



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI PENAMBAHAN BERAS KETAN HITAM SEBAGAI
INHIBITOR ORGANIK DENGAN KONSENTRASI 500GPL
PADA BAJA SPCC PADA LINGKUNGAN AIR TANAH**

SKRIPSI

MARCELLEUS MARIO

0606075082

**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 AIR TANAH**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana

MARCELLEUS MARIO

0606075082

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 : Marcelleus Mario

NPM : 0606075082

Tanda Tangan :

Tanggal : 24 Juni 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Marcelleus Mario

NPM : 0606075082

Program Studi: Teknik Metalurgi dan Material

Judul Skripsi : Studi Penambahan Beras Ketan Hitam Sebagai Inhibitor Organik dengan Konsentrasi 500 gpl pada Baja SPCC pada Lingkungan Air Tanah

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 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 500 gpl pada Baja SPCC pada Lingkungan Air Tanah*. 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 tua tercinta di rumah yang telah memberikan bantuan dukungan moral dan material.

5. Kedua saudara yang senantiasa menjaga dan membimbing dalam penyusunan skripsi.
6. Teman – teman seperjuangan di Metalurgi dan Material Angkatan 2006 :
 - a. The “A” Team : Rickson “Bagol”, Remon “Cacat”, dan Haruman “Mance rumengkang bandar buah nange lande”.
 - b. Irlinda, Ola, Lusi, Jennifer.
 - c. Metal 2007, terima kasih permainan DotA kalian yang membuat penulis bahagia.
 - d. Dan kawan – kawan seperjuangan lainnya, yang telah mengukir kenangan indah di Metalurgi dan Material. Semoga apa yang kita perjuangkan ini berbuah manis nantinya. Amin. Terima kasih banyak, kawan.

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

Depok, 24 Juni 2010

Marcellus Mario

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : **Marcellus Mario**
NPM : **0606075082**
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 Air Tanah**

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

(Marcellus Mario)

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 air tanah 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 53,0006%.

Kata kunci:

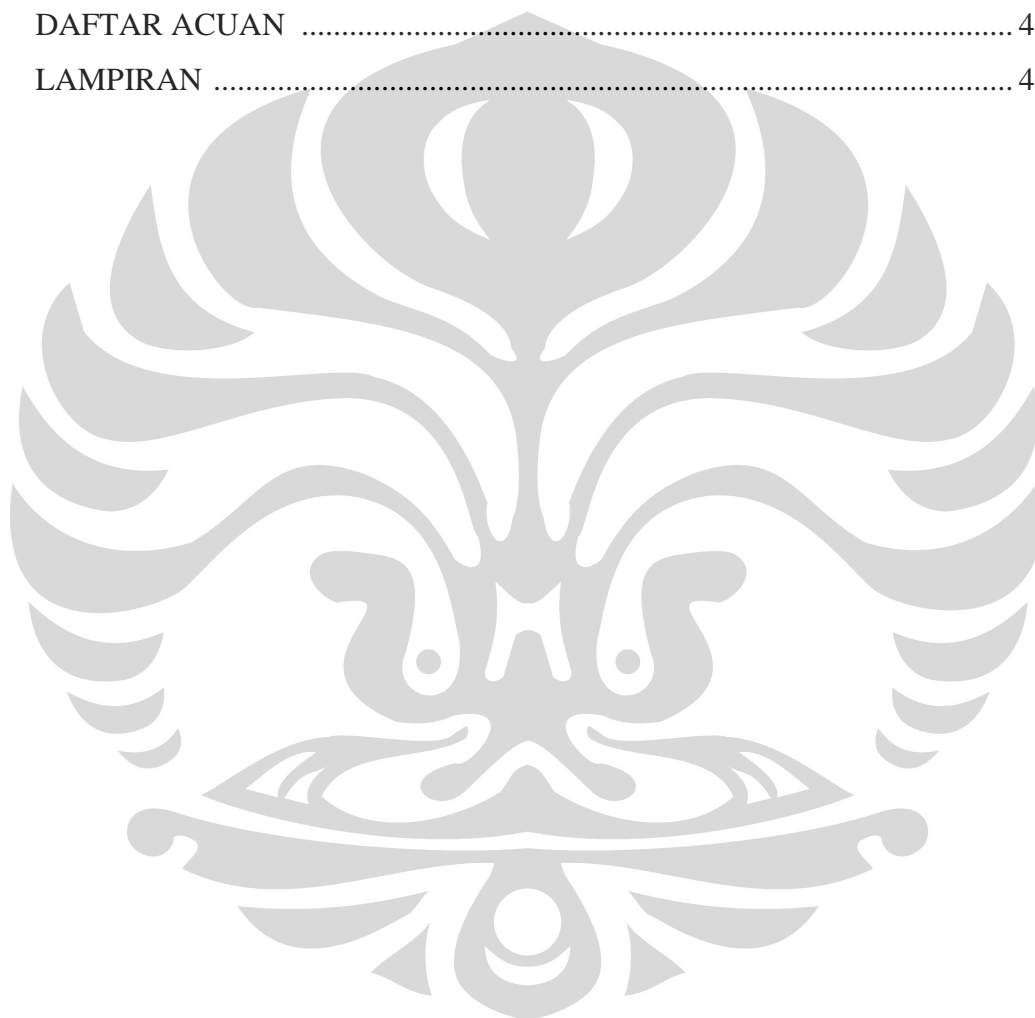
Korosi, perlindungan korosi, inhibitor organik, beras ketan hitam, korosi pada lingkungan air tanah.

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	xi
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	5
BAB II TEORI PENUNJANG	6
2.1. Korosi	6
2.2. Kinetika Korosi	7
2.3. Pasifitas dan Kerusakan Pasifitas	9
2.4. Jenis-Jenis Korosi	10
2.4.1. Korosi Uniform	10
2.4.2. Korosi Sumuran (<i>Pitting Corrosion</i>)	11
2.4.3. Korosi Erosi	11
2.4.4. Korosi Galvanik	12
2.5. Korosi pada Baja	13
2.6. Korosi Baja pada Lingkungan Air	13
2.7. Komposisi Air	14

2.7.1.	pH	14
2.7.2.	Gas yang Terlarut (<i>Dissolved Gas</i>)	15
2.7.3.	<i>Hardness</i>	15
2.7.4.	Ion Klorida	17
2.8.	Perlindungan Korosi	17
2.8.1.	Proteksi Katodik (<i>Cathodic Protection</i>)	17
2.8.2.	Lapisan Pelindung (<i>Protective Coating</i>)	18
2.8.3.	Pemilihan Material (<i>Material Selection</i>)	19
2.8.4.	Inhibitor	19
2.9.	Inhibitor Organik	19
2.10.	Pengukuran Laju Korosi dengan Metode Kehilangan Berat	20
2.11.	Efisiensi Inhibitor	20
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1.	Diagram Alir Penelitian	21
3.2.	Alat dan Bahan	22
3.2.1.	Alat	22
3.2.2.	Bahan	23
3.3.	Prosedur Penelitian	24
3.3.1.	Preparasi Sampel	24
3.3.2.	Persiapan Larutan	25
3.3.3.	Pembuatan Inhibitor	27
3.3.4.	Perendaman Sampel dalam Larutan	27
3.3.5.	Pengambilan Data	28
3.3.6.	Analisa Data	29
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	31
4.1.	Hasil Penelitian	31
4.1.1.	Pengurangan Berat	31
4.1.2.	Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor	32
4.1.3.	Perubahan pH Dibandingkan dengan Laju Korosi	32
4.1.4.	Perubahan Potensial Dibandingkan dengan Laju Korosi ...	33

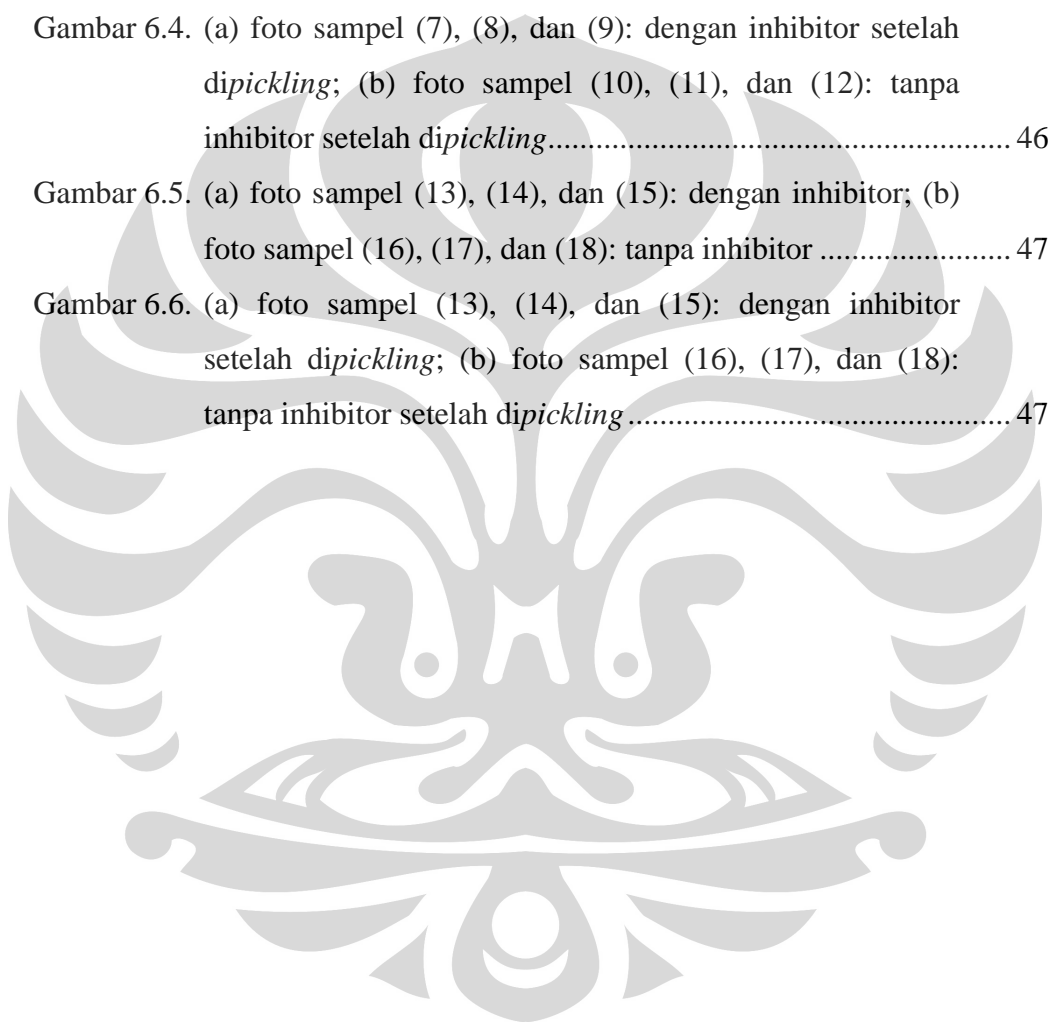
4.2.	Pembahasan	34
4.2.1.	Pengaruh Inhibitor Terhadap Laju Korosi	34
4.2.2.	Pengaruh Inhibitor Terhadap Perubahan Lingkungan	36
BAB V	PENUTUP	40
5.1.	Kesimpulan	40
DAFTAR ACUAN	42
LAMPIRAN	44



