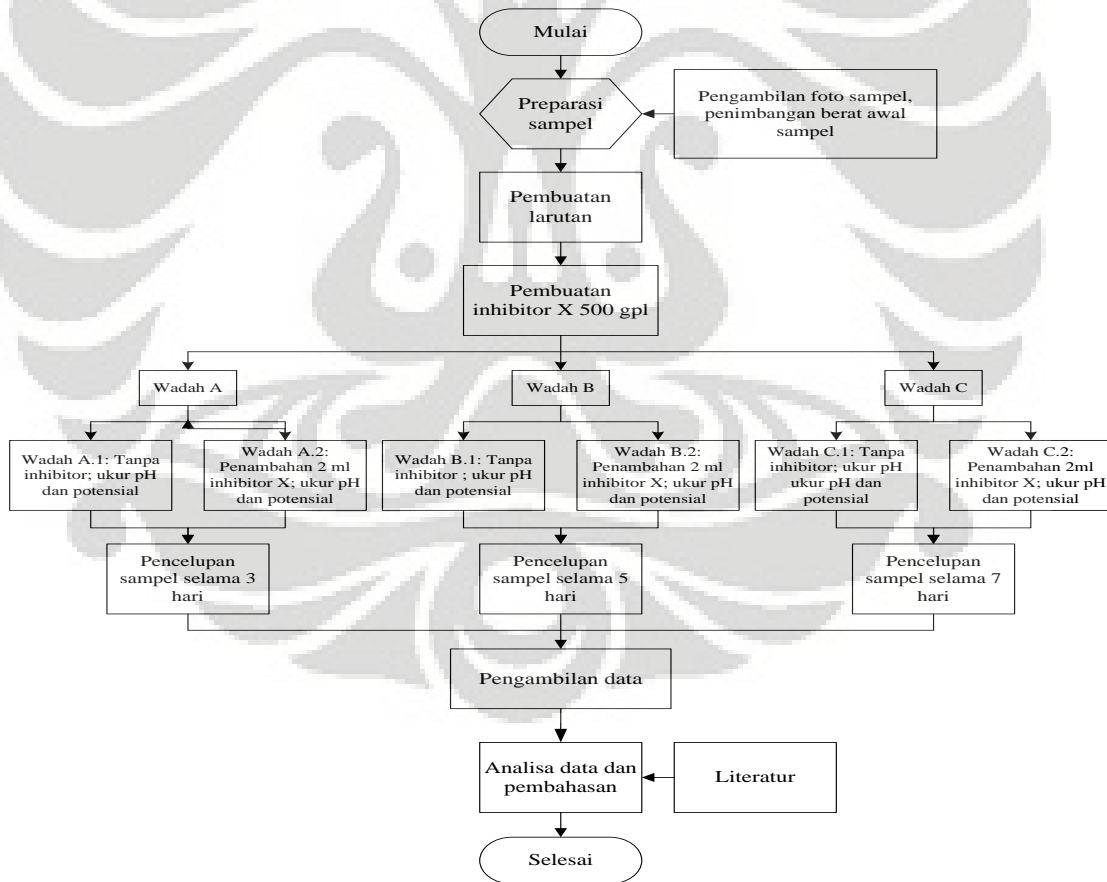
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menjelaskan tentang pengaruh beras ketan hitam sebagai inhibitor organik pada material SPCC di lingkungan asam asetat 1,5 M. Untuk memudahkan pelaksanaan penelitian serta membuat penelitian menjadi sistematis dan terarah diperlukan metodologi penelitian yang terdiri dari diagram alir dan prosedur percobaan.

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 kalomel (SCE-*Standard Calomel Electrode*)
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 (ρ) adalah
$$\rho = \frac{m}{p \times l \times t}$$

Tabel 3.1. Data luas permukaan, massa, dan densitas

Sampel	p (cm)	l (cm)	t (cm)	m (gram)	ρ (gram/cm ³)
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:

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

- Asam asetat
- Aquades
- Thiner N (*toluene*)
- Aseton
- Zat pickling :
 - HCl 32 M
 - inhibitor baracore
- Masukan 100 ml HCL 32 M, 100 ml aquades, 10 tetes inhibitor baracore ke dalam beaker glass 1000 ml.
- CaCO₃
 - Siapkan *magnetic stirrer*, letakan beaker glass 1000 ml diatasnya.
 - Masukan CaCO₃ ke dalam 100 ml aquades hingga melebihi larut jenuh 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 asam asetat 1,5M (didapat dari mengencerkan asam asetat 98% dengan aquades), dengan perhitungan :

$$M = \frac{gr}{Mr} \times \frac{1000}{l} = \frac{98}{60} \times \frac{1000}{100} = 16,333$$

$$V1.M1 = V2.M2$$

$$V1.16,333 = 7650.1,5$$

$$V1 = 468,3769 \text{ ml}$$

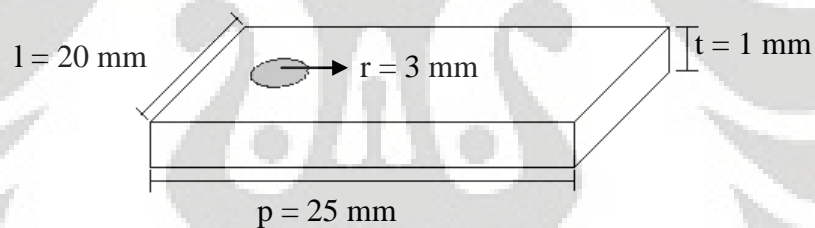
Asetat yang diambil sebanyak 468,3769 ml

Aquades yang ditambahkan ke V1(asetat 98%) : $7650 - 724,709 = 7186,6231$ ml

Setelah ditambahkan aquades larutan dibagi (dengan volume yang sama) ke dalam masing-masing wadah.

