



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI PENGARUH KONSENTRASI UBI UNGU SEBAGAI
GREEN INHIBITOR PADA MATERIAL BAJA KARBON
RENDAH DI LINGKUNGAN AIR LAUT PADA TEMPERATUR
60°C**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

ACHMAD FACHRI NR

0706268171

FAKULTAS TEKNIK

DEPARTEMEN METALURGI DAN MATERIAL

DEPOK

JUNI 2011

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Achmad Fachri Nr

NPM : 0706268171

Tanda Tangan :

Tanggal : Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Achmad Fachri Nr
NPM : 0706268171
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Judul Skripsi : Studi Pengaruh Konsentrasi Ubi Ungu Sebagai *Green Inhibitor* pada Material Baja Karbon Rendah Di Lingkungan Air Laut Pada Temperatur 60⁰C

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, DEA. ()
Penguji 1 : Dr. Ir. Sutopo, M.Sc. ()
Penguji 2 : Deni Ferdian,S.T. M.Sc ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Juni 2011

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan selalu kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya serta nikmat sehat sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik mungkin. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka untuk memenuhi salah satu syarat untuk menggapai gelar Sarjana Teknik (.ST) jurusan Metalurgi dan Material di Departemen Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Skripsi ini mengambil tema korosi dengan judul **“Studi Pengaruh Konsentrasi Ubi Ungu Sebagai Green Inhibitor pada Material Baja Karbon Rendah Di Lingkungan Air Laut Pada Temperatur 60⁰C”**. Skripsi ini berisi penelitian dan pengujian dari ekstrak ubi dimana merupakan salah satu bahan organik yang dimanfaatkan sebagai inhibitor organik dan melihat pengaruh serta efisiensinya dengan memvariasikan konsentrasi pada lingkungan air laut pada temperatur 60⁰C. Dengan adanya penelitian ini maka diharapkan ekstrak ubi ungu bisa menjadi bahan alami potensial sebagai salah satu inhibitor organik dalam perlindungan korosi.

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

1. Prof. Dr. Ir. Johnny Wahyuadi Soedarsono, DEA, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.
2. Prof. Dr-Ing. Ir. Bambang Suharno, selaku Kepala Departemen Teknik Metalurgi dan Material FTUI.
3. Prof. Ir. Anne Zulfia M.Sc, selaku Pembimbing Akademis.
4. Ir. Ahmad Herman Yuwono, Phd, selaku Koordinator Mata Kuliah Spesial Departemen Metalurgi dan Material FTUI
5. Prof. Dr. Dewa Nugraha Suprpta selaku penyuplai wine ekstrak ubi ungu.

6. Orangtua saya tercinta (Drs Asep Daldiri dan Listyani Kusman), yang telah memberikan bantuan dukungan moral dan materi hingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.
7. Bang Riko, bang Aduy, dan rekan – rekan “lantai 3” yang telah banyak membantu dan memberi bimbingan selama penulisan skripsi ini.
8. Teman – teman yang telah banyak membantu saya :
 - a. Rekan tugas akhir saya yang memulai dan mengakhiri penelitian bersama - sama: Dobiet, Koresy, Wildan, Bibsy, Adhi, Rangga, Arri, Cio, Idham, Andhi, Bipay, dan yang tidak disebutkan satu persatu. Terima kasih telah member support sehingga penelitian ini dapat terlaksana.
 - b. Rekan kerja praktek saya yang telah menemani untuk bertahan ditengah keganasan panasnya *furnance* : Adimas, Sutan, Sari. Sukses selalu untuk kita.
 - c. Prof Kozo Obara yang telah membantu memberi ide-ide dan pemikiran dan pola berpikir yang baik. *Arigatou gozaimasu* saya ucapkan.
 - d. Kawan - kawan seperjuangan di Metalurgi dan Material angkatan 2007 yang memulai kekeluargaan sejak dikumpulkan di masa PPAM hingga saat ini dan membuat banyak kenangan indah dan pengalaman tidak terlupakan. Semoga ikatan keluarga ini terus hingga tua nanti.
 - e. Serta senior dan junior saya yang banyak memberikan semangat.
 - f. Dan seluruh teman – teman yang tidak bisa disebutkan semuanya.

Akhir kata, saya hanya bisa mengucapkan terima kasih sebesar – besarnya kepada semua pihak baik yang telah disebut maupun tidak, saya hanya berharap Allah SWT akan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu metalurgi dan material ke depannya.

Depok, 17 Juni 2011

Achmad Fachri Nr

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

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

Nama : Achmad Fachri Nr
NPM : 0706268474
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 Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Studi Pengaruh Konsentrasi Ubi Ungu Sebagai Green Inhibitor pada
Material Baja Karbon Rendah Di Lingkungan Air Laut Pada Temperatur
60⁰C**

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.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada Tanggal : Juni 2011

Yang menyatakan

(Achmad Fachri Nr)

ABSTRAK

Nama : Achmad Fachri Nr
NPM : 0706268171
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Judul Skripsi : Studi Pengaruh Konsentrasi Ubi Ungu Sebagai *Green Inhibitor* pada Material Baja Karbon Rendah Di Lingkungan Air Laut Pada Temperatur 60⁰C

Korosi merupakan salah satu permasalahan penting yang harus dihadapi oleh berbagai macam sektor industri di Indonesia. Korosi memberikan efek dari segi ekonomi maupun dari segi keselamatan kerja. Salah satu cara pencegahan dan pengendalian korosi adalah dengan penambahan inhibitor.

Ubi Ungu sebagai bahan organik dapat dikembangkan sebagai inhibitor untuk mengurangi laju korosi untuk baja karbon rendah di lingkungan air laut. Ubi ungu diharapkan dapat dijadikan sebagai inhibitor yang bersifat aman, ramah lingkungan, serta *bio-degradable* dan juga dapat mengurangi penggunaan bahan sintetis. Metode kehilangan berat digunakan untuk menguji keefektifan ubi ungu sebagai inhibitor dengan variasi konsentrasi (2ml, 4ml, 6ml) dan lama perendaman selama 4 hari.

Dalam penelitian ini dapat disimpulkan ubi ungu bekerja kurang baik baik dilingkungan air laut karena terjadi efisiensi yang didapat relative kecil sehingga kurang cocok digunakan sebagai inhibitor. Efisien rata-rata dari ke-3 konsentrasi tersebut diperoleh sekitar 13,20%, dengan maksimum nilai efisiensi terjadi pada konsentrasi 2ml yaitu sebesar 21,02%.

Kata kunci :
Korosi; Baja Karbon Rendah; Ubi ungu; Inhibitor organik;
Metode kehilangan berat; Konsentrasi; Air laut

ABSTRACT

Name : Achmad Fachri Nr
NPM : 0706268171
Major : Metallurgy and Material Engineering
Title : Study of the Effect Concentration of Sweet Potato
as a Green Inhibitor on Low Carbon Steel in Sea
Water Environment at Temperature 60⁰C

Corrosion is one important problem that must be faced by a variety of industrial sectors in Indonesia. Corrosion effect in terms of economic and in terms of safety. One way of prevention and corrosion control is by the addition of inhibitors.

Sweet potatoes as the organic material can be developed as an inhibitor to reduce corrosion rates for low carbon steel in sea water environment. Purple sweet potatoes are expected to serve as safety inhibitors ,friendly environment, and bio-degradable and also reduce the use of synthetic materials. Weight loss method is used to test the effectiveness of sweet violet as inhibitors with various concentration (2ml, 4ml, 6ml) and soaking for 4 days.

Conclusion of this study that sweat potato as green inhibitor work less well in the environment of sea water because of efficiencies gained relatively small, making it less suitable for use as an inhibitor. Efficient average of the 3 concentrations were obtained approximately 13.20%, with a maximum value of efficiency occurs at a concentration that is equal to 21.02% at 2ml.

Keywords :
Corrosion; Low carbon steel; Sweet Potato; Organic inhibitors;
weight loss methode; concentration; Sea water

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	vi
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR RUMUS.....	xv
DAFTAR NOTASI.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Ruang Lingkup dan Batasan Masalah.....	4
1.5. Sistematika Penulisan.....	5
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Prinsip Dasar Korosi.....	7
2.2. Kinetika dan Termodinamika Korosi.....	8
2.3. Jenis-jenis Korosi.....	13
2.4. Korosi Pada Baja di Lingkungan Air Laut.....	17
2.5. Proteksi Terhadap Korosi.....	19

2.5.1. Proteksi katodik dan Anodik	19
2.5.2. Pelapisan (<i>Coating</i>)	20
2.5.3 Pemilihan Material	21
2.5.4. Inhibitor	21
2.5.4.1. Inhibitor Organik	22
2.5.4.2. Mekanisme Inhibitor Organik	22
2.6 . Ubi Ungu dan Antosianin	23
2.6.1 Warna dan Stabilitas Antosianin	27
2.7. Perhitungan Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor	27
2.7.1. Perhitungan Laju Korosi dengan metode <i>Weight-loss coupons</i>	27
2.7.2. Efisiensi Inhibitor	29
3. METODOLOGI PENELITIAN	30
3.1. Diagram Alir Penelitian	30
3.2. Alat dan Bahan	31
3.2.1. Alat	31
3.2.2. Bahan	31
3.3. Prosedur Kerja	32
3.3.1. <i>Immersion Test</i> (ASTM G31-72)	32
3.3.1.1. Persiapan Awal	32
3.3.1.2. Langkah Kerja Uji Rendam	35
3.3.1.3. Pembersihan Kupon (NACE RP0775-2005)	35
3.4. Pengambilan Data	35
4. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN	33
4.1. Hasil Pengujian	33
4.1.1. Data Pengujian <i>Spectroscopy</i> Baja SPCC	33
4.1.2. Data Pengurangan Berat	33
4.1.3. Data Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor	34
4.1.4. Data Perubahan pH Larutan	35
4.1.5. Data Perubahan Potensial Logam	36
4.2. Pembahasan	37