DAFTAR GAMBAR

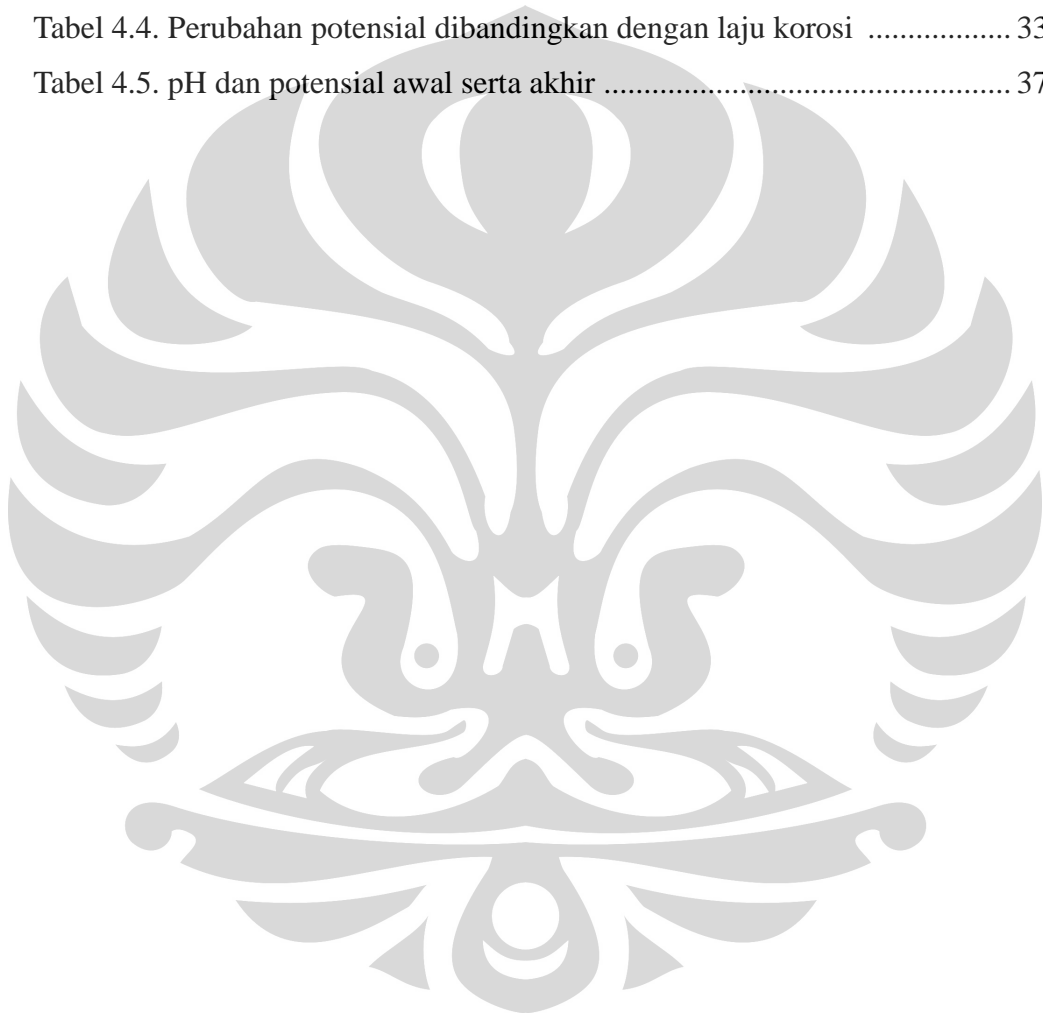
Gambar 2.1. Ilustrasi skema penggambaran dari potensial, E, dengan logaritma dari rapat arus, i	8
Gambar 2.2. Daerah aktif, pasif, dan kerusakan pasifitas (pitting) pada kurva polarisasi	9
Gambar 2.3. Korosi uniform	10
Gambar 2.4. Korosi sumuran dan bentuk-bentuknya	11
Gambar 2.5. Skema korosi erosi	12
Gambar 2.6. Korosi kavitas	12
Gambar 2.7. Skema <i>fretting</i>	12
Gambar 2.8. Korosi galvanik	13
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian	21
Gambar 3.2. Sampel pengujian	26
Gambar 4.1. Grafik kehilangan berat sebagai fungsi dari waktu perendaman.....	34
Gambar 4.2. Grafik laju korosi sebagai fungsi dari waktu perendaman	34
Gambar 4.3. Efisiensi Inhibitor	35
Gambar 4.4. Grafik perubahan pH sebagai fungsi dari waktu pencelupan	36
Gambar 4.5. Grafik perubahan potensial sebagai fungsi dari waktu pencelupan	36
Gambar 4.6. Diagram pourbaix dan hasil penggambaran pH dan potensial hari ke-3 dengan inhibitor (a) kondisi awal; (b) kondisi akhir	38
Gambar 4.7. Diagram pourbaix dan hasil penggambaran pH dan potensial hari ke-5 dengan inhibitor (a) kondisi awal; (b) kondisi akhir	38
Gambar 4.8. Diagram pourbaix dan hasil penggambaran pH dan potensial hari ke-7 dengan inhibitor (a) kondisi awal; (b) kondisi akhir	39

Gambar 6.1. (a) foto sampel (1), (2), dan (3): dengan inhibitor; (b) foto sampel (4), (5), dan (6): tanpa inhibitor.....	45
Gambar 6.2. (a) foto sampel (1), (2), dan (3): dengan inhibitor setelah <i>dipickling</i> ; (b) foto sampel (4), (5), dan (6): tanpa inhibitor setelah <i>dipickling</i>	45
Gambar 6.3. (a) foto sampel (7), (8), dan (9): dengan inhibitor; (b) foto sampel (10), (11), dan (12): tanpa inhibitor.....	46
Gambar 6.4. (a) foto sampel (7), (8), dan (9): dengan inhibitor setelah <i>dipickling</i> ; (b) foto sampel (10), (11), dan (12): tanpa inhibitor setelah <i>dipickling</i>	46
Gambar 6.5. (a) foto sampel (13), (14), dan (15): dengan inhibitor; (b) foto sampel (16), (17), dan (18): tanpa inhibitor	47
Gambar 6.6. (a) foto sampel (13), (14), dan (15): dengan inhibitor setelah <i>dipickling</i> ; (b) foto sampel (16), (17), dan (18): tanpa inhibitor setelah <i>dipickling</i>	47



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Data luas permukaan, massa, dan densitas	23
Tabel 3.2. Hasil pengujian komposisi air	25
Tabel 4.1. Tabel pengurangan berat	31
Tabel 4.2. Tabel Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor	32
Tabel 4.3. Perubahan pH Dibandingkan dengan Laju Korosi	32
Tabel 4.4. Perubahan potensial dibandingkan dengan laju korosi	33
Tabel 4.5. pH dan potensial awal serta akhir	37



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Pengamatan Visual.....	44
Lampiran B Standar Pengujian	48



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Korosi adalah suatu hasil kerusakan degradasi material melalui suatu reaksi kimia atau elektrokimia yang spontan, yang dimulai dari permukaan logam. 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.

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 amonia, 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 baja SPCC dalam lingkungan air tanah, dengan menggunakan inhibitor dari beras ketan putih dan beras ketan hitam yang mengandung zat asam amino.

1.2. 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, 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.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh beras ketan sebagai inhibitor pada lingkungan air tanah.
2. Mengetahui efisiensi beras ketan sebagai suatu inhibitor organik terhadap waktu pengujian.
3. Mengetahu waktu efektif beras ketan sebagai inhibitor organik

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

- Material yang digunakan adalah baja SPCC dengan kondisi awal yang dianggap sama untuk pengujian.
- Perhitungan laju korosi 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 air tanah dengan volume yang disesuaikan dengan batas minimum volume kontak larutan terhadap permukaan sampel disesuaikan dengan standar ASTM G31-72.
- 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:

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

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.

BAB II

TEORI PENUNJANG

2.1. Korosi

Korosi merupakan penurunan kualitas atau kerusakan material pada permukaan dari material akibat adanya interaksi antara material dengan lingkungannya. Karena itu korosi dipengaruhi oleh sifat logam dan/atau paduannya serta lingkungan.

Korosi pada logam melibatkan reaksi elektrokimia yaitu reaksi pelepasan elektron (reaksi oksidasi) dan penerimaan elektron (reaksi reduksi), dimana korosi dapat terjadi jika berada dalam suatu sel elektrolitik. Sel elektrolitik terdiri dari 4 komponen, yaitu:

1. Anoda

Logam yang mengalami reaksi oksidasi dan disertai dengan pelepasan elektron. Reaksi korosi dari suatu logam, L, dapat dinyatakan sebagai:

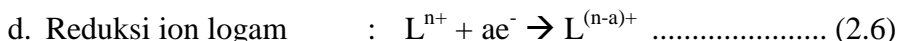
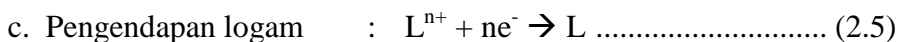
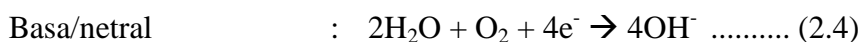
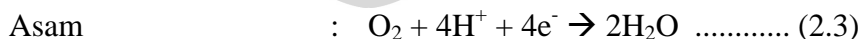


2. Katoda

Media terjadinya reaksi reduksi yang disertai dengan pengikatan elektron. Elektron yang dilepaskan pada reaksi oksidasi akan bermigrasi menuju daerah dengan potensial yang lebih tinggi yang digunakan untuk mereduksi ion-ion lainnya atau oksigen yang terlarut dalam elektrolit. Beberapa reaksi yang umum terjadi di katoda, antara lain:



b. Reduksi oksigen



3. Konduktor logam untuk menghantarkan elektron yang menghubungkan kedua elektroda,

4. Elektrolit yang dapat menghantarkan arus atau ion.

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

1. Ada perbedaan potensial,
2. Ada mekanisme perpindahan muatan antara elektron dan elektrolit konduktor,
3. Tersedianya suatu jalan konduksi yang terus-menerus.

Karena reaksi korosi hasil dari ketidakstabilan secara termodinamika dari logam (kecuali emas, platinum, iridium, dan palladium) atau sebagai hasil dari arus luar liar (stray external currents), perubahan dari energi bebas memenuhi kondisi 1. Walaupun reaksi pada anoda dan katoda dikendalikan, hal tersebut hanya membatasi laju dari korosinya. Reaksi oksidasi dan reduksi, seperti pada persamaan (2.1) sampai (2.6), adalah mekanisme perpindahan muatan. Walaupun reaksi lainnya terjadi, reaksi tersebut juga memenuhi kondisi 2.

Kondisi 3 akan terpenuhi ketika ion logam dilepaskan ke suatu elektrolit sehingga menyediakan suatu jalan konduksi untuk menghasilkan suatu sirkuit listrik.

Material-material yang terdapat di alam, umumnya berada dalam keadaan stabil. Beberapa diantaranya membentuk ikatan kimia seperti pada beberapa jenis garam. Material logam, seperti besi, hadir dalam bentuk oksida ataupun sulfida. Kondisi ini terjadi akibat upaya dari besi tersebut untuk tetap berada dalam keadaan stabil sehingga akan menghambat reaksi antara logam tersebut dengan lingkungan sekitarnya. Logam, pada umumnya, yang bukan pada kondisi stabilnya secara alami cenderung untuk berubah menjadi kondisi yang paling stabil. Untuk mencapai kondisi stabil pada umumnya akan terjadi reaksi elektrokimia dimana terjadi pelepasan elektron (reaksi oksidasi) sehingga dapat menyebabkan terjadinya korosi.