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

$$\text{volume larutan} = 0,4 \times \text{luas permukaan sampel} \dots\dots\dots (3.1)$$



Gambar 3.2 Sampel Pengujian

Luas permukaan sampel:

$$= (2 \times p \times l) + (2 \times p \times t) + (2 \times l \times t) - (2\pi r^2) + (t \times 2\pi r) \dots\dots\dots (3.2)$$

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

$$= 1052,32 \text{ mm}^2$$

$$\text{Volume minimal} = 1052,32 \times 0,4$$

$$= 420,93 \text{ ml} \approx 421 \text{ ml}$$

Pada prakteknya nanti yang volume yang dipakai sebanyak 425ml

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. Timbang aquades sebanyak 100 gram ($\rho = 1 \text{ gram/ml}$, sehingga 100 gram aquades = 100 ml).
3. 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 asam asetat 1,5M sebanyak 425ml 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,A.2,A.3; pada larutan tidak ditambahkan inhibitor
 - A.4,A.5,A.6; ditambahkan 2 ml inhibitor
2. Wadah B, dengan perendaman sampel selama 5 hari.
 - B.1,B.2,B.3; pada larutan tidak ditambahkan inhibitor
 - B.4,B.5,B.6; ditambahkan 2 ml inhibitor
3. Wadah C, dengan perendaman sampel selama 7 hari.
 - C.1,C.2,C.3; pada larutan tidak ditambahkan inhibitor
 - C.4,C.5,C.6; 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. Ada 2 hal yang harus diperhatikan pada saat pengukuran potensial logam:

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

3.3.5. Pengambilan Data

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

Untuk menghilangkan sisa-sisa oksida yang menempel pada permukaan, dilakukan proses *degreasing* dan *pickling pada sampel*

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_3 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_3 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 G1-03:

$$\text{Laju korosi} = \frac{K.W}{D.A.T} \dots\dots\dots (3.3)$$

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

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 Ag/AgCl.

$$\text{potensial (V) vs SHE} = \text{potensial (V) vs Ag/AgCl} + 0,222 \text{ V} \dots\dots (3.4)$$

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:

$$\text{Efisiensi inhibitor} = \frac{X_A - X_B}{X_A} \times 100\% \dots\dots\dots (3.5)$$

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).

4. Dilakukan pengujian polarisasi untuk mengetahui apakah inhibitor bekerja efektif di air tanah. Inhibitor dikatakan bekerja dengan baik bila setiap pembacaan kenaikan nilai potensial didapat penurunan nilai arus.

BAB IV

HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

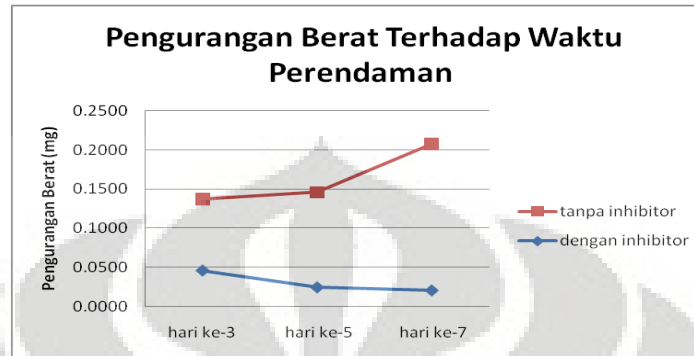
4.1 Hasil Pengujian

4.1.1 Pengurangan Berat, Laju Korosi, dan Efisiensi Inhibitor

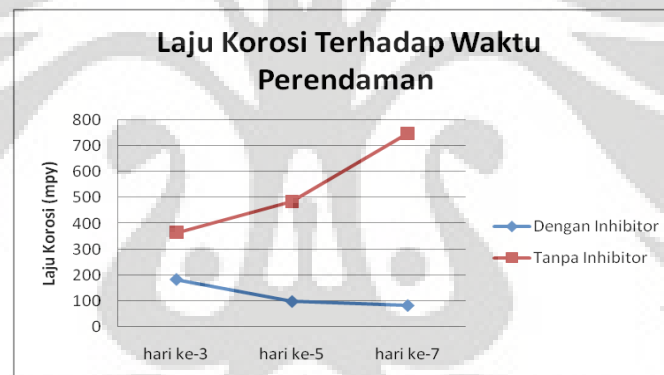
Tabel 4.1 Data pengurangan berat, laju korosi, dan efisiensi inhibitor

Waktu pengujian	sampel no.	berat awal(mg)	berat akhir(mg)	pengurangan berat(mg)	rata-rata (mg)	laju korosi (mpy)	efisiensi inhibitor
hari ke-3 dengan inhibitor	1	3.7606	3.7100	0.0506	0.0459	183.8309275	49.52346041
	2	3.8189	3.7177	0.1012			
	3	3.5236	3.5377	-0.0141			
hari ke-3 tanpa inhibitor	4	3.6650	3.5845	0.0805	0.0909	364.190828	
	5	3.7505	3.6495	0.1010			
	6	3.6332	3.5419	0.0913			
hari ke-5 dengan inhibitor	7	3.7035	3.6852	0.0183	0.0245	98.25676297	79.74126067
	8	3.6546	3.5963	0.0583			
	9	3.7914	3.7944	-0.0030			
hari ke-5 tanpa inhibitor	10	3.8603	3.7416	0.1187	0.1211	485.0092661	
	11	3.9488	3.8772	0.0716			
	12	3.9228	3.7498	0.1730			
hari ke-7 dengan inhibitor	13	3.5188	3.6016	-0.0828	0.0206	82.63714168	88.9798825
	14	3.6454	3.4820	0.1634			
	15	3.7226	3.7413	-0.0187			
hari ke-7 tanpa inhibitor	16	3.8994	3.6794	0.2200	0.1872	749.8753228	
	17	3.7384	3.5354	0.2030			