4.2.1. Analisis Pengujian <i>Spectroscopy</i> Baja SPCC.....	37
4.2.2. Pengamatan Visual Dengan Dan Tanpa Penambahan Inhibitor Ubi	42
4.2.3. Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Ubi Ungu Terhadap pH Larutan...	43
4.2.4. Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Ubi Ungu terhadap Potensial	45
4.2.5. Pengaruh Konsentrasu Inhibitor Ubi Ungu Terhadap Efisiensi dan Laju Korosi.....	48
5. KESIMPULAN.....	49
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. sel korosi basah sederhana	7
Gambar 2.2. Sebuah Profil Energi Termodinamika Untuk Senyawa Logam Dan Senyawa-senyawanya.....	9
Gambar 2.3. Diagram pourbaix Fe	10
Gambar 2.4. Daerah aktif, pasif, dan kerusakan pasifitas (pitting) pada kurva polarisasi.....	11
Gambar 2.5. kurva polarisasi pada Fe.....	13
Gambar 2.6. skema korosi galvanic dari dua logam yang berbeda	13
Gambar 2.7. mekanisme korosi celah.....	14
Gambar 2.8. mekanisme korosi sumuran (<i>pitting corrosion</i>).....	15
Gambar 2.9. Bentuk-bentuk korosi sumuran.....	16
Gambar 2.10. skema korosi erosi.....	17
Gambar 2.11. Struktur Kation Flavilium R1 dan R2= -H, OH, atau OCH ₃ , R3 = -glikosil, R4= -H atau -glikosil.....	24
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian	30
Gambar 3.2. Skematis Bentuk Kupon	34
Gambar 4.1. Grafik Laju Korosi Terhadap Konsentrasi.....	38
Gambar 4.2. Grafik Laju Korosi Terhadap Konsentrasi.....	39
Gambar 4.3. Grafik Perubahan pH terhadap Konsentrasi	40
Gambar 4.4. Grafik Perubahan Potensial logam Terhadap Konsentrasi.....	41
Gambar 4.5. Kurva polarisasi dengan penambahan 0 %, 0,67 %, 1,33 %, 2 %, dan 2,67 % inhibitor.....	44
Gambar 4.6. Diagram Pourbaix Fe Hasil Plot data pH dan Potensial Pada Sistem tak Terinhibisi Pada Kondisi Sebelum (kiri) dan Sesudah Pengujian (kanan).....	46
Gambar 4.7. Diagram Pourbaix Fe Hasil Plot data pH dan Potensial Pada Sistem Terinhibisi Dengan Penambahan 2 ml Pada Kondisi Sebelum (kiri) dan Sesudah Pengujian (kanan)	46

Gambar 4.8. Diagram Pourbaix Fe Hasil Plot data pH dan Potensial Pada Sistem Terinhibisi Dengan Penambahan 4 ml Pada Kondisi Sebelum (kiri) dan Sesudah Pengujian (kanan)	47
Gambar 4.9. Diagram Pourbaix Fe Hasil Plot data pH dan Potensial Pada Sistem Terinhibisi Dengan Penambahan 6 ml Pada Kondisi Sebelum (kiri) dan Sesudah Pengujian (kanan)	47
Gambar 4.10. Struktur Kation Flavilium R1 dan R2= -H, OH, atau OCH ₃ , R3 = -glikosil, R4= -H atau -glikosil	48
Gambar 6.1. Foto Sampel Tanpa Penambahan Inhibitor Sebelum Pencelupan..	52
Gambar 6.2. Foto Sampel Tanpa Penambahan Inhibitor Setelah Pencelupan....	52
Gambar 6.3. Foto Sampel Tanpa Penambahan Inhibitor Setelah <i>Pickling</i>	52
Gambar 6.4. Foto Sampel Dengan Penambahan Inhibitor 2ml Sebelum Pencelupan	53
Gambar 6.5. Foto Sampel Dengan Penambahan Inhibitor 2ml Setelah Pencelupan	53
Gambar 6.6. Foto Sampel Dengan Penambahan Inhibitor 2ml Setelah <i>Pickling</i>	53
Gambar 6.7. Foto Sampel Dengan Penambahan Inhibitor 4ml Sebelum Pencelupan	54
Gambar 6.8. Foto Sampel Dengan Penambahan Inhibitor 4ml Setelah Pencelupan	54
Gambar 6.9. Foto Sampel Dengan Penambahan Inhibitor 4ml Setelah <i>Pickling</i>	54
Gambar 6.10. Foto Sampel Dengan Penambahan Inhibitor 6ml Sebelum Pencelupan	55
Gambar 6.11. Foto Sampel Dengan Penambahan Inhibitor 6ml Setelah Pencelupan	55
Gambar 6.12. Foto Sampel Dengan Penambahan Inhibitor 6ml Setelah <i>Pickling</i>	55
Gambar 6.13. Alat pemotong sampel.....	56
Gambar 6.14. Alat pengebor sampel.....	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Produk Korosi pada Baja	19
Tabel 2.2 Gugus Pengganti pada Struktur Kation Flavilium pada Antosianin Utama	19
Tabel 3.1. Data luas permukaan, massa, dan densitas	32
Tabel 4.1. Komposisi baja SPCC.....	37
Tabel 4.2. Data Pengurangan Berat Kupon.....	37
Tabel 4.3. Data Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor	38
Tabel 4.4. Data pH Larutan.....	39
Tabel 4.5. Data Perubahan pH Larutan.....	39
Tabel 4.6. Data Potensial Logam.....	40
Tabel 4.7. Data Perubahan Potensial logam	41
Tabel 4.8. Rata – rata pH dan Potensial Awal – Akhir Logam	41

DAFTAR RUMUS

1. Persamaan 2.1.

$$\text{Laju korosi} = \frac{K.W}{D.A.T}$$

- Ket : K = konstanta (3.65×10^6)
 W = kehilangan berat (gram)
 D = densitas (gram/cm^3)
 A = luas permukaan yang terendam (cm^2)
 T = waktu (jam)

2. Persamaan 2.2.

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

- Ket :
 X_A = laju korosi tanpa penambahan inhibitor (mpy)
 X_B = laju korosi dengan penambahan inhibitor (mpy)

3. Persamaan 3.1.

$$\rho = \frac{m}{p \times l \times t}$$

- Ket : ρ = massa jenis (gr/cm^3)
 m = berat sampel (gram)
 p = panjang (cm)
 l = lebar (cm)
 t = tinggi (cm)

4. Persamaan 3.2.

$$\text{volume larutan} = 0,4 \times \text{luas permukaan sampel}$$

5. Persamaan 3.3.

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

DAFTAR NOTASI

ρ	= Massa jenis	(gr/cm ³)
W_0	= Berat awal sampel baja karbon rendah	(gr)
W_1	= Berat akhir sampel baja karbon rendah	(gr)
ΔW	= Pengurangan berat sampel baja karbon rendah	(gr)
CR	= <i>Corrosion rate</i>	(mpy)
E_0	= Potensial awal sampel baja karbon rendah	(V vs SHE)
E_1	= Potensial akhir sampel baja karbon rendah	(V vs SHE)

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1.	Foto Pengamatan Sampel Tanpa Penambahan Inhibitor	52
LAMPIRAN 2.	Foto Pengamatan Sampel Dengan Penambahan Inhibitor Teh Hijau 2ml.....	53
LAMPIRAN 3.	Foto Pengamatan Sampel Dengan Penambahan Inhibitor Teh Hijau 4ml.....	54
LAMPIRAN 4.	Foto Pengamatan Sampel Dengan Penambahan Inhibitor Teh Hijau 6ml.....	55
LAMPIRAN 5.	Foto Alat Penelitian.....	56
LAMPIRAN 6.	Hasil <i>Spectroscopy</i> Baja SPCC di CMPFA.....	57

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kegagalan yang terjadi pada suatu material bisa disebabkan oleh beberapa faktor. Salah satu penyebab dari kegagalan tersebut adalah korosi. Korosi adalah suatu kerusakan yang terjadi pada suatu logam karena logam bereaksi dengan lingkungan. Sehingga terjadi suatu degradasi material yang menyebabkan hilangnya bagian dari material tersebut^[1], Denny A. Jones (1991) mendefinisikan korosi sebagai hasil kerusakan dari reaksi kimia antara logam dengan lingkungannya^[1].

Kerusakan yang ditimbulkan oleh korosi sangat berdampak buruk bagi peralatan suatu industri. Kegagalan alat-alat, ketidak berfungsi secara layak suatu sistem sehingga menyebabkan proses produksi yang terhenti/*shutdown plant*, yang nantinya akan menyebabkan kerugian secara ekonomi dan menimbulkan kelesamatan para pekerja. Hal tersebut menjadi masalah yang terpenting. Korosi pada logam tidak dapat dihentikan lajunya, namun korosi dapat dikurangi/dikendalikan dengan banyak cara, tergantung dari aplikasi dan kebutuhannya. Secara umum, ada 4 metode dasar untuk pengendalian dan perlindungan pada korosi^[1], yaitu:

1. Pemilihan material, yaitu pemilihan material berdasarkan ketahanan korosinya untuk aplikasi pada lingkungan kerja.
2. Pelapisan (coating), yaitu pembentukan suatu lapisan yang memisahkan permukaan logam dengan lingkungannya.
3. Proteksi katodik, yaitu dengan memperlakukan logam yang akan dilindungi sebagai katoda
4. Inhibitor, suatu zat kimia yang dapat mengubah lingkungan kerja dan ditambahkan dalam jumlah sedikit, baik secara kontinu maupun periodik.

