



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI PENGARUH WAKTU RENDAM INHIBITOR
ORGANIK RAMAH LINGKUNGAN PADA BAJA SPCC
DALAM LINGKUNGAN AIR LAUT**

SKRIPSI

RANDHA A LEORAIANTA

0606075196

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL**

DEPOK

Desember 2010



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI PENGARUH WAKTU RENDAM INHIBITOR
ORGANIK RAMAH LINGKUNGAN PADA BAJA SPCC
DALAM LINGKUNGAN AIR LAUT**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana

RANDHA A LEORAIANTA

0606075196

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL
DEPOK
Desember 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 : Randha A Leoraianta

NPM : 0606075196

Tanda Tangan :



Tanggal : 29 Desember 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Randha A. Leoraranta
NPM : 0606075196
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Judul Skripsi : Studi Pengaruh Waktu Rendam Inhibitor Organik
Ramah Lingkungan Pada Baja SPCC Dalam
Lingkungan Air Laut

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 S., DEA

Penguji 1 : Andi Rustandi, Ir. MT.

Penguji 2 : Sutopo, Dr. Ir. M,Sc.

Penguji 3 : Ayende, ST. MKKK

Ditetapkan : Depok, 29 Desember 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 Air Tanah 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. Johny 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 (Ir. Amril dan Ernita S.E), yang telah memberikan bantuan dukungan moral dan material.
5. Kedua adikku (Nindy Rizkia Sabarela dan Nabila Putri Salsabila) yang menjadi pemacu semangatku.

10. Sanak Saudara yang telah menjembatanku hingga sampai ke tahap ini (Om Kambo, Mak Tuo, Pak Tuo Beta, dan Mereka yang kepadanya aku berhutang budi).
11. Teman – teman seperjuangan di Depok :
 - a. Tim Skripsi: Farhan, Fahmi, Fadil
 - b. Sahabat yang sungguh berjasa besar : Ichi, Edo, Widy, Ises, Nining, Yozi, Meria, Hanum, dan kalian yang tak akan pernah tergantikan.
 - c. Teman Sekamarku Alfi Asra. Teruskan perjuanganmu kawan, walaupun itu berat rasanya.
 - d. Teman – teman yang mengajarkanku kerasnya hidup : Rio, Menot, Jum, Didoy, Bayu, dan Penghuni tetap Fabulous lainnya.
 - e. Sahabat di lingkungan teknik : Wielder, Raja, Dipta, Bang Cak, Bang Cip, dan segenap krunya.
 - f. Dan Teman-teman seperjuangan lainnya, yang telah mengukir kenangan indah di Fakultas Teknik. Semoga apa yang kita perjuangkan ini berbuah manis nantinya. Amin. Terima kasih banyak, teman.

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, 29 Desember 2010

Randha A Leoraianta

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Randha A Leoraianta
NPM : 0606075196
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Departemen : Metalurgi dan Material
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

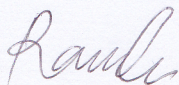
Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Nonexclusive Royalty – Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Studi Pengaruh Waktu Rendam Inhibitor Organik Ramah Lingkungan pada Baja SPCC dalam Lingkungan Air Laut

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 : 29 Desember 2010

Yang Menyatakan



(Randha A Leoraianta)

ABSTRAK

Nama : Randha A Leoraianta
Program studi : Teknik Metalrgi dan Material
Judul : Studi Pengaruh Waktu Rendam Inhibitor Organik Ramah
Lingkungan Pada Baja SPCC dalam Lingkungan Air Laut

Korosi berpotensi menjadi sebuah masalah yang besar pada aplikasi yang menggunakan logam, contohnya dibidang industri minyak dan gas. Proses korosi akan mengakibatkan kerugian baik secara langsung maupun tidak langsung. Kerugian langsung seperti biaya penggantian material, biaya perawatan, *over-design*, dll. Kerugian tidak langsung seperti *plant shutdown*, *lost production*, kontaminasi produk, dll. Salah satu cara untuk menangani masalah korosi ini adalah dengan menggunakan inhibitor.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh teh hijau sebagai inhibitor organik ramah lingkungan pada lingkungan air laut dan mengetahui efisiensi ekstrak teh hijau terhadap waktu pengujian. Untuk mencapai tujuan dari penelitian ini, maka diadakan suatu pengujian dalam skala laboratorium dengan menggunakan baja SPCC dalam lingkungan air laut, dengan menggunakan inhibitor dari ekstrak teh hijau yang mengandung zat anti oksidan polifenol dan turunannya serta zat kafein yang diasumsikan keduanya dapat menekan laju korosi. Pengujian laju korosi menggunakan metode kehilangan berat dimana sampel baja SPCC direndam dalam air laut selama 3, 5, dan 7 hari.

Dalam penelitian ini dapat disimpulkan ekstrak teh bekerja baik dilingkungan air laut karena terjadi penurunan laju korosi antara perendaman dengan inhibitor dan perendaman tanpa inhibitor terhadap lamanya waktu pengujian. Penurunan laju korosi terbesar pada hari ke-3, yaitu sebesar 32%.

Kata kunci:

Korosi, perlindungan korosi, inhibitor organik, teh hijau, korosi pada lingkungan air laut.

ABSTRACT

Name : Randha A Leoraianta
Study Program : Metallurgy and Material Engineering
Tittle : Immersion Time Effect of Environment-Friendly Organic
Inhibitor at SPCC Steel in Sea Water Environments

Corrosion potential to become a major problem in applications that use the metal, for example in the field of oil and gas industry. Corrosion process will result in loss either directly or indirectly. Direct losses such as material replacement costs, maintenance costs, over-design, etc.. Indirect losses such as plant shutdown, lost production, product contamination, etc.. One way to handle this problem is to use a corrosion inhibitor.

This study aims to determine the effect of green tea as an environmentally friendly organic inhibitors on the environment know the efficiency of sea water and green tea extract against time pengujian. Untuk achieve the objectives of this study, then conducted a test in a laboratory scale using SPCC steel in sea water environment, by using inhibitors from green tea extract containing anti-oxidant polyphenol and caffeine derivatives and substances which are assumed that they can suppress the corrosion rate. Tests for the corrosion rate using weight loss method in which SPCC steel samples immersed in sea water for 3, 5, and 7 days.

In this research suggested tea extracts worked well in the environment of sea water due to a decline in the rate of corrosion between immersion with inhibitor and without inhibitor immersion of the test duration. The biggest decrease in corrosion rate on day 3, ie by 32%.

Keywords:

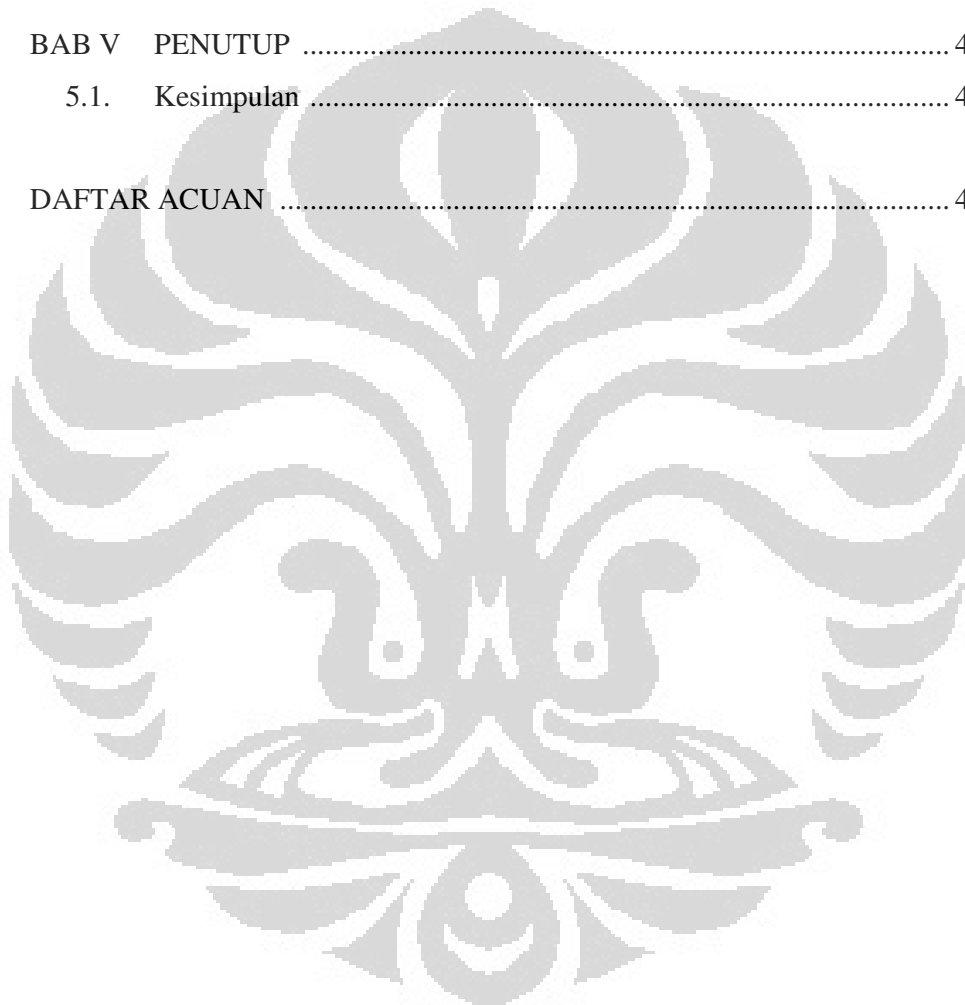
Corrosion, corrosion protection, organic inhibitors, green tea, corrosion in sea water environment

DAFTAR ISI

JUDUL TUGAS AKHIR	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Ruang Lingkup Penelitian	4
1.5. Sistematika Penelitian	5
BAB II TEORI PENUNJANG	6
2.1. Korosi	6
2.2. Kinetika Korosi	8
2.3. Pasifitas dan Kerusakan Pasifitas	9
2.4. Jenis-Jenis Korosi	11
2.4.1. Korosi Uniform	11
2.4.2. Korosi Sumuran (Pitting Corrosion)	11
2.4.3. Korosi Erosi	12
2.4.4. Korosi Galvanik	13
2.5. Korosi pada Baja	14
2.6. Korosi Baja pada Lingkungan Air	14
2.7. Komposisi Air	15

2.7.1.	pH	15
2.7.2.	Gas yang Terlarut (Dissolved Gas)	16
2.7.3.	Hardness	16
2.7.4.	Ion Klorida	18
2.8.	Perlindungan Korosi	18
2.8.1.	Proteksi Katodik (Cathodic Protection)	18
2.8.2.	Lapisan Pelindung (Protective Coating)	19
2.8.3.	Pemilihan Material (Material Selection)	19
2.8.4.	Inhibitor	19
2.9.	Inhibitor Organik	20
2.10.	Pengukuran Laju Korosi dengan Metode Kehilangan Berat	21
2.11.	Efisiensi Inhibitor	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		22
3.1.	Diagram Alir Penelitian	22
3.2.	Alat dan Bahan	23
3.2.1.	Alat	23
3.2.2.	Bahan	23
3.3.	Prosedur Penelitian	25
3.3.1.	Preparasi Sampel	25
3.3.2.	Persiapan Larutan	25
3.3.3.	Pembuatan Inhibitor	26
3.3.4.	Perendaman Sampel dalam Larutan	27
3.3.5.	Pengambilan Data	27
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.	Pengamatan Visual Terhadap Penambahan Inhibitor	34
4.2.2.	Pengaruh Inhibitor Terhadap Laju Lorosi	34
4.2.3.	Pengaruh Inhibitor Terhadap Perubahan pH Larutan	37
4.2.4.	Pengaruh Inhibitor Terhadap Perubahan Potensial	39
4.2.5.	Efisiensi Inhibitor	43
BAB V	PENUTUP	44
5.1.	Kesimpulan	44
DAFTAR ACUAN	46

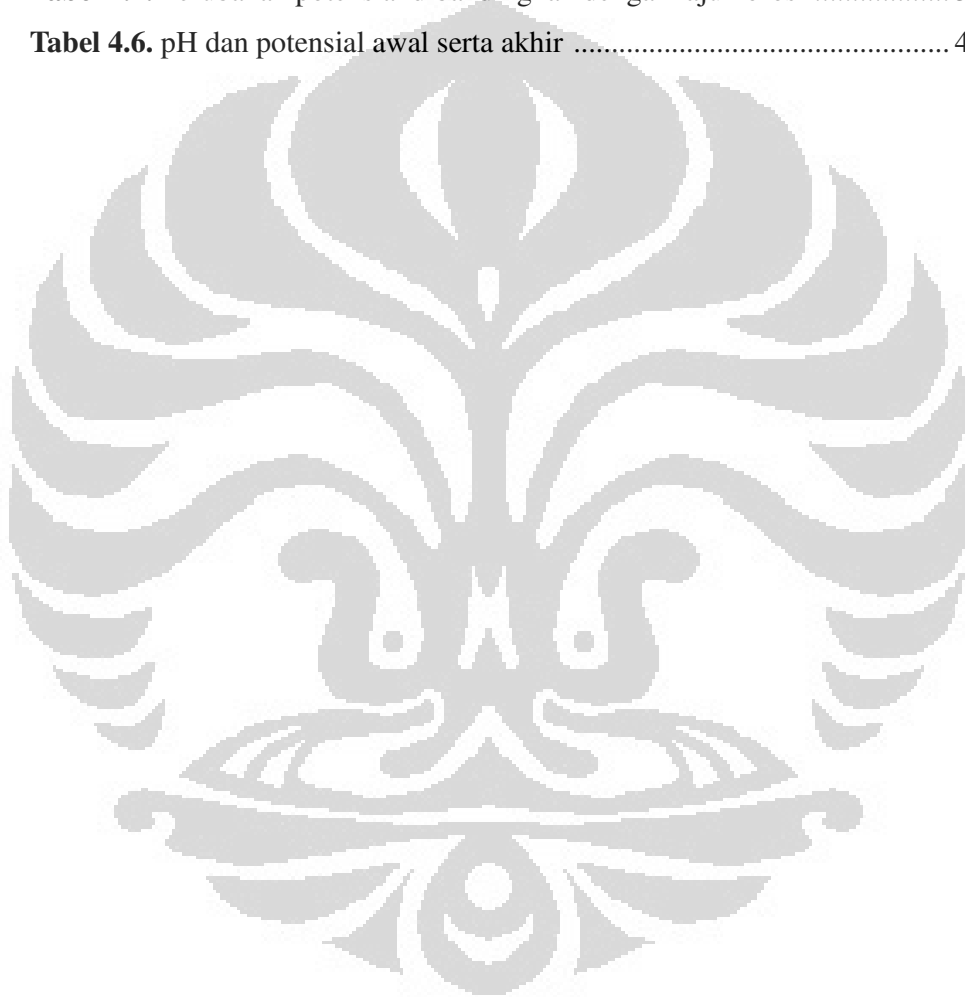


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Ilustrasi skema penggambaran proses korosi	8
Gambar 2.2. Daerah aktif, pasif, dan kerusakan pasifitas (pitting) pada kurva polarisasi	10
Gambar 2.3. Korosi uniform	11
Gambar 2.4. Korosi sumuran dan bentuk-bentuknya	12
Gambar 2.5. Skema korosi erosi	12
Gambar 2.6. Korosi kavitas	13
Gambar 2.7. Skema <i>fretting</i>	13
Gambar 2.8. Korosi galvanik	13
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian	22
Gambar 3.2. Sampel pengujian	26
Gambar 4.1. Grafik kehilangan berat sebagai fungsi dari waktu perendaman	35
Gambar 4.2. Grafik laju korosi sebagai fungsi dari waktu perendaman	35
Gambar 4.3. Grafik perubahan pH sebagai fungsi dari waktu pencelupan	37
Gambar 4.4. Grafik laju korosi sebagai fungsi dari perubahan pH	38
Gambar 4.5. Grafik perubahan potensial sebagai fungsi dari waktu pencelupan	39
Gambar 4.6. Grafik laju korosi sebagai fungsi dari perubahan potensial	40
Gambar 4.7. Diagram pourbaix dan hasil penggambaran pH dan potensial hari ke-3 dengan inhibitor (a) kondisi awal; (b) kondisi akhir	41
Gambar 4.8. Diagram pourbaix dan hasil penggambaran pH dan potensial hari ke-5 dengan inhibitor (a) kondisi awal; (b) kondisi akhir	42
Gambar 4.9. Diagram pourbaix dan hasil penggambaran pH dan potensial hari ke-7 dengan inhibitor (a) kondisi awal; (b) kondisi akhir	42
Gambar 4.10 Efisiensi Inhibitor terhadap lama perendaman	43

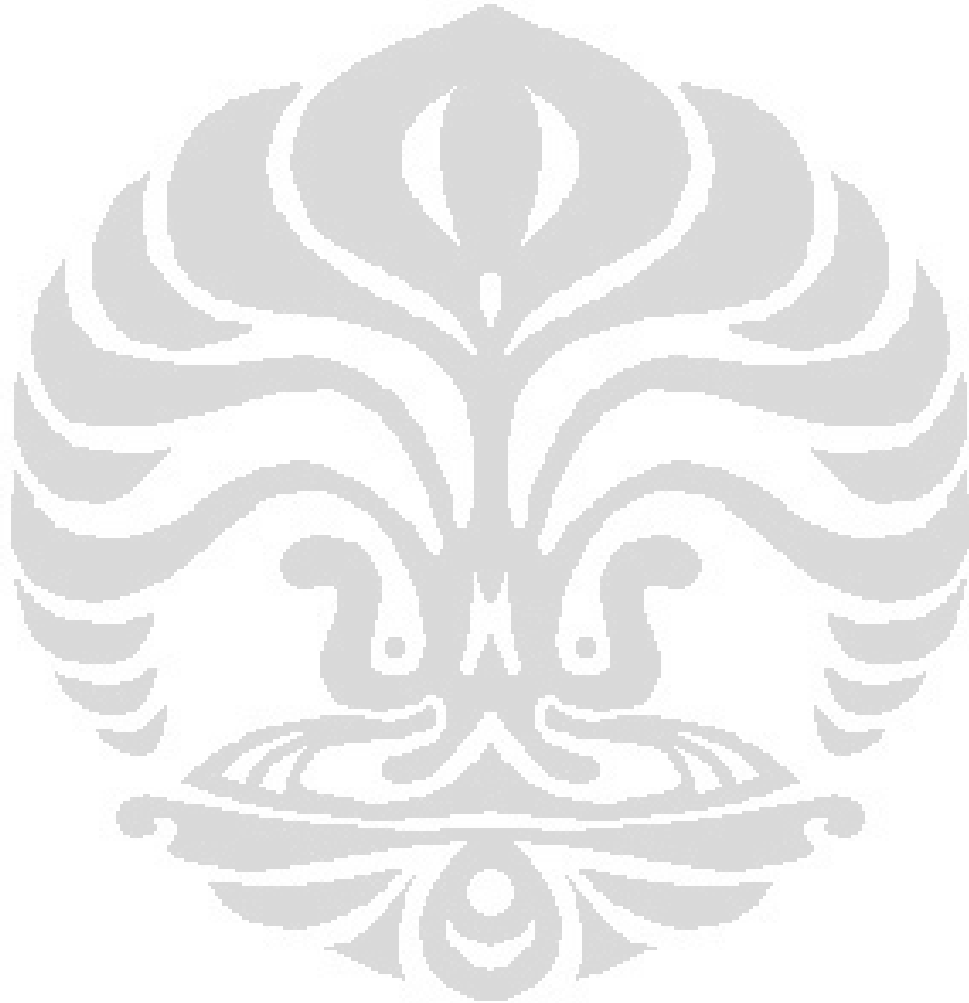
DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Data luas permukaan, massa, dan densitas	24
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 4.6. pH dan potensial awal serta akhir	41



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran Foto Hasil Pengujian 47



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Korosi dapat didefinisikan dalam banyak cara. Beberapa definisi yang sangat sempit dan berkuat pada bentuk korosi yang spesifik, sementara yang lain cukup luas dan mencakup berbagai bentuk kemerosotan. Kata korosi berasal dari bahasa Latin *corrodere*, yang berarti “menggerogoti hingga berkeping-keping”. Definisi umum dari korosi adalah mengkonsumsi atau mengikis secara bertahap, seolah-olah digerogoti. Untuk penelitian kali ini, korosi dapat didefinisikan sebagai reaksi kimia atau elektrokimia antara bahan, biasanya logam, dan lingkungannya yang menghasilkan kerusakan pada material dan propertinya. Pada umumnya proses korosi tidak dapat dihentikan sama sekali karena merupakan suatu proses alami yang akan terjadi saat suatu logam kontak dengan lingkungannya. Namun proses korosi dapat diminimalisir dan dikendalikan atau diperlambat lajunya dengan memperlambat proses perusakannya^[1].

Korosi berpotensi menjadi sebuah masalah yang besar pada aplikasi yang menggunakan logam, contohnya dibidang industri minyak dan gas. Proses korosi akan mengakibatkan kerugian baik secara langsung maupun tidak langsung. Kerugian langsung seperti biaya penggantian material, biaya perawatan, *over-design*, dll. Kerugian tidak langsung seperti *plant shutdown*, *lost production*, kontaminasi produk, dll.

Yang tidak kalah pentingnya adalah konsekuensi social dari korosi. Konsekuensi itu tercakup dalam isu-isu berikut:

1. Keamanan, misalnya, kegagalan tiba-tiba dapat menyebabkan kebakaran, ledakan, pelepasan produk beracun, dan runtuhnya konstruksi.
2. Kesehatan, misalnya, polusi karena terlepasnya produk dari peralatan terkorosi atau karena produk korosi itu sendiri.
3. Menipisnya sumber daya alam, logam dan termasuk bahan bakar yang digunakan untuk pembuatannya.
4. Penampilan barang-barang yang terkorosi sangat tidak enak di pandang.

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 penambahan zat dalam jumlah yang sangat sedikit (40-80 ppm) pada suatu lingkungan tertentu sehingga dapat menurunkan laju korosi suatu logam. Inhibitor memiliki beberapa mekanisme kerja diantaranya adalah

- 1) Pembentukan lapisan tipis pada permukaan dengan ketebalan beberapa molekul inhibitor pada permukaan logam karena permukaan logam mengadsorpsi inhibitor
- 2) Melalui pengaruh lingkungan atau pH dari lingkungan menyebabkan inhibitor mengendap pada permukaan logam dan teradsorpsi sehingga membentuk lapisan yang melindungi dari serangan korosi
- 3) Inhibitor melakukan korosi terlebih dahulu terhadap logam dan menghasilkan suatu zat kimia dan mengalami proses adsorpsi pada zat tersebut dan menghasilkan suatu lapisan pasif
- 4) Penghilangan konstituen yang agresif dari lingkungannya.

Bahan atau zat – zat kimia yang memiliki potensial untuk dikembangkan sebagai inhibitor sangat banyak namun dari kalangan industri masih tetap menggunakan dan mempercayai inhibitor sintetis. Inhibitor sintetis masih dipercaya karena memiliki kemampuan untuk melindungi dari korosi yang sangat baik serta mudah didapat namun dibalik kelebihan tersebut masih terdapat kekurangan dimana jenis inhibitor ini memiliki bahaya keamanan dan kesehatan dari penggunaan secara terus menerus. Untuk menghindari bahaya pemakaian inhibitor sintesis secara terus menerus, banyak orang mulai beralih kepada inhibitor organik yang aman untuk lingkungan dan kesehatan.

Inhibitor organik umumnya berasal dari ekstrak alam yang mengandung atom N, O, P, S dan atom – atom yang memiliki pasangan elektron bebas. Unsur – unsur ini akan berfungsi sebagai ligan dalam pembentukan senyawa kompleks. 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.