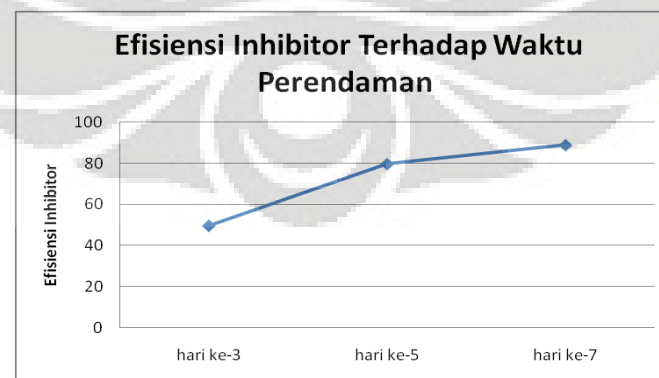
inhibitor	18	3.8270	3.6883	0.1387			
-----------	----	--------	--------	--------	--	--	--



Gambar 4.1 Grafik Pengurangan Berat Terhadap Waktu Perendaman



Gambar 4.2 Grafik Laju Korosi Terhadap Waktu Perendaman

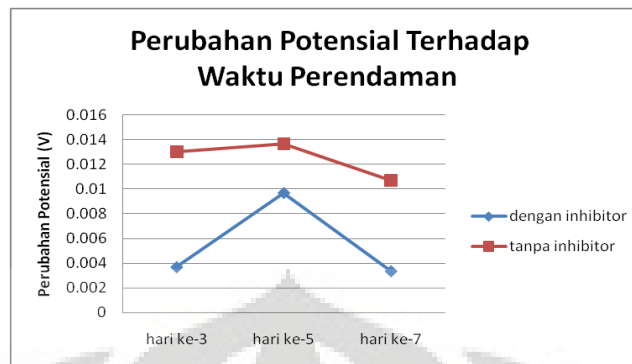


Gambar 4.3 Grafik Efisiensi Inhibitor Terhadap Waktu Perendaman

4.1.2. Perubahan Potensial Logam

Tabel 4.2 Data pengujian potensial logam

Waktu pengujian	sampel no.	potensial awal (V)	potensial akhir (V)	Perubahan (V)	rata-rata (V)	laju korosi(mpy)
hari ke-3 dengan inhibitor	1	-0.2390	-0.2360	0.0030	0.003667	183.83
	2	-0.2400	-0.2410	0.0010		
	3	-0.2470	-0.2400	0.0070		
hari ke-3 tanpa inhibitor	4	-0.2530	-0.2350	0.0180	0.013	364.19
	5	-0.2510	-0.2330	0.0180		
	6	-0.2460	-0.2490	0.0030		
hari ke-5 dengan inhibitor	7	-0.2430	-0.2530	0.0100	0.009667	98.25
	8	-0.2390	-0.2550	0.0160		
	9	-0.2470	-0.2440	0.0030		
hari ke-5 tanpa inhibitor	10	-0.2490	-0.2570	0.0080	0.013667	485.01
	11	-0.2510	-0.2780	0.0270		
	12	-0.2540	-0.2600	0.0060		
hari ke-7 dengan inhibitor	13	-0.2450	-0.2390	0.0060	0.003333	82.64
	14	-0.2360	-0.2370	0.0010		
	15	-0.2330	-0.2360	0.0030		
hari ke-7 tanpa inhibitor	16	-0.2500	-0.2710	0.0210	0.010667	749.86
	17	-0.2470	-0.2410	0.0060		
	18	-0.2530	-0.2580	0.0050		



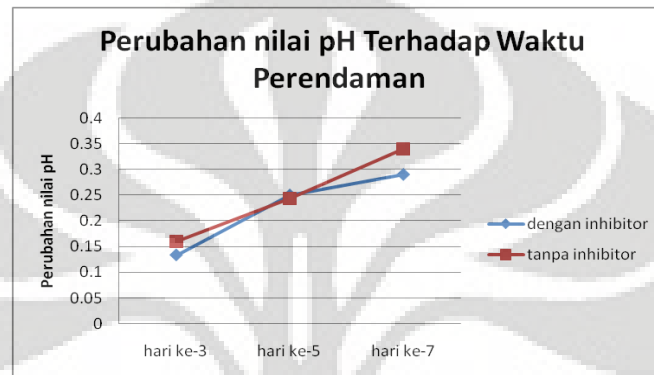
Gambar 4.4 Grafik Perubahan Potensial Logam Terhadap Waktu Perendaman