Salah satu metode pengendalian korosi logam dalam lingkungannya adalah metode inhibisi, yaitu pemberian zat antikorosi (inhibitor) dengan konsentrasi yang kecil ke dalam lingkungannya, baik secara kontinu maupun periodik

menurut selang waktu tertentu. Inhibitor bekerja dengan cara membentuk lapisan pelindung pada permukaan logam dan umumnya berbentuk *fluid* atau cairan yang diinjeksikan pada *production line*. Inhibitor pada korosi logam terdapat dua jenis, yaitu *anorganik* dan *organik*. Fosfat, kromat, dikromat, silikat, borat, tungstat, molibdat dan arsenat adalah beberapa senyawa anorganik yang digunakan sebagai inhibitor pada korosi logam. Namun, senyawa-senyawa tersebut merupakan bahan kimia yang berbahaya, harganya yang relatif mahal, dan tidak ramah lingkungan. Selain inhibitor anorganik, ada pula inhibitor organik. Senyawa yang digunakan sebagai inhibitor organik adalah senyawa *heterosiklik* yang mengandung atom N, O, P, S, dan atom-atom yang memiliki pasangan electron bebas. Inhibitor korosi logam yang paling efektif adalah senyawa-senyawa organik. Senyawa-senyawa organik yang sedang dikembangkan saat ini adalah *green inhibitor*. *Green inhibitor* ini berasal dari tumbuh-tumbuhan atau biji-bijian. *Green inhibitor* dari tumbuhan, yang sering digunakan biasanya berbentuk ekstrak. Bentuk ekstrak mempunyai beberapa kelebihan, diantaranya adalah mudah didapatkan dari bagian-bagian tanaman seperti biji, kulit, daun, dan batang. Pada umumnya, jenis *Green Inhibitor* yang digunakan oleh para peneliti mengandung senyawa-senyawa antioksidan. 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. Lidah buaya mengandung aloin, aloenin, aloesin dan asam amino. Daun pepaya mengandung N-asetil-glukosaminida, benzil isotiosianat, asam amino (Andrade *et al.*, 1943) yang kesemuanya adalah suatu zat antioksidan penghambat laju korosi.

Secara kimia, pengertian senyawa antioksidan adalah senyawa pemberi elektron. Antioksidan bekerja dengan cara mendonorkan elektronnya kepada senyawa yang bersifat oksidan, sehingga aktivitas senyawa oksidan tersebut bisa dihambat. Dengan kata lain, dengan adanya senyawa antioksidan pada lingkungan korosif, dapat menghambat laju terjadinya korosi. Begitu pula dengan ubi ungu, merupakan tanaman yang mengandung senyawa antioksidan. Penelitian yang

akan dilakukan nantinya adalah dengan menggunakan ekstrak ubi ungu yang sudah dalam bentuk wine.

1.2 Perumusan Masalah

Korosi yang terjadi di dalam air laut disebabkan oleh beberapa faktor yang terjadi. Salah satu penyebabnya adalah kandungan senyawa NaCl pada air laut sekitar 3,5%. Ion Cl⁻ yang terdapat pada senyawa NaCl adalah penyebab dari reaksi korosi yang terjadi pada material. Dalam industri minyak bumi dan gas alam, permasalahan yang sering terjadi adalah masalah korosi pada pipa distribusi minyak maupun gas, terutama di dalam air laut. Kontak dengan air laut menyebabkan permukaan pipa baja yang digunakan bereaksi dengan ion Cl⁻ yang terkandung dalam air laut sehingga terjadilah suatu proses oksidasi yang menyebabkan terjadinya degradasi material.

Penggunaan air laut digunakan dalam industri minyak bumi dan gas alam sebagai suatu media untuk mengangkat dan mendistribusikan *crude oil* kedalam well. Pemindahan *crude oil* tersebut terjadi dengan bantuan aliran air laut. Sehingga dengan mudah dapat mengalirkan *crude oil* ke well. Keberadaan fluida yang membantu untuk memindahkan *crude oil* ini dapat menyebabkan tingkat korosivitas di dalam pipa meningkat. Sehingga akan mempercepat degradasi material pipa. Selain itu terjadi peningkatan suhu pada aliran fluida tersebut karena kemungkinan terjadinya gesekan antara dinding pipa baja, sehingga menimbulkan kalor yang meningkatkan suhu pada air laut tersebut. Dua hal yang terjadi pada pipa tersebut yaitu, adanya kadar senyawa klorida yang tergantung dan tingginya suhu air laut tersebut sehingga memungkinkan mempengaruhi dari korosi yang terjadi pada pipa baja. Dalam masalah ini diputuskan suatu tindakan untuk mencegah dan mengurangi dampak dan laju dari korosi pada pipa baja. Penggunaan inhibitor dipilih sebagai suatu metode untuk meminimalisir dampak yang terjadi akibat korosi. Lalu karena bertujuan untuk lebih menjaga lingkungan dan apabila digunakan tidak membahayakan lingkungan, maka dipergunakan suatu inhibitor yang ramah lingkungan atau yang disebut dengan *green inhibitor*. Secara umum penggunaan *green inhibitor* sama seperti inhibitor yang non-organik. Namun karena inhibitor yang non-organik cukup berbahaya bagi lingkungan, maka penggunaannya harus di waspadai dan dibatasi.

Ubi ungu menjadi salah satu bahan untuk menjadi suatu ekstrak yang nantinya akan menjadi suatu *green inhibitor*. ubi ungu mengandung senyawa antosianin yang berguna untuk menghambat laju korosi. Senyawa antosianin yang terdapat pada ubi jalar berfungsi sebagai antioksidan dan penangkap radikal bebas.

Sifat ekstrak ubi ungu yang tidak beracun, *biodegradable*, dan memiliki kelarutan yang baik dalam air, serta ditambah dengan melimpahnya bahan baku serta proses pembuatan yang murah dan sederhana membuat produk ini dapat menjadi *green inhibitor* yang baik dan memiliki potensi besar untuk diteliti, dikembangkan, kemudian diaplikasikan dalam suatu sistem dengan media air laut.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh ekstrak ubi ungu sebagai inhibitor pada lingkungan air laut pada temperatur 60°C.
2. Mengetahui mekanisme penghambatan ekstrak ubi ungu sebagai inhibitor organik.
3. Mengetahui konsentrasi efektif ekstrak ubi ungu sebagai inhibitor organik.
4. Mengetahui pengaruh temperatur terhadap efektivitas ekstrak ubi ungu sebagai inhibitor organik.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

1. Material yang digunakan adalah plat baja karbon rendah dengan kondisi awal yang dianggap sama untuk variabel uji yang berbeda.
2. Perhitungan *corrosion rate* menggunakan metode kehilangan berat (*weight loss*) yang dilakukan sesuai dengan standar ASTM G1-03.
3. Inhibitor organik yang digunakan adalah ekstrak ubi ungu yang diaplikasikan pada air laut dengan volume yang disesuaikan dengan batas minimum volume kontak larutan terhadap permukaan sampel disesuaikan dengan standar ASTM G31-72 dengan temperatur air 60°C.
4. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kehilangan berat dengan parameter sebagai berikut:

- Parameter tetap:
 - a. Material baja karbon rendah
 - b. Lingkungan air laut
 - c. Volume larutan (450 ml)
 - d. Temperatur larutan (60°C)

- Parameter tidak tetap:
 - a. konsentrasi *ekstrak ubi ungu* yaitu sebanyak 0, 2, 4, dan 6 ml.

1.5 Sistematika Penulisan

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

Bab I Pendahuluan

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

Bab II Teori Penunjang

Membahas mengenai teori korosi secara umum baik pengertian dan jenis-jenis korosi, perlindungan terhadap korosi, inhibitor organik, korosi pada baja, korosi pada lingkungan air tanah, kinetika korosi, dan perhitungan laju korosi menggunakan metode kehilangan berat.

Bab III Metodologi Penelitian

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

Bab IV Hasil Penelitian dan Pembahasan

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

membandingkannya dengan teori.