Selain itu juga terdapat zat anti oksidan yang banyak dikandung oleh bahan inhibitor organik diantaranya pada daun teh. Menurut Indigomorie, antioksidan dapat didefinisikan sebagai suatu zat yang dapat memperlambat proses oksidasi.

Untuk mencapai tujuan dari penelitian ini, maka diadakan suatu pengujian dalam skala laboratorium dengan menggunakan baja SPCC dalam lingkungan air laut, dengan menggunakan inhibitor dari ekstrak teh hijau yang mengandung zat anti oksidan polifenol dan turunannya serta zat kafein yang diasumsikan keduanya dapat menekan laju korosi.

1.2. Perumusan Masalah

Korosi merupakan fenomena alam yang akan selalu ada ketika suatu logam kontak langsung dengan lingkungan. Namun fenomena ini membawa dampak buruk terhadap berbagai struktur yang disusun atas material logam karena dapat menyebabkan perpatahan atau kerusakan. Selain itu korosi dari segi ekonomi dapat memberikan kerugian untuk biaya perbaikan dan *loss production*. Korosi merupakan masalah penting dan cukup besar pada berbagai bidang terutama pada bidang industri minyak dan gas.

Korosi yang terjadi pada bidang perminyakan biasanya terjadi pada daerah laut. Air laut merupakan lingkungan yang korosif yang dapat merusak atau menurunkan kuatias dari material. Salah satunya pada pipa elbow di sumur. Pipa elbow di sumur merupakan pipa pertama yang mendapatkan minyak mentah langsung dari perut bumi. Biasanya pada minyak mentah memiliki kontaminasi yang ikut terbawa salah satunya air laut yang ikut masuk ke pipa. Air laut ini dapat menyebabkan korosi pada pipa

elbow ini yang akhirnya dapat menyebabkan kebocoran dan mengganggu produksi. Pencegahan yang dilakukan pada bagian internal dari pipa ini adalah penggunaan inhibitor kedalam pipa tersebut. Inhibitor adalah suatu zat kimia yang dapat mengubah kondisi lingkungan kerja dan ditambahkan dalam jumlah sedikit baik secara kontinyu maupun periodik.

Inhibitor yang banyak digunakan saat ini merupakan inhibitor anorganik atau sintetis. Inhibitor sintetis memiliki mekanisme yang sama yaitu membentuk senyawa kompleks seperti nitrit, kromat, fosfat, urea, fenilalanin, inidazolin, dan senyawa amina. Namun bahan sintetis merupakan berasal dari bahan kimia buatan yang memiliki efek samping akan bahayanya. Selain itu dari faktor ekonomis, bahan – bahan inhibitor sintetis harganya relatif mahal dan tidak ramah lingkungan. Inhibitor organik jarang dipakai untuk sistem proses yang berhubungan langsung dengan manusia seperti pengolahan air produksi, sistem pendingin, dll. Penggunaan inhibitor yang aman, mudah didapat, ramah lingkungan, biaya murah, dan *biodegradable* sangatlah diperlukan untuk menggantikan bahan – bahan yang sintetis karena semua bahan organik sudah tersedia di alam.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah

- 1) Mengetahui pengaruh teh hijau sebagai inhibitor organik pada lingkungan air laut
- 2) Mengetahui mekanisme penghambatan dari teh hijau sebagai inhibitor organik
- 3) Mengetahui efisiensi teh hijau sebagai suatu inhibitor organik terhadap waktu pengujian.
- 4) Mengetahui waktu pakai teh hijau yang efektif sebagai inhibitor organik.

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

- a. Material yang digunakan adalah baja SPCC dengan kondisi awal yang dianggap sama untuk tiap variabel uji berbeda
- b. Inhibitor organik yang digunakan adalah teh hijau merk 'x' dengan variabel konsentrasi 10gpl

- c. Larutan rendam atau elektrolit yang digunakan adalah air laut alami dengan volume yang disesuaikan dengan batas minimum volume kontak larutan terhadap permukaan sampel disesuaikan dengan standar ASTM G-3172
- d. Perhitungan laju korosi dengan metode kehilangan berat (weight loss) yang mengikuti standar ASTM G1-03
- e. Waktu perendaman untuk pengujian dilakukan selama 3,5 dan 7 hari dengan variabel konsentrasi 10 gpl.

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

Ulick R. Evans, ilmuwan Inggris yang dianggap sebagai "Bapa Ilmu Korosi", telah mengatakan bahwa "Korosi secara umum merupakan fenomena elektrokimia, (yang) dapat didefinisikan sebagai perusakan oleh instansi elektrokimia atau kimia ...". Korosi di lingkungan berair dan dalam suatu lingkungan atmosfer (yang juga melibatkan lapisan berair tipis) adalah proses elektrokimia karena korosi melibatkan transfer elektron antara permukaan logam dan larutan elektrolit air. Ini hasil dari kecenderungan yang luar biasa dari logam untuk bereaksi secara elektrokimia dengan oksigen, air, dan zat lain dalam lingkungan berair. Untungnya, logam-logam yang paling berguna pada umumnya bereaksi dengan lingkungan untuk membentuk film kurang lebih protektif terhadap produk reaksi korosi yang mencegah logam dari pergi ke dalam larutan sebagai ion.

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:

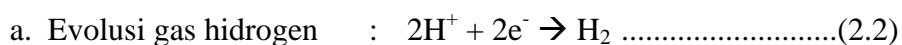
1. Anoda

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

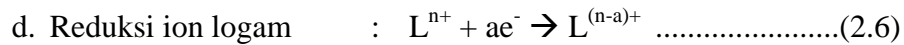
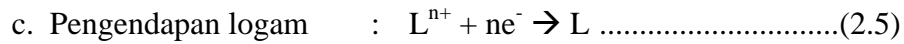
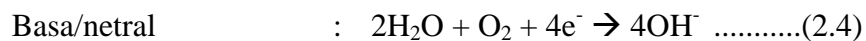
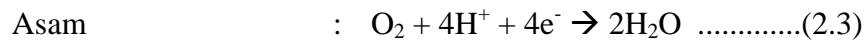


2. Katoda

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.

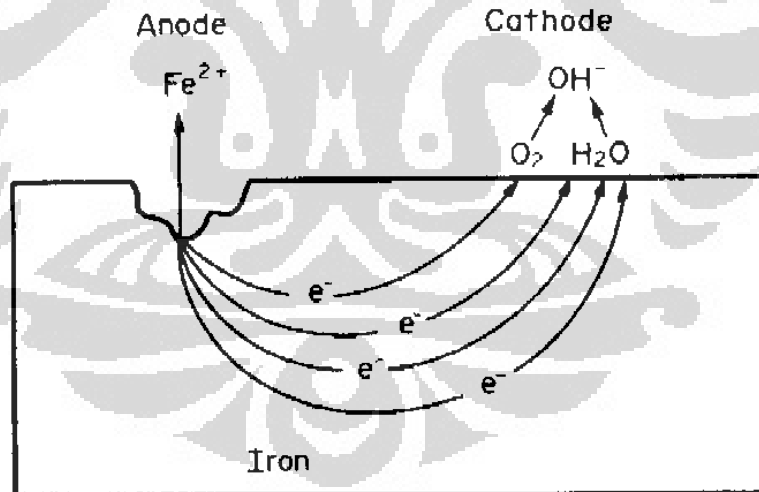
Kondisi 3 akan terpenuhi ketika ion logam dilepaskan ke suatu elektrolit sehingga menyediakan suatu jalan konduksi untuk menghasilkan suatu sirkuit listrik.

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

Permukaan logam yang sama terkena elektrolit air biasanya memiliki situs untuk oksidasi (atau reaksi kimia anodik) yang menghasilkan elektron dalam logam, dan pengurangan (atau reaksi katodik) yang mengkonsumsi elektron yang dihasilkan oleh reaksi anodik. Ini "situs" bersama-sama membuat sebuah "sel korosi". Reaksi anodik adalah pembubaran logam untuk membentuk ion larut baik produk atau senyawa larut dari logam, biasanya oksida. Beberapa reaksi katodik yang mungkin tergantung pada apa yang diturunkan spesies yang hadir dalam larutan. Reaksi yang tipikal adalah pengurangan gas oksigen terlarut, atau pengurangan dari (air) pelarut untuk menghasilkan gas hidrogen. Karena reaksi anodik dan katodik terjadi secara simultan pada permukaan logam, mereka menciptakan suatu sel elektrokimia dari tipe yang ditunjukkan pada Gambar 2. 1.



Gambar 2.1. Ilustrasi skema penggambaran proses korosi

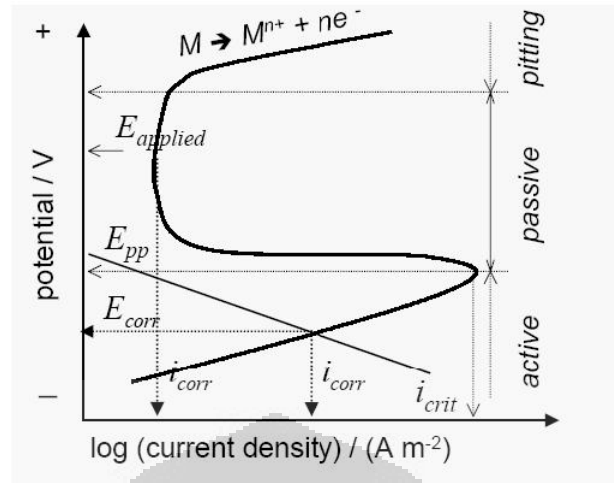
Gambar 2.1. menunjukkan Sel elektrokimia mengatur antara situs anodik dan katodik pada permukaan besi mengalami korosi. Situs dimana reaksi anodik

dan katodik berlangsung, anoda dan katoda dari sel korosi, ditentukan oleh banyak faktor:

1. Mereka tidak selalu tetap di lokasi
2. Mereka dapat berdekatan atau terpisah secara luas sehingga , Misalnya, jika dua logam berada dalam kontak, satu logam bisa menjadi anoda dan katoda lainnya, yang menyebabkan korosi galvanik logam lebih anodik
3. Tidak boleh ada variasi di atas permukaan konsentrasi oksigen di lingkungan yang hasil dalam pembentukan sebuah anoda di situs tersebut terpapar dengan lingkungan yang mengandung kadar oksigen rendah - aerasi diferensial korosi
4. Variasi konsentrasi ion logam atau spesies lain dalam lingkungan, yang timbul karena orientasi spasial dari logam korosi dan gravitasi, atau akhirnya
5. Variasi dalam homogenitas permukaan logam, karena adanya inklusi, fase yang berbeda, batas butir, logam terganggu, dan penyebab lainnya, dapat mengarah pada pembentukan anodik dan katodik situs.

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.



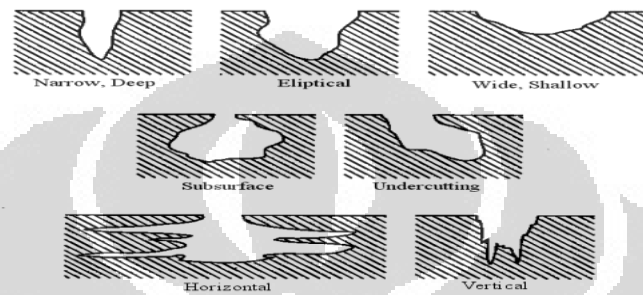
Gambar 2.3. Korosi uniform

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:

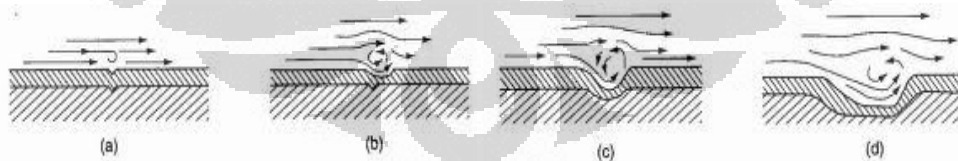
1. Mengalami kerusakan lapisan protektif (lapisan pasif) akibat perlakuan mekanik maupun kimia.
2. Memiliki cacat bentuk yang diakibatkan oleh dislokasi atau slip akibat tegangan tarik.
3. Memiliki komposisi kimia yang heterogen.
4. Adanya inklusi, segregasi, atau presipitasi.



Gambar 2.4. Korosi sumuran dan bentuk-bentuknya

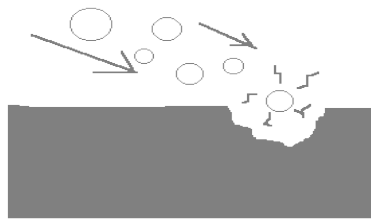
2.4.3. Korosi Erosi

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.



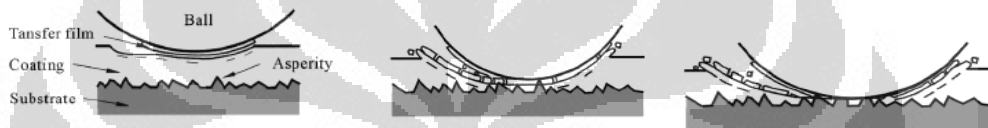
Gambar 2.5. Skema korosi erosi

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 kavitasi

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 terhenti (laju korosi mendekati nol).



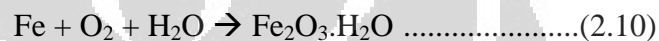
Gambar 2.8. Korosi galvanik

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.

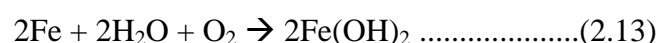
Reaksi korosi yang terjadi pada baja di lingkungan air adalah:



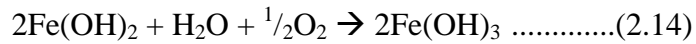
Karena air mengalami kontak dengan atmosfer sehingga mengandung oksigen yang terlarut. Air biasanya bersifat netral, sehingga reaksi katodik yang terjadi adalah reduksi oksigen.



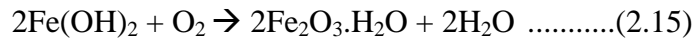
Secara keseluruhan, reaksi yang terjadi adalah:



$\text{Fe}(\text{OH})_2$ 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 *hidrat 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*)

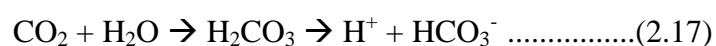
Oksigen dan karbon dioksida merupakan gas terlarut yang paling penting di air. Oksigen merupakan penerima elektron yang dihasilkan oleh logam untuk terjadinya reaksi korosi logam pada air, sehingga jika jumlah oksigen yang terlarut terbatas maka laju korosi terbatas [14]. Laju oksigen mencapai permukaan 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].

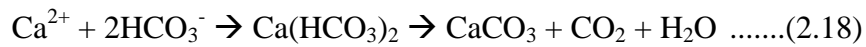
2.7.3. *Hardness*

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

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

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

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

Jika $LSI < 0$; air akan melarutkan CaCO_3

$LSI > 0$; akan terbentuk endapan CaCO_3

$LSI = 0$; 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:

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

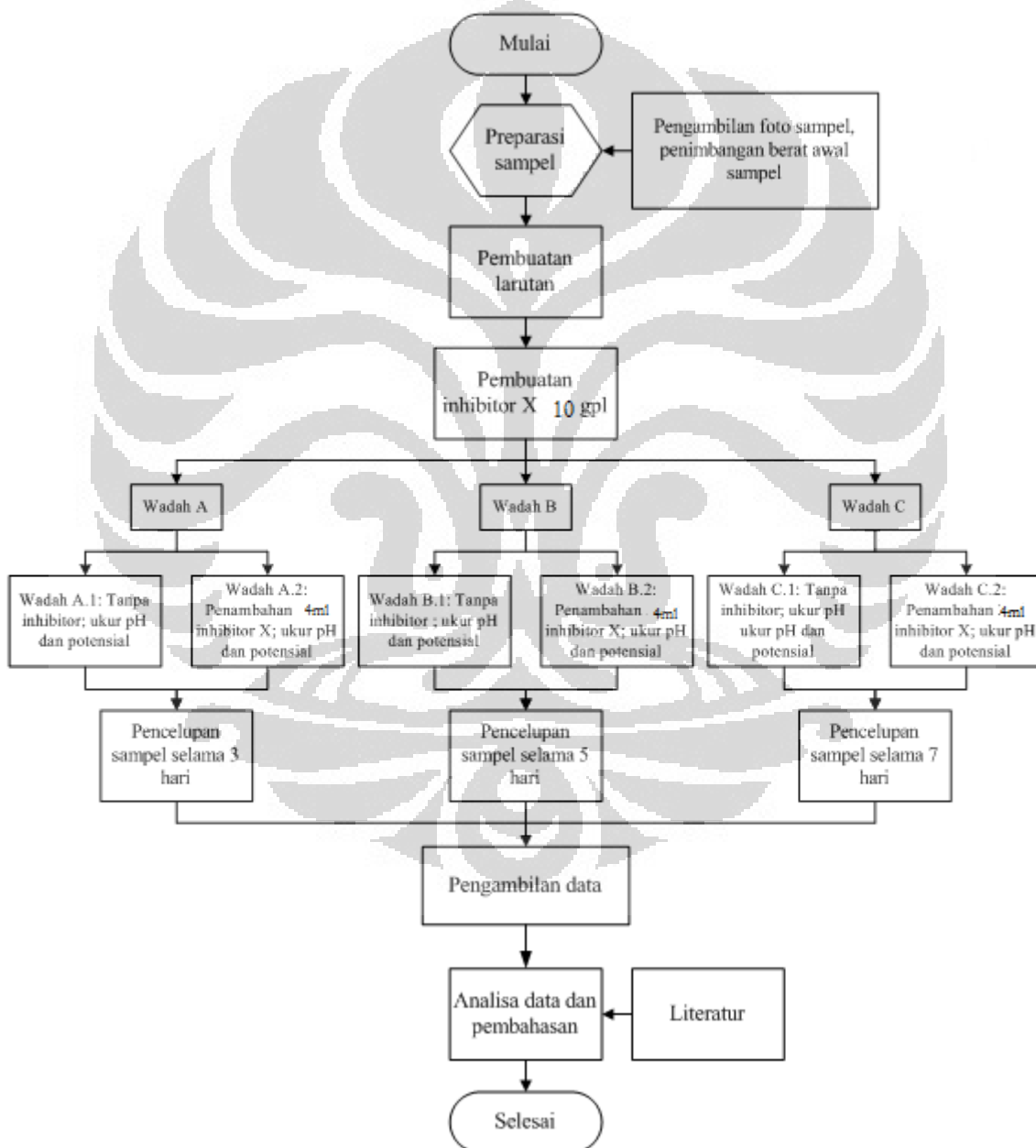
Dimana X_a = laju korosi tanpa inhibitor, (mpy)
 X_b = laju korosi dengan inhibitor, (mpy)

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: 30 mm x 20 mm x 1 mm

- Densitas : pengukuran secara acak dari 5 sampel dengan mengukur panjang, lebar, dan tebal menggunakan jangka sorong dan massa sampel dengan timbangan digital. Penghitungan dengan rumus densitas (ρ) yaitu

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

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	3,089	0,1	4,67	7,3927
2	2,05	3,065	0,1	4,72	7,5120
3	2	2,915	0,1	4,48	7,6843
4	1,975	3,08	0,1	4,68	7,6935
5	2,025	2,92	0,1	4,81	8,1346

Dari kelima sampel diatas, didapat densitas rata-rata:

$$\frac{7,3927+7,5120+7,6843+7,6935+8,1346}{5} = 7.6834\text{gr/cm}^3$$

2. Air Laut
3. Aquades
4. Thiner N (*toluene*)
5. Aseton/alkohol.
6. HCl 32 M dan inhibitor baracore, sebagai zat *pickling*
 - Masukan 100 ml HCL 32 M, 100 ml aquades, 10 tetes inhibitor baracore ke dalam beaker glass 1000 ml.
7. 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. Teh hijau 10 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

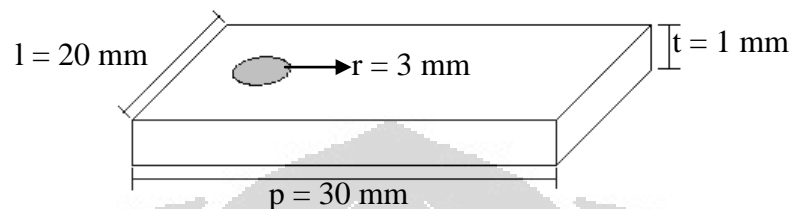
Masing-masing sampel ditimbang berat awalnya menggunakan timbangan digital.

3.3.2. Persiapan Larutan

Larutan yang digunakan pada penelitian ini adalah air laut. Air laut ini kemudian diuji komposisinya untuk mendapatkan data seperti pH, temperatur, dan beberapa data lainnya.

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:

$$\begin{aligned} &= (2 \times p \times l) + (2 \times p \times t) + (2 \times l \times t) - (2\pi r^2) + (t \times 2\pi r) \dots (3.5) \\ &= (2 \times 30 \times 20) + (2 \times 30 \times 1) + (2 \times 20 \times 1) - (2 \times 3,14 \times 3^2) + (1 \times 2 \times 3,14 \times 3) \\ &= 1263 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume minimal} &= 1263 \times 0,4 \\ &= 505 \text{ ml} \end{aligned}$$

Volume larutan minimal untuk sebuah sampel dengan luas permukaan 1263 mm^2 adalah 505 ml. Dalam pengujian, volume yang digunakan adalah 520 ml.

3.3.3. Pembuatan Inhibitor

Inhibitor dibuat dari beras ketan hitam 10 gpl, dengan cara:

1. Timbang masing-masing 1 gram teh hijau dengan timbangan digital, masukan dalam wadah plastik.
2. Rendam teh hijau 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 air laut \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 4 ml inhibitor
2. Wadah B, dengan perendaman sampel selama 5 hari.
 - B.1; pada larutan tidak ditambahkan inhibitor
 - B.2; ditambahkan 4 ml inhibitor
3. Wadah C, dengan perendaman sampel selama 7 hari.
 - C.1; pada larutan tidak ditambahkan inhibitor
 - C.2; ditambahkan 4 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.