4.1.3. Perubahan pH

Tabel 4.3 Data pengujian pH

Waktu pengujian	sampel no.	pH awal	pH akhir	perubahan	rata-rata	laju korosi(mpy)
hari ke-3 dengan inhibitor	1	2.7000	2.8100	0.1100	0.133333	183.83
	2	2.7400	2.9000	0.1600		
	3	2.7300	2.8600	0.1300		
hari ke-3 tanpa inhibitor	4	2.6600	2.8400	0.1800	0.16	364.19
	5	2.6700	2.8100	0.1400		
	6	2.6700	2.8300	0.1600		
hari ke-5 dengan inhibitor	7	2.7700	2.9100	0.1400	0.25	98.25
	8	2.7200	2.9800	0.2600		
	9	2.7400	3.0900	0.3500		
hari ke-5 tanpa inhibitor	10	2.7100	2.9400	0.2300	0.243333	485.01
	11	2.6800	2.9300	0.2500		
	12	2.6800	2.9300	0.2500		
hari ke-7 dengan	13	2.7200	3.0500	0.3300	0.29	82.64
	14	2.7700	3.0600	0.2900		

inhibitor	15	2.8000	3.0500	0.2500		
hari ke-7 tanpa inhibitor	16	2.6600	3.0300	0.3700	0.34	749.86
	17	2.6500	2.9700	0.3200		
	18	2.6400	2.9700	0.3300		



Gambar 4.5 Grafik Perubahan nilai pH Terhadap Waktu Perendaman

4.2 Pembahasan

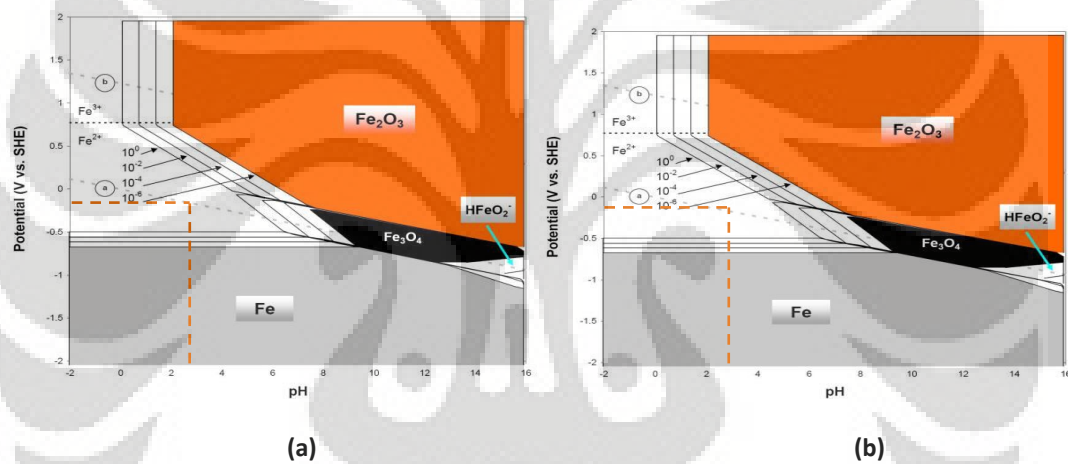
4.2.1 Pengaruh Inhibitor terhadap perubahan lingkungan

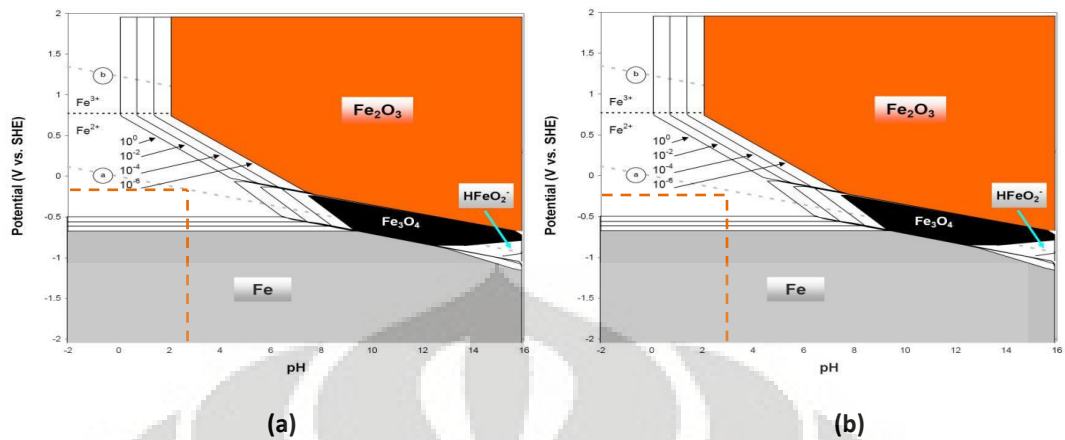
Dari data hasil pengujian perubahan potensial yang ditunjukkan pada Tabel 4.2, dapat dilihat bahwa pada pengujian awal potensial SPCC yang terinhibisi lebih positif dari potensial SPCC yang tidak terinhibisi, dimana range potensial awal SPCC yang terinhibisi -0,233 sampai -0,2470 dan range potensial awal SPCC yang tidak terinhibisi -0,240 sampai -0,2540. Hal ini menyatakan SPCC pada sistem yang terinhibisi lebih menjauhi potensialnya. Waktu pencelupan potensial SPCC sangat berpengaruh pada potensial SPCC, baik di sistem yang terinhibisi dan tidak terinhibisi. Pada hari ke-3 pada umumnya potensial SPCC menjadi lebih positif, baik yang terinhibisi maupun yang tidak terinhibisi, Namun dilihat dari grafik 4.4 perubahan potensial tidak terlalu signifikan. Pada hari ke-5 pada umumnya potensial SPCC menjadi lebih negatif, baik di sistem yang terinhibisi maupun yang terinhibisi, terlihat dari grafik 4.4 perubahan potensial pada hari ke-5 paling tinggi daripada hari ke-3 dan hari ke-7, baik pada SPCC yang terinhibisi maupun yang tidak terinhibisi.