Bab V Penutup

Membahas mengenai kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan

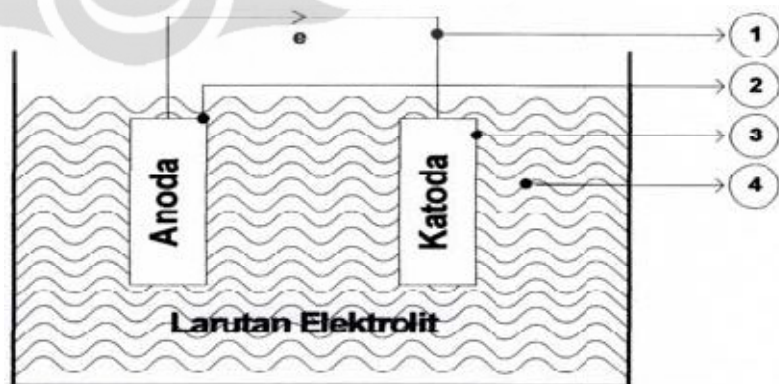




BAB II TEORI PENUNJANG

2.1 Korosi

Korosi adalah penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Penurunan mutu logam tidak hanya melibatkan reaksi kimia namun juga reaksi elektrokimia, yaitu antara bahan-bahan bersangkutan terjadi perpindahan elektron. Karena elektron adalah sesuatu yang bermuatan negatif, maka pengangkutannya menimbulkan arus listrik. Dalam banyak hal korosi menyebabkan penurunan daya guna suatu komponen atau peralatan yang dibuat dari logam seperti peralatan pabrik, peralatan kimia, pembuatan jembatan dan sebagainya. Peristiwa korosi tidak akan terjadi dengan sendirinya melainkan ada faktor-faktor tertentu yang menyebabkan timbulnya peristiwa korosi. Faktor tersebut dapat menimbulkan terjadinya peristiwa korosi apabila komponen-komponen tersebut terjadi hubungan satu sama lain yang menimbulkan terjadinya aliran elektron^[1]. Korosi juga dapat mengakibatkan suatu material mengalami suatu reaksi oksidasi yang jika dibiarkan terus menerus akan menyebabkan material terdegradasi. Degradasi tersebut menyebabkan Logam Menipis, berlubang, terjadi perambatan retakan, Sifat mekanik berubah sehingga terjadi kegagalan tiba-tiba pada struktur, Sifat fisik dan Penampilan logam berubah. Dalam bidang metalurgi, peristiwa korosi dapat dipandang sebagai suatu peristiwa atau reaksi senyawa logam kembali ke bentuk asalnya yaitu menjadi bentuk ion, dimana hal tersebut merupakan kebalikan dari proses metalurgi ekstraksi.



Gambar 2.1 sel korosi basah sederhana^[8]

Keterangan :

1. Hubungan arus listrik
2. Anoda
3. Katoda
4. Larutan Elektrolit

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

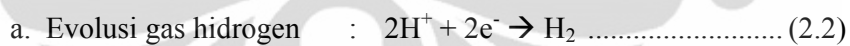
Logam yang mengalami reaksi oksidasi dan disertai dengan pelepasan elektron. Reaksi korosi dari suatu logam, L, dapat dinyatakan sebagai:



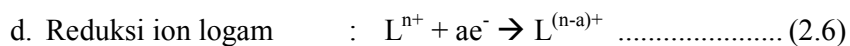
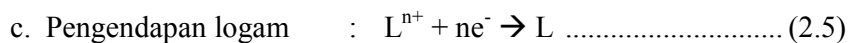
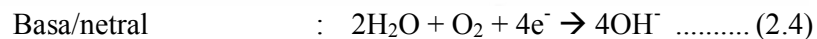
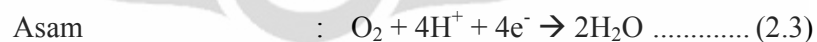
2. Katoda

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:



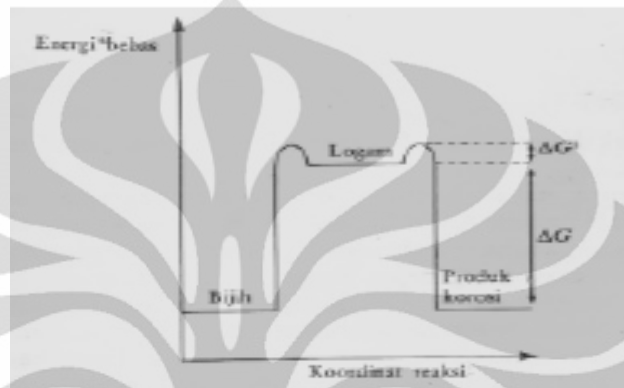
b. Reduksi oksigen



3. Konduktor logam untuk menghantarkan elektron yang menghubungkan kedua elektroda,
4. Elektrolit yang dapat menghantarkan arus atau ion. Larutan ionic yang terdiri dari kation dan anion yang dapat menghantarkan electron dari anoda ke katoda.

2.2 Kinetika dan Termodinamika Korosi

Hukum termodinamika menggambarkan keadaan energi yang tinggi yang akan berubah ke energi rendah. Kecenderungan ini membuat logam-logam bergabung kembali dengan unsur yang ada di lingkungan, yang akhirnya membentuk suatu gejala yang disebut dengan korosi.



Gambar 2.2 Sebuah Profil Energi Termodinamika Untuk Senyawa Logam Dan Senyawa-senyawanya.

Selisih energi bebas antara logam dengan produk korosinya ΔG dalam gambar 2.2 hanya menggambarkan logam mengalami korosi bukan menentukan suatu laju dari korosi tersebut (kinetika). Energi bebas merupakan faktor satu-satunya yang menentukan apakah suatu korosi berjalan secara spontan atau tidak. Setiap energi bebas suatu unsur dinyatakan dalam G dan perubahan energinya dinyatakan dalam ΔG . peralihan energi dari energi tinggi ke energi rendah, yang menyebutkan bahwa energi yang diberikan dengan tanda negative akan diserap oleh sistem yang memiliki tanda positif. Jadi agar suatu dapat berjalan spontan maka ΔG harus negatif. Semua korosi bergantung terhadap temperatur, karena tingkat energi bebas unsur-unsur yang terlibat bergantung pada temperatur. Oleh sebab itu kita dapat mengaplikasikan persamaan termodinamika

$$\Delta G = \Delta G^0 + RT \ln J \quad (2.7)$$

J didefinisikan untuk reaksi $A + B \rightarrow C + D$

$$J = \frac{[C][D]}{[A][B]} \quad (2.8)$$

Berdasarkan persamaan yang dirumuskan oleh Michael Faraday yang menyatakan kerja yang dilakukan (perubahan energi bebas pada proses korosi) berdasarkan

beda potensial dan muatan yang dipindahkan :

$$\Delta G = E - zF \quad (2.9)$$

Keterangan :

E = potensial yang diukur dalam volt

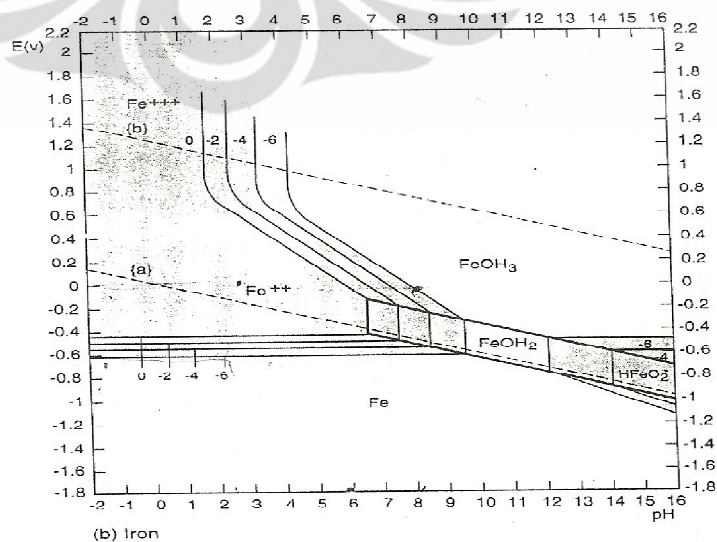
Z = banyaknya elektron yang dipindahkan dalam suatu reaksi korosi

F = muatan yang dipindahkan oleh satu mol elektron (96494 coulomb per mol)

Pada temperatur baku 298 K dan $R = 8,3143 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ serta konversi ke logaritma berbasis 10, persamaan tersebut menjadi :

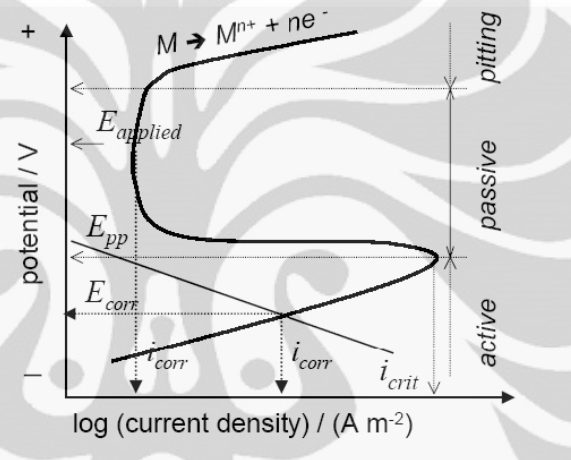
$$E = E_0 - 0,059/z \log \text{ hasil reaksi/reaktan} \quad (2.10)$$

Perilaku termodinamika dapat dijelaskan pada diagram purbaix/ E-pH. Dalam diagram ini menggambarkan hubungan pH dan potensial elektroda dalam kondisi sehingga dapat memperlihatkan kondisi-kondisi dimana logam akan terkorosi, tidak terkorosi atau mengalami pemasifan dalam pelarut



Gambar 2.3 Diagram pourbaix Fe^[1]

Dalam korosi baja, seperti yang terlihat dalam diagram pourbaix, terdapat suatu fasa dimana terjadi suatu lapisan pasif atau pasifitas pada permukaan baja. 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 2.4 Daerah aktif, pasif, dan kerusakan pasifitas (pitting) pada kurva polarisasi^[2]