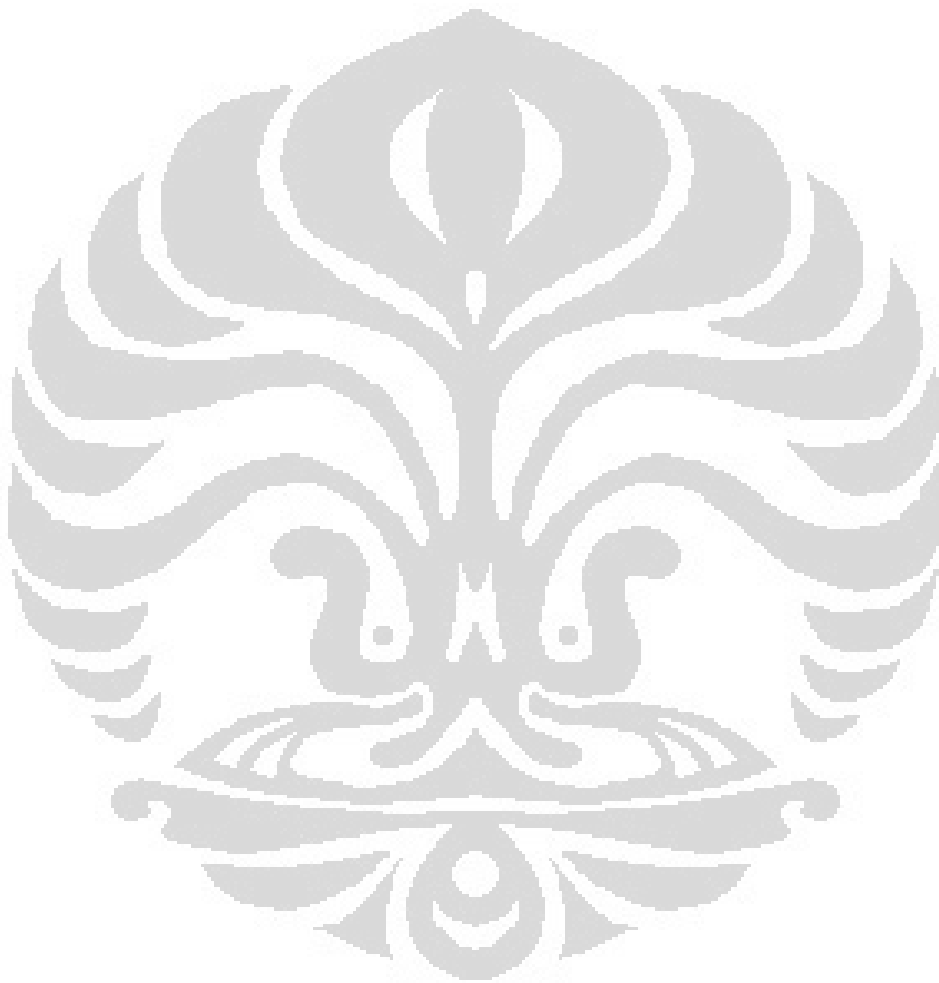
$$\text{potensial (V) vs SHE} = \text{potensial (V) vs Ag/AgCl} + 0,222 \text{ V} \dots\dots(3.7)$$

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	berat akhir	pengurangan berat	rata-rata
hari ke-3 dengan inhibitor	A2a	4.6244	4.6166	0.0078	0.0088
	A2b	4.5274	4.5169	0.0105	
	A2c	4.8593	4.8511	0.0082	
hari ke-3 tanpa inhibitor	A1a	4.6943	4.6830	0.0113	0.0130
	A1b	4.5801	4.5670	0.0131	
	A1c	4.7951	4.7806	0.0145	
hari ke-5 dengan inhibitor	B2a	4.6914	4.6809	0.0105	0.0117
	B2b	4.5119	4.5011	0.0108	
	B2c	4.7453	4.7316	0.0137	
hari ke-5 tanpa inhibitor	B1a	4.5084	4.4943	0.0141	0.0144
	B1b	4.5819	4.5672	0.0147	
	B1c	4.4688	4.4545	0.0143	
hari ke-7 dengan inhibitor	C2a	4.5305	4.5170	0.0135	0.0145
	C2b	4.8162	4.8022	0.0140	
	C2c	4.7942	4.7781	0.0161	
hari ke-7 tanpa inhibitor	C1a	4.6648	4.6457	0.0191	0.0196
	C1b	4.7915	4.7719	0.0196	
	C1c	4.4919	4.4717	0.0202	

4.1.2. Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor

Tabel 4.2. Tabel Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor

Perlakuan	sampel no.	pengurangan berat	rata-rata	laju korosi	efisiensi inhibitor
hari ke-3 dengan inhibitor	A2a	0.0078	0.0088	4.3889	31.8766
	A2b	0.0105			
	A2c	0.0082			
hari ke-3 tanpa inhibitor	A1a	0.0113	0.0130	6.4426	
	A1b	0.0131			
	A1c	0.0145			
hari ke-5 dengan inhibitor	B2a	0.0105	0.0117	3.4780	18.7935
	B2b	0.0108			
	B2c	0.0137			
hari ke-5 tanpa inhibitor	B1a	0.0141	0.0144	4.2829	
	B1b	0.0147			
	B1c	0.0143			
hari ke-7 dengan inhibitor	C2a	0.0135	0.0145	3.0947	25.9762
	C2b	0.0140			
	C2c	0.0161			
hari ke-7 tanpa inhibitor	C1a	0.0191	0.0196	4.1807	
	C1b	0.0196			
	C1c	0.0202			

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	Rata-rata perubahan pH	laju korosi
hari ke-3 dengan inhibitor	A2a	6.90	6.90	7.00	7.10	0.20	4.39
	A2b	6.90		7.10			
	A2c	6.90		7.20			

hari ke-3 tanpa inhibitor	A1a	7.10	7.10	7.50	7.53	0.43	6.44
	A1b	7.10		7.50			
	A1c	7.10		7.60			
hari ke-5 dengan inhibitor	B2a	6.90	6.90	7.50	7.40	0.50	3.48
	B2b	6.90		7.40			
	B2c	6.90		7.30			
hari ke-5 tanpa inhibitor	B1a	7.10	7.10	7.70	7.73	0.63	4.28
	B1b	7.10		7.80			
	B1c	7.10		7.70			
hari ke-7 dengan inhibitor	C2a	6.90	6.90	7.60	7.60	0.70	3.09
	C2b	6.90		7.60			
	C2c	6.90		7.60			
hari ke-7 tanpa inhibitor	C1a	7.10	7.10	7.90	7.83	0.73	4.18
	C1b	7.10		7.80			
	C1c	7.10		7.80			

4.1.4. Perubahan Potensial Dibandingkan dengan Laju Korosi

Tabel 4.4. Perubahan potensial dibandingkan dengan laju korosi

Perlakuan	sampel no.	Potensial Awal	rata-rata	Potensial Akhir	rata-rata	perubahan rata-rata	laju korosi
hari ke-3 dengan inhibitor	A2a	-0.575	-0.585	-0.668	-0.668	0.083	4.39
	A2b	-0.586		-0.669			
	A2c	-0.595		-0.668			
hari ke-3 tanpa inhibitor	A1a	-0.423	-0.423	-0.650	-0.657	0.234	6.44
	A1b	-0.420		-0.648			
	A1c	-0.425		-0.673			
hari ke-5 dengan inhibitor	B2a	-0.597	-0.584	-0.695	-0.689	0.105	3.48
	B2b	-0.570		-0.680			
	B2c	-0.586		-0.693			

hari ke-5 tanpa inhibitor	B1a	-0.423	-0.423	-0.687	-0.679	0.255	4.28
	B1b	-0.422		-0.676			
	B1c	-0.425		-0.673			
hari ke-7 dengan inhibitor	C2a	-0.595	-0.585	-0.686	-0.688	0.103	3.09
	C2b	-0.586		-0.691			
	C2c	-0.575		-0.687			
hari ke-7 tanpa inhibitor	C1a	-0.420	-0.422	-0.689	-0.684	0.262	4.18
	C1b	-0.425		-0.681			
	C1c	-0.422		-0.682			

4.2. Pembahasan

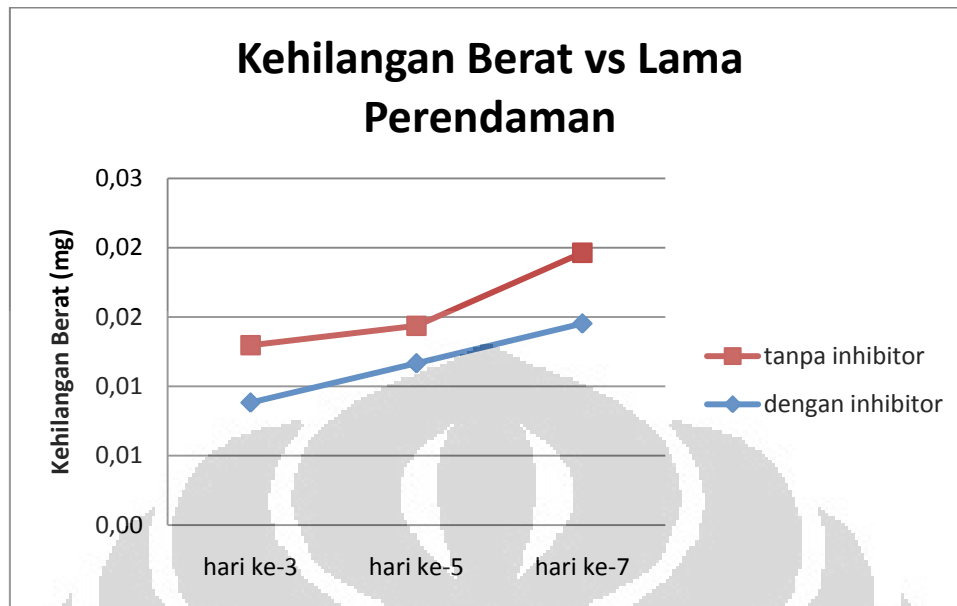
4.2.1. Pengamatan Visual terhadap Penambahan Inhibitor

Penambahan teh hijau sebanyak 4ml ke dalam larutan air laut pada awalnya tidak menyebabkan perubahan warna yang terlalu signifikan pada larutan (Lampiran). Namun setelah beberapa jam perbedaan warna yang cukup mencolok terlihat antara larutan yang ditambahkan inhibitor dengan larutan yang tidak ditambahkan inhibitor. Hal ini menandakan pencampuran yang terjadi cukup lambat ditandai dengan perubahan warna yang cukup lambat juga.

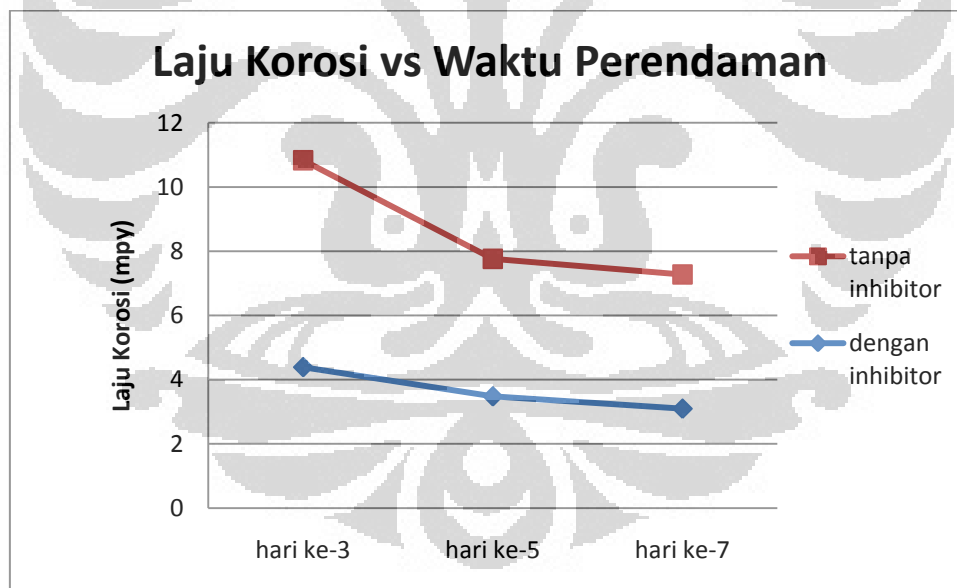
Pada larutan juga terdapat endapan setelah beberapa hari. Endapan ini terjadi karena reaksi antara senyawa yang terkandung pada ekstrak teh hijau dengan senyawa yang terkandung pada air laut yang digunakan pada pengujian. Sehingga terbentuk senyawa baru yang berbentuk endapan. Endapan yang terbentuk berwarna kecoklatan.

4.2.2. Pengaruh Inhibitor terhadap Laju Korosi

Inhibitor organik teh hijau bekerja baik di lingkungan air laut. Seperti yang terlihat pada gambar 4.1. dan 4.2. berikut.



Gambar 4.1. Grafik kehilangan berat sebagai fungsi dari waktu perendaman

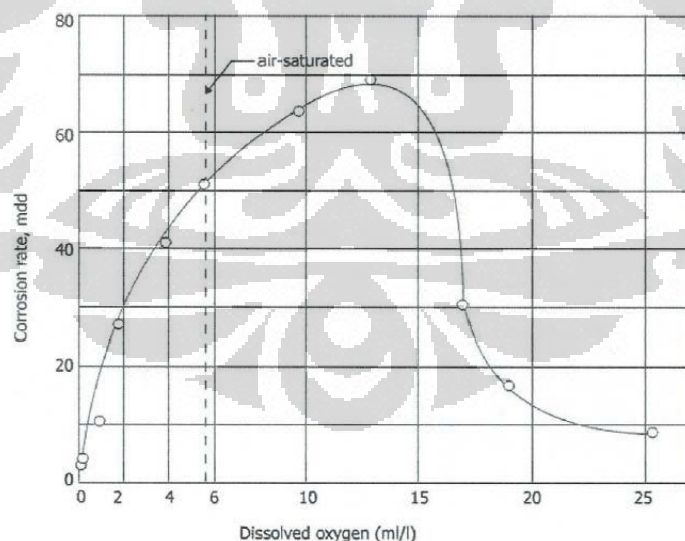


Gambar 4.2. Grafik laju korosi sebagai fungsi dari waktu perendaman

Dari gambar 4.1 dan 4.2 dapat dilihat dengan jelas secara umum pengurangan berat dan laju korosi berkurang seiring dengan penambahan inhibitor teh hijau. Pada hari ke-3 terjadi perubahan laju korosi dari 6.4 mpy menjadi 4.4 mpy atau mengalami penurunan sekitar 32%. Pada hari ke-5 terjadi perubahan laju korosi dari 4.3 mpy

menjadi 3.5 mpy atau mengalami penurunan sekitar 19%. Sedangkan pada hari ke-7 terjadi perubahan korosi dari 4.2 mpy menjadi 3.1 mpy atau terjadi penurunan sekitar 25%.

Secara garis besar inhibitor teh hijau sudah berfungsi dengan baik. Hal ini ditandai oleh penurunan laju korosi pada sampel yang ditambahkan inhibitor. Penurunan laju korosi yang terjadi seiring dengan lamanya waktu pencelupan. Akan tetapi pada hari ke-5 pada sampel yang tidak ditambahkan inhibitor terjadi penurunan laju korosi yang sanget signifikan. Hal ini kemungkinan di pengaruhi oleh kandungan oksigen terlarut pada lingkungan air laut dan suplai oksigen dari atmosfer. Apabila dibandingkan dengan logam non-ferrous, seperti *copper* dan *zinc*, maka perilaku korosi pada baja karbon sedikit sensitif terhadap kualitas air. Hal ini sesuai dengan fakta bahwa produk dari reaksi anodik pada baja karbon bersifat tidak protektif . Laju korosi pada baja dikontrol oleh proses katodik, yaitu suplai oksigen terlarut. Efek oksigen terlarut terlihat pada Gambar 2.3 dimana laju korosi meningkat dari tahap awal sampai ke tahapan tertentu, lalu turun. Penurunan laju korosi tersebut mengarah kepada terbentuknya lapisan pasif di permukaan.



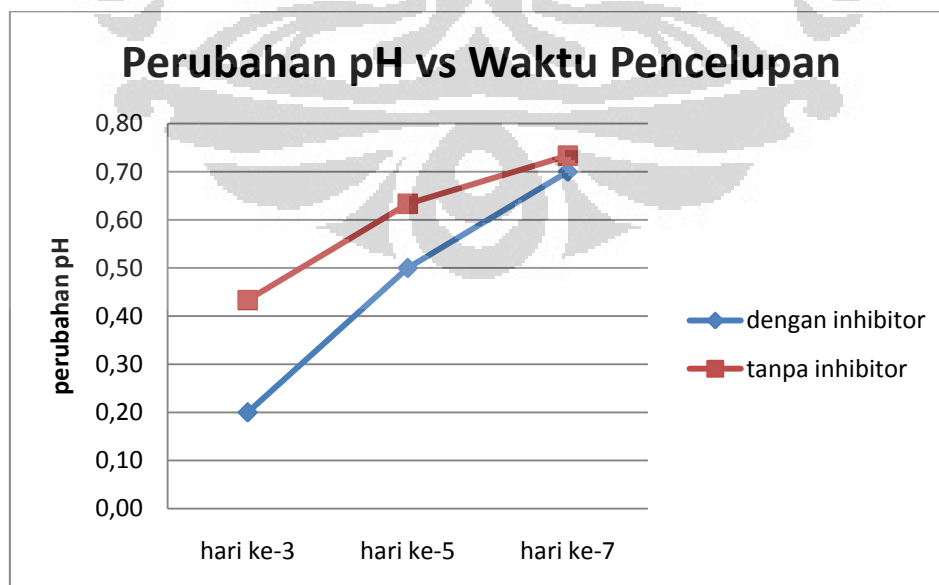
Gambar 4.1 Pengaruh oksigen terlarut pada korosi baja karbon rendah (*mild steel*) di air destilasi (temperatur 25°C dan perendaman 48 jam) yang mengandung 165 ppm CaCl_2 ^[22]

Pada sampel yang ditambahkan inhibitor pengurangan laju korosi cenderung konstan. Penurunan ini dikarenakan adanya Inhibitor yang membentuk lapisan tipis

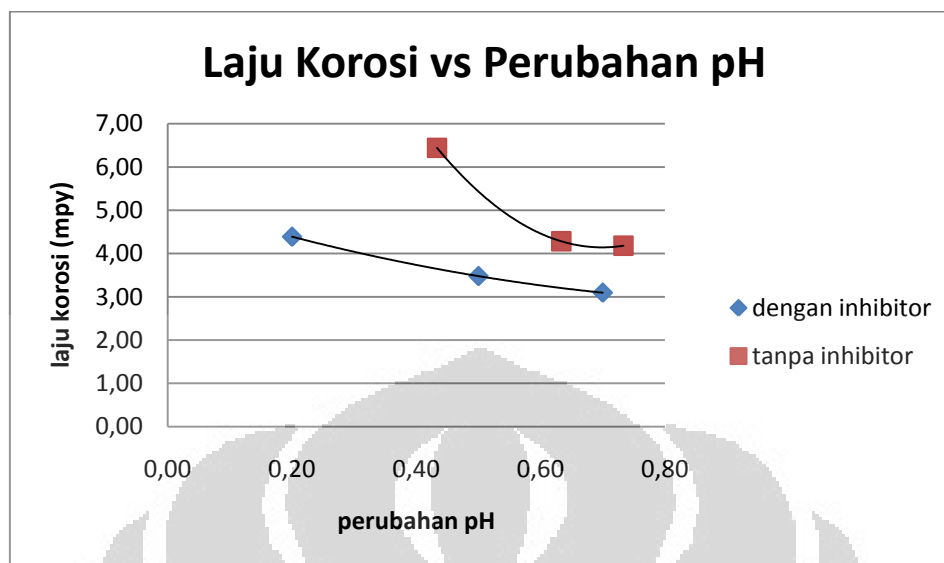
pada permukaan specimen. Hal ini kemungkinan besar disebabkan adanya adsorpsi inhibitor pada permukaan sampel. Adsorpsi ini akan menjadi semacam pembatas yang memisahkan permukaan sampel dari media. Sampel dengan jumlah inhibitor yang sedikit akan teadsorpsi dalam jumlah yang sedikit pada permukaan sampel dengan waktu yang sempit. Hal ini menyebabkan laju korosi pada sampel masih cukup tinggi. Dengan semakin lamanya waktu yang diberikan, adsorpsi inhibitor semakin besar dan kemungkinan berakibat pada peningkatan ketebalan dan jumlah wilayah. Hal ini menyebabkan terjadi penurunan laju korosi yang lebih lanjut hingga pada suatu titik tertentu dimana adsorpsi inhibitor sudah mencapai titik jenuh, laju korosi pada sampel menjadi konstan. Selain itu, suatu sistem yang terinhibisi ataupun tidak terinhibisi akan cenderung menurun dengan bertambahnya waktu. Penyebabnya bisa dari kontaminasi air laut oleh deposit dari korosi sehingga menurunkan reaktivitas dari media

4.2.3. Pengaruh Inhibitor terhadap Perubahan pH larutan

Inhibitor organik teh hijau berperan dalam perubahan pH yang kemudian berperan dalam laju korosi, seperti yang terlihat pada gambar 4.3. dan 4.4. berikut.



Gambar 4.3. Grafik perubahan pH sebagai fungsi dari waktu pencelupan



Gambar 4.4. Grafik laju korosi sebagai fungsi dari perubahan pH

Dari gambar 4.3 dapat dilihat bahwa terjadi perubahan pH baik pada sampel yang ditambahkan inhibitor maupun tidak. Namun penambahan inhibitor teh hijau pada larutan air laut menurunkan pH larutan secara keseluruhan. Terlihat pada pH awal larutan yang ditambahkan inhibitor berkisar pada 6.9 sedangkan larutan tanpa inhibitor berkisar pada 7.1. Pengurangan pH ini dipengaruhi oleh penambahan ekstrak teh hijau yang memiliki pH yang cenderung lebih kecil. Karena penambahan ekstrak teh hijau hanya dalam jumlah yang kecil maka pengurangan pH yang terjadi juga kecil, sekitar 0,2. Namun perubahan pH ini tidak menggeser sampel keluar dari daerah korosi pada diagram pourbaix.

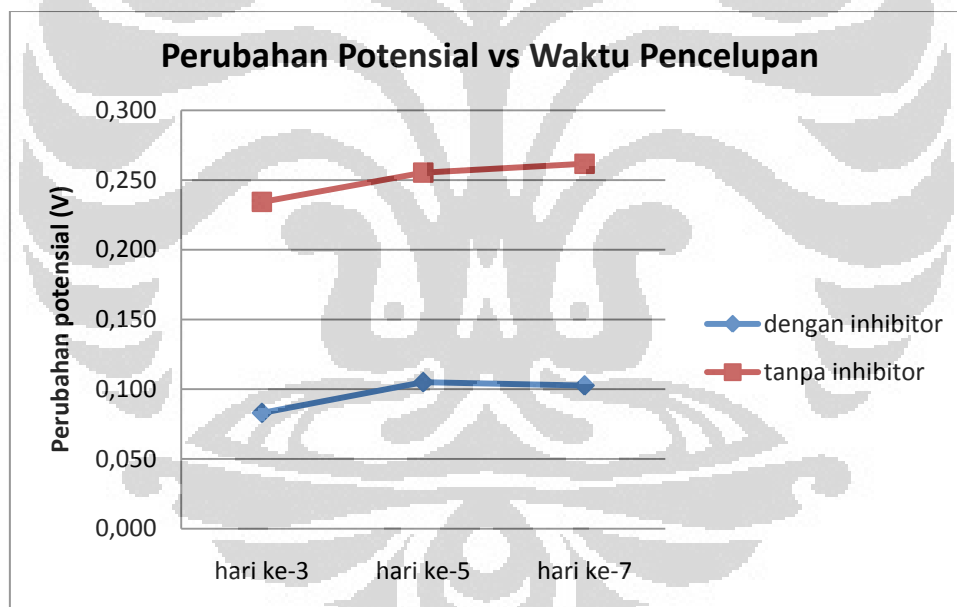
Dari gambar 4.3., dapat dilihat bahwa pada sampel dengan inhibitor organik teh hijau terjadi kenaikan pH yang lebih kecil, pada hari ke-3 pH rata-rata naik dari 6,9 menjadi 7,1 dengan kenaikan rata-rata pada hari ke-3 adalah 0,2, pada hari ke-5 pH rata-rata naik dari 6,9 menjadi 7,4 kenaikan rata-rata pada hari ke-5 adalah 0,5, dan pada hari ke-7 pH rata-rata naik dari 6,9 menjadi 7,6 kenaikan rata-rata pada hari ke-7 adalah 0,7. Sedangkan pada sampel tanpa inhibitor perubahan pH yang terjadi cenderung sedikit lebih besar, pada hari ke-3 pH rata-rata naik dari 7,1 menjadi 7,5 dengan kenaikan rata-rata pada hari ke-3 adalah 0,4, pada hari ke-5 pH rata-rata naik dari 7,1 menjadi 7,7

kenaikan rata-rata pada hari ke-5 adalah 0,6, dan pada hari ke-7 pH rata-rata naik dari 7,1 menjadi 7,8 kenaikan rata-rata pada hari ke-7 adalah 0,7.