Pada hari ke-7 pada umumnya potensial SPCC menjadi lebih negatif, baik di sistem yang terinhibisi maupun tidak terinhibisi, dapat dilihat pada grafik 4.4 perubahan potensial pada hari ke-7 merupakan perubahan potensial terkecil dibanding hari ke-3 dan hari ke-5. Dapat dilihat pada grafik disemua waktu pengujian, perbedaan potensial sistem yang terinhibisi selalu lebih kecil dibanding yang terinhibisi, hal ini menandakan adanya perlindungan oleh inhibitor yang dalam hal ini melalui mekanisme pembentukan lapisan hidrofobik pada permukaan logam yang melindungi logam dari korosi akibat lingkungannya. Dari data hasil pengujian perubahan pH yang ditunjukkan table 4.3, dapat dilihat bahwa pada pengujian awal pH larutan yang terinhibisi lebih besar (lebih kearah netral) daripada pH larutan yang tidak terinhibisi, dimana range awal pH larutan yang terinhibisi 2,70 sampai 2,80 dan range awal pH larutan yang tidak terinhibisi 2,64 sampai 2,71. Hal ini menunjukkan bahwa inhibitor beras ketan ini lebih cenderung bersifat basa. Pada semua rentang waktu pengujian pH larutan naik, baik pada larutan yang terinhibisi maupun larutan yang tidak terinhibisi. Dan seiring semakin lama waktu pencelupan perubahan pH yang terjadi lebih besar, baik pada larutan yang terinhibisi maupun larutan yang tidak terinhibisi. Selain itu dari grafik 4.5 dapat dilihat pada umumnya perubahan pH larutan yang terinhibisi lebih kecil dibanding larutan yang tidak terinhibisi (kecuali pada hari ke-5, namun perbedaannya pun sangat kecil) Hal ini mengindikasikan inhibitor memperlambat reaksi katodik, disamping itu juga indikasi lain inhibitor juga bekerja menghilangkan konstituen korosif. Disamping itu meskipun larutan yang tidak terinhibisi seiring lamanya waktu pencelupan pH nya lebih besar (lebih kearah netral) dibanding yang terinhibisi, laju korosi larutan yang terinhibisi tetap lebih rendah. Hal ini dikarenakan garam yang terbentuk akibat reaksi kimia dalam sistem dan berpindah kedalam elektrolit masih terhambat mekanisme pembentukan lapisan pada permukaan logam oleh inhibitor.

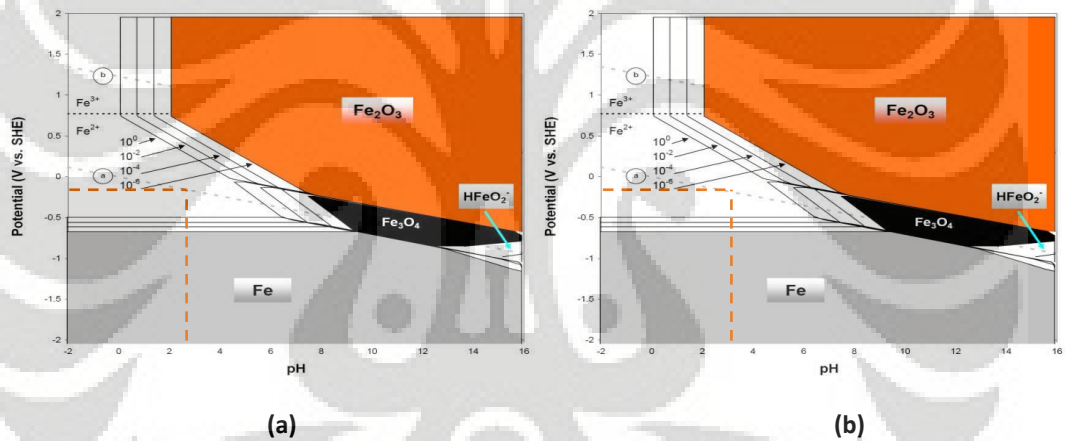
Tabel 4.4. Kondisi awal dan akhir pH serta potensial

Perlakuan	Kondisi Awal		Kondisi Akhir	
	Potensial	pH	Potensial	pH
hari ke-3 dengan inhibitor	-0.2420	2.72	-0.2390	2.86
hari ke-5 dengan inhibitor	-0.2430	2.74	-0.2507	2.99
hari ke-7 dengan inhibitor	-0.2380	2.76	-0.2373	3.05

Gambar 4.6. Diagram pourbaix dan hasil penggambaran pH dan potensial hari ke-3 dengan inhibitor
(a) kondisi awal; (b) kondisi akhir



Gambar 4.7. Diagram pourbaix dan hasil penggambaran pH dan potensial hari ke-5 dengan inhibitor (a) kondisi awal; (b) kondisi akhir



Gambar 4.8. Diagram pourbaix dan hasil penggambaran pH dan potensial hari ke-7 dengan inhibitor (a) kondisi awal; (b) kondisi akhir

Dari hasil penggambaran pada diagram pourbaix, secara kinetika inhibitor tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap lingkungan, karena tidak mampu mendorong pH dan potensial dari daerah Fe^{2+} ke daerah pasif Fe_2O_3 atau Fe_3O_4 .