Dari gambar 2.4. 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]:

$$i = nFk \exp\left(\pm \alpha F \frac{\Delta V}{RT}\right) \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana i = rapat arus

n = elektron yang terlibat pada reaksi elektroda

F = konstanta faraday

α = koefisien transfer muatan

ΔV = potensial

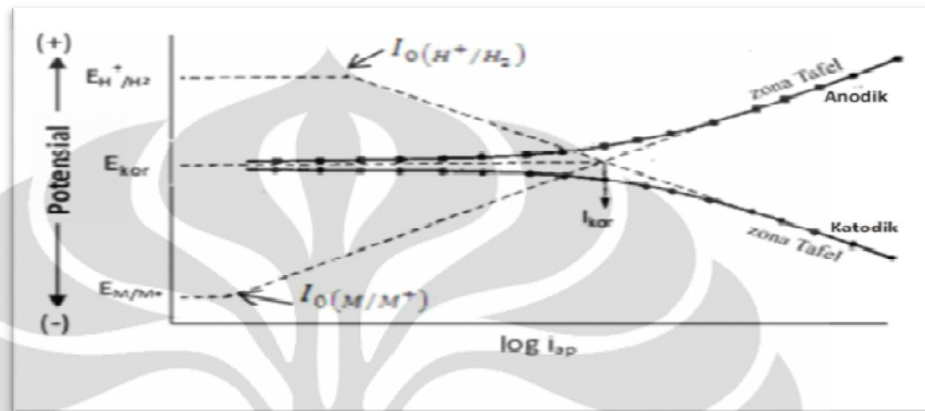
R = konstanta gas universal

T = temperature

Persamaan 2.11 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 2.4

Dalam kinetika korosi, kita dapat memprediksi suatu korosi berjalan dalam waktu dan jarak. Berbeda dari termodinamika, kinetika korosi mengetahui laju atau kecepatan korosi itu terjadi^[2]. Laju korosi ditentukan dengan menggunakan arus untuk menghasilkan suatu kurva polarisasi (tingkat perubahan potensial sebagai fungsi dari besarnya arus yang digunakan) untuk permukaan yang laju korosinya sedang ditentukan. Ketika potensial pada permukaan logam terpolarisasi menggunakan arus pada arah positif, bisa dikatakan sebagai terpolarisasi secara anodik. Bila menggunakan arus pada arah negatif disebut terpolarisasi secara katodik. Tingkat polarisasi adalah ukuran bagaimana laju dari reaksi pada anoda dan katoda dihambat oleh bermacam lingkungan (konsentrasi dari ion logam, oksigen terlarut) dan/atau faktor proses permukaan (adsorpsi, pembentukan lapisan, kemudahan dalam melepaskan elektron). Yang awal disebut polarisasi konsentrasi, sedangkan yang terakhir disebut polarisasi aktivasi. Variasi dari potensial sebagai fungsi dari arus (kurva polarisasi) memungkinkan untuk mengetahui pengaruh dari proses konsentrasi dan aktivasi pada tingkat dimana reaksi anoda maupun katoda dapat memberi atau menerima elektron. Karenanya,

pengukuran polarisasi dapat menentukan laju reaksi yang terlibat dalam proses korosi.

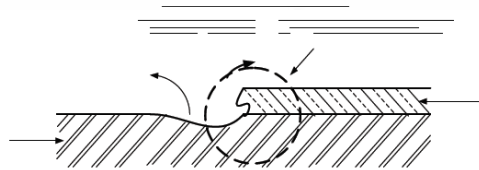


Gambar 2.5 kurva polarisasi pada Fe^[1]

2.3 Jenis – jenis Korosi

Berdasarkan penyebabnya, korosi dapat dibedakan menjadi :

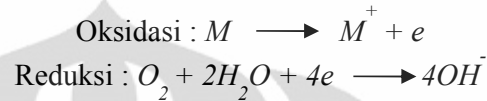
1. Korosi Merata (*uniform corrosion*), yaitu korosi yang terjadi pada seluruh permukaan logam atau paduan yang bersentuhan dengan elektrolit pada intensitas sama.
2. Korosi Galvanic (*galvanic corrosion*), yaitu korosi yang terjadi bila dua logam yang berbeda berada dalam satu elektrolit, dalam keadaan ini logam yang kurang mulia (*anodic*) akan terkorosi, bahkan lebih hebat bila paduan tersebut tidak bersenyawa dengan logam lain.



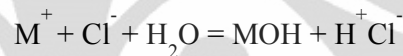
Gambar 2.6 skema korosi galvanic dari dua logam yang berbeda

3. Korosi Celah (*crevice corrosion*), yaitu korosi lokal yang biasanya terjadi pada sela-sela sambungan logam yang sejenis atau pada retakan di permukaan logam. Hal ini disebabkan perbedaan konsentrasi ion

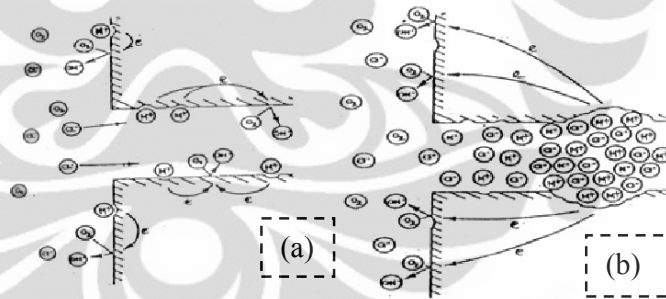
logam atau konsentrasi oksigen antara celah dan lingkungannya. Untuk menerangkan prinsip dasar korosi celah diumpamakan dua buah logam yang direndam dalam air laut, pada mulanya reaksi terjadi diseluruh permukaan meliputi permukaan dalam celah dan permukaan luar celah. Dengan reaksi sebagai berikut :



Karena oksigen didalam larutan hanya terdapat dalam jumlah sedikit maka akibatnya oksigen ini akan habis. Sementara itu reduksi oksigen terus terjadi, Sebagai akibat kondisi ini maka didalam celah logam akan terdapat ion logam M^+ yang diseimbangkan muatannya dengan adanya migrasi ion Cl^- MCl ini akan mengalami hidrolisis :



Ion H^+ dan Cl^- ini mempercepat laju korosi pada hampir semua jenis logam.

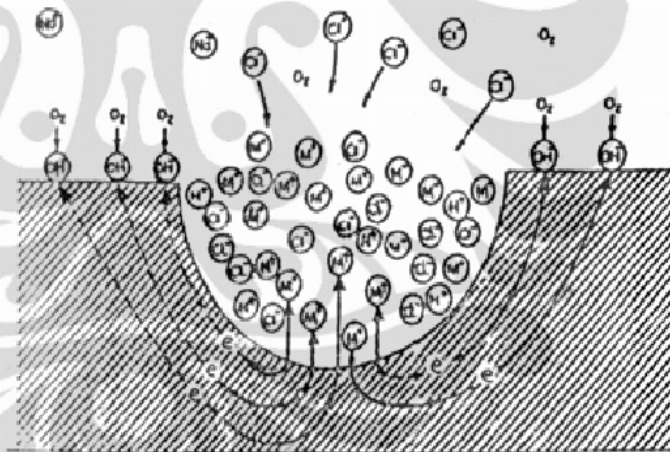


Gambar 2.7 mekanisme korosi celah

Pada Gambar 2.7 dapat menjelaskan fenomena korosi celah dimana (a) kondisi awal: Korosi terjadi diseluruh permukaan logam (b). Kondisi akhir pelarutan logam hanya terjadi disebelah dalam celah karena keasaman meningkat, konsentrasi ion klorida meningkat, dan reaksi selanjutnya mampu berjalan sendiri

4. Korosi sumuran (*pitting corrosion*), korosi ini terjadi akibat adanya sistem anoda pada logam, dimana daerah tersebut terdapat konsentrasi ion Cl^- yang tinggi. Korosi jenis ini sangat berbahaya karena pada

bagian permukaan hanya lubang kecil, sedangkan pada bagian dalamnya terjadi proses korosi membentuk “sumur” yang tidak tampak. Mekanisme korosi ini dapat dijelaskan dari Gambar 2.8 dibawah ini. Karena suatu pengaruh fisik maupun metalurgis (adanya presipitasi karbida maupun inklusi) maka pada permukaan logam terdapat daerah yang terkorosi lebih cepat dibandingkan lainnya. Kondisi ini menimbulkan *pit* yang kecil, pelarutan logam yang cepat terjadi dalam *pit*, saat reduksi oksigen terjadi pada permukaan yang rata. Pelarutan logam yang cepat akan mengakibatkan pindahnya ion Cl^- . Kemudian didalam *pit* terjadi proses hidrolisis (seperti pada Crevice Corrosion) yang menghasilkan ion H^+ dan Cl^- . Kedua jenis ion ini secara bersama – sama mempercepat terjadinya pelarutan logam sehingga mempercepat terjadinya korosi^[4].



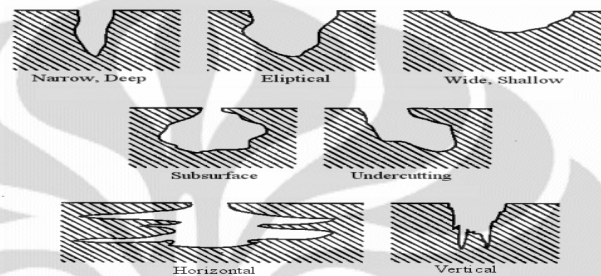
Gambar 2.8 mekanisme korosi sumuran (*pitting corrosion*)

Dengan adanya reaksi diatas pada daerah sekitar sumuran cenderung untuk menekan laju korosi karena daerah tersebut terpasifasi dengan naiknya pH akibat timbulnya ion OH^- . Dengan kata lain sumuran secara katodik melindungi bagian lain dari permukaan baja. Terkadang pada dasar sumuran, terdapat larutan terlarut dari garamnya seperti kristal $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Oleh karena korosi sumuran memiliki kecenderungan untuk terjadi dibawah permukaan sehingga mengakibatkan kerusakan yang lebih

hebat dibandingkan dengan dipermukaan, sehingga dapat dikatakan korosi sumuran sebagai perioda perantara terjadinya korosi merata^[4].