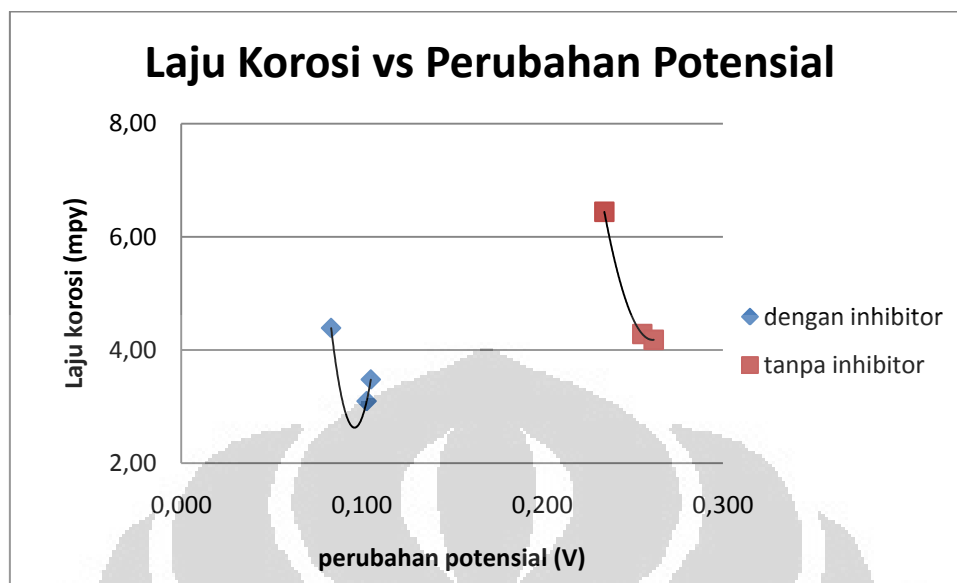
Dari gambar 4.4., didapat hubungan bahwa semakin besar perubahan pH pada sampel maka semakin kecil laju korosi yang dihasilkan. Baik itu pada lingkungan yang terinhibisi maupun tidak. Akan tetapi laju korosi pada lingkungan terinhibisi tetap lebih kecil bila dibandingkan dengan lingkungan yang tidak terinhibisi.

4.2.4. Pengaruh Inhibitor terhadap Perubahan Potensial

Inhibitor organik teh hijau berperan dalam perubahan Potensial yang kemudian berperan dalam laju korosi, seperti yang terlihat pada gambar 4.5. dan 4.6. berikut.



Gambar 4.5. Grafik perubahan potensial sebagai fungsi dari waktu pencelupan



Gambar 4.6. Grafik laju korosi sebagai fungsi dari perubahan potensial

Dari tabel 4.4 dapat kita lihat bahwa penambahan inhibitor teh hijau telah memperkecil potensial secara keseluruhan. Dengan penambahan 4ml ekstrak teh hijau telah menggeser nilai potensial dari daerah korosif ke arah daerah immune. Akan tetapi penurunan potensial tidak mengeluarkan sampel dari daerah korosif pada diagram pourbaix. Perubahan potensial ke arah lebih negative menunjukkan bahwa inhibitor teh hijau yang kami gunakan termasuk kepada inhibitor katodik. Inhibitor katodik menurunkan laju korosi membatasi area untuk terjadinya reaksi katodik. Dalam pengujian ini inhibitor membatasi area reaksi katodik dengan adsorpsi inhibitor pada permukaan sampel.

Dari gambar 4.5., dapat dilihat bahwa inhibitor organik menurunkan perubahan nilai potensial dibandingkan tanpa ditambahkan inhibitor pada setiap variabel waktu pencelupan. Pada hari ke-3, inhibitor menurunkan perubahan potensial rata-rata dari 0,23 V menjadi 0,08 V, pada hari ke-5 menurunkan perubahan potensial rata-rata dari 0,25 V menjadi 0,10 V, dan pada hari ke-7 menurunkan perubahan potensial rata-rata dari 0,26 V menjadi 0,10 V.

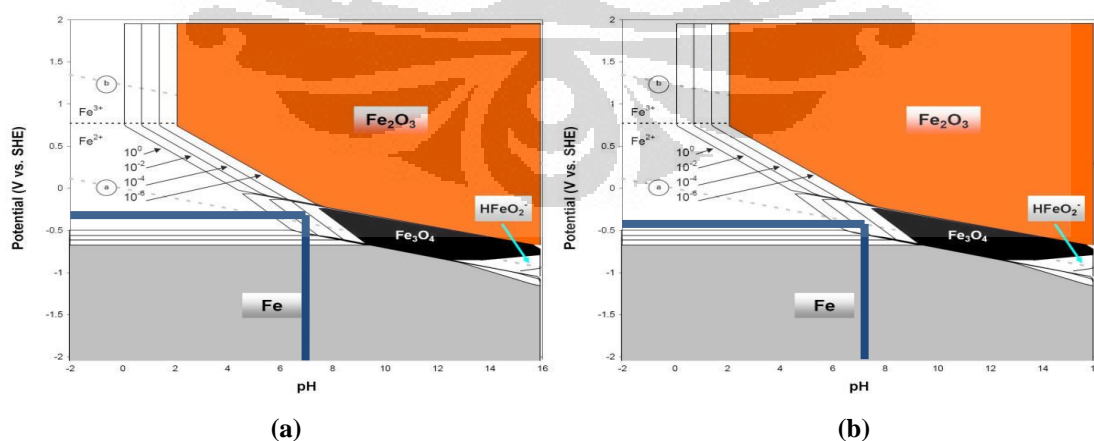
Dari gambar 4.6., dapat dilihat bahwa perubahan potensial pada sampel yang ditambahkan inhibitor cenderung kecil. Hal ini terjadi karena pada saat penambahan inhibitor di awal pengujian telah terjadi perubahan yang cukup besar bila dibandingkan

dengan sampel tanpa inhibitor. Dengan potensial awal yang sudah lebih negative, perubahan potensial pada sampel yang ditambahkan inhibitor teh hijau cenderung kecil dengan laju korosi yang juga kecil. Sedangkan pada sampel yang tidak ditambahkan inhibitor perubahan potensial cenderung besar diikuti oleh laju korosi secara keseluruhan yang cenderung lebih besar daripada sampel yang ditambahkan inhibitor.

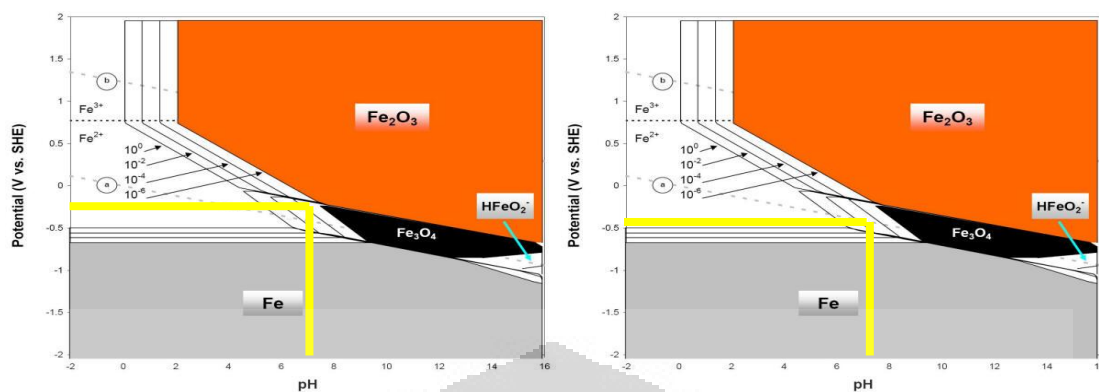
pH awal rata-rata dan potensial awal rata-rata pada setiap variabel waktu digambar di diagram pourbaix Fe untuk mengetahui kondisi awal sampel. Setelah itu digambar pula pH akhir rata-rata dan potensial akhir rata-rata pada setiap variabel waktu untuk mengetahui pengaruh lingkungan yang diberikan oleh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

Tabel 4.6. pH dan potensial awal serta akhir

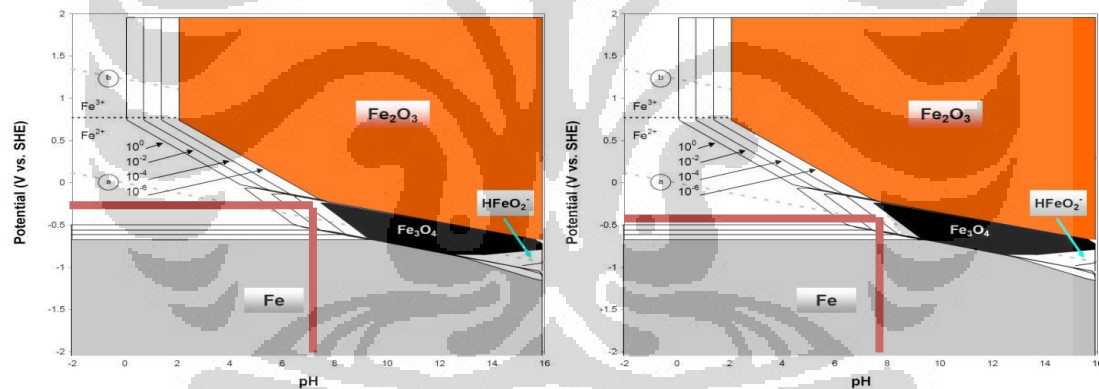
Perlakuan	Awal		Akhir	
	pH	potensial	pH	potensial
hari ke-3 dengan inhibitor	6.90	-0.344	7.10	-0.446
hari ke-5 dengan inhibitor	6.90	-0.343	7.40	-0.467
hari ke-7 dengan inhibitor	6.90	-0.344	7.60	-0.447



Gambar 4.7. Diagram pourbaix dan hasil penggambaran pH dan potensial hari ke-3 dengan inhibitor (a) kondisi awal; (b) kondisi akhir



Gambar 4.8. Diagram pourbaix dan hasil penggambaran pH dan potensial hari ke-5 dengan inhibitor (a) kondisi awal; (b) kondisi akhir

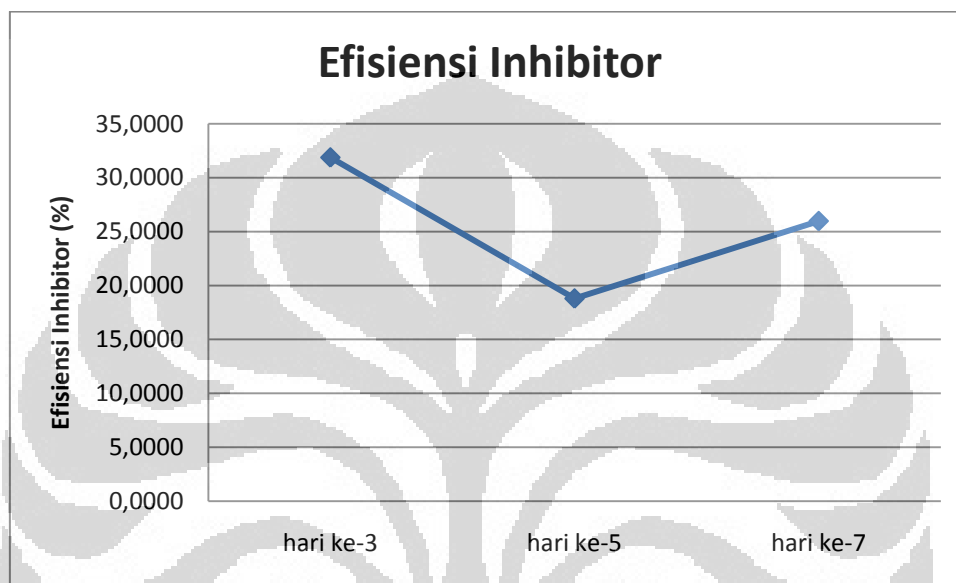


Gambar 4.9. Diagram pourbaix dan hasil penggambaran pH dan potensial hari ke-7 dengan inhibitor (a) kondisi awal; (b) kondisi akhir

Dari hasil penggambaran pada diagram pourbaix, secara kinetika inhibitor memberikan pengaruh yang tidak terlalu signifikan terhadap lingkungan, karena tidak mampu mendorong pH dan potensial keluar dari daerah Fe^{2+} ke daerah pasif Fe_2O_3 atau Fe_3O_4 . Tapi inhibitor sudah memberikan sedikit pengaruh yang tidak terlalu yaitu dengan menggeser potensial menuju daerah yang lebih negative. Sedangkan pada pH inhibitor sudah mendorong menuju daerah pasif akan tetapi belum bisa keluar dari daerah korosif.

4.2.5. Efisiensi Inhibitor

Gambar 4.10 berikut menggambarkan efisiensi inhibitor bila dibandingkan dengan waktu perendaman.



Gambar 4.10. Grafik efisiensi inhibitor terhadap lama perendaman

Dari Gambar 4.10 dapat dilihat dengan jelas bahwa efisiensi inhibitor yang paling tinggi adalah pada lama perendaman 3 hari yaitu 32%. Sedangkan pada perendaman selama 5 hari efisiensi inhibitor mengalami penurunan yang sangat drastis yaitu menjadi 19%. Hal ini terjadi karena adanya efek oksigen terlarut yang sudah mulai berkurang pada hari ke 5, sehingga laju korosinya menurun drastis bila dibandingkan dengan perendaman selama 3 hari. Sedangkan pada sampel perendaman 5 hari menggunakan inhibitor penurunan laju korosi cenderung stabil karena pada larutan dengan inhibitor telah tersedia senyawa yang mengikat oksigen terlarut dari hari pertama, sehingga laju korosi cenderung stabil. Pada sampel perendaman selama 7 hari efisiensi inhibitor kembali naik menjadi 25%. Peristiwa ini terjadi karena adanya kemungkinan suplai oksigen dari atmosfer yang menyebabkan kandungan oksigen terlarut di larutan meningkat, sehingga laju korosi pada sampel tanpa inhibitor kembali meningkat.

BAB V

KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian kehilangan berat yang dilakukan terhadap baja SPCC dengan penambahan inhibitor ekstrak teh hijau dengan konsentrasi 10 gpl pada lingkungan air laut, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengujian laju korosi dengan metode kehilangan berat menunjukkan:
 - Inhibitor bekerja baik dilingkungan air laut
Pada hari ke-3 laju korosi rata-rata turun dari 6.4 mpy menjadi 4.4 mpy, pada hari ke-5 laju korosi rata-rata turun dari 4.3 mpy menjadi 3.5 mpy, dan pada hari ke-7 laju korosi rata-rata turun dari 4.2 mpy menjadi 3.1 mpy.
 - Penambahan inhibitor menurunkan laju korosi menurun seiring dengan lamanya waktu perendaman
Pada hari ke-3 laju korosi rata-rata adalah 4.4 mpy, pada hari ke-5 laju korosi rata-rata adalah 3.5 mpy, dan pada hari ke-7 laju korosi rata-rata adalah 3.1 mpy.
 - Waktu efisien dari inhibitor adalah pada saat perendaman selama 3 hari
Pada hari ke-3 efisiensi inhibitor adalah 32%, pada hari ke-5 efisiensi inhibitor adalah 19%, pada hari ke-7 efisiensi inhibitor adalah 25%.
2. Pada pengukuran pH, didapat
Penambahan inhibitor teh hijau pada larutan air laut menurunkan pH larutan secara keseluruhan. Terlihat pada pH awal larutan yang ditambahkan inhibitor berkisar pada 6.9 sedangkan larutan tanpa inhibitor berkisar pada 7.1
 - Perubahan pH rata-rata tanpa inhibitor terbesar pada hari ke-7
Pada hari ke-3 perubahan pH rata-rata 0,4. Pada hari ke-5 perubahan pH rata-rata 0,6. Pada hari ke-7 perubahan pH rata-rata 0,7.
 - Perubahan pH rata-rata dengan inhibitor terbesar pada hari ke-7

Pada hari ke-3 perubahan pH rata-rata 0,2. Pada hari ke-5 perubahan pH rata-rata 0,5. Pada hari ke-7 perubahan pH rata-rata 0,7.

- Semakin besar perubahan pH pada sampel maka semakin kecil laju korosi yang dihasilkan. Baik itu pada lingkungan yang terinhibisi maupun tidak. Akan tetapi laju korosi pada lingkungan terinhibisi tetap lebih kecil bila dibandingkan dengan lingkungan yang tidak terinhibisi.

3. Pada pengukuran potensial, didapat

- Penambahan inhibitor teh hijau telah memperkecil potensial secara keseluruhan. Dengan penambahan 4ml ekstrak teh hijau telah menggeser nilai potensial dari daerah korosif ke arah daerah immune. Akan tetapi penurunan potensial tidak mengeluarkan sampel dari daerah korosif pada diagram pourbaix.

- Tanpa inhibitor, didapat perubahan potensial potensial paling besar di hari ke-7

Pada hari ke-3 perubahan potensial rata-rata 0,23 V. Pada hari ke-5 perubahan potensial rata-rata 0,25 V. Pada hari ke-7 perubahan potensial rata-rata 0,26 V.

- Dengan inhibitor, didapat perubahan potensial potensial paling besar di hari ke-5

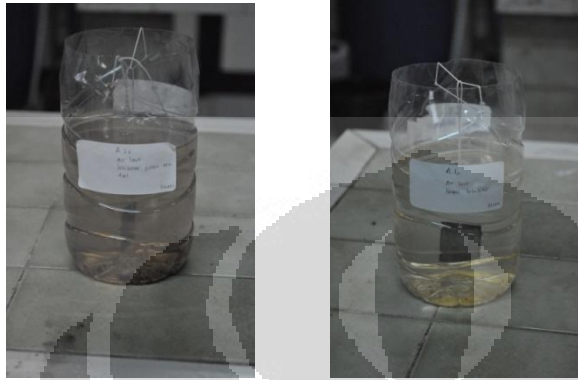
Pada hari ke-3 perubahan potensial rata-rata 0,08 V. Pada hari ke-5 perubahan potensial rata-rata 0,10 V. Pada hari ke-7 perubahan potensial rata-rata 0,10 V.

DAFTAR ACUAN

- [1] Dalimunthe, Indra Surya. "Kimia dari Inhibitor Korosi". Universitas Sumatera Utara.
- [2] Fontana, G. 1986. "*Corrossion Engineering*". New York: McGraw-Hill Book Company.
- [3] Jones, Denny. 1992. "*Principles and Prevention of Corrosion*". New York: Macmillan Publishing Company.
- [4] ASM International. (1992). Metals Handbook Volume 13: Corrosion (4thed.). Philadelphia: Korb, Lawrence J., & David L. Olson.
- [5] Carbon and Alloy Steel, ASM Speciality Handbook, 1996.
- [6] Vieira A.C, A.R. Ribeiro, L.A. Rocha, J.P. Celis, " Influence of pH and corrosion inhibitors on the tribocorrosion of titanium in artificial saliva", Elsevier, 31 Januari 2006.
- [7] Nathan, C. C. "Corrosion Inhibitor". National of Corrosion Engineering: Houston, Texas 1979.
- [8] Soror, T.Y. "Scale and Corrosion Prevention in Cooling Water Systems PartI: Calcium Carbonate". 2009
www.martechsystems.com/downloads/tech_nonchemtreatmentsys.pdf
- [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] Revie, R. Winston. (2000). Uhlig's Corrosion Handbook (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons Inc.

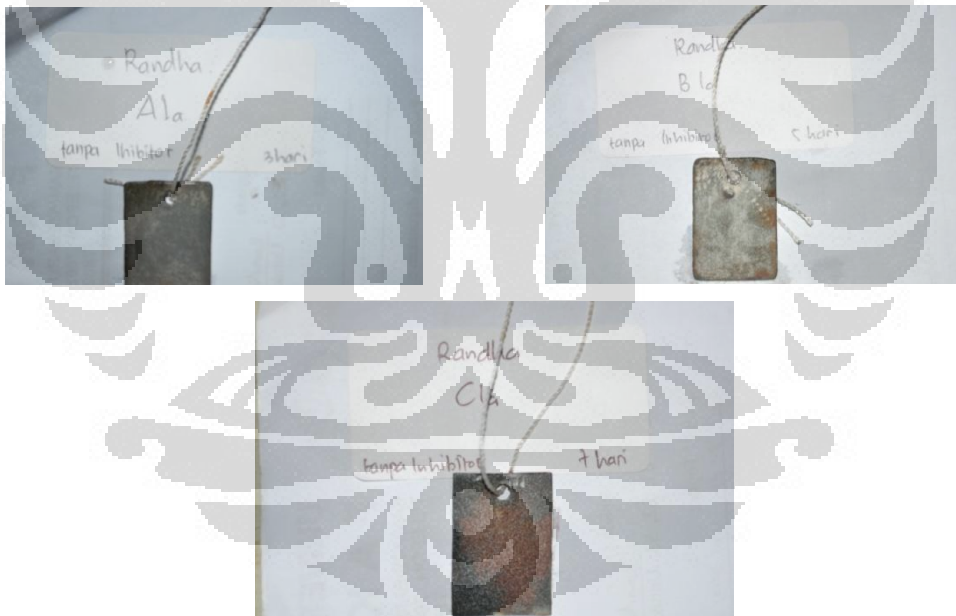
LAMPIRAN

1. Kondisi larutan

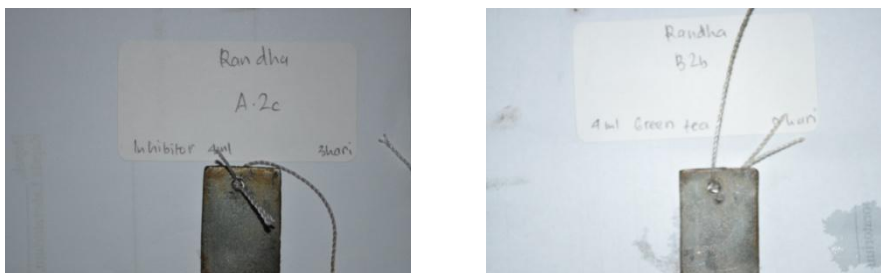


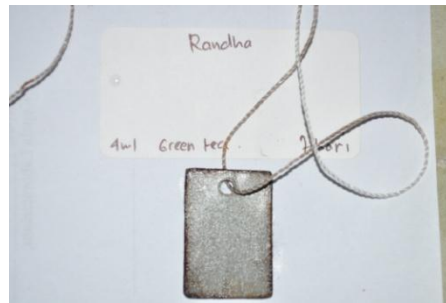
2. Foto pengamatan Sebelum pickling

- Tanpa inhibitor (waktu rendam 3 hari, 5 hari, 7 hari)



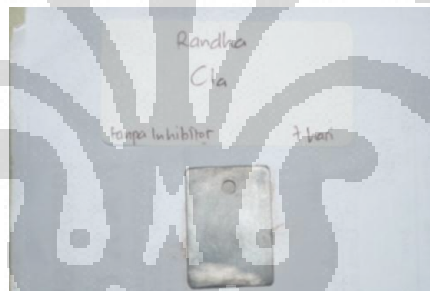
- Dengan Inhibitor (waktu rendam 3 hari, 5 hari, 7 hari)



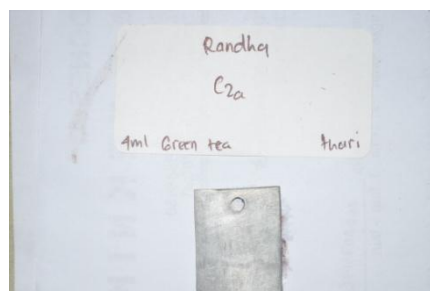


3. Foto Pengamatan setelah pickling

- Tanpa inhibitor (waktu rendam 3 hari, 5 hari, 7 hari)



- Dengan Inhibitor (waktu rendam 3 hari, 5 hari, 7 hari)



ABSTRACT

Name : Randha A Leoraianta
Study Program : Metallurgy and Material Engineering
Title : Immersion Time Effect of Environment-Friendly Organic
Inhibitor at SPCC Steel in Sea Water Environments

Corrosion potential to become a major problem in applications that use the metal, for example in the field of oil and gas industry. Corrosion process will result in loss either directly or indirectly. Direct losses such as material replacement costs, maintenance costs, over-design, etc.. Indirect losses such as plant shutdown, lost production, product contamination, etc.. One way to handle this problem is to use a corrosion inhibitor.