2.2. Kinetika Korosi

Laju korosi ditentukan dengan menggunakan arus untuk menghasilkan suatu kurva polarisasi (tingkat perubahan potensial sebagai fungsi dari besarnya arus yang digunakan) untuk permukaan yang laju korosinya sedang ditentukan. Ketika potensial pada permukaan logam terpolarisasi menggunakan arus pada

arah positif, bisa dikatakan sebagai terpolarisasi secara anodik. Bila menggunakan arus pada arah negatif disebut terpolarisasi secara katodik. Tingkat polarisasi adalah ukuran bagaimana laju dari reaksi pada anoda dan katoda dihambat oleh bermacam lingkungan (konsentrasi dari ion logam, oksigen terlarut) dan/atau faktor proses permukaan (adsorpsi, pembentukan lapisan, kemudahan dalam melepaskan elektron). Yang awal disebut polarisasi konsentrasi, sedangkan yang terakhir disebut polarisasi aktivasi. Variasi dari potensial sebagai fungsi dari arus (kurva polarisasi) memungkinkan untuk mengetahui pengaruh dari proses konsentrasi dan aktivasi pada tingkat dimana reaksi anoda maupun katoda dapat memberi atau menerima elektron. Karenanya, pengukuran polarisasi dapat menentukan laju reaksi yang terlibat dalam proses korosi.



Gambar 2.1. Ilustrasi skema penggambaran dari potensial, E, dengan logaritma dari rapat arus, i

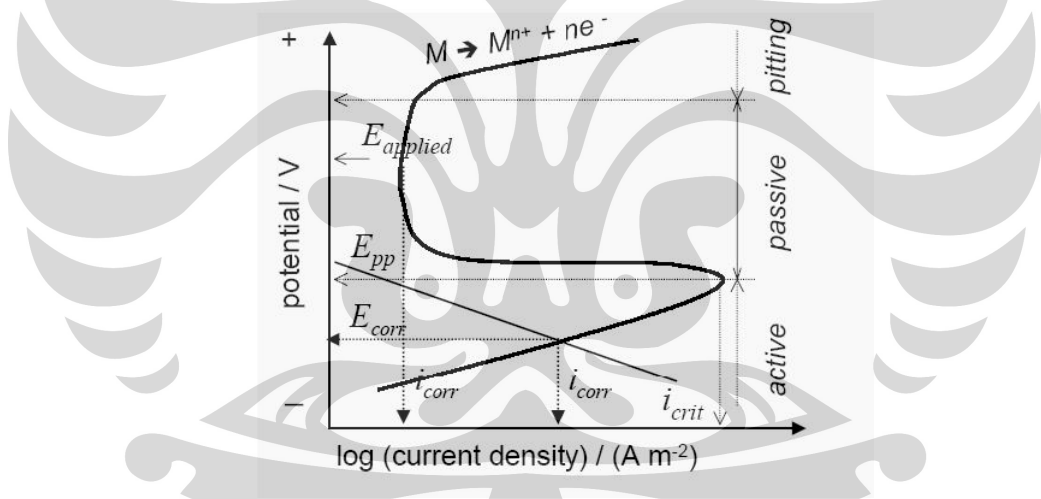
Gambar 2.1. menunjukkan kurva polarisasi anoda dan katoda yang menunjukkan reaksi anoda (logam menjadi ionnya) atau reaksi katoda (reduksi oksigen, evolusi hidrogen). Pada gambar 2.7., potensial, E, digambar sebagai fungsi dari logaritma rapat arus, i. Ketika reaksi korosi dikontrol dengan polarisasi aktivasi, kelakuan polarisasi akan menunjukkan garis lurus pada penggambaran mengikuti persamaan Tafel.

$$\eta = a + b \log i \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana η adalah potensial dan i adalah rapat arus. a dan b menunjukkan konstanta spesifik dari sistem elektroda. b adalah kemiringan Tafel yang memberikan informasi tentang mekanisme reaksi. a adalah konstanta yang memberikan informasi konstanta laju dari reaksi dan perubahan rapat arus.

2.3. Pasifitas dan Kerusakan Pasifitas

Supaya efektif, lapisan pasif harus menyediakan penahan yang menjaga agar arus korosi pada permukaan logam bernilai cukup rendah sehingga kerusakan lanjutan oleh korosi dapat diminimalisasikan. Lapisan yang efektif adalah yang dapat menahan penembusan (disebut kerusakan-*breakdown*) dari lapisan pasif. Proses kerusakan menghasilkan korosi terlokalisasi seperti korosi sumuran, korosi celah, korosi batas butir, dan *stress corrosion cracking*.



Gambar 2.2. Daerah aktif, pasif, dan kerusakan pasifitas (pitting) pada kurva polarisasi

Dari gambar 2.2. dapat dilihat bahwa lapisan pasif terdapat pada saat terjadi penurunan nilai rapat arus. Lapisan pasif merupakan lapisan pelindung yang membatasi kontak antara permukaan logam dengan lingkungannya (elektrolit), sehingga laju transfer elektron dari logam ke lingkungannya menjadi terhambat. Sesuai dengan persamaan Tafel [2]:

$$i = nFk \exp\left(\pm \alpha F \frac{\Delta V}{RT}\right) \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana i = rapat arus

n = elektron yang terlibat pada reaksi elektroda

F = konstanta faraday

α = koefisien transfer muatan

ΔV = potensial

R = konstanta gas universal

T = temperatur

Persamaan 2.8 menunjukkan bahwa besarnya rapat arus setara dengan elektron yang terlibat pada reaksi di elektroda, $i \approx n$. Dengan adanya lapisan pasif yang membatasi kontak antara permukaan logam dengan lingkungannya, semakin sedikit juga elektron yang terlibat pada reaksi di elektroda sehingga nilai rapat arus kecil, seperti yang terlihat pada gambar 2.2.

2.4. Jenis-Jenis Korosi

Jenis-jenis korosi yang terjadi pada suatu material dapat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan sekitar. Jenis korosi yang umum terjadi, antara lain:

2.4.1. Korosi Uniform

Korosi uniform merupakan jenis korosi yang diharapkan terjadi pada logam. Pada korosi uniform, kita dapat memprediksi umur pakai dari suatu peralatan. Pada korosi jenis ini, lingkungan korosif harus memiliki akses yang sama terhadap seluruh permukaan 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.



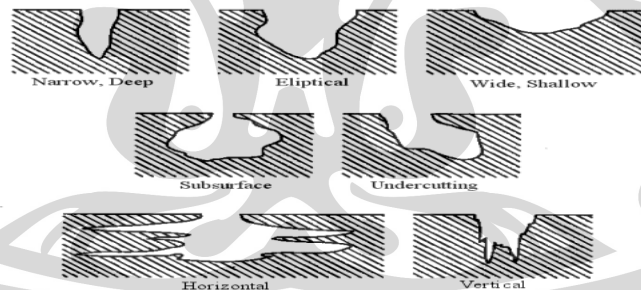
Gambar 2.3. Korosi uniform

2.4.2. Korosi Sumuran (*Pitting Corrosion*)

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.

Korosi sumuran merupakan korosi yang paling sering menyerang logam dengan keadaan permukaan:

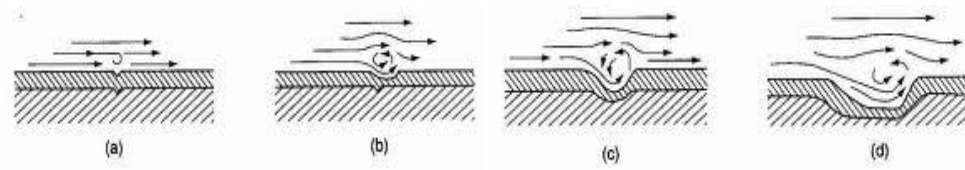
1. Mengalami kerusakan lapisan protektif (lapisan pasif) akibat perlakuan mekanik maupun kimia.
2. Memiliki cacat bentuk yang diakibatkan oleh dislokasi atau slip akibat tegangan tarik.
3. Memiliki komposisi kimia yang heterogen.
4. Adanya inklusi, segregasi, atau presipitasi.



Gambar 2.4. Korosi sumuran dan bentuk-bentuknya

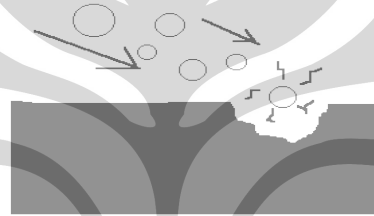
2.4.3. Korosi Erosi

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.



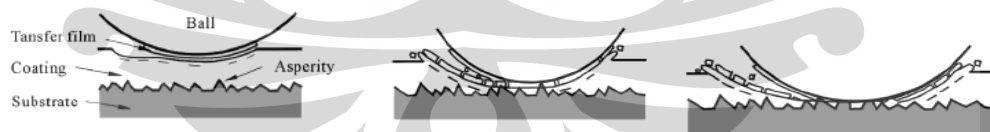
Gambar 2.5. Skema korosi erosi

Cavitasi merupakan salah satu jenis korosi erosi. Cavitasi disebabkan oleh pecahnya gelembung udara yang dihasilkan karena perubahan tekanan disepanjang permukaan yang terekspose fluida dengan kecepatan tinggi. Ledakan menghasilkan ledakan bertekanan yang sangat tinggi yang mengganggu lapisan film dan bisa mengeluarkan partikel dari logamnya.



Gambar 2.6. Korosi cavitasi

Fretting juga merupakan salah satu jenis dari korosi erosi. Erosi disebabkan oleh pergerakan yang berulang, bisa juga dari getaran, antara logam dan padatan yang lainnya.



Gambar 2.7. Skema *fretting*

2.4.4. Korosi Galvanik

Korosi galvanik adalah korosi yang terjadi apabila dua logam yang berbeda potensialnya saling terhubung secara elektrik, atau terhubung dalam suatu elektrolit. Logam yang memiliki potensial lebih mulia (lebih positif dalam deret galvanik) akan menjadi katoda, sedangkan logam yang kurang mulia (lebih

negatif dalam deret galvanik) menjadi anoda. Pada akhirnya korosi pada anoda terjadi lebih cepat, dan korosi di katoda akan terhambat atau bahkan berhenti (laju korosi mendekati nol).



Gambar 2.8. Korosi galvanik

2.5. Korosi Pada Baja

Korosi pada baja timbul dari adanya ketidakstabilan termodinamika. Baja ketika diproses dari besi, yang dibuat didalam blast furnace dengan mereduksi bijih besi seperti hematite (Fe_2O_3) dengan karbon dalam bentuk kokas. Ini dapat diilustrasikan dengan persamaan kimia sederhana:



Reaksi ini terjadi pada temperatur tinggi. Produk akhir, baik besi maupun baja, tidaklah stabil karena energi yang diberikan pada proses ini sangatlah besar. Akibatnya, saat baja terekspose ke uap air, oksigen, atau air, maka baja ini cenderung kembali ke bentuk awalnya, dengan persamaan kimia:

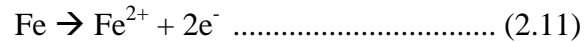


Karat ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) adalah oksida hidrat, yang serupa dengan hematit. Ini menjelaskan mengapa baja cenderung untuk berkarat pada kebanyakan situasi.

2.6. Korosi Baja pada Lingkungan Air

Pada kehidupan kita, air digunakan untuk berbagai macam tujuan sebagai pendukung kehidupan, mulai dari kehidupan sehari-hari sampai dalam industrial. Baja dan paduannya merupakan material yang paling banyak diaplikasikan untuk lingkungan air.