Macam- macam bentuk *pitting* :

Berikut ini adalah macam- macam bentuk *pitting*



Gambar 2.9 Bentuk-bentuk korosi sumuran

5. Korosi batas butir

Korosi Batas Butir (*intergranular corrosion*), yaitu korosi yang terjadi pada batas butir, dimana batas butir sering kali merupakan tempat mengumpulnya *impurity* atau suatu presipitat dan lebih tegang. Adanya batas butir (*grain boundary*) banyak memberikan efek didalam aplikasi atau penggunaan suatu material. Jika suatu logam terkorosi secara merata maka batas butir akan terlihat jelas lebih reaktif dibandingkan pada butir material tersebut. Pada beberapa kondisi, pertemuan butir sangat reaktif dan menyebabkan terjadinya korosi pada batas butir lebih cepat dibandingkan dengan korosi pada butir. *Intergranular corrosion* akan mengurangi atau menghilangkan kekuatan dari material.

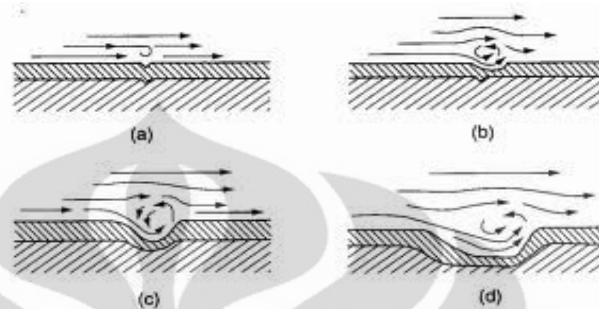
6. *Selective leaching*

yaitu larutnya salah satu komponen dari suatu paduan, dan ini mengakibatkan paduan yang tersisa akan menjadi berpori sehingga ketahanan korosinya akan berkurang.

7. 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 2.10 skema korosi erosi

Terdapat 2 jenis korosi erosi lagi yaitu kavitasasi dan *fretting*. Kavitasasi 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. Sedangkan *fretting*, merupakan salah satu jenis dari korosi erosi yang disebabkan oleh pergerakan yang berulang, bisa juga dari getaran, antara logam dan padatan yang lainnya.

8. Korosi tegangan (*stress corrosion*)

korosi yang terjadi sebagai akibat bekerjanya tegangan pada suatu benda yang berada pada media korosif.

2.4 Korosi Pada Baja pada lingkungan Air

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

Pengkaratan pada baja :





Proses korosi baja (Fe) secara termodinamika dapat diprediksi dengan menggunakan diagram pourbaix (potensial/V-pH). Pada potensial lebih positif dari -0.6 dan pada pH dibawah 9, ion ferrous (Fe^{2+} atau Fe II) merupakan zat yang stabil. Hal ini mengindikasikan bahwa Fe akan terkorosi pada kondisi tersebut. Pada daerah lain, dapat dilihat bahwa korosi Fe akan menghasilkan ion ferric (Fe^{3+} atau Fe III), *ferric hydroxide* [$\text{Fe}(\text{OH})_3$], ferrous hydroxide [$\text{Fe}(\text{OH})_2$] dan pada kondisi yang sangat basa terbentuk ion kompleks HFeO_2^- . Produk korosi yang padat akan berbeda dari produk korosi sebelumnya, yaitu ferric oxide (Fe_2O_3) dan magnetite (Fe_3O_4).

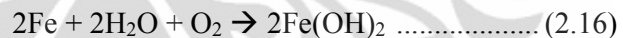
Reaksi korosi yang terjadi pada baja di lingkungan air adalah:



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



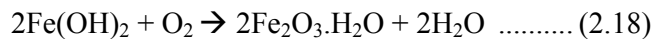
Secara keseluruhan, reaksi yang terjadi adalah:



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



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



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

Tabel 2.1 Produk Korosi pada Baja

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

2.5 Proteksi Terhadap Korosi

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

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

2.6.1 Proteksi katodik dan Anodik

Proteksi katodik adalah sistem perlindungan permukaan logam dengan cara melalukan arus searah yang memadai ke permukaan logam dan mengkonversikan semua daerah anoda di permukaan logam menjadi daerah katodik. Sistem ini hanya efektif untuk sistem-sistem yang terbenam dalam air atau di dalam tanah. Sistem perlindungan seperti ini telah berhasil mengendalikan proses korosi untuk kapal-kapal laut, struktur pinggir pantai (*water font*), instalasi pipa dan tangki bawah tanah atau laut dan sebagainya.

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

1. Anoda korban (*sacrifice anode*)

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

2. Arus tanding (*impressed current*)

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

Pada perlindungan secara anodik (proteksi anodik), tegangan sistem yang dilindungi dinaikkan sehingga memasuki daerah anodiknya. Pada kondisi ini sistem terlindungi karena terbentuknya lapisan pasif. Syarat yang harus dipenuhi agar sistem ini berjalan dengan baik adalah bahwa karakteristik lingkungannya harus stabil. Pada jenis lingkungan yang tidak stabil (berfluktuasi) penerapan sistem proteksi anodik tidak dianjurkan.

2.6.2 Pelapisan (*Coating*)

Salah satu cara pengendalian korosi dengan cara memberi lapisan perlindungan (*coating protection*). Proteksi lapisan yang lazim digunakan pada jaringan pipa adalah eksternal pelapisan, yang sering kali dikombinasi dengan proteksi katodik. Untuk korosi bagian dalam pipa (internal korosi) pengendaliannya lebih sukar, bilamana kebocoran/kegagalan terjadi umumnya lebih merata sepanjang jaringan yang berhubungan dengan korosi bagian luar.

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

2.6.3 Pemilihan Material

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

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

2.6.4 Inhibitor

Inhibitor adalah suatu zat yang apabila ditambahkan kedalam sistem reaksi kimia dapat mengurangi laju korosi suatu material. Inhibitor berasal dari kata inhibisi : menghambat, jadi inhibitor ditambahkan untuk menghambat reaksi antarmuka antara material dengan lingkungan. Inhibitor terdiri dari dua jenis yaitu inhibitor anorganik dan organik. Dalam penelitian ini inhibitor yang digunakan adalah inhibitor organik. Sehingga perlu kita ketahui bagaimana mekanisme dan cara kerja inhibitor organik tersebut dalam menghambat laju korosi.

2.5.4.1 Inhibitor Organik

Inhibitor ini bekerja dengan membentuk senyawa kompleks yang mengendap pada permukaan logam sebagai lapisan pelindung yang bersifat hidrofobik yang dapat menghambat reaksi logam dengan lingkungannya.

Reaksi yang terjadi dapat berupa reaksi anodik, reaksi katodik, atau keduanya. Hal ini bergantung dari reaksi pada permukaan logam dan potensial logam tersebut^[17]. Selain itu juga dapat berfungsi untuk menetralkan korosif dan mengabsorpsi korosif tersebut. Penggunaan dengan konsentrasi yang tepat dapat mengoptimalkan perlindungan pada seluruh logam^[4]. Inhibitor organik akan teradsorpsi pada permukaan tergantung dari muatan inhibitor dan muatan logam untuk membentuk ikatan dari senyawa kompleks tersebut. Sebagai contoh kation inhibitor seperti amin atau anion inhibitor seperti sulfonat akan teradsorpsi tergantung muatan logam tersebut apakah negatif atau positif. Efektivitas dari inhibitor organik dipengaruhi oleh komposisi kimia, struktur molekul, dan gugus fungsi, ukuran, dan berat molekul, serta afinitas inhibitor terhadap logamnya^[4].

2.5.4.2 Mekanisme Inhibitor Organik

Mekanisme inhibitor organik dalam melindungi material pada umumnya membentuk lapisan hidrofobik pada permukaan logam untuk melindungi logam terhadap korosi akibat lingkungan sekitarnya. Efektivitas inhibitor ini sangat bergantung kepada komposisi kimia yang dimilikinya, struktur molekul, dan afinitasnya terhadap permukaan logam. Proses adsorpsi pada saat *film forming* dipengaruhi variabel temperatur dan tekanan. Inhibitor organik akan teradsorpsi sesuai muatan ion – ion inhibitor dan muatan permukaan. Kekuatan dari ikatan adsorpsi merupakan faktor yang sangat penting bagi inhibitor organik tersebut.