This study aims to determine the effect of green tea as an environmentally friendly organic inhibitors on the environment know the efficiency of sea water and green tea extract against time pengujian. Untuk achieve the objectives of this study, then conducted a test in a laboratory scale using SPCC steel in sea water environment, by using inhibitors from green tea extract containing anti-oxidant polyphenol and caffeine derivatives and substances which are assumed that they can suppress the corrosion rate. Tests for the corrosion rate using weight loss method in which SPCC steel samples immersed in sea water for 3, 5, and 7 days.

In this research suggested tea extracts worked well in the environment of sea water due to a decline in the rate of corrosion between immersion with inhibitor and without inhibitor immersion of the test duration. The biggest decrease in corrosion rate on day 3, ie by 32%.

Keywords:

Corrosion, corrosion protection, organic inhibitors, green tea, corrosion in sea water environment

ABSTRAK

Nama : Randha A Leoraianta
Program studi : Teknik Metalrgi dan Material
Judul : Studi Pengaruh Waktu Rendam Inhibitor Organik Ramah Lingkungan Pada Baja SPCC dalam Lingkungan Air Laut

Korosi berpotensi menjadi sebuah masalah yang besar pada aplikasi yang menggunakan logam, contohnya dibidang industri minyak dan gas. Proses korosi akan mengakibatkan kerugian baik secara langsung maupun tidak langsung. Kerugian langsung seperti biaya penggantian material, biaya perawatan, *over-design*, dll. Kerugian tidak langsung seperti *plant shutdown*, *lost production*, kontaminasi produk, dll. Salah satu cara untuk menangani masalah korosi ini adalah dengan menggunakan inhibitor.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh teh hijau sebagai inhibitor organik ramah lingkungan pada lingkungan air laut dan mengetahui efisiensi ekstrak teh hijau terhadap waktu pengujian. Untuk mencapai tujuan dari penelitian ini, maka diadakan suatu pengujian dalam skala laboratorium dengan menggunakan baja SPCC dalam lingkungan air laut, dengan menggunakan inhibitor dari ekstrak teh hijau yang mengandung zat anti oksidan polifenol dan turunannya serta zat kafein yang diasumsikan keduanya dapat menekan laju korosi. Pengujian laju korosi menggunakan metode kehilangan berat dimana sampel baja SPCC direndam dalam air laut selama 3, 5, dan 7 hari.

Dalam penelitian ini dapat disimpulkan ekstrak teh bekerja baik dilingkungan air laut karena terjadi penurunan laju korosi antara perendaman dengan inhibitor dan perendaman tanpa inhibitor terhadap lamanya waktu pengujian. Penurunan laju korosi terbesar pada hari ke-3, yaitu sebesar 32%.

Kata kunci:

Korosi, perlindungan korosi, inhibitor organik, teh hijau, korosi pada lingkungan air laut.



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI PENGARUH WAKTU RENDAM INHIBITOR
ORGANIK RAMAH LINGKUNGAN PADA BAJA SPCC
DALAM LINGKUNGAN AIR LAUT**

SKRIPSI

RANDHA A LEORAIANTA

0606075196

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL**

DEPOK

Desember 2010



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI PENGARUH WAKTU RENDAM INHIBITOR
ORGANIK RAMAH LINGKUNGAN PADA BAJA SPCC
DALAM LINGKUNGAN AIR LAUT**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana

RANDHA A LEORAIANTA

0606075196

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL
DEPOK
Desember 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 : Randha A Leorianta

NPM : 0606075196

Tanda Tangan :

Tanggal : 29 Desember 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Randha A Leoraianta

NPM : 0606075196

Program Studi: Teknik Metalurgi dan Material

Judul Skripsi : Studi Pengaruh Waktu Rendam Inhibitor Organik pada Baja SPCC dalam Lingkungan Air Laut

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 : ()

Penguji : ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal :

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 Air Tanah 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 tua tercinta di rumah (Ir. Amril dan Ernita S.E), yang telah memberikan bantuan dukungan moral dan material.
5. Kedua adikku (Nindy Rizkia Sabarela dan Nabila Putri Salsabila) yang menjadi pemacu semangatku.

10. Sanak Saudara yang telah menjembatanku hingga sampai ke tahap ini (Om Kambo, Mak Tuo, Pak Tuo Beta, dan Mereka yang kepadanya aku berhutang budi).
11. Teman – teman seperjuangan di Depok :
 - a. Tim Skripsi: Farhan, Fahmi, Fadil
 - b. Sahabat yang sungguh berjasa besar : Ichi, Edo, Widy, Ises, Nining, Yozi, Meria, Hanum, dan kalian yang tak akan pernah tergantikan.
 - c. Teman Sekamarku Alfi Asra. Teruskan perjuanganmu kawan, walaupun itu berat rasanya.
 - d. Teman – teman yang mengajarkanku kerasnya hidup : Rio, Menot, Jum, Didoy, Bayu, dan Penghuni tetap Fabulous lainnya.
 - e. Sahabat di lingkungan teknik : Wielder, Raja, Dipta, Bang Cak, Bang Cip, dan segenap krunya.
 - f. Dan Teman-teman seperjuangan lainnya, yang telah mengukir kenangan indah di Fakultas Teknik. Semoga apa yang kita perjuangkan ini berbuah manis nantinya. Amin. Terima kasih banyak, teman.

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, 29 Desember 2010

Randha A Leorianta

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : **Randha A Leorianta**
NPM : **0606075196**
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 Pengaruh Waktu Rendam Inhibitor Organik Ramah Lingkungan pada Baja SPCC dalam Lingkungan Air Laut

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 : 29 Desember 2010

Yang Menyatakan

(Randha A Leorianta)

ABSTRAK

Nama : Randha A Leoraianta
Program studi : Teknik Metalrgi dan Material
Judul : Studi Pengaruh Waktu Rendam Inhibitor Organik Ramah
Lingkungan Pada Baja SPCC dalam Lingkungan Air Laut

Korosi berpotensi menjadi sebuah masalah yang besar pada aplikasi yang menggunakan logam, contohnya dibidang industri minyak dan gas. Proses korosi akan mengakibatkan kerugian baik secara langsung maupun tidak langsung. Kerugian langsung seperti biaya penggantian material, biaya perawatan, *over-design*, dll. Kerugian tidak langsung seperti *plant shutdown*, *lost production*, kontaminasi produk, dll. Salah satu cara untuk menangani masalah korosi ini adalah dengan menggunakan inhibitor.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh teh hijau sebagai inhibitor organik ramah lingkungan pada lingkungan air laut dan mengetahui efisiensi ekstrak teh hijau terhadap waktu pengujian. Untuk mencapai tujuan dari penelitian ini, maka diadakan suatu pengujian dalam skala laboratorium dengan menggunakan baja SPCC dalam lingkungan air laut, dengan menggunakan inhibitor dari ekstrak teh hijau yang mengandung zat anti oksidan polifenol dan turunannya serta zat kafein yang diasumsikan keduanya dapat menekan laju korosi. Pengujian laju korosi menggunakan metode kehilangan berat dimana sampel baja SPCC direndam dalam air laut selama 3, 5, dan 7 hari.

Dalam penelitian ini dapat disimpulkan ekstrak teh bekerja baik dilingkungan air laut karena terjadi penurunan laju korosi antara perendaman dengan inhibitor dan perendaman tanpa inhibitor terhadap lamanya waktu pengujian. Penurunan laju korosi terbesar pada hari ke-3, yaitu sebesar 32%.

Kata kunci:

Korosi, perlindungan korosi, inhibitor organik, teh hijau, korosi pada lingkungan air laut.

ABSTRACT

Name : Randha A Leorianta
Study Program : Metallurgy and Material Engineering
Title : Immersion Time Effect of Environment-Friendly Organic
Inhibitor at SPCC Steel in Sea Water Environments

Corrosion potential to become a major problem in applications that use the metal, for example in the field of oil and gas industry. Corrosion process will result in loss either directly or indirectly. Direct losses such as material replacement costs, maintenance costs, over-design, etc.. Indirect losses such as plant shutdown, lost production, product contamination, etc.. One way to handle this problem is to use a corrosion inhibitor.

This study aims to determine the effect of green tea as an environmentally friendly organic inhibitors on the environment know the efficiency of sea water and green tea extract against time pengujian. Untuk achieve the objectives of this study, then conducted a test in a laboratory scale using SPCC steel in sea water environment, by using inhibitors from green tea extract containing anti-oxidant polyphenol and caffeine derivatives and substances which are assumed that they can suppress the corrosion rate. Tests for the corrosion rate using weight loss method in which SPCC steel samples immersed in sea water for 3, 5, and 7 days.

In this research suggested tea extracts worked well in the environment of sea water due to a decline in the rate of corrosion between immersion with inhibitor and without inhibitor immersion of the test duration. The biggest decrease in corrosion rate on day 3, ie by 32%.

Keywords:

Corrosion, corrosion protection, organic inhibitors, green tea, corrosion in sea water environment

DAFTAR ISI

JUDUL TUGAS AKHIR	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Ruang Lingkup Penelitian	4
1.5. Sistematika Penelitian	5
BAB II TEORI PENUNJANG	6
2.1. Korosi	6
2.2. Kinetika Korosi	8
2.3. Pasifitas dan Kerusakan Pasifitas	9
2.4. Jenis-Jenis Korosi	11
2.4.1. Korosi Uniform	11
2.4.2. Korosi Sumuran (Pitting Corrosion)	11
2.4.3. Korosi Erosi	12
2.4.4. Korosi Galvanik	13
2.5. Korosi pada Baja	14
2.6. Korosi Baja pada Lingkungan Air	14
2.7. Komposisi Air	15

2.7.1.	pH	15
2.7.2.	Gas yang Terlarut (Dissolved Gas)	16
2.7.3.	Hardness	16
2.7.4.	Ion Klorida	18
2.8.	Perlindungan Korosi	18
2.8.1.	Proteksi Katodik (Cathodic Protection)	18
2.8.2.	Lapisan Pelindung (Protective Coating)	19
2.8.3.	Pemilihan Material (Material Selection)	19
2.8.4.	Inhibitor	19
2.9.	Inhibitor Organik	20
2.10.	Pengukuran Laju Korosi dengan Metode Kehilangan Berat	21
2.11.	Efisiensi Inhibitor	21
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1.	Diagram Alir Penelitian	22
3.2.	Alat dan Bahan	23
3.2.1.	Alat	23
3.2.2.	Bahan	23
3.3.	Prosedur Penelitian	25
3.3.1.	Preparasi Sampel	25
3.3.2.	Persiapan Larutan	25
3.3.3.	Pembuatan Inhibitor	26
3.3.4.	Perendaman Sampel dalam Larutan	27
3.3.5.	Pengambilan Data	27
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.	Pengamatan Visual Terhadap Penambahan Inhibitor	34
4.2.2.	Pengaruh Inhibitor Terhadap Laju Korosi	34
4.2.3.	Pengaruh Inhibitor Terhadap Perubahan pH Larutan	37
4.2.4.	Pengaruh Inhibitor Terhadap Perubahan Potensial	39
4.2.5.	Efisiensi Inhibitor	43
BAB V	PENUTUP	44
5.1.	Kesimpulan	44
DAFTAR ACUAN	46

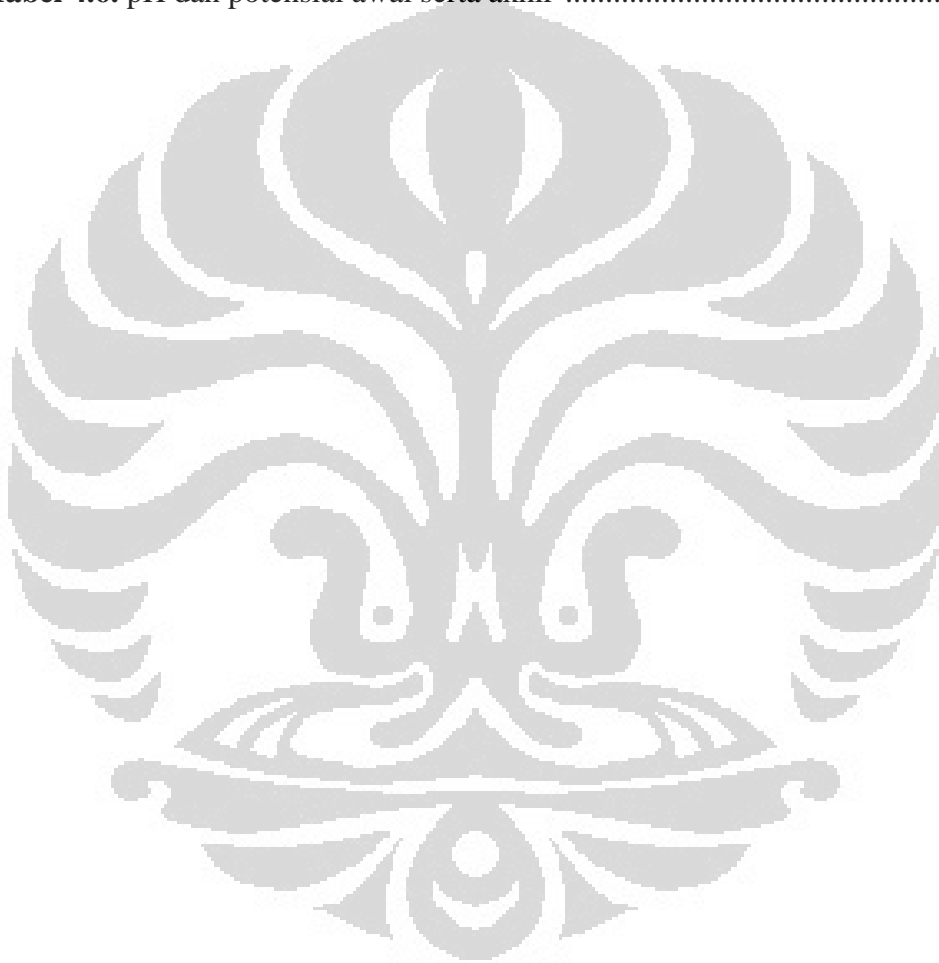


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Ilustrasi skema penggambaran proses korosi	8
Gambar 2.2. Daerah aktif, pasif, dan kerusakan pasifitas (pitting) pada kurva polarisasi	10
Gambar 2.3. Korosi uniform	11
Gambar 2.4. Korosi sumuran dan bentuk-bentuknya	12
Gambar 2.5. Skema korosi erosi	12
Gambar 2.6. Korosi kavitasasi	13
Gambar 2.7. Skema <i>fretting</i>	13
Gambar 2.8. Korosi galvanik	13
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian	22
Gambar 3.2. Sampel pengujian	26
Gambar 4.1. Grafik kehilangan berat sebagai fungsi dari waktu perendaman	35
Gambar 4.2. Grafik laju korosi sebagai fungsi dari waktu perendaman	35
Gambar 4.3. Grafik perubahan pH sebagai fungsi dari waktu pencelupan	37
Gambar 4.4. Grafik laju korosi sebagai fungsi dari perubahan pH	38
Gambar 4.5. Grafik perubahan potensial sebagai fungsi dari waktu pencelupan	39
Gambar 4.6. Grafik laju korosi sebagai fungsi dari perubahan potensial	40
Gambar 4.7. Diagram pourbaix dan hasil penggambaran pH dan potensial hari ke-3 dengan inhibitor (a) kondisi awal; (b) kondisi akhir	41
Gambar 4.8. Diagram pourbaix dan hasil penggambaran pH dan potensial hari ke-5 dengan inhibitor (a) kondisi awal; (b) kondisi akhir	42
Gambar 4.9. Diagram pourbaix dan hasil penggambaran pH dan potensial hari ke-7 dengan inhibitor (a) kondisi awal; (b) kondisi akhir	42
Gambar 4.10 Efisiensi Inhibitor terhadap lama perendaman	43

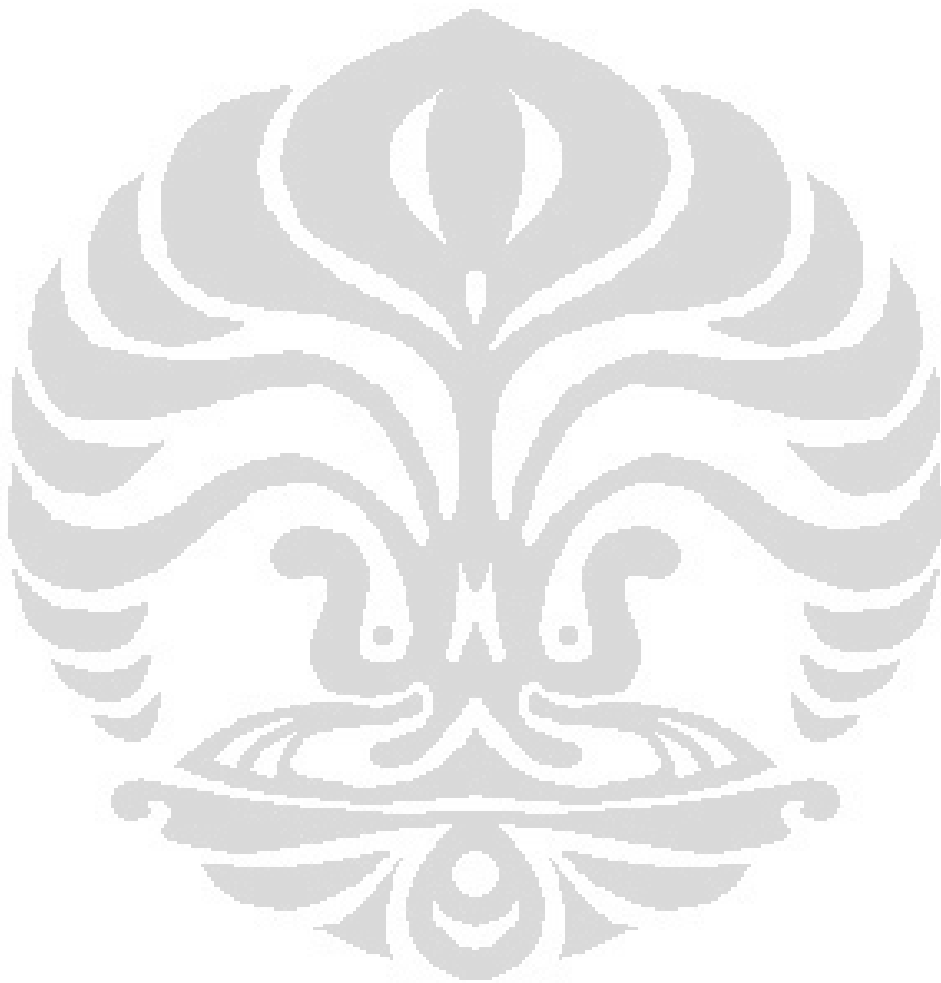
DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Data luas permukaan, massa, dan densitas	24
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 4.6. pH dan potensial awal serta akhir	41



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran Foto Hasil Pengujian	47
-------------------------------------	----



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Korosi dapat didefinisikan dalam banyak cara. Beberapa definisi yang sangat sempit dan berkuat pada bentuk korosi yang spesifik, sementara yang lain cukup luas dan mencakup berbagai bentuk kemerosotan. Kata korosi berasal dari bahasa Latin *corrodere*, yang berarti “menggerogoti hingga berkeping-keping”. Definisi umum dari korosi adalah mengkonsumsi atau mengikis secara bertahap, seolah-olah digerogoti. Untuk penelitian kali ini, korosi dapat didefinisikan sebagai reaksi kimia atau elektrokimia antara bahan, biasanya logam, dan lingkungannya yang menghasilkan kerusakan pada material dan propertinya. Pada umumnya proses korosi tidak dapat dihentikan sama sekali karena merupakan suatu proses alami yang akan terjadi saat suatu logam kontak dengan lingkungannya. Namun proses korosi dapat diminimalisir dan dikendalikan atau diperlambat lajunya dengan memperlambat proses perusakannya^[1].

Korosi berpotensi menjadi sebuah masalah yang besar pada aplikasi yang menggunakan logam, contohnya dibidang industri minyak dan gas. Proses korosi akan mengakibatkan kerugian baik secara langsung maupun tidak langsung. Kerugian langsung seperti biaya penggantian material, biaya perawatan, *over-design*, dll. Kerugian tidak langsung seperti *plant shutdown*, *lost production*, kontaminasi produk, dll.

Yang tidak kalah pentingnya adalah konsekuensi social dari korosi. Konsekuensi itu tercakup dalam isu-isu berikut:

1. Keamanan, misalnya, kegagalan tiba-tiba dapat menyebabkan kebakaran, ledakan, pelepasan produk beracun, dan runtuhnya konstruksi.
2. Kesehatan, misalnya, polusi karena terlepasnya produk dari peralatan terkorosi atau karena produk korosi itu sendiri.
3. Menipisnya sumber daya alam, logam dan termasuk bahan bakar yang digunakan untuk pembuatannya.
4. Penampilan barang-barang yang terkorosi sangat tidak enak di pandang.

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 penambahan zat dalam jumlah yang sangat sedikit (40-80 ppm) pada suatu lingkungan tertentu sehingga dapat menurunkan laju korosi suatu logam. Inhibitor memiliki beberapa mekanisme kerja diantaranya adalah

- 1) Pembentukan lapisan tipis pada permukaan dengan ketebalan beberapa molekul inhibitor pada permukaan logam karena permukaan logam mengadsorpsi inhibitor
- 2) Melalui pengaruh lingkungan atau pH dari lingkungan menyebabkan inhibitor mengendap pada permukaan logam dan teradsorpsi sehingga membentuk lapisan yang melindungi dari serangan korosi
- 3) Inhibitor melakukan korosi terlebih dahulu terhadap logam dan menghasilkan suatu zat kimia dan mengalami proses adsorpsi pada zat tersebut dan menghasilkan suatu lapisan pasif
- 4) Penghilangan konstituen yang agresif dari lingkungannya.

Bahan atau zat – zat kimia yang memiliki potensial untuk dikembangkan sebagai inhibitor sangat banyak namun dari kalangan industri masih tetap menggunakan dan mempercayai inhibitor sintetis. Inhibitor sintetis masih dipercaya karena memiliki kemampuan untuk melindungi dari korosi yang sangat baik serta mudah didapat namun dibalik kelebihan tersebut masih terdapat kekurangan dimana jenis inhibitor ini memiliki bahaya keamanan dan kesehatan dari penggunaan secara terus menerus. Untuk menghindari bahaya pemakaian inhibitor sintesis secara terus menerus, banyak orang mulai beralih kepada inhibitor organik yang aman untuk lingkungan dan kesehatan.

Inhibitor organik umumnya berasal dari ekstrak alam yang mengandung atom N, O, P, S dan atom – atom yang memiliki pasangan elektron bebas. Unsur – unsur ini akan berfungsi sebagai ligan dalam pembentukan senyawa kompleks. 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.