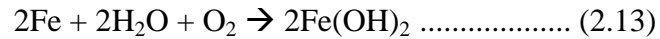
Reaksi korosi yang terjadi pada baja di lingkungan air adalah:



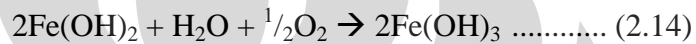
Karena air mengalami kontak dengan atmosfer sehingga mengandung oksigen yang terlarut. Air biasanya bersifat netral, sehingga reaksi katodik yang terjadi adalah reduksi oksigen.



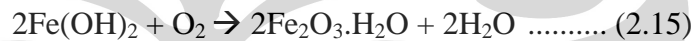
Secara keseluruhan, reaksi yang terjadi adalah:



$\text{Fe}(\text{OH})_2$ 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].

2.7. Komposisi Air

Air mempunyai beberapa sifat unik, salah satunya adalah kemampuan untuk melarutkan beberapa derajat dari setiap zat yang ada di kulit bumi dan di atmosfer. Karena sifat ini, air mengandung berbagai macam padatan terlarut, gas terlarut dan pengotor lainnya, yang semuanya dapat mempengaruhi sifat korosif dari air yang kontak dengan logam [6]. Air yang mengandung garam dan asam lebih agresif terhadap baja karbon, sehingga komposisi air sangat penting dalam menentukan laju korosi pada baja.

2.7.1. pH

Reaksi anodik pada persamaan 2.11 berlaku pada semua rentang pH, tetapi laju korosi bervariasi terhadap perubahan reaksi reduksi di katoda. Pada rentang

pH 4 sampai 10, terjadi pengendapan ferit oksida di permukaan. Pada rentang pH ini, oksigen tereduksi di katoda seperti pada persamaan 2.12.

Pada larutan yang lebih asam, pH dibawah 4, oksida terlarut dan laju korosi meningkat terhadap tersedianya H^+ .



Ketiadaan endapan di permukaan juga mempertinggi akses dari oksigen terlarut, yang meningkatkan laju korosi. Oksigen terlarut tereduksi di katoda dengan reaksi pada persamaan 2.3.

Pada pH diatas 10, laju korosi lambat terhadap susunan dari lapisan pasif Fe_2O_3 karena adanya oksigen terlarut. Pada pH sekitar 14, tanpa adanya oksigen terlarut, laju korosi meningkat kembali ketika terbentuk ion $HFeO_2^-$.

2.7.2. Gas yang Terlarut (*Dissolve Gas*)

Oksigen dan karbon dioksida merupakan gas terlarut yang paling penting di air. Oksigen merupakan penerima elektron yang dihasilkan oleh logam untuk terjadinya reaksi korosi logam pada air, sehingga jika jumlah oksigen yang terlarut terbatas maka laju korosi terbatas [14]. Laju oksigen mencapai permukaan logam mengontrol laju korosi. Untuk korosi logam pada air biasanya oksigen terlarut sekita 25-45 ppm, tetapi dengan konsentrasi oksigen yang lebih tinggi dapat melambatkan laju korosi karena terjadi pasifasi pada logam oleh oksigen. Kelarutan oksigen menurun dengan peningkatan temperatur dan peningkatan tekanan [5].

Karbon dioksida mempengaruhi tingkat keasaman air dan mempengaruhi pembentukan endapan karbonat yang bersifat protektif. Asam karbonat, terbentuk dari CO_2 terlarut, sedikit korosif, tetapi produk korosi, $FeCO_3$, membentuk lapisan permukaan dan bersifat protektif [2].

2.7.3. *Hardness*

Hardness merupakan salah satu sifat air yang menunjukkan kemampuan air untuk membentuk endapan atau *scale* yang protektif pada permukaan. Hardness

dipengaruhi oleh jumlah karbon dioksida dan adanya garam seperti kalsium karbonat dan bikarbonat [11].

Air dengan tingkat hardness yang tinggi, disebut hard water, mengandung kation kalsium dan kation magnesium yang dapat membentuk lapisan karbonat yang protektif pada permukaan logam. Adanya karbon dioksida yang terlarut di air membentuk asam karbonat, H_2CO_3 , dan menurunkan pH dengan menguraikan asam karbonat menjadi ion H^+ dan ion bikarbonat, HCO_3^- [2]:



Ion bikarbonat membentuk lapisan kalsium karbonat yang tidak larut pada permukaan logam dalam larutan basa [12].



Klasifikasi nilai hardness berdasarkan U.S Geological Survey:

- *Soft water*: kandungan $CaCO_3$ lebih rendah dari 60 ppm.
- *Moderately hard water*: kandungan $CaCO_3$ dari 60 ppm hingga 120 ppm.
- *Hard water*: kandungan $CaCO_3$ dari 120 ppm hingga 180 ppm.
- *Very hard water*: kandungan $CaCO_3$ diatas 180 ppm.

Soft water bersifat agresif untuk kebanyakan logam, karena tidak jenuh dengan $CaCO_3$ sehingga tidak membentuk lapisan karbonat yang protektif. *Very hard water* biasanya adalah air bawah tanah dengan pH rendah dan kandungan karbon dioksida tinggi [5]. Air dengan hardness menengah biasanya mengandung jumlah unsur yang cukup banyak dan cenderung membentuk endapan yang melekat longgar atau tidak kuat pada permukaan logam, sehingga memungkinkan korosi untuk terjadi dibawah endapan yang terbentuk [6].

Kecenderungan dari kalsium karbonat untuk mengendap dan menghasilkan ketahanan korosi pada air tanah diukur dengan Saturation Index (LSI- Langerier Saturation Index) [13].

$$LSI = pH - pH_S \dots\dots\dots (2.19)$$

$$pH_S = (9,3 + A + B) - (C + D) \dots\dots\dots (2.20)$$

Dimana pH : pH air aktual

pH_S : pH saat $CaCO_3$ jenuh

A : $(\log_{10} [TDS] - 1) / 10$

B : $-13,2 \times \log_{10} (^{\circ}C + 273) + 34,55$

C : $\log [\text{Ca}^{2+} \text{ sebagai } \text{CaCO}_3] - 0,4$

D : $\log [\text{alkalinity sebagai } \text{CaCO}_3]$

Jika $\text{LSI} < 0$; air akan melarutkan CaCO_3

$\text{LSI} > 0$; akan terbentuk endapan CaCO_3

$\text{LSI} = 0$; air bersifat netral, lapisan CaCO_3 tidak terendapkan maupun larut

2.8.4. Ion Klorida

Ion klorida merupakan faktor penting yang mempengaruhi korosi pada lingkungan air. Ion klorida ini mencegah pembentukan lapisan oksida yang dapat menghalangi proses korosi, sehingga dapat menyebabkan terjadinya reduksi oksigen pada baja tanpa korosi. Ketika lapisan oksida diserang kemungkinan menghasilkan korosi sumuran (*pitting corrosion*).

2.8. Perlindungan Korosi

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

2.8.1. Proteksi Katodik (*Cathodic Protection*)

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

Metode-metode proteksi katodik, antara lain:

1. Anoda korban (*sacrifice anode*)

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

2. Arus tanding (*impressed current*)

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

2.8.2. Lapisan Pelindung (*Protective Coating*)

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

2.8.3. Pemilihan Material (*Material Selection*)

Prinsip dasar metode pemilihan material adalah memilih material sesuai dengan kondisi lingkungan dimana material tersebut akan diaplikasikan. Metode ini erat kaitannya dengan potensial galvanik dari logam yang digunakan.

2.8.4. Inhibitor

Inhibitor adalah suatu zat yang ditambahkan dalam jumlah sedikit ke dalam sistem reaksi kimia dapat memperlambat, bahkan menghentikan reaksi kimia. Inhibitor bekerja melalui 3 mekanisme, yaitu:

- a. Mekanisme adsorpsi, dengan membentuk lapisan yang melindungi permukaan logam, sehingga akan mengurangi reaksi antara logam dengan lingkungan.
- b. Mekanisme pembentukan kerak, dengan mengkorosi permukaan logam sehingga terbentuk logam oksida pada permukaan. Logam oksida ini adalah lapisan pasif yang akan melapisi material.
- c. Mengubah karakteristik lingkungan disekitar logam dengan mengurangi elemen penyebab korosi pada lingkungan di sekitar logam yang akan dilindungi.

2.9. Inhibitor Organik

Perubahan yang terjadi baik pada anoda seringkali terjadi karena penambahan inhibitor organik. Inhibitor organik mempengaruhi seluruh permukaan logam yang terkorosi jika ditambahkan dalam konsentrasi yang cukup. Inhibitor organik umumnya didesain sebagai pembentuk lapisan (*film-forming*), melindungi logam dengan membentuk lapisan hidrofobik pada permukaan logam.

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 terlapisi

berbanding lurus dengan konsentrasi inhibitor yang diberikan, maka konsentrasi inhibitor dalam suatu elektrolit menjadi sangat penting.

Efektifitas inhibitor ini sangat bergantung kepada komposisi kimia yang dimilikinya, struktur molekul, dan afinitasnya terhadap permukaan logam. Karena pembentukan lapisan merupakan proses adsorpsi, maka temperatur dan tekanan dalam sistem memegang peranan penting. Inhibitor organik akan teradsorpsi sesuai dengan muatan ion-ion inhibitor dan muatan permukaan. Kekuatan dari ikatan adsorpsi yang terjadi merupakan faktor utama bagi inhibitor organik terlarut.

2.10. Pengukuran Laju Korosi dengan Metode Kehilangan Berat

Metode kehilangan berat merupakan salah satu metode untuk mengetahui laju korosi dari suatu material terhadap lingkungannya. Pada metode ini, perbedaan berat awal dan berat akhir menjadi acuan dalam menentukan laju korosi suatu material. Berdasarkan ASTM G1-03, persamaan untuk menghitung laju korosi adalah:

$$\text{Laju korosi} = \frac{K.W}{D.A.T} \dots\dots\dots (2.21)$$

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

W = kehilangan berat (gram)

D = densitas (gram/cm³)

A = luas permukaan yang terendam (cm²)

T = waktu (jam)

2.11. Efisiensi Inhibitor

Efisiensi inhibitor menunjukkan persentase penurunan laju korosi dengan adanya inhibitor dibandingkan dengan laju korosi bila tanpa inhibitor. Perhitungan efisiensi inhibisi menggunakan persamaan:

$$\text{efisiensi inhibitor} = \frac{X_a - X_b}{X_a} \times 100\% \dots\dots\dots (2.22)$$

Dimana X_a = laju korosi tanpa inhibitor, (mpy)