4.2.3 Pengaruh Inhibitor Terhadap Laju Korosi

Dari data hasil pengujian yang ditunjukkan tabel 4.1, dapat dilihat bahwa laju korosi pada SPCC pada lingkungan asam asetat yang terinhibisi selalu lebih kecil daripada yang tidak terinhibisi, dan jika melihat grafik 4.2, dapat dilihat seiring bertambahnya waktu pencelupan pada sistem yang terinhibisi laju korosi semakin kecil, sedangkan pada sistem yang tidak terinhibisi laju korosi semakin besar. Dimana laju korosi pada hari ke-7, pada sistem terinhibisi laju korosinya paling rendah, pada sistem yang tidak terinhibisi laju korosinya paling besar. Hal ini mengindikasikan bahwa pada hari ke-7 pada sistem yang terinhibisi, mekanisme pembentukan film bekerja paling maksimal, dimana ditunjang oleh data potensial SPCC yang semakin negative, dan nilai pH yang semakin mendekati kearah netral, dimana reaksi katodik diperlambat oleh inhibitor. Dan lapisan yang dibentuk oleh mekanisme perlindungan oleh inhibitor diindikasikan adalah $\text{Fe}(\text{OH})_2$ yang dapat larut oleh larutan dan warnanya dapat berubah berdasarkan nilai pH. Dari data hasil pengujian yang ditunjukkan tabel 4.1, dapat dilihat bahwa seiring bertambahnya hari, efisiensi inhibitor mengalami kenaikan, dimana efisiensi terkecil di hari ke-3, dan terbesar di hari ke-7. Hal ini disebabkan oleh perbedaan rentang laju korosi sistem yang terinhibisi dan yang tidak terinhibisi mengalami kenaikan seiring bertambahnya waktu pencelupan.

BAB V

PENUTUP

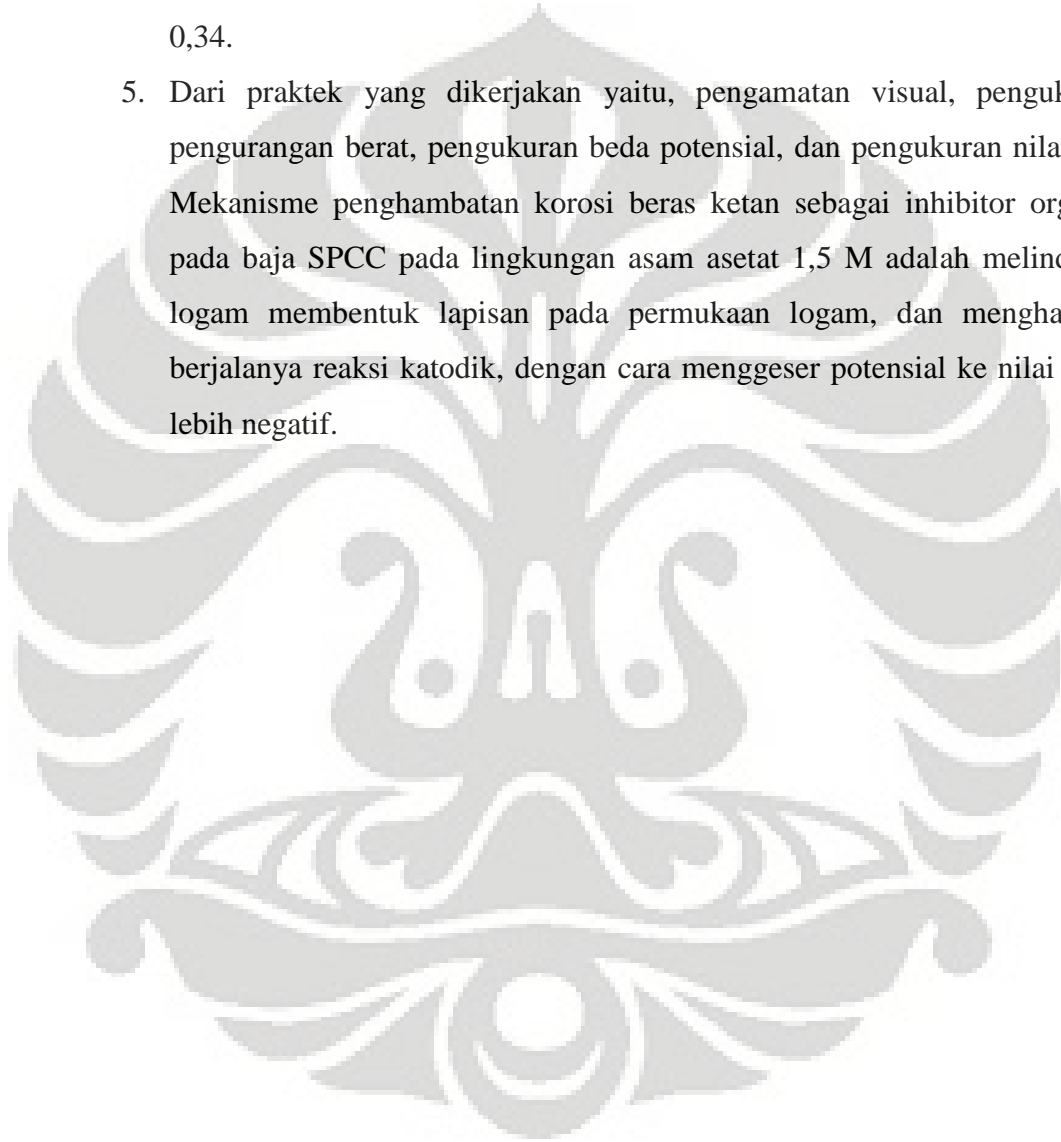
5. 1. Kesimpulan

Dari hasil studi penambahan beras ketan hitam sebagai inhibitor organik dengan konsentrasi 500 gpl pada material baja SPCC pada lingkungan asam asetat 1,5 M, diperoleh kesimpulan bahwa :