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

Mekanisme pada inhibitor organik yaitu :

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

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

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

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

3. *Passivator/Oxidizer (Anodic Inhibitor)*

Cara kerja inhibitor anodik sebagai berikut :

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

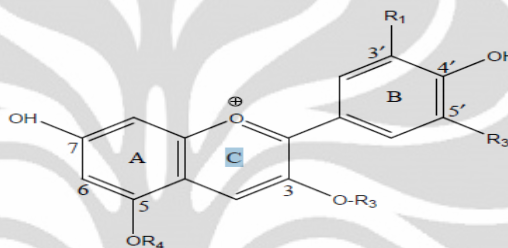
4. Destimulator

Menurunkan kadar O_2 pada lingkungan (*oxygen scavenger*)

2.6 Ubi Ungu dan Antosianin

Antosianin adalah metabolit sekunder dari famili flavonoid, dalam jumlah besar ditemukan dalam buah-buahan dan sayur-sayuran (Talavera, *et al.*, 2004). Antosianin adalah suatu kelas dari senyawa flavonoid, yang secara luas terbagi dalam polifenol tumbuhan. Flavonol, flavan-3-ol, flavon, flavanon, dan flavanonol adalah kelas tambahan flavonoid yang berbeda dalam oksidasi dari antosianin. Larutan pada senyawa flavonoid adalah tak berwarna atau kuning pucat (Wrolstad, 2001). Antosianin adalah senyawa flavonoid dan merupakan glikosida dari antosianidin yang terdiri dari *2-phenyl benzopyrilium* (Flavium) tersubstitusi, memiliki

sejumlah gugus hidroksil bebas dan gugus hidroksil termetilasi yang berada pada posisi atom karbon yang berbeda. Seluruh senyawa antosianin merupakan senyawa turunan dari *kation flavilium*, dua puluh jenis senyawa telah ditemukan. Tetapi hanya enam yang memegang peranan penting dalam bahan pangan yaitu pelargonidin, sianidin, delphinidin, peonidin, petunidin, dan malvidin (Nugrahan, 2007). Pada umumnya seluruh antosianin memiliki struktur dasar kation flavilium (AH⁺), seperti pada gambar berikut



Gambar 2.11 Struktur Kation Flavilium R1 dan R2= -H, OH, atau OCH₃,
R3 = -glikosil, R4= -H atau -glikosil (Fennema, 1996).

Secara kimia semua antosianin merupakan turunan suatu struktur aromatic tunggal, yaitu sianidin, dan semuanya terbentuk dari pigmen sianidin ini dengan penambahan atau pengurangan gugus hidroksil, metilasi dan glikosilasi (Harborne, 1996). Antosianin adalah senyawa yang bersifat amfoter, yaitu memiliki kemampuan untuk bereaksi baik dengan asam maupun dalam basa. Dalam media asam antosianin berwarna merah seperti halnya saat dalam vakuola sel dan berubah menjadi ungu dan biru jika media bertambah basa. Perubahan warna karena perubahan kondisi lingkungan ini tergantung dari gugus yang terikat pada struktur dasar dari posisi ikatannya (Charley, 1970).

Aglikon atau antosianidin bersifat kurang stabil dibandingkan antosianin dan dalam jaringan tanaman berada sebagai suatu glikosida dengan gugus glukosa pada posisi cincin 3 dan 3' dan 5' (Eskin, 1979). Pada setiap inti flavilium terdapat sejumlah molekul yang berperan sebagai gugus pengganti. Tabel berikut ini menunjukkan sejumlah gugus pengganti yang paling umum ditemui pada antosianin.

Tabel 2.1 Gugus Pengganti pada Struktur Kation Flavilium pada Antosianin Utama^[22]

Antosianidin	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇
Sianidin	-OH	-OH	-H	-OH	-OH	-H	-OH
Delfinidin	-OH	-OH	-OH	-OH	-OH	-H	-OH
Pelargonidin	-H	-OH	-H	-OH	-OH	-H	-OH
Malvidin	-OCH ₃	-OH	-OCH ₃	-OH	-OH	-H	-OH
Peonidin	-OCH ₃	-OH	-H	-OH	-OH	-H	-OH
Petunidin	-OH	-OH	-OCH ₃	-OH	-OH	-H	-OH

Antosianidin adalah aglikon antosianin yang terbentuk bila antosianin dihidrolisis dengan asam. Antosianidin yang paling umum dikenal adalah sianidin yang berwarna merah lembayung. Warna jingga disebabkan oleh pelargonidin yang gugus hidroksilnya kurang satu dibandingkan sianidin, sedang warna merah senduduk, lembayung, dan biru umumnya disebabkan oleh delfinidin yang gugus hidroksilnya lebih satu dibandingkan sianidin. Sifat fisika dan kimia dari antosianin dilihat dari kelarutan antosianin larut dalam pelarut polar seperti metanol, aseton, atau kloroform, terlebih sering dengan air dan diasamkan dengan asam klorida atau asam format (Socaciu, 2007). Antosianin stabil pada pH 3,5 dan suhu 50°C mempunyai berat molekul 207,08 gram/mol dan rumus molekul C₁₅H₁₁O (Fennema, 1996). Antosianin dilihat dari penampakan berwarna merah, merah senduduk, ungu dan biru mempunyai panjang gelombang maksimum 515-545 nm, bergerak dengan eluen BAA (nbutanol- asam asetat-air) pada kertas (Harborne, 1996).

2.5.1 Warna dan Stabilitas Antosianin

Warna dan stabilitas pigmen antosianin tergantung pada struktur molekul secara keseluruhan. Substitusi pada struktur antosianin A dan B akan berpengaruh pada warna antosianin. Pada kondisi asam warna antosianin ditentukan oleh banyaknya substitusi pada cincin B. Semakin banyak substitusi OH akan menyebabkan warna semakin biru, sedangkan metoksilasi menyebabkan warna semakin merah (Arisandi, 2001). Menurut Belitz dan Grosch (1999) penambahan gugus hidroksil menghasilkan pergeseran ke arah warna biru (pelargonidin → sianidin → delpinidin), dimana pembentukan glikosida dan metilasi menghasilkan

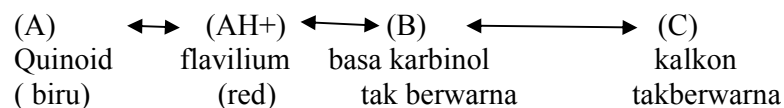
pergeseran ke arah warna merah (pelargonidin → pelargonidin-3-glukosida; sianidin → peonidin)^[22]. Degradasi antosianin terjadi tidak hanya selama ekstraksi dari jaringan tumbuhan tetapi juga selama proses dan penyimpanan jaringan makanan (Fennema, 1996). Kestabilan antosianin dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain pH, temperatur, sinar dan oksigen, serta faktor lainnya seperti ion logam (Niendyah, 2004).

1. Transformasi Struktur dan pH

Pada umumnya, penambahan hidroksilasi menurunkan stabilitas, sedangkan penambahan metilasi meningkatkan stabilitas. Warna dalam makanan mengandung antosianin yang kaya akan pelargonidin, sianidin, atau aglikon delphinidin kurang stabil dari makanan yang kaya akan petunidin atau aglikon malvidin (Fennema, 1996). Faktor pH ternyata tidak hanya mempengaruhi warna antosianin ternyata juga mempengaruhi stabilitasnya. Antosianin lebih stabil dalam larutan asam dibanding dalam larutan alkali (Markakis, 1992). Dalam medium cair kemungkinan antosianin berada dalam empat bentuk struktur yang tergantung pada pH. Struktur tersebut adalah basa quinoidal (A), kation flavilium (AH⁺), basa karbinol yang tidak berwarna (B), dan kalkon tidak berwarna (C) (von Elbe and Schwartz, 1996 dalam Arthey dan Ashurst, 2001).

2. Suhu

Pemanasan bersifat “irreversible” dalam mempengaruhi stabilitas pigmen dimana kalkon yang tidak berwarna tidak dapat kembali menjadi kation flavilium yang berwarna merah (James, 1995). Degradasi antosianin dipengaruhi oleh temperatur. Antosianin terhidroksilasi adalah kurang stabil pada keadaan panas daripada antosianin termetilasi terglisosilasi atau termetilasi (Arthey dan Ashurst, 2001).



Diketahui ada empat struktur antosianin yang terbentuk dalam larutan cair yang ditunjukkan di atas. Pemanasan bergeser ke persamaan kalkon tak

berwarna dan reaksi berbalik adalah lebih rendah daripada reaksi selanjutnya. Mekanisme yang tepat dan degradasi termal antosianin tidak sepenuhnya terurai (Arthey dan Ashurst, 2001).

3. Cahaya

Antosianin tidak stabil dalam larutan netral atau basa dan bahkan dalam larutan asam warnanya dapat memudar perlahan-lahan akibat terkena cahaya, sehingga larutan sebaiknya disimpan di tempat gelap dan suhu dingin (Harborne, 1996). Secara umum diketahui bahwa cahaya mempercepat degradasi antosianin. Efek tersebut dapat dilihat pada jus anggur dan *red wine*. Pada *wine* metilasi diglikosida yang terasilasi dan metilasi monoglikosida (Fennema, 1996). Antosianin juga tidak stabil ketika terkena sinar tampak dan ultraviolet dan inti lain dari radiasi ion. Dekomposisi sebagian besar tampak menjadi fotooksidasi karena asam p-hidroksibenzoat diidentifikasi sebagai hasil degradasi minor (Arthey dan Ashurst, 2001). Kemampuan cahaya membuat antosianin tereksitasi lewat transfer elektron yang dapat mempengaruhi pigmen ke dekomposisi fotokimia.

2.7 Perhitungan Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor

2.7.1 Perhitungan Laju Korosi dengan metode *Weight-loss coupons*

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

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

dilakukan tanpa menyebabkan korosi lebih lanjut atau kerusakan pada *specimen*.