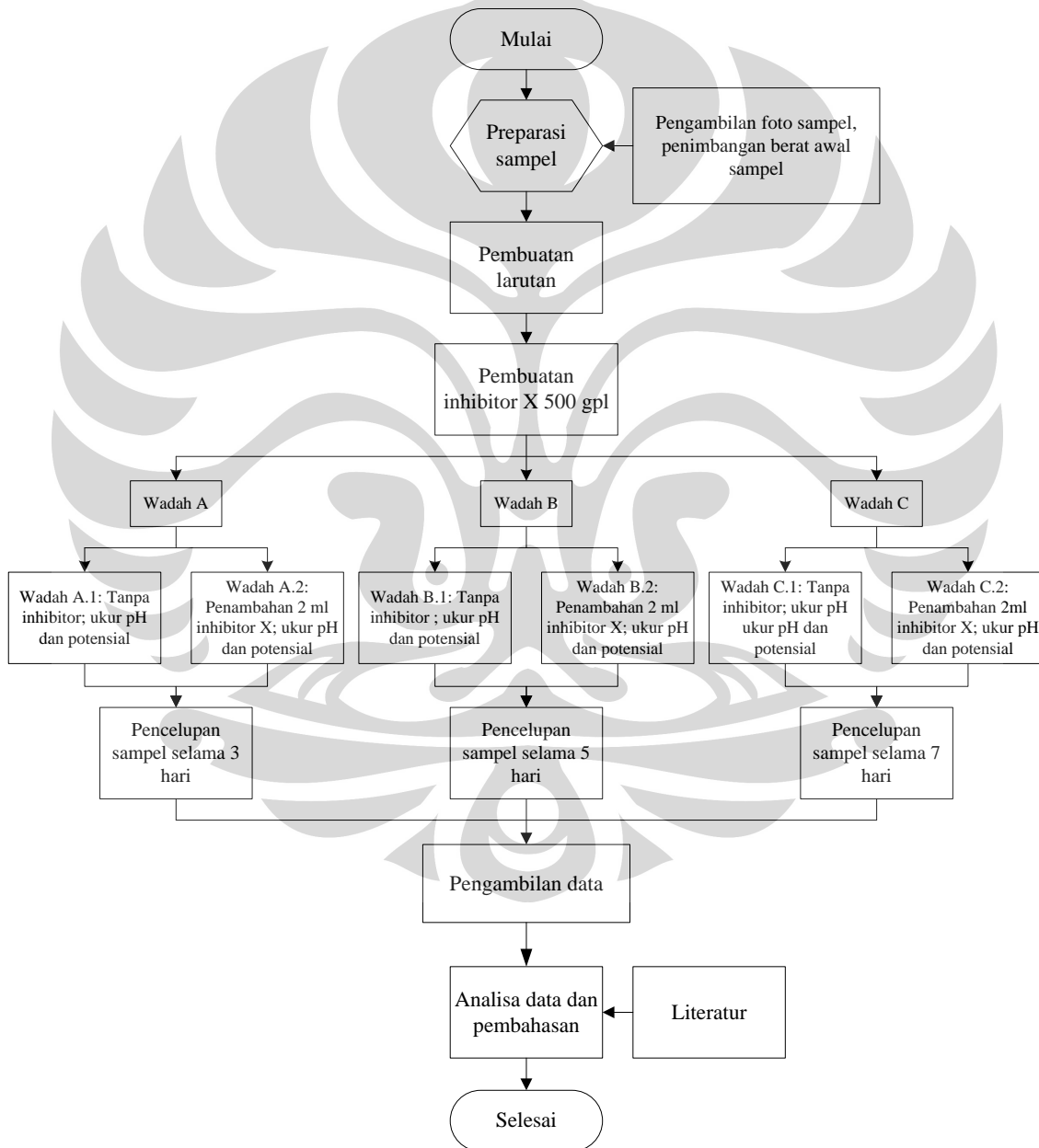
X_b = laju korosi dengan inhibitor, (mpy)

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 (ρ) 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)	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:

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

- Air tanah
- 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.
- Na₂CO₃
 - Siapkan *magnetic stirrer*, letakan beaker glass 1000 ml diatasnya.
 - Nyalakan *magnetic stirrer*, masukan Na₂CO₃ ke dalam 100 ml aquades hingga melebihi larut jenuh (± 50 gr) pada beaker glass.

8. 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 air tanah. Air tanah ini kemudian diuji komposisinya untuk mendapatkan data seperti pH, temperatur, kalsium (sebagai CaCO_3), alkalinity (sebagai CaCO_3), dan TDS (*Total Dissolve Solid*).

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

Air yang digunakan adalah air tanah yang diambil di jalan Duta 1, no I, Cimanggis, Depok pada tanggal 7 Juni 2010 pukul 10:00 dan diuji pada hari yang sama pukul 12:00. Komposisi yang didapat antara lain:

Tabel 3.2. Hasil pengujian komposisi air

pH	7.13	
Temperatur	25	$^{\circ}\text{C}$
Kalsium (sebagai CaCO_3)	340	ppm
Alkalinity (sebagai CaCO_3)	96	ppm
Klorida	450	ppm
TDS	7×10^{-5}	ppm

$$LSI = pH - pH_s \dots\dots\dots (3.2)$$

$$pH_s = (9,3 + A + B) - (C + D) \dots\dots\dots (3.3)$$

$$\begin{aligned} A &= [(\log \text{TDS (ppm)}) - 1] / 10 \\ &= [\log 7 \times 10^{-5}) - 1] / 10 \\ &= -0,515 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} C &= \log \text{Ca}^{2+} (\text{ppm}) - 0,4 \\ &= \log 340 - 0,4 \\ &= 2,131 \end{aligned}$$

$$D = \log \text{alkalinity (ppm)}$$

$$= \log 96$$

$$= 1,982$$

$$\text{pH}_s = (9,3 + A + B) - (C + D)$$

$$= (9,3 + (-0,515) + 1,890) - (2,131 + 1,982)$$

$$= 6,561$$

$$\text{LSI} = \text{pH} - \text{pH}_s$$

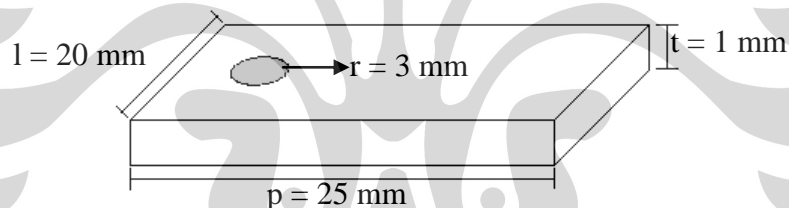
$$= 7,13 - 6,561$$

$$= 0,569 > 0$$

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

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

$$\text{volume larutan} = 0,4 \times \text{luas permukaan sampel} \dots (3.4)$$



Gambar 3.2. Sampel pengujian

Luas permukaan sampel:

$$= (2 \times p \times l) + (2 \times p \times t) + (2 \times l \times t) - (2\pi r^2) + (t \times 2\pi r) \dots (3.5)$$

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

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

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

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

Volume larutan minimal untuk sebuah sampel dengan luas permukaan $1052,32 \text{ mm}^2$ adalah 421 ml . Dalam pengujian, volume yang digunakan adalah 450 ml .

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, tutup wadah. 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 air tanah \pm 450 ml pada temperatur ruang, dimana setiap satu sampel direndam pada 1 wadah.

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

1. Wadah 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 NaCO_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 NaCO_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:

$$\text{Laju korosi} = \frac{K.W}{D.A.T} \dots\dots\dots (3.6)$$

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

W = kehilangan berat (gram)

D = densitas (gram/cm³)

A = luas permukaan yang terendam (cm²)

T = waktu (jam)

2. 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.

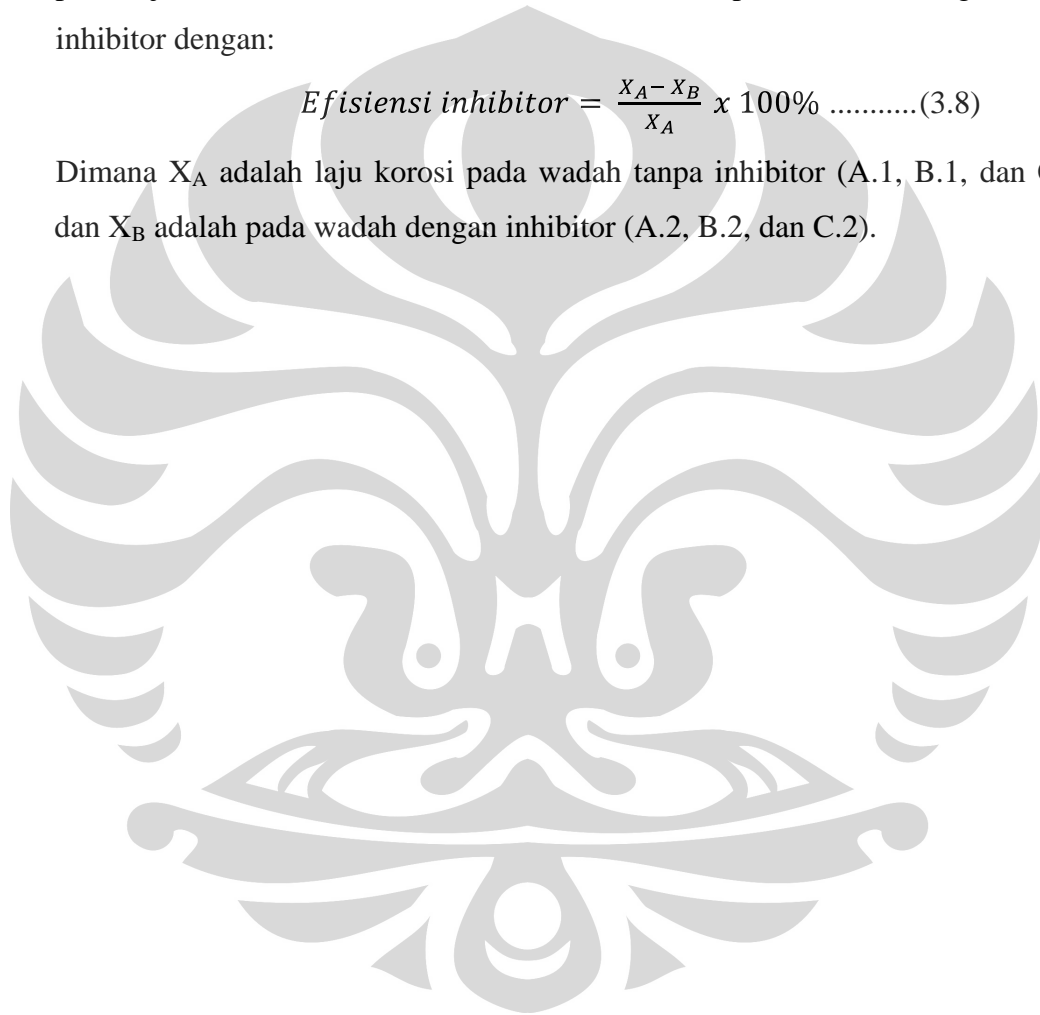
$$\text{potensial (V) vs SHE} = \text{potensial (V) vs Ag/AgCl} + 0,222 \text{ V} \dots\dots(3.7)$$

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:

$$\text{Efisiensi inhibitor} = \frac{X_A - X_B}{X_A} \times 100\% \dots\dots\dots(3.8)$$

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

Perlakuan	Sampel no.	Berat awal (mg)	Berat akhir (mg)	Pengurangan berat	Rata-rata
hari ke-3 dengan inhibitor	1	3.9408	3.9310	0.0098	0.0147
	2	4.0459	4.0348	0.0111	
	3	3.7183	3.6951	0.0232	
hari ke-3 tanpa inhibitor	4	3.6262	3.6006	0.0256	0.0252
	5	3.4802	3.4503	0.0299	
	6	3.7856	3.7654	0.0202	
hari ke-5 dengan inhibitor	7	3.8451	3.8173	0.0278	0.0201
	8	3.7423	3.7270	0.0153	
	9	3.8024	3.7853	0.0171	
hari ke-5 tanpa inhibitor	10	3.7986	3.7709	0.0277	0.0243
	11	3.7478	3.7264	0.0214	
	12	3.8873	3.8635	0.0238	
hari ke-7 dengan inhibitor	13	3.6506	3.6356	0.0150	0.0248
	14	3.6068	3.5726	0.0342	
	15	3.7336	3.7084	0.0252	
hari ke-7 tanpa inhibitor	16	3.8198	3.7904	0.0294	0.0528
	17	3.8000	3.7688	0.0312	
	18	3.8881	3.7904	0.0977	