1. Inhibitor beras ketan hitam terbukti dapat bekerja baik menurunkan laju korosi pada SPCC dalam medium asam asetat 1,5 M. Dimana seiring bertambahnya waktu pencelupan laju korosi semakin kecil dari hari ke-3 laju korosi sebesar 183,830927 mpy, dan pada hari ke-7 menjadi 82,6371417 mpy.
2. Inhibitor beras ketan hitam pada baja SPCC pada lingkungan asam asetat 1,5 M semakin efisien seiring bertambahnya waktu pencelupan. Dimana efisiensi inhibitor optimum pada hari yang ke-7, yaitu 88,9798825%
3. Penggunaan inhibitor beras ketan menyebabkan potensial pada SPCC pada lingkungan asam asetat lebih negatif seiring bertambahnya waktu, namun pada yang tidak ditambahkan inhibitor potensialnya juga menjadi lebih negatif. Perbedaannya adalah pada sistem yang ditambahkan inhibitor perubahannya selalu lebih kecil dibanding yang tidak ditambahkan inhibitor. Dan perubahan potensial terbesar terjadi di hari ke-5, baik di sistem yang terinhibisi yaitu 0,00967, maupun di sistem yang tidak terinhibisi yaitu 0,01367.
4. Penggunaan inhibitor beras ketan menyebabkan nilai pH larutan lebih besar (lebih kearah netral) dibanding yang tidak ditambahkan inhibitor. Nilai pH semakin bertambah seiring bertambahnya waktu pencelupan, nilai terbesar didapat pada hari ke-7 Perubahan nilai pH larutan semakin besar seiring bertambahnya waktu pencelupan, hal ini terjadi baik di sitem yang terinhibisi maupun tidak terinhibisi. Pada waktu pengujian yang

sama, pada umumnya perubahan pH yang terjadi pada sistem yang terinhibisi lebih kecil dari yang tidak terinhibisi kecuali pada hari ke-5, yaitu pada sistem yang terinhibisi 0,25, dan sistem yang tidak terinhibisi 0,24333. Perubahan nilai pH larutan terbesar pada hari ke-7 yaitu, pada sistem yang terinhibisi sebesar 0,29 dan pada sistem yang tidak terinhibisi 0,34.

5. Dari praktek yang dikerjakan yaitu, pengamatan visual, pengukuran pengurangan berat, pengukuran beda potensial, dan pengukuran nilai pH. Mekanisme penghambatan korosi beras ketan sebagai inhibitor organik pada baja SPCC pada lingkungan asam asetat 1,5 M adalah melindungi logam membentuk lapisan pada permukaan logam, dan menghambat berjalanya reaksi katodik, dengan cara menggeser potensial ke nilai yang lebih negatif.

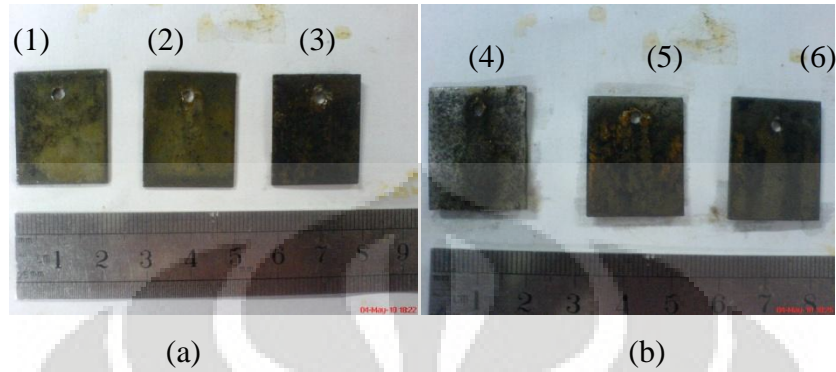


DAFTAR ACUAN

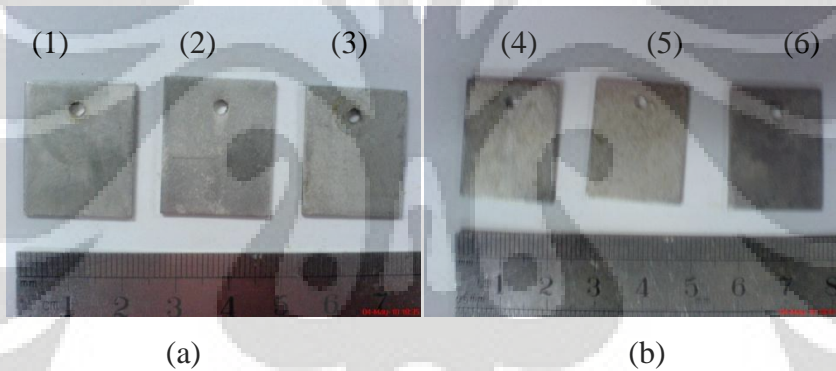
- Jones, Denny A. (1997). *Principles And Prevention Of Corrosion*. Singapore: Prentice Hall.
- Fontana, G. 1986. "*Corrossion Engineering*". New York: McGraw-Hill Book Company.
- Dalimunthe, Indra Surya. "Kimia dari Inhibitor Korosi". Universitas Sumatera Utara.
- ASM International. (1992). *Metals Handbook Volume 13: Corrosion* (4th ed.). USA: Korb, Lawrence J., & David L. Olson.
- Nathan, C. C. "Corrosion Inhibitor". National of Corrosion Engineering: Houson, Texas 1979.
- 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)
- H. H. Uhlig dan R. w. Revie, "Corrosion and Corrosion Control 3rd Edition" Wiley: New York, 1985.
- Riastuti, Rini & Andi Rustandi. (2008). Diktat Mata Kuliah Korosi Dan Proteksi Logam. Depok.