Selain itu juga terdapat zat anti oksidan yang banyak dikandung oleh bahan inhibitor organik diantaranya pada daun teh. Menurut Indigomorie, antioksidan dapat didefinisikan sebagai suatu zat yang dapat memperlambat proses oksidasi.

Untuk mencapai tujuan dari penelitian ini, maka diadakan suatu pengujian dalam skala laboratorium dengan menggunakan baja SPCC dalam lingkungan air laut, dengan menggunakan inhibitor dari ekstrak teh hijau yang mengandung zat anti oksidan polifenol dan turunannya serta zat kafein yang diasumsikan keduanya dapat menekan laju korosi.

1.2. Perumusan Masalah

Korosi merupakan fenomena alam yang akan selalu ada ketika suatu logam kontak langsung dengan lingkungan. Namun fenomena ini membawa dampak buruk terhadap berbagai struktur yang disusun atas material logam karena dapat menyebabkan perpatahan atau kerusakan. Selain itu korosi dari segi ekonomi dapat memberikan kerugian untuk biaya perbaikan dan *loss production*. Korosi merupakan masalah penting dan cukup besar pada berbagai bidang terutama pada bidang industri minyak dan gas.

Korosi yang terjadi pada bidang perminyakan biasanya terjadi pada daerah laut. Air laut merupakan lingkungan yang korosif yang dapat merusak atau menurunkan kuatias dari material. Salah satunya pada pipa elbow di sumur. Pipa elbow di sumur merupakan pipa pertama yang mendapatkan minyak mentah langsung dari perut bumi. Biasanya pada minyak mentah memiliki kontaminasi yang ikut terbawa salah satunya air laut yang ikut masuk ke pipa. Air laut ini dapat menyebabkan korosi pada pipa

elbow ini yang akhirnya dapat menyebabkan kebocoran dan mengganggu produksi. Pencegahan yang dilakukan pada bagian internal dari pipa ini adalah penggunaan inhibitor kedalam pipa tersebut. Inhibitor adalah suatu zat kimia yang dapat mengubah kondisi lingkungan kerja dan ditambahkan dalam jumlah sedikit baik secara kontinyu maupun periodik.

Inhibitor yang banyak digunakan saat ini merupakan inhibitor anorganik atau sintetis. Inhibitor sintetis memiliki mekanisme yang sama yaitu membentuk senyawa kompleks seperti nitrit, kromat, fosfat, urea, fenilalanin, inidazolin, dan senyawa amina. Namun bahan sintetis merupakan berasal dari bahan kimia buatan yang memiliki efek samping akan bahayanya. Selain itu dari faktor ekonomis, bahan – bahan inhibitor sintetis harganya relatif mahal dan tidak ramah lingkungan. Inhibitor organik jarang dipakai untuk sistem proses yang berhubungan langsung dengan manusia seperti pengolahan air produksi, sistem pendingin, dll. Penggunaan inhibitor yang aman, mudah didapat, ramah lingkungan, biaya murah, dan *biodegradable* sangatlah diperlukan untuk menggantikan bahan – bahan yang sintetis karena semua bahan organik sudah tersedia di alam.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah

- 1) Mengetahui pengaruh teh hijau sebagai inhibitor organik pada lingkungan air laut
- 2) Mengetahui mekanisme penghambatan dari teh hijau sebagai inhibitor organik
- 3) Mengetahui efisiensi teh hijau sebagai suatu inhibitor organik terhadap waktu pengujian.
- 4) Mengetahui waktu pakai teh hijau yang efektif sebagai inhibitor organik.

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

- a. Material yang digunakan adalah baja SPCC dengan kondisi awal yang dianggap sama untuk tiap variabel uji berbeda
- b. Inhibitor organik yang digunakan adalah teh hijau merk 'x' dengan variabel konsentrasi 10gpl

- c. Larutan rendam atau elektrolit yang digunakan adalah air laut alami dengan volume yang disesuaikan dengan batas minimum volume kontak larutan terhadap permukaan sampel disesuaikan dengan standar ASTM G-3172
- d. Perhitungan laju korosi dengan metode kehilangan berat (weight loss) yang mengikuti standar ASTM G1-03
- e. Waktu perendaman untuk pengujian dilakukan selama 3,5 dan 7 hari dengan variabel konsentrasi 10 gpl.

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

Ulick R. Evans, ilmuwan Inggris yang dianggap sebagai "Bapa Ilmu Korosi", telah mengatakan bahwa "Korosi secara umum merupakan fenomena elektrokimia, (yang) dapat didefinisikan sebagai perusakan oleh instansi elektrokimia atau kimia ...". Korosi di lingkungan berair dan dalam suatu lingkungan atmosfer (yang juga melibatkan lapisan berair tipis) adalah proses elektrokimia karena korosi melibatkan transfer elektron antara permukaan logam dan larutan elektrolit air. Ini hasil dari kecenderungan yang luar biasa dari logam untuk bereaksi secara elektrokimia dengan oksigen, air, dan zat lain dalam lingkungan berair. Untungnya, logam-logam yang paling berguna pada umumnya bereaksi dengan lingkungan untuk membentuk film kurang lebih protektif terhadap produk reaksi korosi yang mencegah logam dari pergi ke dalam larutan sebagai ion.

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:

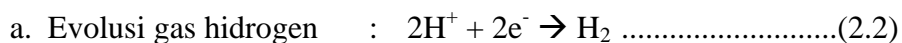
1. Anoda

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

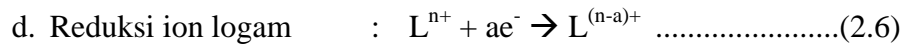
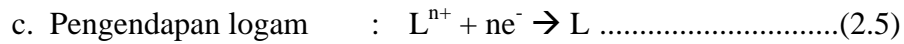
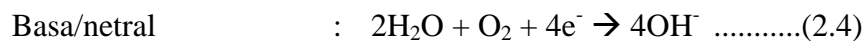
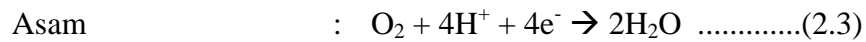


2. Katoda

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.

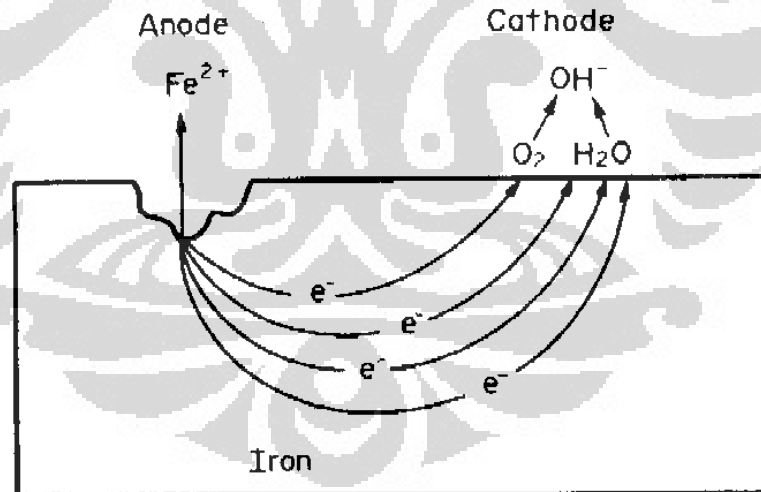
Kondisi 3 akan terpenuhi ketika ion logam dilepaskan ke suatu elektrolit sehingga menyediakan suatu jalan konduksi untuk menghasilkan suatu sirkuit listrik.

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

Permukaan logam yang sama terkena elektrolit air biasanya memiliki situs untuk oksidasi (atau reaksi kimia anodik) yang menghasilkan elektron dalam logam, dan pengurangan (atau reaksi katodik) yang mengkonsumsi elektron yang dihasilkan oleh reaksi anodik. Ini "situs" bersama-sama membuat sebuah "sel korosi". Reaksi anodik adalah pembubaran logam untuk membentuk ion larut baik produk atau senyawa larut dari logam, biasanya oksida. Beberapa reaksi katodik yang mungkin tergantung pada apa yang diturunkan spesies yang hadir dalam larutan. Reaksi yang tipikal adalah pengurangan gas oksigen terlarut, atau pengurangan dari (air) pelarut untuk menghasilkan gas hidrogen. Karena reaksi anodik dan katodik terjadi secara simultan pada permukaan logam, mereka menciptakan suatu sel elektrokimia dari tipe yang ditunjukkan pada Gambar 2. 1.



Gambar 2.1. Ilustrasi skema penggambaran proses korosi

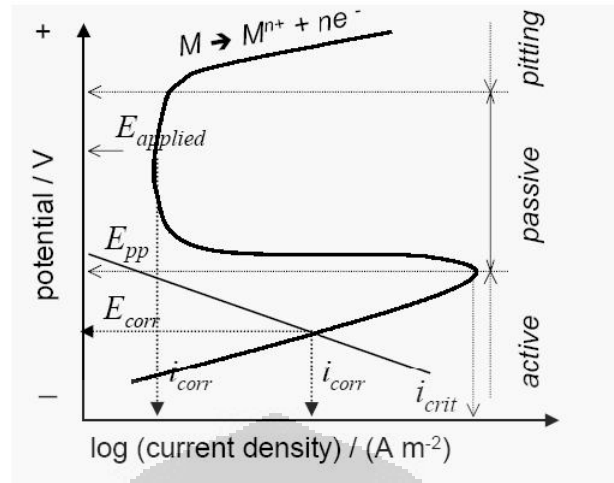
Gambar 2.1. menunjukkan Sel elektrokimia mengatur antara situs anodik dan katodik pada permukaan besi mengalami korosi. Situs dimana reaksi anodik

dan katodik berlangsung, anoda dan katoda dari sel korosi, ditentukan oleh banyak faktor:

1. Mereka tidak selalu tetap di lokasi
2. Mereka dapat berdekatan atau terpisah secara luas sehingga , Misalnya, jika dua logam berada dalam kontak, satu logam bisa menjadi anoda dan katoda lainnya, yang menyebabkan korosi galvanik logam lebih anodik
3. Tidak boleh ada variasi di atas permukaan konsentrasi oksigen di lingkungan yang hasil dalam pembentukan sebuah anoda di situs tersebut terpapar dengan lingkungan yang mengandung kadar oksigen rendah - aerasi diferensial korosi
4. Variasi konsentrasi ion logam atau spesies lain dalam lingkungan, yang timbul karena orientasi spasial dari logam korosi dan gravitasi, atau akhirnya
5. Variasi dalam homogenitas permukaan logam, karena adanya inklusi, fase yang berbeda, batas butir, logam terganggu, dan penyebab lainnya, dapat mengarah pada pembentukan anodik dan katodik situs.

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.



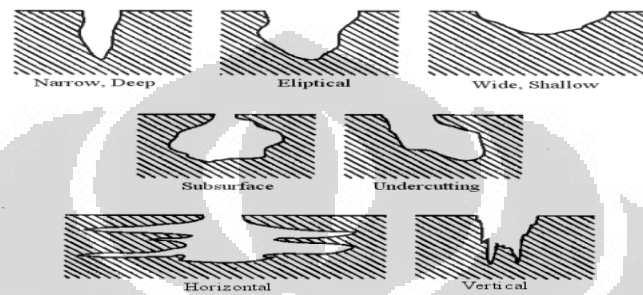
Gambar 2.3. Korosi uniform

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:

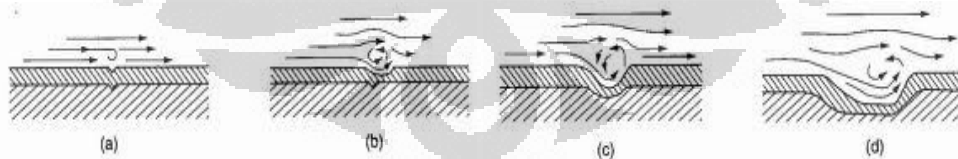
1. Mengalami kerusakan lapisan protektif (lapisan pasif) akibat perlakuan mekanik maupun kimia.
2. Memiliki cacat bentuk yang diakibatkan oleh dislokasi atau slip akibat tegangan tarik.
3. Memiliki komposisi kimia yang heterogen.
4. Adanya inklusi, segregasi, atau presipitasi.



Gambar 2.4. Korosi sumuran dan bentuk-bentuknya

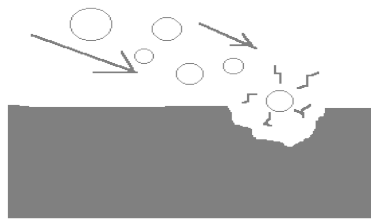
2.4.3. Korosi Erosi

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.



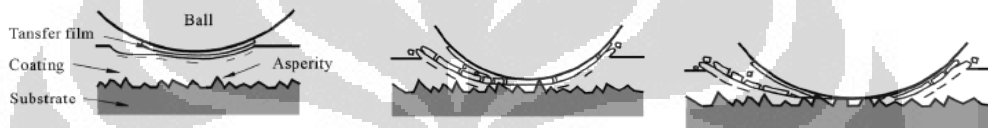
Gambar 2.5. Skema korosi erosi

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 kavitasi

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 terhenti (laju korosi mendekati nol).



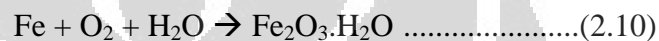
Gambar 2.8. Korosi galvanik

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.

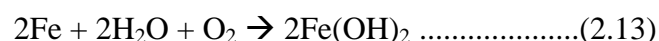
Reaksi korosi yang terjadi pada baja di lingkungan air adalah:



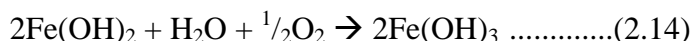
Karena air mengalami kontak dengan atmosfer sehingga mengandung oksigen yang terlarut. Air biasanya bersifat netral, sehingga reaksi katodik yang terjadi adalah reduksi oksigen.



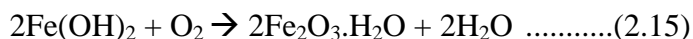
Secara keseluruhan, reaksi yang terjadi adalah:



$\text{Fe}(\text{OH})_2$ 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 *hidrat 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*)

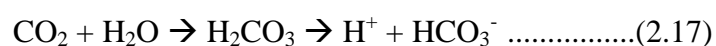
Oksigen dan karbon dioksida merupakan gas terlarut yang paling penting di air. Oksigen merupakan penerima elektron yang dihasilkan oleh logam untuk terjadinya reaksi korosi logam pada air, sehingga jika jumlah oksigen yang terlarut terbatas maka laju korosi terbatas [14]. Laju oksigen mencapai permukaan 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].

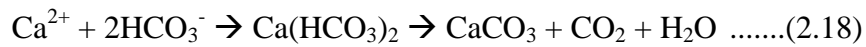
2.7.3. *Hardness*

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

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

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

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

Jika $LSI < 0$; air akan melarutkan CaCO_3

$LSI > 0$; akan terbentuk endapan CaCO_3

$LSI = 0$; 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:

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

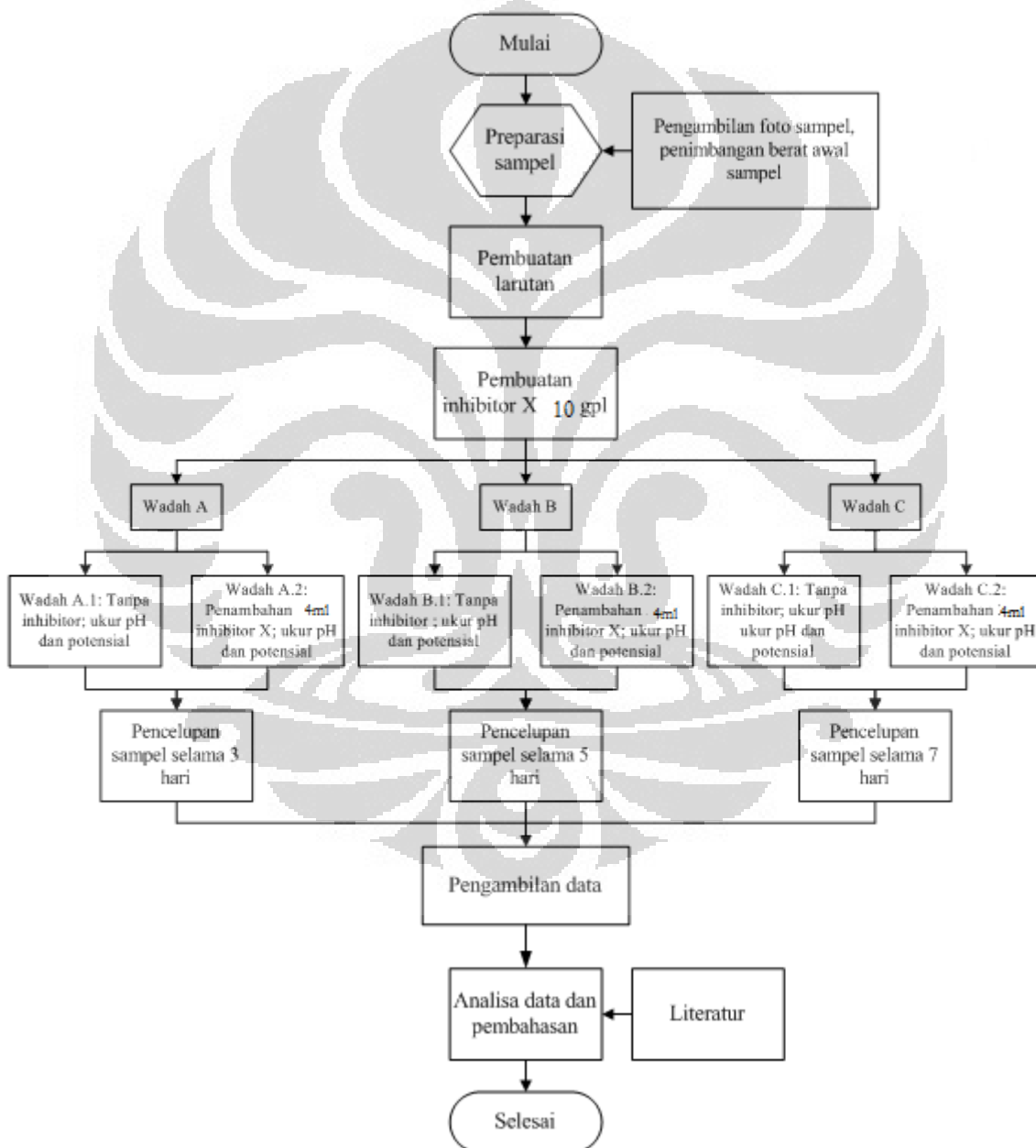
Dimana X_a = laju korosi tanpa inhibitor, (mpy)
 X_b = laju korosi dengan inhibitor, (mpy)

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: 30 mm x 20 mm x 1 mm

- Densitas : pengukuran secara acak dari 5 sampel dengan mengukur panjang, lebar, dan tebal menggunakan jangka sorong dan massa sampel dengan timbangan digital. Penghitungan dengan rumus densitas (ρ) yaitu

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

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	3,089	0,1	4,67	7,3927
2	2,05	3,065	0,1	4,72	7,5120
3	2	2,915	0,1	4,48	7,6843
4	1,975	3,08	0,1	4,68	7,6935
5	2,025	2,92	0,1	4,81	8,1346

Dari kelima sampel diatas, didapat densitas rata-rata:

$$\frac{7,3927+7,5120+7,6843+7,6935+8,1346}{5} = 7.6834\text{gr/cm}^3$$

2. Air Laut
3. Aquades
4. Thiner N (*toluene*)
5. Aseton/alkohol.
6. HCl 32 M dan inhibitor baracore, sebagai zat *pickling*
 - Masukan 100 ml HCL 32 M, 100 ml aquades, 10 tetes inhibitor baracore ke dalam beaker glass 1000 ml.
7. 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. Teh hijau 10 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

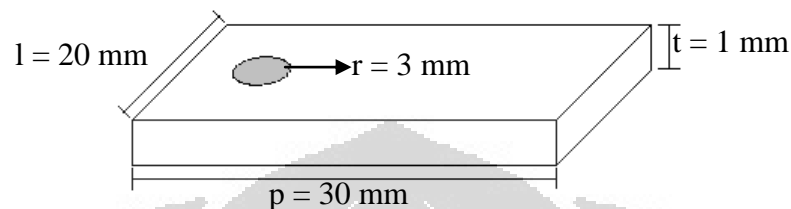
Masing-masing sampel ditimbang berat awalnya menggunakan timbangan digital.

3.3.2. Persiapan Larutan

Larutan yang digunakan pada penelitian ini adalah air laut. Air laut ini kemudian diuji komposisinya untuk mendapatkan data seperti pH, temperatur, dan beberapa data lainnya.

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:

$$\begin{aligned} &= (2 \times p \times l) + (2 \times p \times t) + (2 \times l \times t) - (2\pi r^2) + (t \times 2\pi r) \dots (3.5) \\ &= (2 \times 30 \times 20) + (2 \times 30 \times 1) + (2 \times 20 \times 1) - (2 \times 3,14 \times 3^2) + (1 \times 2 \times 3,14 \times 3) \\ &= 1263 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume minimal} &= 1263 \times 0,4 \\ &= 505 \text{ ml} \end{aligned}$$

Volume larutan minimal untuk sebuah sampel dengan luas permukaan 1263 mm^2 adalah 505 ml. Dalam pengujian, volume yang digunakan adalah 520 ml.

3.3.3. Pembuatan Inhibitor

Inhibitor dibuat dari beras ketan hitam 10 gpl, dengan cara:

1. Timbang masing-masing 1 gram teh hijau dengan timbangan digital, masukan dalam wadah plastik.
2. Rendam teh hijau 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 air laut \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 4 ml inhibitor
2. Wadah B, dengan perendaman sampel selama 5 hari.
 - B.1; pada larutan tidak ditambahkan inhibitor
 - B.2; ditambahkan 4 ml inhibitor
3. Wadah C, dengan perendaman sampel selama 7 hari.
 - C.1; pada larutan tidak ditambahkan inhibitor
 - C.2; ditambahkan 4 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 NaCO₃ 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 NaCO₃ 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.