4.1.2. Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor

Tabel 4.2. Tabel Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor

Perlakuan	Sampel no.	Pengurangan berat (mg)	rata-rata	laju korosi (mpy)	efisiensi inhibitor (%)
hari ke-3 dengan inhibitor	1	0.0098	0.0147	9.1255	41.7437
	2	0.0111			
	3	0.0232			
hari ke-3 tanpa inhibitor	4	0.0256	0.0252	15.6644	
	5	0.0299			
	6	0.0202			
hari ke-5 dengan inhibitor	7	0.0278	0.0201	7.4742	17.4211
	8	0.0153			
	9	0.0171			
hari ke-5 tanpa inhibitor	10	0.0277	0.0243	9.0510	
	11	0.0214			
	12	0.0238			
hari ke-7 dengan inhibitor	13	0.0150	0.0248	6.5980	53.0006
	14	0.0342			
	15	0.0252			
hari ke-7 tanpa inhibitor	16	0.0294	0.0528	14.0385	
	17	0.0312			
	18	0.0977			

4.1.3. Perubahan pH Dibandingkan dengan Laju Korosi

Tabel 4.3. Perubahan pH Dibandingkan dengan Laju Korosi

Perlakuan	sampel no.	pH awal	rata-rata	pH akhir	rata-rata	perubahan rata-rata	laju korosi
hari ke-3 dengan inhibitor	1	7.05	7.00	7.24	7.28	0.29	9.13
	2	6.91		7.36			
	3	7.03		7.25			
hari ke-3 tanpa inhibitor	4	7.21	7.04	7.38	7.27	0.23	15.66
	5	6.87		7.20			
	6	7.05		7.24			

hari ke-5 dengan inhibitor	7	7.01	7.01	7.35	7.31	0.30	7.47
	8	7.04		7.28			
	9	6.99		7.30			
hari ke-5 tanpa inhibitor	10	7.15	7.24	7.36	7.53	0.29	9.05
	11	7.28		7.58			
	12	7.28		7.65			
hari ke-7 dengan inhibitor	13	7.24	7.26	7.88	7.88	0.62	6.60
	14	7.17		7.92			
	15	7.36		7.84			
hari ke-7 tanpa inhibitor	16	7.35	7.26	7.78	7.85	0.59	14.04
	17	7.23		7.87			
	18	7.20		7.90			

4.1.4. Perubahan Potensial Dibandingkan dengan Laju Korosi

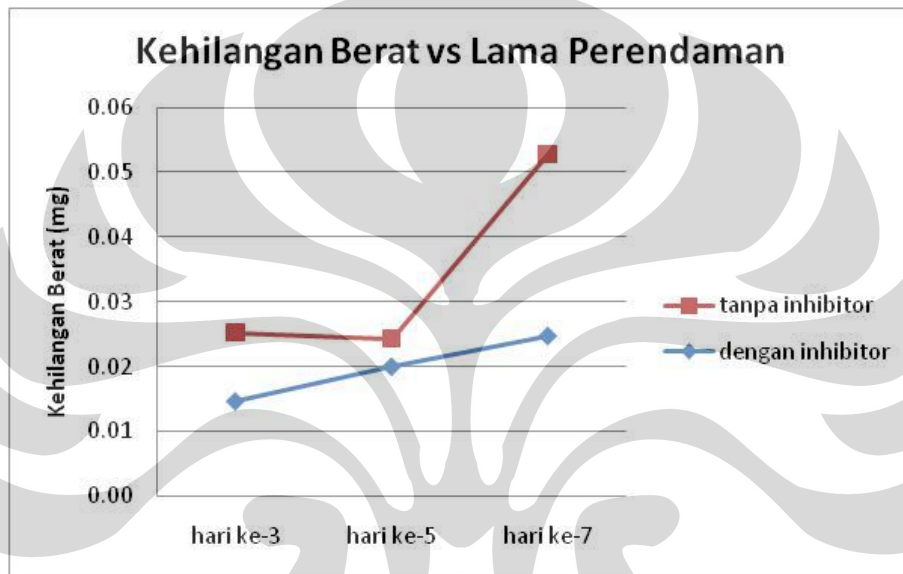
Tabel 4.4. Perubahan potensial dibandingkan dengan laju korosi

Perlakuan	sampel no.	awal vs SHE	rata-rata	akhir vs SHE	rata-rata	perubahan rata-rata	laju korosi
hari ke-3 dengan inhibitor	1	-0.399	-0.392	-0.399	-0.389	0.003	9.13
	2	-0.391		-0.383			
	3	-0.386		-0.385			
hari ke-3 tanpa inhibitor	4	-0.384	-0.405	-0.383	-0.392	0.013	15.66
	5	-0.429		-0.388			
	6	-0.402		-0.406			
hari ke-5 dengan inhibitor	7	-0.384	-0.382	-0.388	-0.373	0.009	7.47
	8	-0.379		-0.369			
	9	-0.383		-0.363			
hari ke-5 tanpa inhibitor	10	-0.384	-0.382	-0.364	-0.364	0.018	9.05
	11	-0.379		-0.354			
	12	-0.383		-0.375			
hari ke-7 dengan inhibitor	13	-0.404	-0.418	-0.389	-0.398	0.020	6.60
	14	-0.427		-0.407			
	15	-0.423		-0.399			
hari ke-7 tanpa inhibitor	16	-0.426	-0.410	-0.389	-0.386	0.024	14.04
	17	-0.391		-0.371			
	18	-0.413		-0.397			

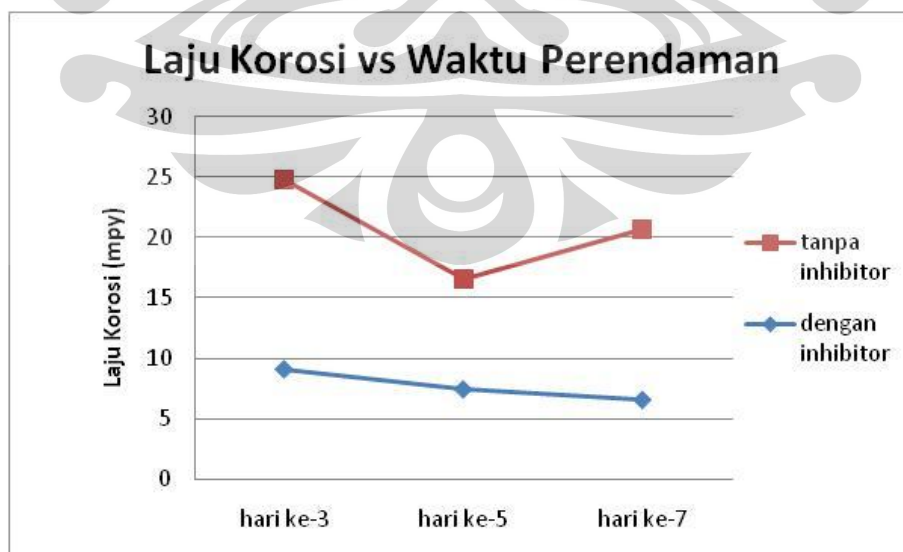
4.2. Pembahasan

4.2.1. Pengaruh Inhibitor terhadap Laju Korosi

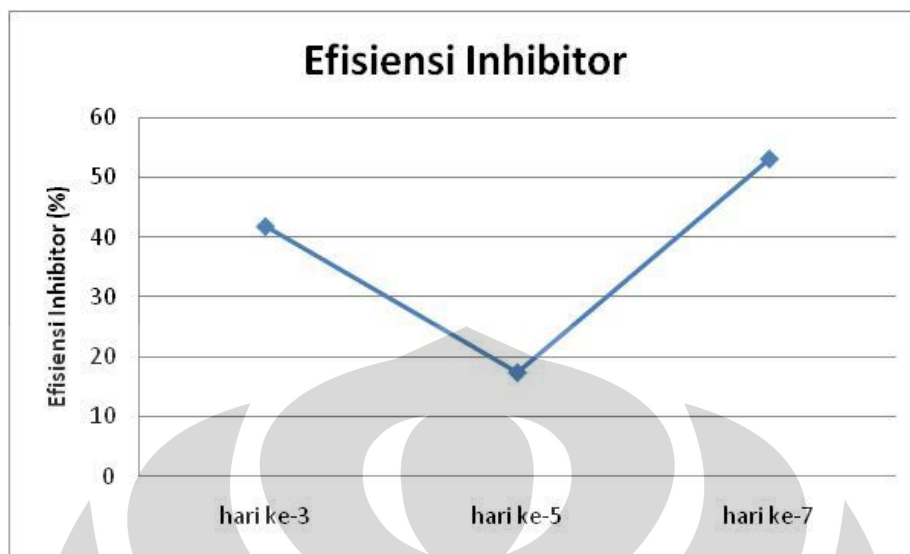
Inhibitor organik beras ketan bekerja baik di lingkungan air tanah. Seperti yang terlihat pada gambar 4.1. dan 4.2. berikut.



Gambar 4.1. Grafik kehilangan berat sebagai fungsi dari waktu perendaman



Gambar 4.2. Grafik laju korosi sebagai fungsi dari waktu perendaman



Gambar 4.3. Efisiensi Inhibitor

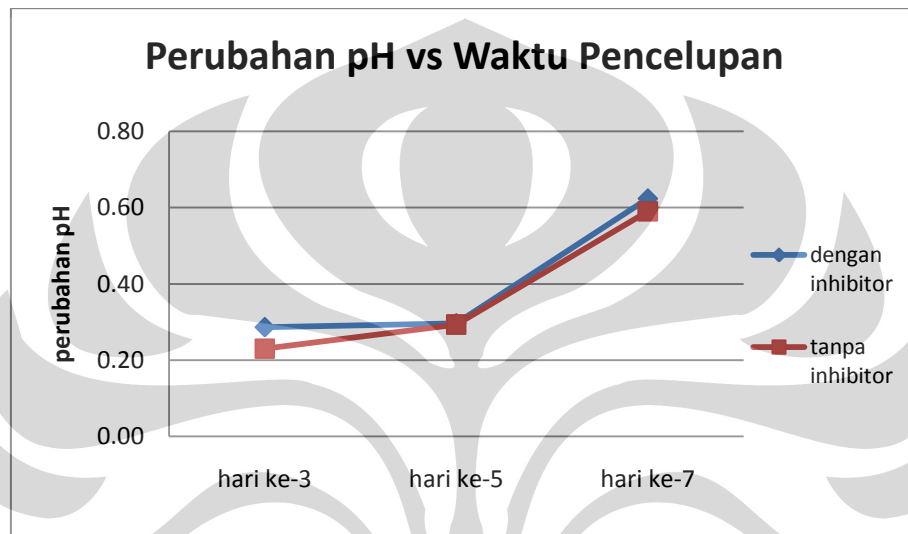
Pada hari ke-3, laju korosi turun dari 15,6644 mpy menjadi 9,1255 mpy atau mengalami penurunan sebesar 41,7437%. Pada hari ke-5, laju korosi turun dari 9,0510 mpy menjadi 7,4742 mpy atau mengalami penurunan sebesar 17,4211%. Pada hari ke-7, laju korosi turun dari 53,0006%.