1. Foto pengamatan hari ke-3

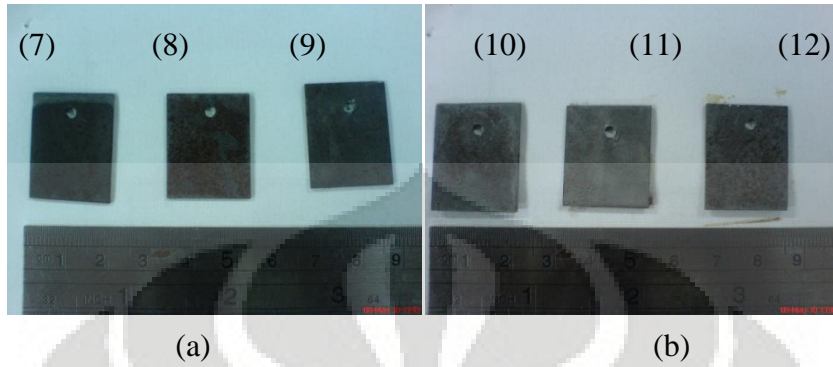


Gambar 6.1. (a) foto sampel (1), (2), dan (3): dengan inhibitor; (b) foto sampel (4), (5), dan (6): tanpa inhibitor

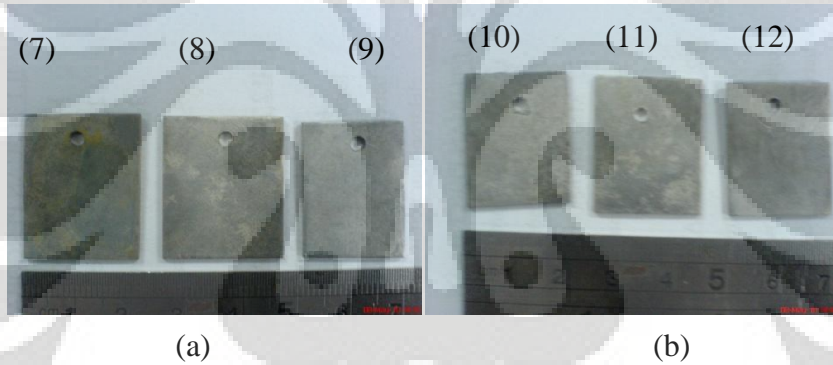


Gambar 6.2. (a) foto sampel (1), (2), dan (3): dengan inhibitor setelah *dipickling*; (b) foto sampel (4), (5), dan (6): tanpa inhibitor setelah *dipickling*

2. Foto Pengamatan hari ke-5

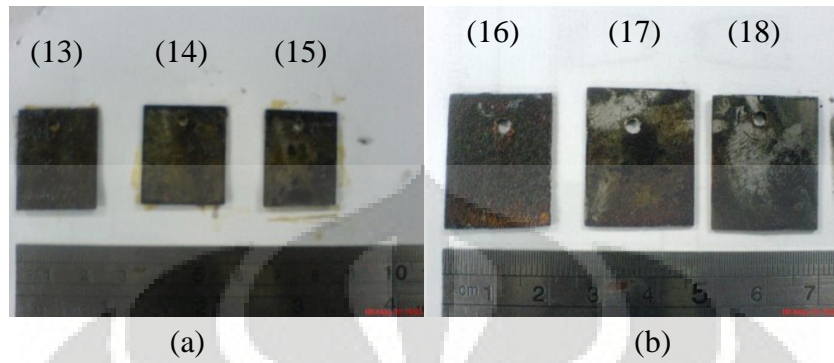


Gambar 6.3. (a) foto sampel (7), (8), dan (9): dengan inhibitor; (b) foto sampel (10), (11), dan (12): tanpa inhibitor

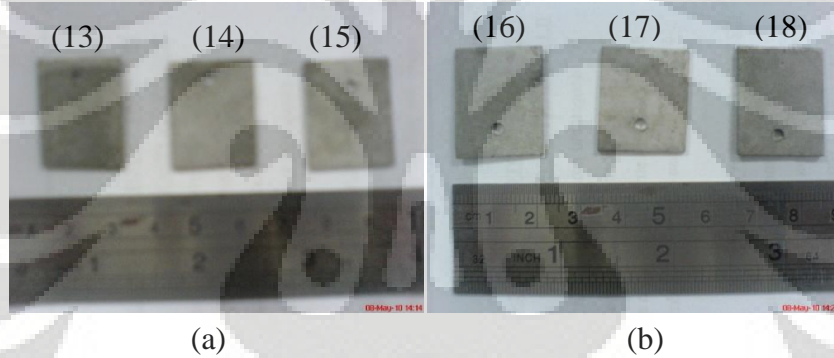


Gambar 6.4. (a) foto sampel (7), (8), dan (9): dengan inhibitor setelah *dipickling*; (b) foto sampel (10), (11), dan (12): tanpa inhibitor setelah *dipickling*

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