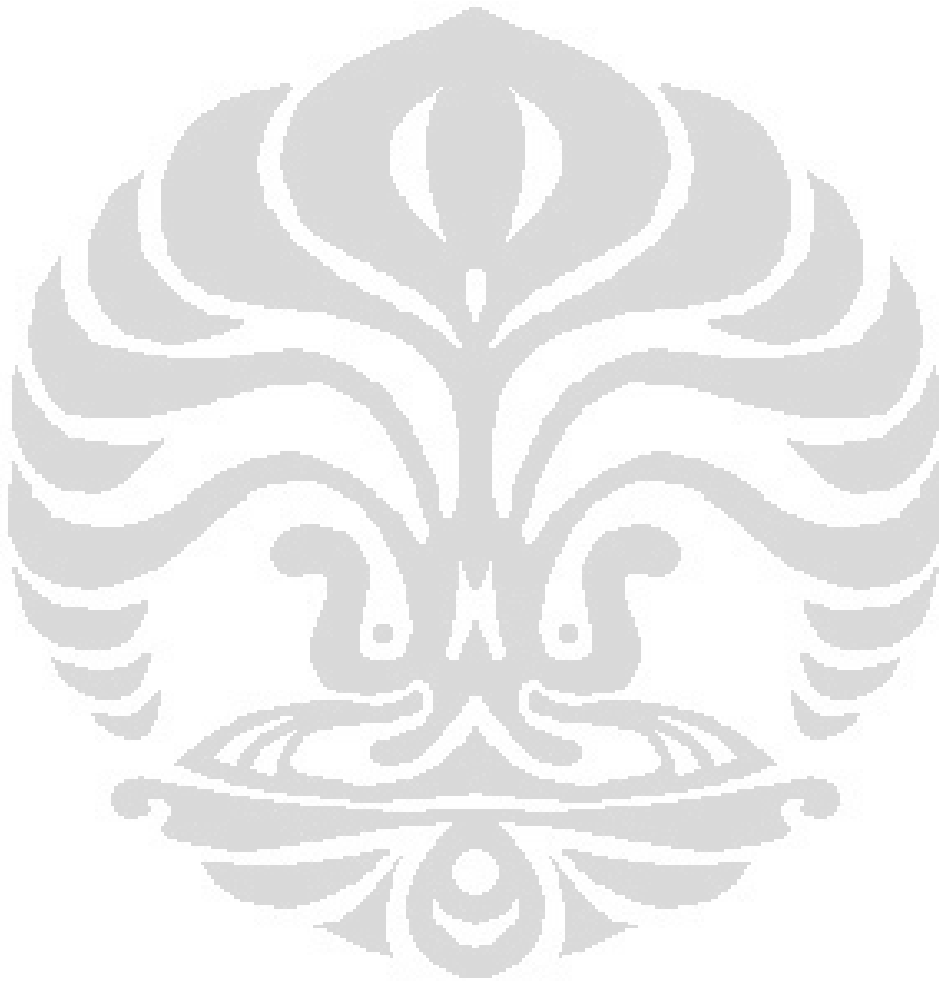
$$\text{potensial (V) vs SHE} = \text{potensial (V) vs Ag/AgCl} + 0,222 \text{ V} \dots\dots(3.7)$$

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	berat akhir	pengurangan berat	rata-rata
hari ke-3 dengan inhibitor	A2a	4.6244	4.6166	0.0078	0.0088
	A2b	4.5274	4.5169	0.0105	
	A2c	4.8593	4.8511	0.0082	
hari ke-3 tanpa inhibitor	A1a	4.6943	4.6830	0.0113	0.0130
	A1b	4.5801	4.5670	0.0131	
	A1c	4.7951	4.7806	0.0145	
hari ke-5 dengan inhibitor	B2a	4.6914	4.6809	0.0105	0.0117
	B2b	4.5119	4.5011	0.0108	
	B2c	4.7453	4.7316	0.0137	
hari ke-5 tanpa inhibitor	B1a	4.5084	4.4943	0.0141	0.0144
	B1b	4.5819	4.5672	0.0147	
	B1c	4.4688	4.4545	0.0143	
hari ke-7 dengan inhibitor	C2a	4.5305	4.5170	0.0135	0.0145
	C2b	4.8162	4.8022	0.0140	
	C2c	4.7942	4.7781	0.0161	
hari ke-7 tanpa inhibitor	C1a	4.6648	4.6457	0.0191	0.0196
	C1b	4.7915	4.7719	0.0196	
	C1c	4.4919	4.4717	0.0202	

4.1.2. Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor

Tabel 4.2. Tabel Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor

Perlakuan	sampel no.	pengurangan berat	rata-rata	laju korosi	efisiensi inhibitor
hari ke-3 dengan inhibitor	A2a	0.0078	0.0088	4.3889	31.8766
	A2b	0.0105			
	A2c	0.0082			
hari ke-3 tanpa inhibitor	A1a	0.0113	0.0130	6.4426	
	A1b	0.0131			
	A1c	0.0145			
hari ke-5 dengan inhibitor	B2a	0.0105	0.0117	3.4780	18.7935
	B2b	0.0108			
	B2c	0.0137			
hari ke-5 tanpa inhibitor	B1a	0.0141	0.0144	4.2829	
	B1b	0.0147			
	B1c	0.0143			
hari ke-7 dengan inhibitor	C2a	0.0135	0.0145	3.0947	25.9762
	C2b	0.0140			
	C2c	0.0161			
hari ke-7 tanpa inhibitor	C1a	0.0191	0.0196	4.1807	
	C1b	0.0196			
	C1c	0.0202			

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	Rata-rata perubahan pH	laju korosi
hari ke-3 dengan inhibitor	A2a	6.90	6.90	7.00	7.10	0.20	4.39
	A2b	6.90		7.10			
	A2c	6.90		7.20			

hari ke-3 tanpa inhibitor	A1a	7.10	7.10	7.50	7.53	0.43	6.44
	A1b	7.10		7.50			
	A1c	7.10		7.60			
hari ke-5 dengan inhibitor	B2a	6.90	6.90	7.50	7.40	0.50	3.48
	B2b	6.90		7.40			
	B2c	6.90		7.30			
hari ke-5 tanpa inhibitor	B1a	7.10	7.10	7.70	7.73	0.63	4.28
	B1b	7.10		7.80			
	B1c	7.10		7.70			
hari ke-7 dengan inhibitor	C2a	6.90	6.90	7.60	7.60	0.70	3.09
	C2b	6.90		7.60			
	C2c	6.90		7.60			
hari ke-7 tanpa inhibitor	C1a	7.10	7.10	7.90	7.83	0.73	4.18
	C1b	7.10		7.80			
	C1c	7.10		7.80			

4.1.4. Perubahan Potensial Dibandingkan dengan Laju Korosi

Tabel 4.4. Perubahan potensial dibandingkan dengan laju korosi

Perlakuan	sampel no.	Potensial Awal	rata-rata	Potensial Akhir	rata-rata	perubahan rata-rata	laju korosi
hari ke-3 dengan inhibitor	A2a	-0.575	-0.585	-0.668	-0.668	0.083	4.39
	A2b	-0.586		-0.669			
	A2c	-0.595		-0.668			
hari ke-3 tanpa inhibitor	A1a	-0.423	-0.423	-0.650	-0.657	0.234	6.44
	A1b	-0.420		-0.648			
	A1c	-0.425		-0.673			
hari ke-5 dengan inhibitor	B2a	-0.597	-0.584	-0.695	-0.689	0.105	3.48
	B2b	-0.570		-0.680			
	B2c	-0.586		-0.693			

hari ke-5 tanpa inhibitor	B1a	-0.423	-0.423	-0.687	-0.679	0.255	4.28
	B1b	-0.422		-0.676			
	B1c	-0.425		-0.673			
hari ke-7 dengan inhibitor	C2a	-0.595	-0.585	-0.686	-0.688	0.103	3.09
	C2b	-0.586		-0.691			
	C2c	-0.575		-0.687			
hari ke-7 tanpa inhibitor	C1a	-0.420	-0.422	-0.689	-0.684	0.262	4.18
	C1b	-0.425		-0.681			
	C1c	-0.422		-0.682			

4.2. Pembahasan

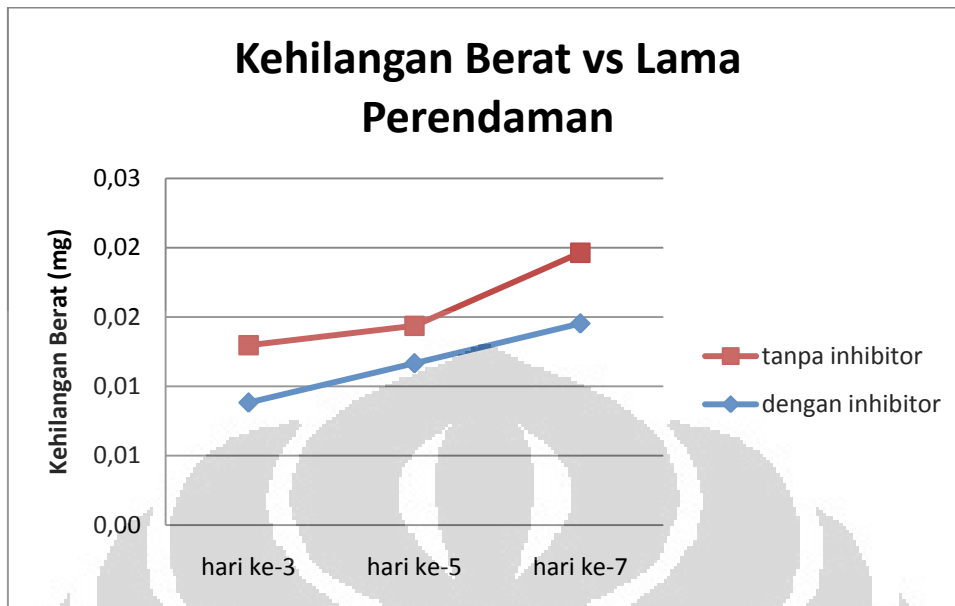
4.2.1. Pengamatan Visual terhadap Penambahan Inhibitor

Penambahan teh hijau sebanyak 4ml ke dalam larutan air laut pada awalnya tidak menyebabkan perubahan warna yang terlalu signifikan pada larutan (Lampiran). Namun setelah beberapa jam perbedaan warna yang cukup mencolok terlihat antara larutan yang ditambahkan inhibitor dengan larutan yang tidak ditambahkan inhibitor. Hal ini menandakan pencampuran yang terjadi cukup lambat ditandai dengan perubahan warna yang cukup lambat juga.

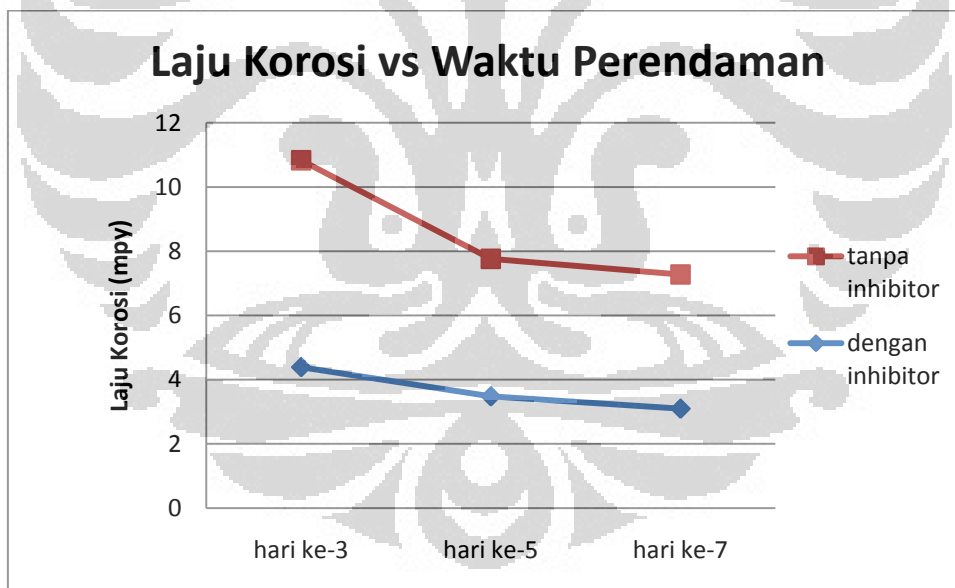
Pada larutan juga terdapat endapan setelah beberapa hari. Endapan ini terjadi karena reaksi antara senyawa yang terkandung pada ekstrak teh hijau dengan senyawa yang terkandung pada air laut yang digunakan pada pengujian. Sehingga terbentuk senyawa baru yang berbentuk endapan. Endapan yang terbentuk berwarna kecoklatan.

4.2.2. Pengaruh Inhibitor terhadap Laju Korosi

Inhibitor organik teh hijau bekerja baik di lingkungan air laut. Seperti yang terlihat pada gambar 4.1. dan 4.2. berikut.



Gambar 4.1. Grafik kehilangan berat sebagai fungsi dari waktu perendaman

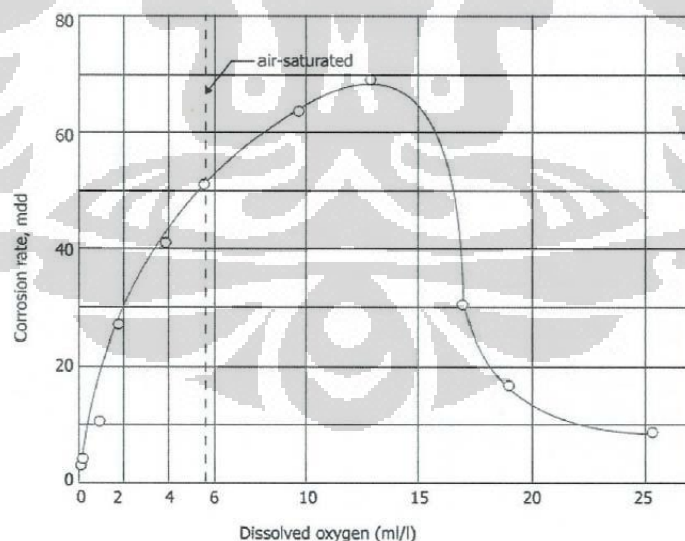


Gambar 4.2. Grafik laju korosi sebagai fungsi dari waktu perendaman

Dari gambar 4.1 dan 4.2 dapat dilihat dengan jelas secara umum pengurangan berat dan laju korosi berkurang seiring dengan penambahan inhibitor teh hijau. Pada hari ke-3 terjadi perubahan laju korosi dari 6.4 mpy menjadi 4.4 mpy atau mengalami penurunan sekitar 32%. Pada hari ke-5 terjadi perubahan laju korosi dari 4.3 mpy

menjadi 3.5 mpy atau mengalami penurunan sekitar 19%. Sedangkan pada hari ke-7 terjadi perubahan korosi dari 4.2 mpy menjadi 3.1 mpy atau terjadi penurunan sekitar 25%.

Secara garis besar inhibitor teh hijau sudah berfungsi dengan baik. Hal ini ditandai oleh penurunan laju korosi pada sampel yang ditambahkan inhibitor. Penurunan laju korosi yang terjadi seiring dengan lamanya waktu pencelupan. Akan tetapi pada hari ke-5 pada sampel yang tidak ditambahkan inhibitor terjadi penurunan laju korosi yang sanget signifikan. Hal ini kemungkinan di pengaruhi oleh kandungan oksigen terlarut pada lingkungan air laut dan suplai oksigen dari atmosfer. Apabila dibandingkan dengan logam non-ferrous, seperti *copper* dan *zinc*, maka perilaku korosi pada baja karbon sedikit sensitif terhadap kualitas air. Hal ini sesuai dengan fakta bahwa produk dari reaksi anodik pada baja karbon bersifat tidak protektif . Laju korosi pada baja dikontrol oleh proses katodik, yaitu suplai oksigen terlarut. Efek oksigen terlarut terlihat pada Gambar 2.3 dimana laju korosi meningkat dari tahap awal sampai ke tahapan tertentu, lalu turun. Penurunan laju korosi tersebut mengarah kepada terbentuknya lapisan pasif di permukaan.



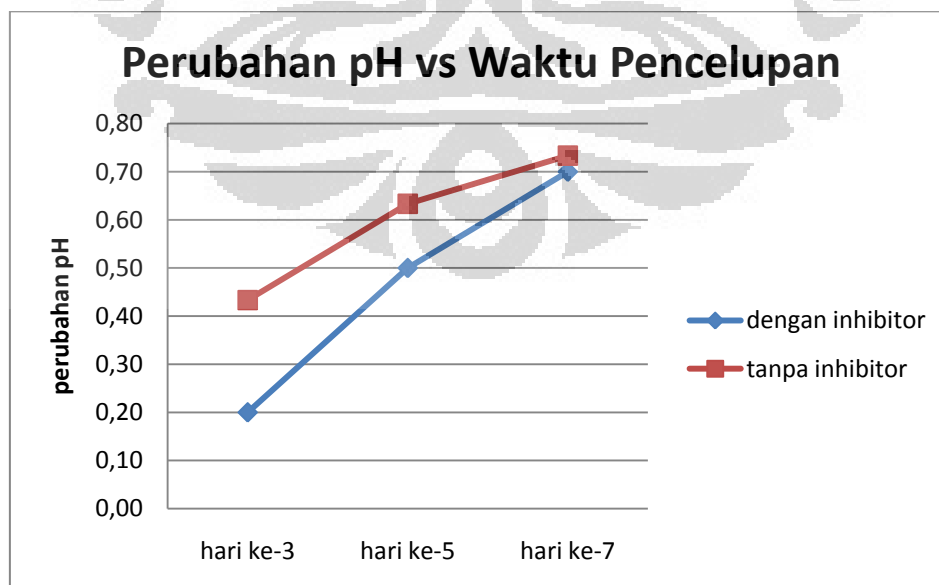
Gambar 4.1 Pengaruh oksigen terlarut pada korosi baja karbon rendah (*mild steel*) di air destilasi (temperatur 25°C dan perendaman 48 jam) yang mengandung 165 ppm CaCl_2 ^[22]

Pada sampel yang ditambahkan inhibitor pengurangan laju korosi cenderung konstan. Penurunan ini dikarenakan adanya Inhibitor yang membentuk lapisan tipis

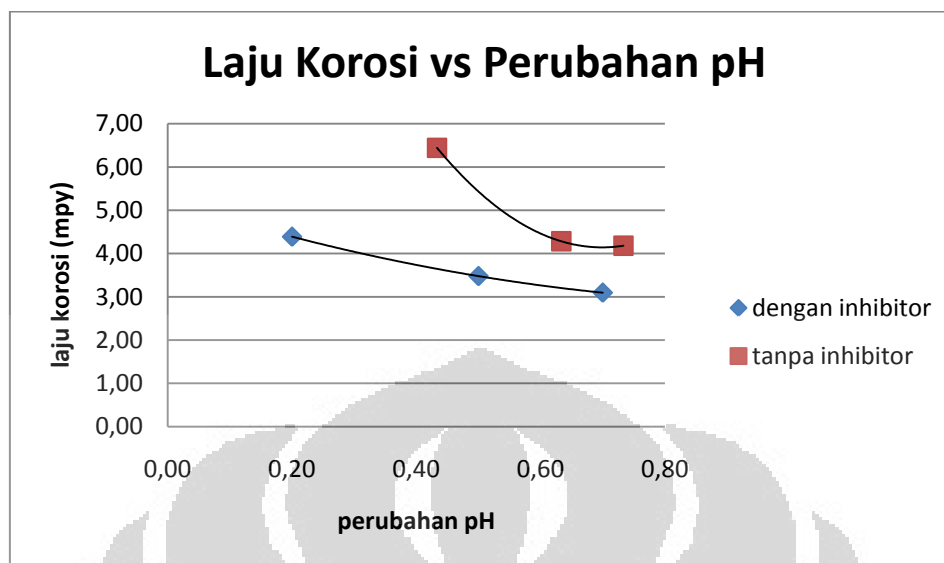
pada permukaan specimen. Hal ini kemungkinan besar disebabkan adanya adsorpsi inhibitor pada permukaan sampel. Adsorpsi ini akan menjadi semacam pembatas yang memisahkan permukaan sampel dari media. Sampel dengan jumlah inhibitor yang sedikit akan teadsorpsi dalam jumlah yang sedikit pada permukaan sampel dengan waktu yang sempit. Hal ini menyebabkan laju korosi pada sampel masih cukup tinggi. Dengan semakin lamanya waktu yang diberikan, adsorpsi inhibitor semakin besar dan kemungkinan berakibat pada peningkatan ketebalan dan jumlah wilayah. Hal ini menyebabkan terjadi penurunan laju korosi yang lebih lanjut hingga pada suatu titik tertentu dimana adsorpsi inhibitor sudah mencapai titik jenuh, laju korosi pada sampel menjadi konstan. Selain itu, suatu sistem yang terinhibisi ataupun tidak terinhibisi akan cenderung menurun dengan bertambahnya waktu. Penyebabnya bisa dari kontaminasi air laut oleh deposit dari korosi sehingga menurunkan reaktivitas dari media

4.2.3. Pengaruh Inhibitor terhadap Perubahan pH larutan

Inhibitor organik teh hijau berperan dalam perubahan pH yang kemudian berperan dalam laju korosi, seperti yang terlihat pada gambar 4.3. dan 4.4. berikut.



Gambar 4.3. Grafik perubahan pH sebagai fungsi dari waktu pencelupan



Gambar 4.4. Grafik laju korosi sebagai fungsi dari perubahan pH

Dari gambar 4.3 dapat dilihat bahwa terjadi perubahan pH baik pada sampel yang ditambahkan inhibitor maupun tidak. Namun penambahan inhibitor teh hijau pada larutan air laut menurunkan pH larutan secara keseluruhan. Terlihat pada pH awal larutan yang ditambahkan inhibitor berkisar pada 6.9 sedangkan larutan tanpa inhibitor berkisar pada 7.1. Pengurangan pH ini dipengaruhi oleh penambahan ekstrak teh hijau yang memiliki pH yang cenderung lebih kecil. Karena penambahan ekstrak teh hijau hanya dalam jumlah yang kecil maka pengurangan pH yang terjadi juga kecil, sekitar 0,2. Namun perubahan pH ini tidak menggeser sampel keluar dari daerah korosi pada diagram pourbaix.

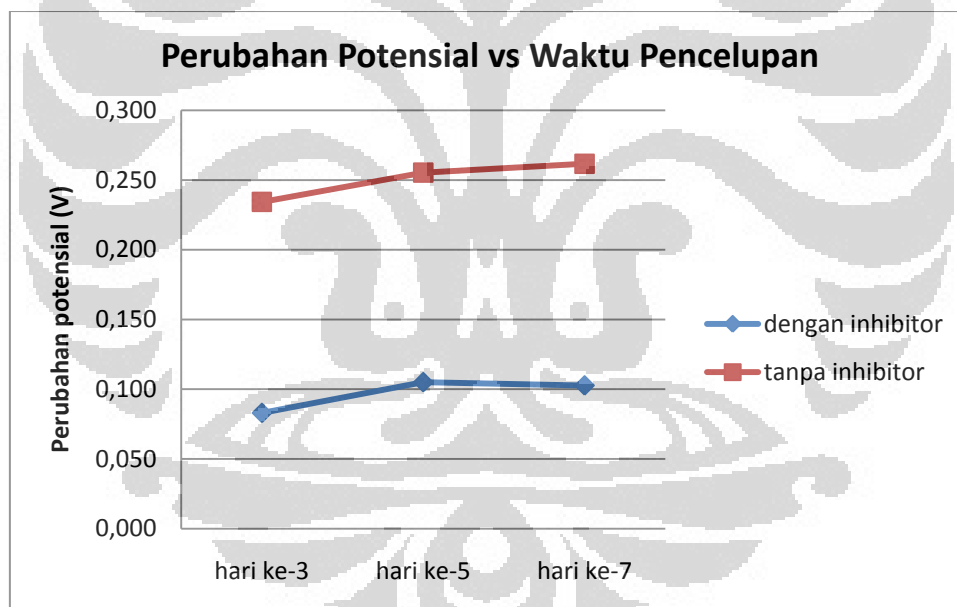
Dari gambar 4.3., dapat dilihat bahwa pada sampel dengan inhibitor organik teh hijau terjadi kenaikan pH yang lebih kecil, pada hari ke-3 pH rata-rata naik dari 6,9 menjadi 7,1 dengan kenaikan rata-rata pada hari ke-3 adalah 0,2, pada hari ke-5 pH rata-rata naik dari 6,9 menjadi 7,4 kenaikan rata-rata pada hari ke-5 adalah 0,5, dan pada hari ke-7 pH rata-rata naik dari 6,9 menjadi 7,6 kenaikan rata-rata pada hari ke-7 adalah 0,7. Sedangkan pada sampel tanpa inhibitor perubahan pH yang terjadi cenderung sedikit lebih besar, pada hari ke-3 pH rata-rata naik dari 7,1 menjadi 7,5 dengan kenaikan rata-rata pada hari ke-3 adalah 0,4, pada hari ke-5 pH rata-rata naik dari 7,1 menjadi 7,7

kenaikan rata-rata pada hari ke-5 adalah 0,6, dan pada hari ke-7 pH rata-rata naik dari 7,1 menjadi 7,8 kenaikan rata-rata pada hari ke-7 adalah 0,7.