Disini inhibitor bekerja baik, yang ditandai dengan penurunan laju korosi seiring dengan lamanya waktu pencelupan, dengan efisiensi dari inhibitor paling tinggi pada hari ke-7 dan paling rendah pada hari ke-5.

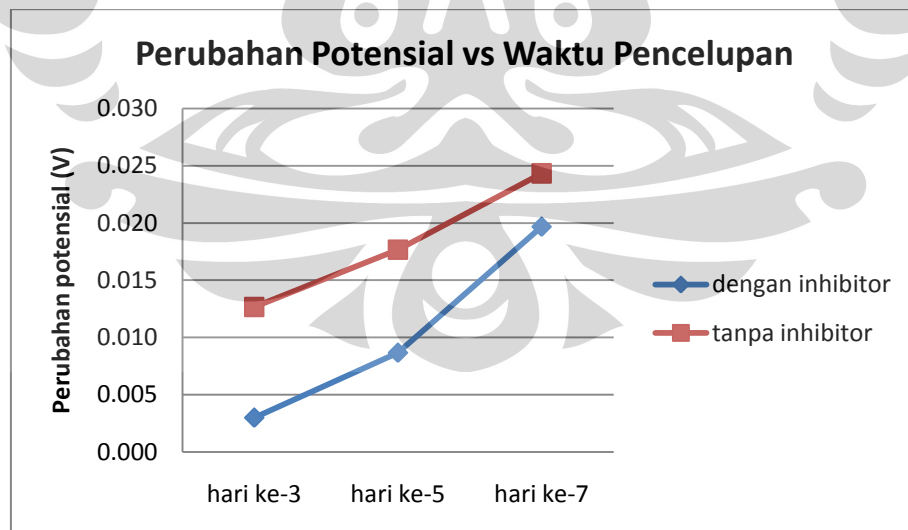
Dari data visual, dapat menjelaskan penurunan laju korosi pada hari ke-5 tanpa inhibitor. Elektrolit air tanah yang digunakan adalah air tanah dengan $LSI > 0$, sehingga air cenderung mengendapkan $CaCO_3$ pada permukaan logam yang berfungsi sebagai lapisan protektif. Pada hari ke-5 tanpa inhibitor, diperkirakan banyak terdapat endapan $CaCO_3$ dipermukaan sampel, dapat dilihat dari laju korosi pada 9, 10, dan 11 dimana laju korosi tanpa penambahan inhibitor menurun dibandingkan hari ke-3 tanpa inhibitor kemudian naik lagi pada hari ke-7 tanpa inhibitor. Endapan yang melekat longgar atau tidak kuat pada permukaan logam, sehingga memungkinkan korosi untuk terjadi dibawah endapan yang terbentuk, sehingga terjadi peningkatan laju korosi pada hari ke-7 walaupun endapan $CaCO_3$ dipermukaan sampel cukup tebal (lihat lampiran).

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. - 4.6. berikut.



Gambar 4.4. Grafik perubahan pH sebagai fungsi dari waktu pencelupan



Gambar 4.5. Grafik perubahan potensial sebagai fungsi dari waktu pencelupan

Dari gambar 4.4., dapat dilihat bahwa inhibitor organik beras ketan menaikkan pH, pada hari ke-3 pH rata-rata naik dari 7,00 menjadi 7,28 dengan kenaikan rata-rata pada hari ke-3 adalah 0,28, pada hari ke-5 pH rata-rata naik dari 7,01 menjadi 7,31 kenaikan rata-rata pada hari ke-5 adalah 0,31, dan pada hari ke-7 pH rata-rata naik dari 7,26 menjadi 7,88 kenaikan rata-rata pada hari ke-7 adalah 0,62. Dari gambar 4.4., didapat hubungan bahwa semakin besar perubahan pH semakin kecil laju korosi yang dihasilkan.

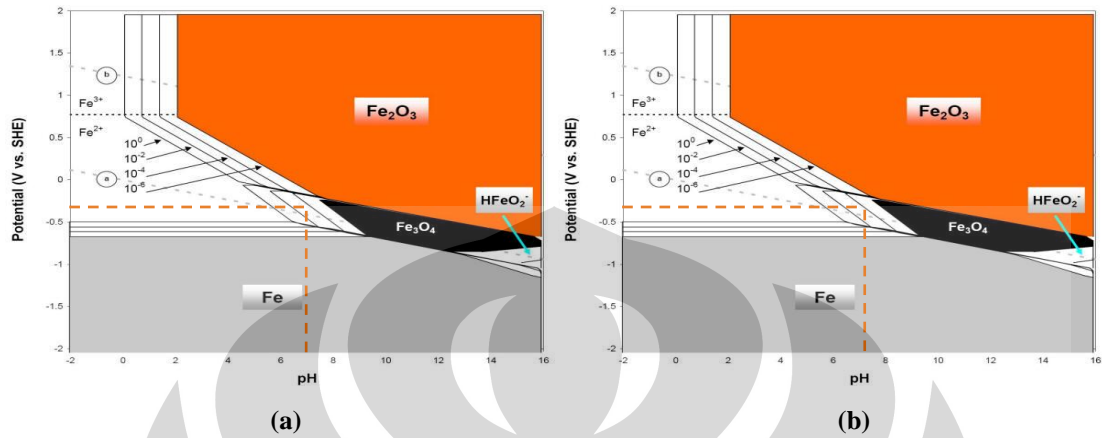
Dari gambar 4.5., dapat dilihat bahwa inhibitor organik menurunkan nilai potensial dibandingkan tanpa ditambahkan inhibitor pada setiap variabel waktu pencelupan. Pada hari ke-3, inhibitor menurunkan perubahan potensial rata-rata dari 0,013 V menjadi 0,003 V, pada hari ke-5 menurunkan perubahan potensial rata-rata dari 0,018 V menjadi 0,009 V, dan pada hari ke-7 menurunkan perubahan potensial rata-rata dari 0,024 V menjadi 0,020 V.

Dari gambar 4.6., dapat dilihat bahwa inhibitor menaikkan perubahan potensial rata-rata pada setiap variabel waktu pencelupan sehingga laju korosi menjadi terhambat. Sedangkan tanpa inhibitor, menaikkan perubahan potensial rata-rata tetapi laju korosi menjadi meningkat.

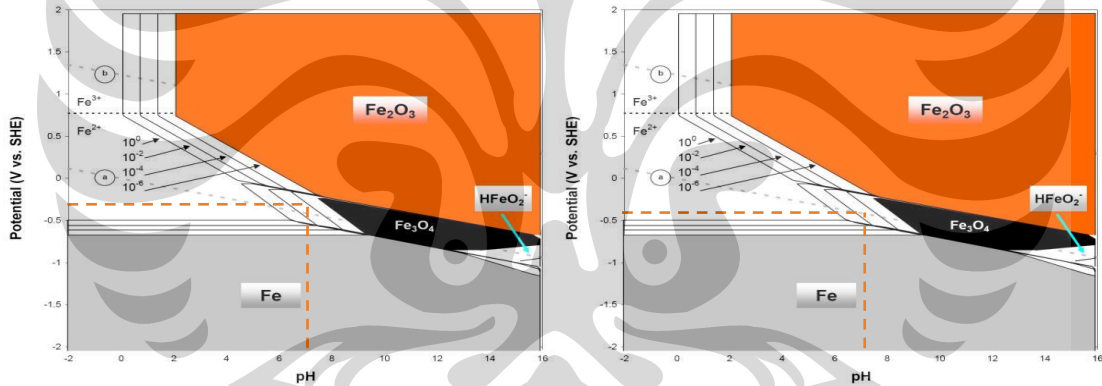
pH awal rata-rata dan potensial awal rata-rata pada setiap variabel waktu digambar di diagram pourbaix Fe untuk mengetahui kondisi awal sampel. Setelah itu digambar pula pH akhir rata-rata dan potensial akhir rata-rata pada setiap variabel waktu untuk mengetahui pengaruh lingkungan yang diberikan oleh inhibitor terhadap keadaan sampel.

Tabel 4.5. pH dan potensial awal serta akhir

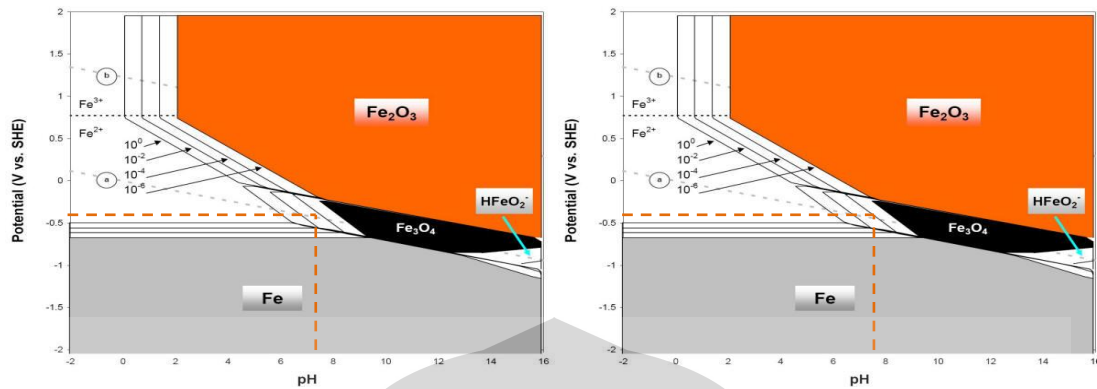
Perlakuan	Awal		Akhir	
	pH	potensial	pH	potensial
hari ke-3 dengan inhibitor	7.00	-0.392	7.28	-0.389
hari ke-5 dengan inhibitor	7.01	-0.382	7.31	-0.373
hari ke-7 dengan inhibitor	7.26	-0.418	7.88	-0.398



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 .

BAB V

KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

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

1. Pengujian laju korosi dengan metode kehilangan berat menunjukkan:
 - Inhibitor bekerja baik dilingkungan air tanah
Pada hari ke-3 laju korosi rata-rata turun dari 15,6644 mpy menjadi 9,1255 mpy, pada hari ke-5 laju korosi rata-rata turun dari 9,0510 mpy menjadi 7,4742 mpy, dan pada hari ke-7 laju korosi rata-rata turun dari 14,0385 mpy menjadi 6,5980 mpy.
 - Penambahan inhibitor menurunkan laju korosi menurun seiring dengan lamanya waktu perendaman
Pada hari ke-3 laju korosi rata-rata adalah 9,1255 mpy, pada hari ke-5 laju korosi rata-rata adalah 7,4742 mpy, dan pada hari ke-7 laju korosi rata-rata adalah 6,5980 mpy.
 - Waktu efisien dari inhibitor adalah pada saat perendaman hari ke-7
Pada hari ke-3 efisiensi inhibitor adalah 41,7437%, pada hari ke-5 efisiensi inhibitor adalah 17,4211%, pada hari ke-7 efisiensi inhibitor adalah 53,0006%.
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 0,23 tanpa inhibitor menjadi 0,29 dengan inhibitor. Pada hari ke-5 perubahan pH rata-rata turun dari 0,29 tanpa inhibitor menjadi 0,30 dengan inhibitor. Pada hari ke-7 perubahan pH rata-rata naik dari 0,59 tanpa inhibitor menjadi 0,62 dengan inhibitor.