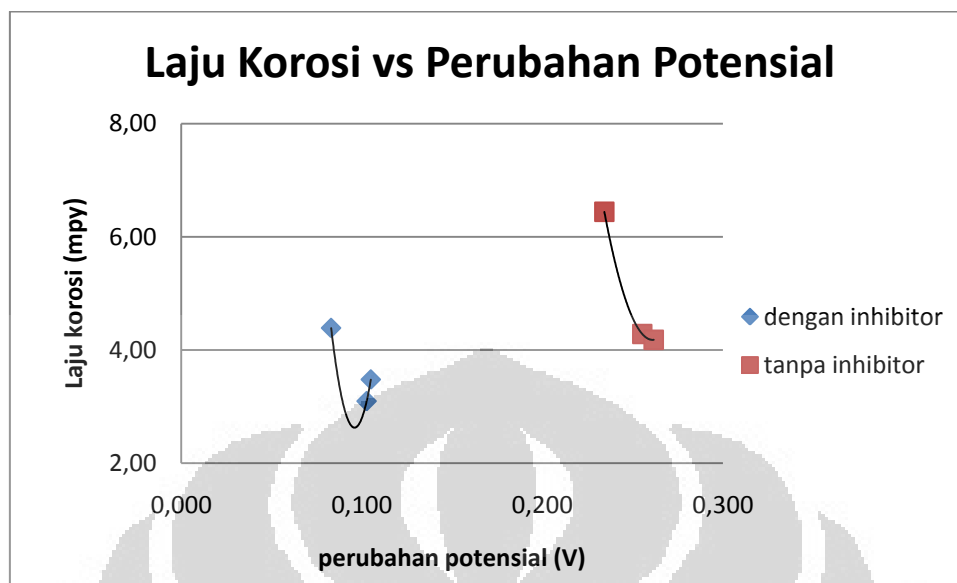
Dari gambar 4.4., didapat hubungan bahwa semakin besar perubahan pH pada sampel maka semakin kecil laju korosi yang dihasilkan. Baik itu pada lingkungan yang terinhibisi maupun tidak. Akan tetapi laju korosi pada lingkungan terinhibisi tetap lebih kecil bila dibandingkan dengan lingkungan yang tidak terinhibisi.

4.2.4. Pengaruh Inhibitor terhadap Perubahan Potensial

Inhibitor organik teh hijau berperan dalam perubahan Potensial yang kemudian berperan dalam laju korosi, seperti yang terlihat pada gambar 4.5. dan 4.6. berikut.



Gambar 4.5. Grafik perubahan potensial sebagai fungsi dari waktu pencelupan



Gambar 4.6. Grafik laju korosi sebagai fungsi dari perubahan potensial

Dari tabel 4.4 dapat kita lihat bahwa penambahan inhibitor teh hijau telah memperkecil potensial secara keseluruhan. Dengan penambahan 4ml ekstrak teh hijau telah menggeser nilai potensial dari daerah korosif ke arah daerah immune. Akan tetapi penurunan potensial tidak mengeluarkan sampel dari daerah korosif pada diagram pourbaix. Perubahan potensial ke arah lebih negative menunjukkan bahwa inhibitor teh hijau yang kami gunakan termasuk kepada inhibitor katodik. Inhibitor katodik menurunkan laju korosi membatasi area untuk terjadinya reaksi katodik. Dalam pengujian ini inhibitor membatasi area reaksi katodik dengan adsorpsi inhibitor pada permukaan sampel.

Dari gambar 4.5., dapat dilihat bahwa inhibitor organik menurunkan perubahan nilai potensial dibandingkan tanpa ditambahkan inhibitor pada setiap variabel waktu pencelupan. Pada hari ke-3, inhibitor menurunkan perubahan potensial rata-rata dari 0,23 V menjadi 0,08 V, pada hari ke-5 menurunkan perubahan potensial rata-rata dari 0,25 V menjadi 0,10 V, dan pada hari ke-7 menurunkan perubahan potensial rata-rata dari 0,26 V menjadi 0,10 V.

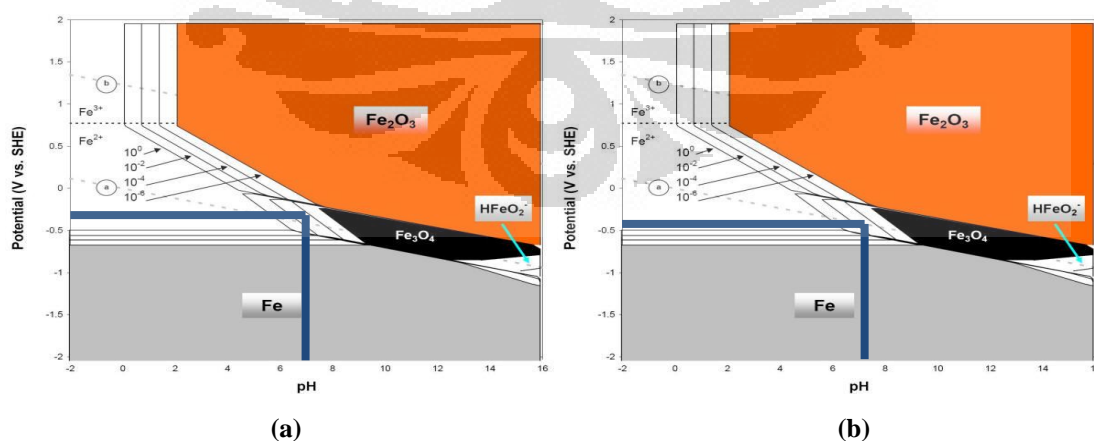
Dari gambar 4.6., dapat dilihat bahwa perubahan potensial pada sampel yang ditambahkan inhibitor cenderung kecil. Hal ini terjadi karena pada saat penambahan inhibitor di awal pengujian telah terjadi perubahan yang cukup besar bila dibandingkan

dengan sampel tanpa inhibitor. Dengan potensial awal yang sudah lebih negative, perubahan potensial pada sampel yang ditambahkan inhibitor teh hijau cenderung kecil dengan laju korosi yang juga kecil. Sedangkan pada sampel yang tidak ditambahkan inhibitor perubahan potensial cenderung besar diikuti oleh laju korosi secara keseluruhan yang cenderung lebih besar daripada sampel yang ditambahkan inhibitor.

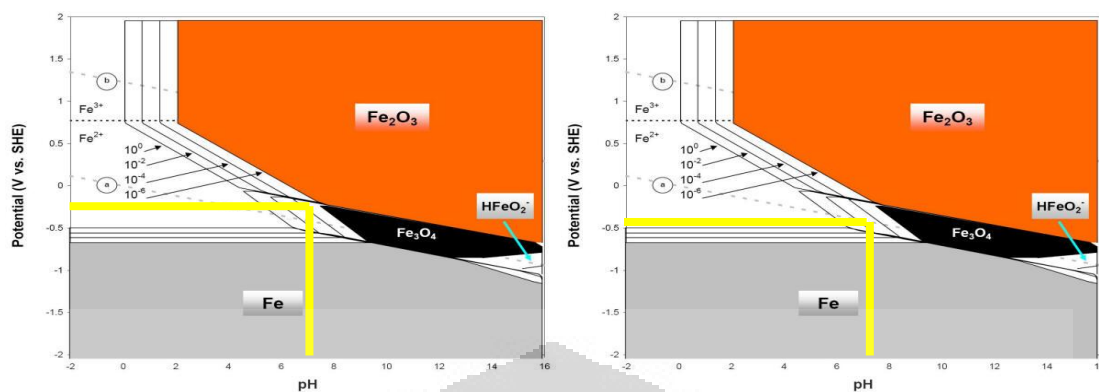
pH awal rata-rata dan potensial awal rata-rata pada setiap variabel waktu digambar di diagram pourbaix Fe untuk mengetahui kondisi awal sampel. Setelah itu digambar pula pH akhir rata-rata dan potensial akhir rata-rata pada setiap variabel waktu untuk mengetahui pengaruh lingkungan yang diberikan oleh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

Tabel 4.6. pH dan potensial awal serta akhir

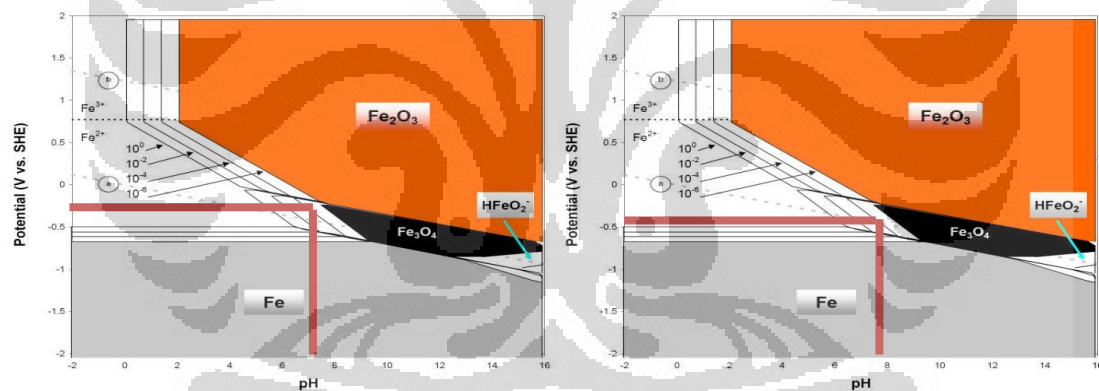
Perlakuan	Awal		Akhir	
	pH	potensial	pH	potensial
hari ke-3 dengan inhibitor	6.90	-0.344	7.10	-0.446
hari ke-5 dengan inhibitor	6.90	-0.343	7.40	-0.467
hari ke-7 dengan inhibitor	6.90	-0.344	7.60	-0.447



Gambar 4.7. Diagram pourbaix dan hasil penggambaran pH dan potensial hari ke-3 dengan inhibitor (a) kondisi awal; (b) kondisi akhir



Gambar 4.8. Diagram pourbaix dan hasil penggambaran pH dan potensial hari ke-5 dengan inhibitor (a) kondisi awal; (b) kondisi akhir

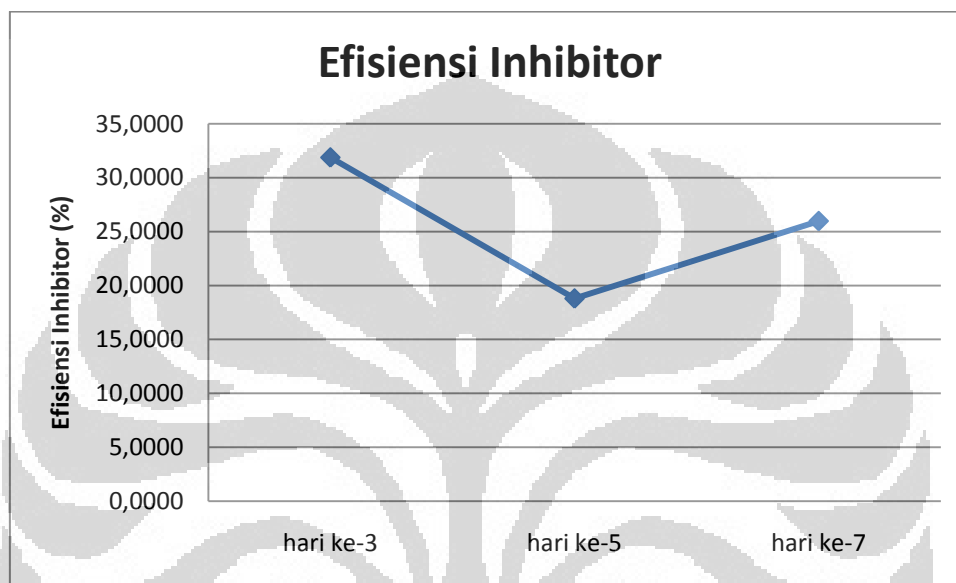


Gambar 4.9. Diagram pourbaix dan hasil penggambaran pH dan potensial hari ke-7 dengan inhibitor (a) kondisi awal; (b) kondisi akhir

Dari hasil penggambaran pada diagram pourbaix, secara kinetika inhibitor memberikan pengaruh yang tidak terlalu signifikan terhadap lingkungan, karena tidak mampu mendorong pH dan potensial keluar dari daerah Fe^{2+} ke daerah pasif Fe_2O_3 atau Fe_3O_4 . Tapi inhibitor sudah memberikan sedikit pengaruh yang tidak terlalu yaitu dengan menggeser potensial menuju daerah yang lebih negative. Sedangkan pada pH inhibitor sudah mendorong menuju daerah pasif akan tetapi belum bisa keluar dari daerah korosif.

4.2.5. Efisiensi Inhibitor

Gambar 4.10 berikut menggambarkan efisiensi inhibitor bila dibandingkan dengan waktu perendaman.



Gambar 4.10. Grafik efisiensi inhibitor terhadap lama perendaman

Dari Gambar 4.10 dapat dilihat dengan jelas bahwa efisiensi inhibitor yang paling tinggi adalah pada lama perendaman 3 hari yaitu 32%. Sedangkan pada perendaman selama 5 hari efisiensi inhibitor mengalami penurunan yang sangat drastis yaitu menjadi 19%. Hal ini terjadi karena adanya efek oksigen terlarut yang sudah mulai berkurang pada hari ke 5, sehingga laju korosinya menurun drastis bila dibandingkan dengan perendaman selama 3 hari. Sedangkan pada sampel perendaman 5 hari menggunakan inhibitor penurunan laju korosi cenderung stabil karena pada larutan dengan inhibitor telah tersedia senyawa yang mengikat oksigen terlarut dari hari pertama, sehingga laju korosi cenderung stabil. Pada sampel perendaman selama 7 hari efisiensi inhibitor kembali naik menjadi 25%. Peristiwa ini terjadi karena adanya kemungkinan suplai oksigen dari atmosfer yang menyebabkan kandungan oksigen terlarut di larutan meningkat, sehingga laju korosi pada sampel tanpa inhibitor kembali meningkat.

BAB V

KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian kehilangan berat yang dilakukan terhadap baja SPCC dengan penambahan inhibitor ekstrak teh hijau dengan konsentrasi 10 gpl pada lingkungan air laut, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengujian laju korosi dengan metode kehilangan berat menunjukkan:
 - Inhibitor bekerja baik dilingkungan air laut
Pada hari ke-3 laju korosi rata-rata turun dari 6.4 mpy menjadi 4.4 mpy, pada hari ke-5 laju korosi rata-rata turun dari 4.3 mpy menjadi 3.5 mpy, dan pada hari ke-7 laju korosi rata-rata turun dari 4.2 mpy menjadi 3.1 mpy.
 - Penambahan inhibitor menurunkan laju korosi menurun seiring dengan lamanya waktu perendaman
Pada hari ke-3 laju korosi rata-rata adalah 4.4 mpy, pada hari ke-5 laju korosi rata-rata adalah 3.5 mpy, dan pada hari ke-7 laju korosi rata-rata adalah 3.1 mpy.
 - Waktu efisien dari inhibitor adalah pada saat perendaman selama 3 hari
Pada hari ke-3 efisiensi inhibitor adalah 32%, pada hari ke-5 efisiensi inhibitor adalah 19%, pada hari ke-7 efisiensi inhibitor adalah 25%.
2. Pada pengukuran pH, didapat
Penambahan inhibitor teh hijau pada larutan air laut menurunkan pH larutan secara keseluruhan. Terlihat pada pH awal larutan yang ditambahkan inhibitor berkisar pada 6.9 sedangkan larutan tanpa inhibitor berkisar pada 7.1
 - Perubahan pH rata-rata tanpa inhibitor terbesar pada hari ke-7
Pada hari ke-3 perubahan pH rata-rata 0,4. Pada hari ke-5 perubahan pH rata-rata 0,6. Pada hari ke-7 perubahan pH rata-rata 0,7.
 - Perubahan pH rata-rata dengan inhibitor terbesar pada hari ke-7

Pada hari ke-3 perubahan pH rata-rata 0,2. Pada hari ke-5 perubahan pH rata-rata 0,5. Pada hari ke-7 perubahan pH rata-rata 0,7.

- Semakin besar perubahan pH pada sampel maka semakin kecil laju korosi yang dihasilkan. Baik itu pada lingkungan yang terinhibisi maupun tidak. Akan tetapi laju korosi pada lingkungan terinhibisi tetap lebih kecil bila dibandingkan dengan lingkungan yang tidak terinhibisi.

3. Pada pengukuran potensial, didapat

- Penambahan inhibitor teh hijau telah memperkecil potensial secara keseluruhan. Dengan penambahan 4ml ekstrak teh hijau telah menggeser nilai potensial dari daerah korosif ke arah daerah immune. Akan tetapi penurunan potensial tidak mengeluarkan sampel dari daerah korosif pada diagram pourbaix.

- Tanpa inhibitor, didapat perubahan potensial potensial paling besar di hari ke-7

Pada hari ke-3 perubahan potensial rata-rata 0,23 V. Pada hari ke-5 perubahan potensial rata-rata 0,25 V. Pada hari ke-7 perubahan potensial rata-rata 0,26 V.

- Dengan inhibitor, didapat perubahan potensial potensial paling besar di hari ke-5

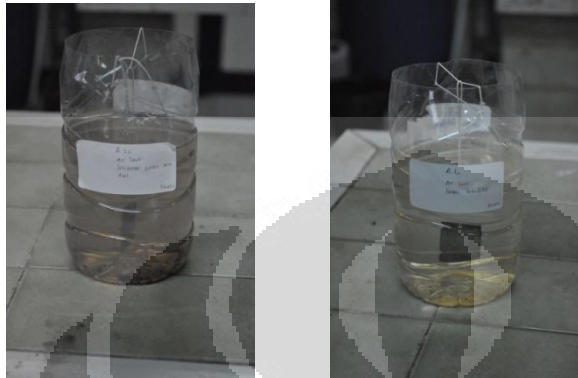
Pada hari ke-3 perubahan potensial rata-rata 0,08 V. Pada hari ke-5 perubahan potensial rata-rata 0,10 V. Pada hari ke-7 perubahan potensial rata-rata 0,10 V.

DAFTAR ACUAN

- [1] Dalimunthe, Indra Surya. "Kimia dari Inhibitor Korosi". Universitas Sumatera Utara.
- [2] Fontana, G. 1986. "*Corrossion Engineering*". New York: McGraw-Hill Book Company.
- [3] Jones, Denny. 1992. "*Principles and Prevention of Corrosion*". New York: Macmillan Publishing Company.
- [4] ASM International. (1992). *Metals Handbook Volume 13: Corrosion* (4thed.). Philadelphia: Korb, Lawrence J., & David L. Olson.
- [5] Carbon and Alloy Steel, ASM Speciality Handbook, 1996.
- [6] Vieira A.C, A.R. Ribeiro, L.A. Rocha, J.P. Celis, " Influence of pH and corrosion inhibitors on the tribocorrosion of titanium in artificial saliva", Elsevier, 31 Januari 2006.
- [7] Nathan, C. C. "Corrosion Inhibitor". National of Corrosion Engineering: Houston, Texas 1979.
- [8] Soror, T.Y. "Scale and Corrosion Prevention in Cooling Water Systems PartI: Calcium Carbonate". 2009
www.martechsystems.com/downloads/tech_nonchemtreatmentsys.pdf
- [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] Revie, R. Winston. (2000). *Uhlig's Corrosion Handbook* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons Inc.

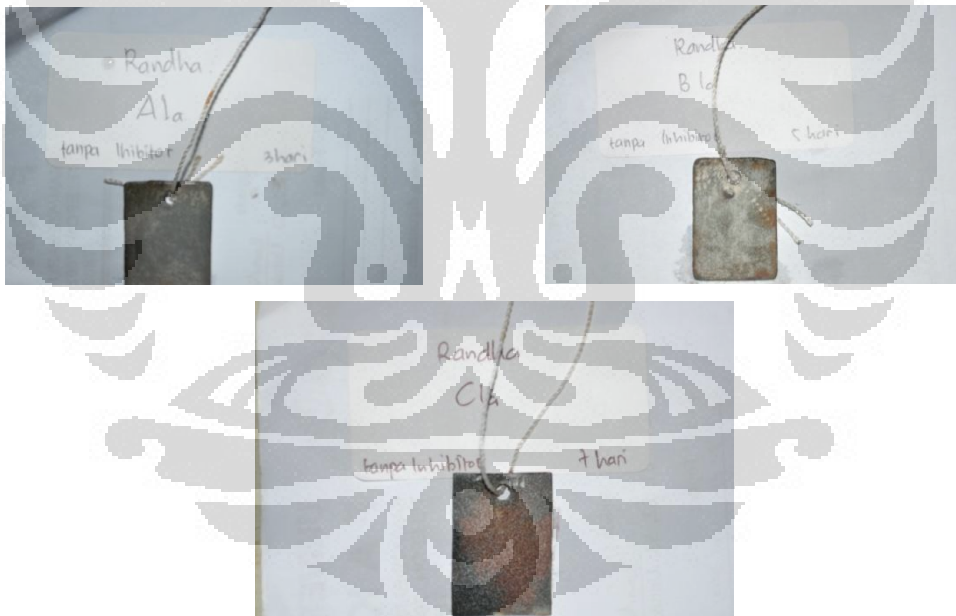
LAMPIRAN

1. Kondisi larutan

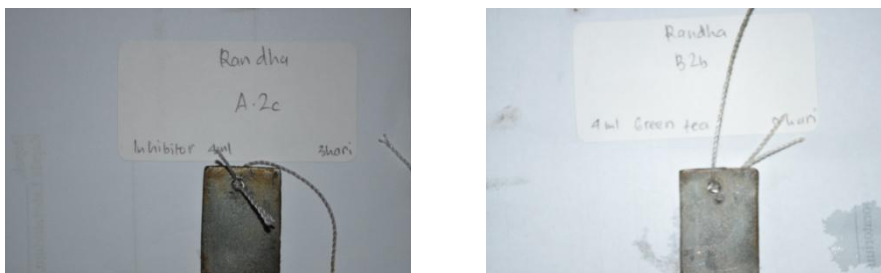


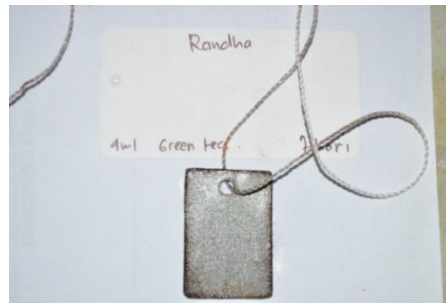
2. Foto pengamatan Sebelum pickling

- Tanpa inhibitor (waktu rendam 3 hari, 5 hari, 7 hari)



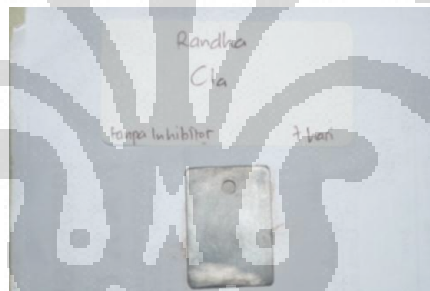
- Dengan Inhibitor (waktu rendam 3 hari, 5 hari, 7 hari)





3. Foto Pengamatan setelah pickling

- Tanpa inhibitor (waktu rendam 3 hari, 5 hari, 7 hari)



- Dengan Inhibitor (waktu rendam 3 hari, 5 hari, 7 hari)