- Perubahan pH rata-rata tanpa inhibitor terbesar pada hari ke-7
Pada hari ke-3 perubahan pH rata-rata 0,23. Pada hari ke-5 perubahan pH rata-rata 0,29. Pada hari ke-7 perubahan pH rata-rata 0,59.
 - Perubahan pH rata-rata dengan inhibitor terbesar pada hari ke-7
Pada hari ke-3 perubahan pH rata-rata 0,29. Pada hari ke-5 perubahan pH rata-rata 0,30. Pada hari ke-7 perubahan pH rata-rata 0,62.
3. Pada pengukuran potensial, didapat
- Dengan inhibitor, didapat perubahan potensial rata-rata paling besar di hari ke-5
Pada hari ke-3 perubahan potensial rata-rata 0,003 V. Pada hari ke-5 perubahan potensial rata-rata 0,009 V. Pada hari ke-7 perubahan potensial rata-rata 0,020 V.
 - Tanpa inhibitor, didapat perubahan potensial potensial paling besar di hari ke-5
Pada hari ke-3 perubahan potensial rata-rata 0,13 V. Pada hari ke-5 perubahan potensial rata-rata 1,00 V. Pada hari ke-7 perubahan potensial rata-rata 0,72 V.
4. Dari pengukuran potensial dan pH:
- Inhibitor tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap perubahan potensial dan pH

DAFTAR ACUAN

- [1] Fontana, G. 1986. "*Corrossion Engineering*". New York: McGraw-Hill Book Company.
- [2] Jones, Denny. 1992. "*Principles and Prevention of Corrosion*". New York: Macmillan Publishing Company.
- [3] Tjitro, Soejono, Juliana Anggono, dan Heri Hariyono. "Pengaruh Lingkungan Terhadap Efisiensi Inhibisi Asam Askorbat (Vitamin C) pada Laju Korosi Tembaga". Oktober 1999.
<<http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/mes/article/viewPDFInterstitial/15901/15893>>
- [4] Dalimunthe, Indra Surya. "Kimia dari Inhibitor Korosi". Universitas Sumatera Utara.
- [5] Carbon and Alloy Steel, ASM Speciality Handbook, 1996.
- [6] Shreir, L. L, "*Corrosion Metal/Environment Reactions Volume 1 3rd edition*", Butterworth-Heinemann, 2000.
- [7] Nathan, C. C. "*Corrosion Inhibitor*". National of Corrosion Engineering: Houson, Texas 1979.
- [8] 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>
- [9] Riggs Jr, L. "*Theoretical Aspects of Corrosion Inhibitors and inhibition*".
- [10] Ahmad, Zaki, "*Principles of Corrosion Engineering and Corrosion Control*", Elsevier Science & Technology Book, 2006.
- [11] Balysis, D. A dan D. H. Deacon, "*Steelwork Corrosion Control Second Edition*", Taylor & Francis e-library, 2004.
- [12] Corus Construction & Industrial, "*The Prevention of Corrosion on Structural Steelwork*".
- [13] H. H. Uhlig dan R. w. Revie, "*Corrosion and Corrosion Control 3rd Edition*" Wiley: New York, 1985.

- [14] Laurie S, McNeill, dan Marc Edwards, "*Chapter 3: The Importance of Temperature in Assessing Iron Pipe Corrosion in Water Distribution System*", 16 Juni 2008.

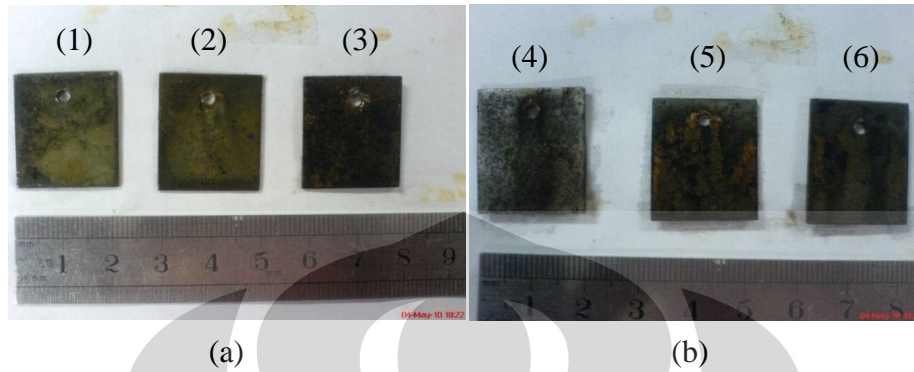
<http://scholar.lib.vt.edu/these/available/etd-07102000-12010045/unrestricted/ch3.pdf>



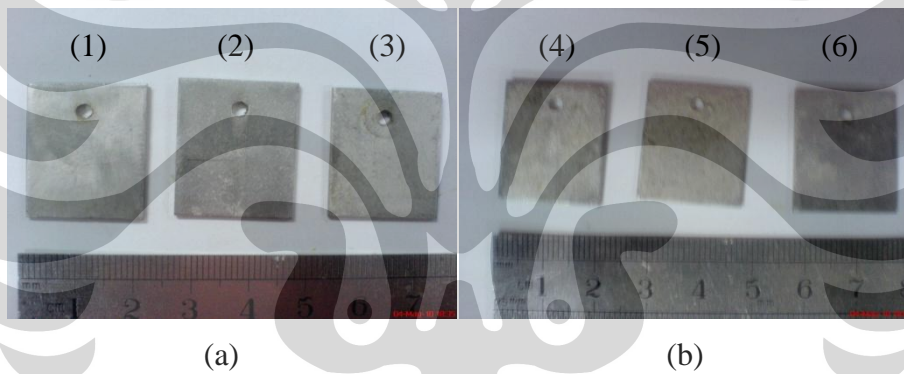


LAMPIRAN A
PENGAMATAN VISUAL

1. Foto pengamatan hari ke-3

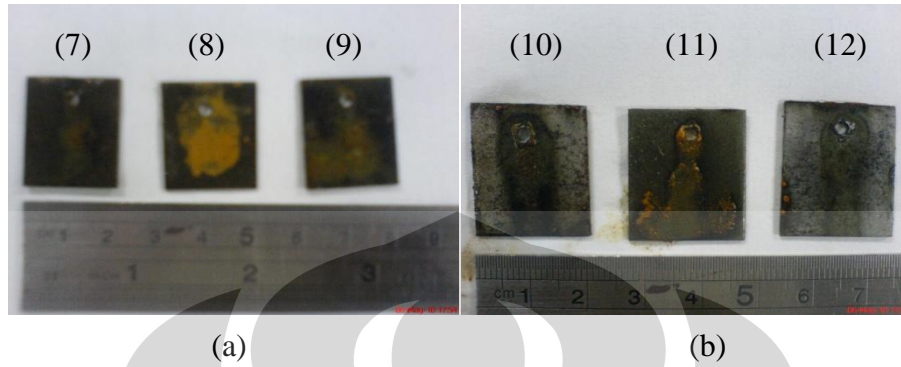


Gambar 6.1. (a) foto sampel (1), (2), dan (3): dengan inhibitor; (b) foto sampel (4), (5), dan (6): tanpa inhibitor

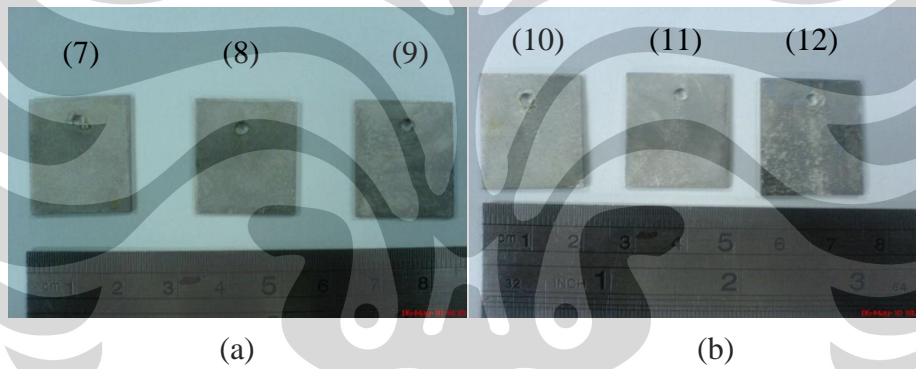


Gambar 6.2. (a) foto sampel (1), (2), dan (3): dengan inhibitor setelah *dipickling*; (b) foto sampel (4), (5), dan (6): tanpa inhibitor setelah *dipickling*

2. Foto Pengamatan hari ke-5

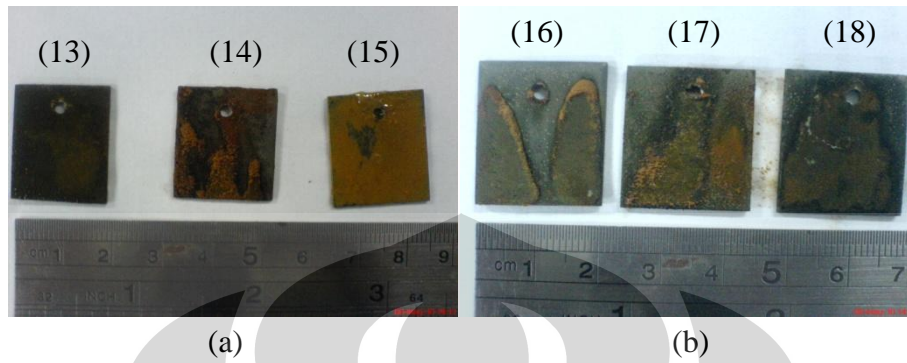


Gambar 6.3. (a) foto sampel (7), (8), dan (9): dengan inhibitor; (b) foto sampel (10), (11), dan (12): tanpa inhibitor

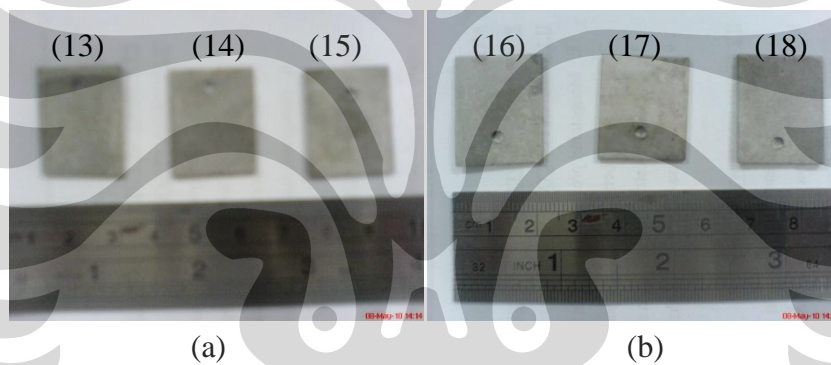


Gambar 6.4. (a) foto sampel (7), (8), dan (9): dengan inhibitor setelah dipickling; (b) foto sampel (10), (11), dan (12): tanpa inhibitor setelah dipickling

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



LAMPIRAN B
STANDAR PENGUJIAN

[1] ASTM Designation G 31-72 Standard Practice For Laboratory Immersion Corrosion Testing Of Metals:

- ASTM Designation G 31-72 Pasal (8.9.2) untuk volum larutan dan perbandingannya terhadap luas permukaan kupon.
- ASTM Designation G 31-72 Pasal (8.11.4.2) untuk durasi waktu uji rendam.
- ASTM Designation G 31-72 Pasal (11) untuk perhitungan laju korosi (mpy).

[2] NACE Standard RP0775-2005 Item No. 21017 Standard Recommended Practice Preparation, Installation, Analysis, And Interpretation Corrosion Coupons In Oilfield Operations:

- NACE Standard RP0775-2005 Item No. 21017 Pasal (2.3) untuk pembersihan kupon.