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

$$\text{Laju korosi} = \frac{K.W}{D.A.T} \dots\dots\dots (2.19)$$

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

W = kehilangan berat (gram)

D = densitas (gram/cm³)

A = luas permukaan yang terendam (cm²)

T = waktu (jam)

Beberapa keuntungan dan kerugian metode weight loss :

a. Keuntungan

- Murah, mudah digunakan
- Kupon terbuat dari material yang sama dengan struktur
- Pemeriksaan visual dapat mengidentifikasi jenis serangan
- Kupon tersebut dapat dianalisa scale.

b. Kerugian

- Laju korosi yang diperoleh berupa rata rata
- Kalkulasi laju korosi diasumsikan sebagai korosi seragam
- Pengambilan data berlangsung lama
- Memerlukan pemasangan dan pengambilan yang dapat mempengaruhi proses dan keselamatan.

2.7.2 Efisiensi Inhibitor

Dalam penggunaan inhibitor dapat ditentukan efisiensi dari penggunaan inhibitor tersebut. Semakin besar efisiensi inhibitor tersebut maka semakin baik inhibitor tersebut untuk diaplikasikan di lapangan. Penghitungan efisiensi didapatkan melalui presentase penurunan laju korosi dengan adanya penambahan dibandingkan dengan laju korosi yang tanpa ditambahkan inhibitor. Penghitungan ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$\text{efisiensi inhibitor} = \frac{X_a - X_b}{X_a} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana X_a = laju korosi tanpa inhibitor (mpy)

X_b = laju korosi dengan inhibitor (mpy).



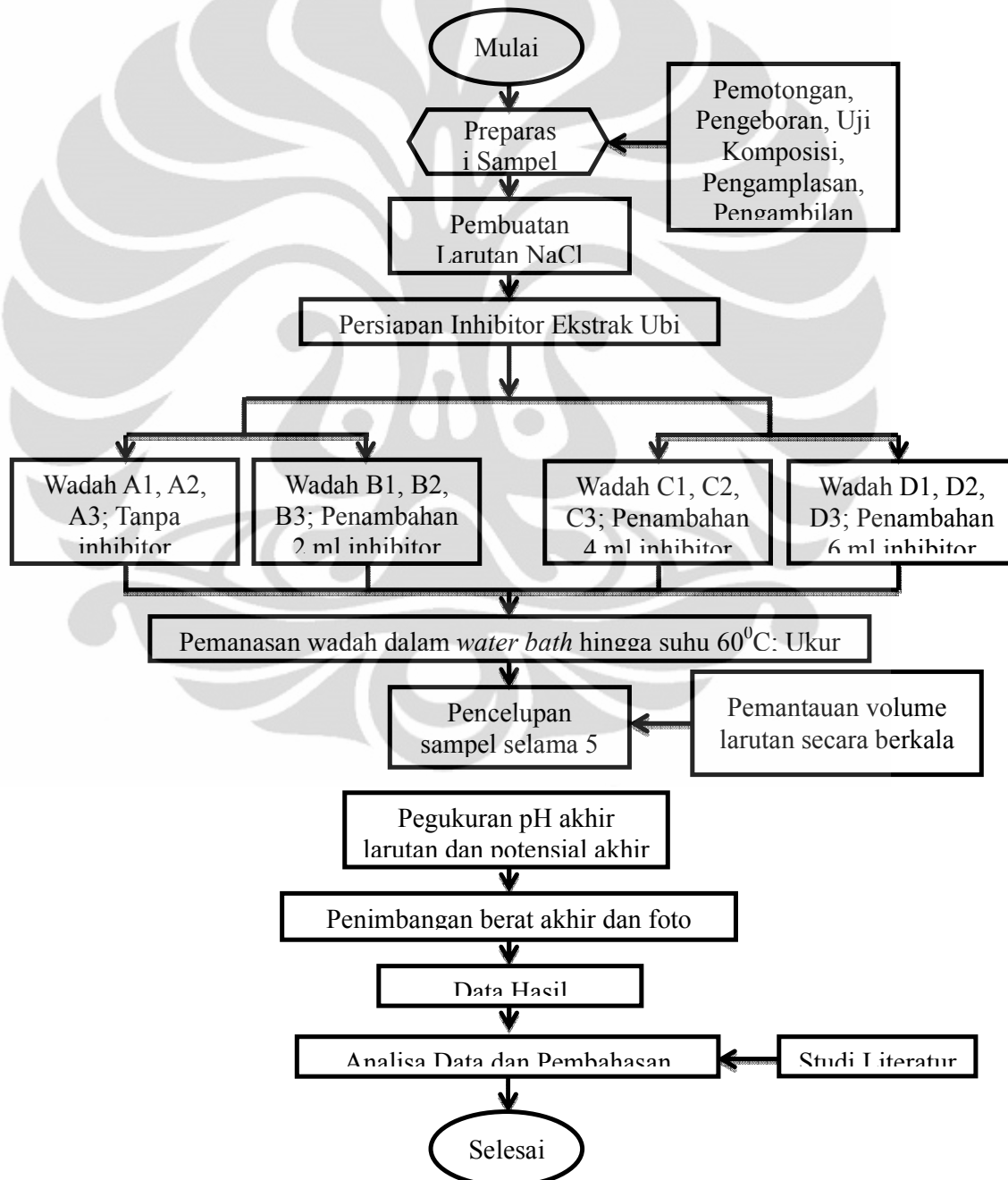
BAB III

Metodologi Penelitian

Dalam metodologi penelitian akan dibahas tentang tata laksana penelitian. Mulai dari preparasi sampel hingga sampai analisa hasil data percobaan. Beberapa percobaan mengacu pada standar-standar baku.

3.1. Diagram Alir Penelitian

Gambar 3.1 Diagram alir penelitian



3.2. Alat dan Bahan

3.2.1. Alat

1. Mesin Potong
2. Mesin bor
3. Mata bor diameter 4 mm
4. Kertas amplas #100
5. Timbangan digital
6. pH meter digital
7. *Water bath*
8. Multitester
9. Jangka sorong
10. Benang
11. 6 buah *Beaker glass*
12. *Cutter* dan gunting
13. Elektroda standar Ag/AgCl
14. penggaris
15. Kamera digital tipe SLR
16. Pinset
17. Hair dryer
18. *Magnetic stirrer*
19. *Ultrasonic agitator*

3.2.2. Bahan

1. Baja SPCC
 - Dimensi baja SPCC : 30 mm x 20 mm x 1 mm
 - Densitas : dipilih 5 baja SPCC yang telah berbentuk kupon secara acak untuk penghitungan densitas. Panjang, lebar, dan tebal diukur dengan jangka sorong dan massa dengan timbangan digital. Densitas yang didapat adalah

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

Dimana ρ : massa jenis (gr/cm^3) p : panjang (cm)
 l : lebar (cm) t : tinggi (cm)

Tabel 3.1. Data Luas Permukaan, Massa, dan Massa Jenis

sampel	panjang (cm)	lebar (cm)	tinggi (cm)	massa (gr)	massa jenis (gr/cm ³)
1	2,64	2,06	0,9	3,3727	6,8907
2	2,64	2,17	0,9	3,3442	6,4861
3	2,69	2,14	0,9	3,4310	6,6223
4	2,63	2,19	0,9	3,3523	6,4669
5	2,68	2,14	0,9	3,4310	6,6470
rata - rata	2.656	2.14	0.9	3,3862	6,6226

Dari kelima sampel diatas, maka didapat densitas rata – rata dari kupon SPCC adalah :

$$\frac{6,8907+6,4861+6,6223+6,4669+6,6470}{5} = 6,6226$$

2. Ekstrak ubi ungu dalam bentuk wine “x”
3. Larutan NaCl 3,5%
4. *Acetone*
5. HCL 37% “Merck” dan inhibitor Barracor 12M sebagai zat pickling
 - Masukkan HCL 12M sebanyak 200 ml dan tambahkan 2 ml inhibitor barracor kedalam *beaker glass* 500ml
6. NaHCO₃
 - Siapkan magnetic steerer dan letakkan *beaker glass* 500 ml diatasnya.
 - Nyalakan magnetic steerer dan masukan NaHCO₃ hingga berlebih dan tidak larut untuk mendapatkan larutan tak jenuh

3.3. Prosedur Kerja

3.3.1. *Immersion test* (ASTM G31-72)

3.3.1.1. Persiapan Awal

1. Persiapan Kupon

Lembaran baja SPCC yang berukuran 200mm x 300mm dengan ketebalan 1mm dipotong – potong menjadi bentuk kupon dengan ukuran kupon 30mm x 20mm sebanyak 12 buah. Hasil pemotongan didapat setiap sampel berukuran 30mm x 20mm x 1mm. kupon diampelas dengan kertas

amplas #100 untuk menghilangkan oksida dan karat yang menempel pada permukaan. Lakukan pengukuran massa kupon dari masing – masing sampel dan catat massa masing – masing sampel. Sampel yang telah siap dilakukan penomoran atau pemetaan sebagai berikut:

- Tiga buah kupon dengan untuk uji rendam tanpa penambahan inhibitor.
- Tiga buah kupon dengan untuk uji rendam dengan penambahan sebanyak 2 ml wine ubi ungu konsentrasi.
- Tiga buah kupon dengan untuk uji rendam dengan penambahan sebanyak 4 ml wine ubi ungu.
- Tiga buah kupon dengan untuk uji rendam dengan penambahan sebanyak 6 ml wine ubi ungu.

2. Persiapan Larutan Rendam

Larutan yang digunakan pada penelitian ini adalah air laut. Air laut dibuat dengan cara mengkondisikan larutan dengan kadar NaCl yang semirip dengan kandungna pada air laut yaitu dengan mencampurkan aquades dengan garam teknis. Untuk mendapatkan kondisi larutan yang sama dengan air laut (NaCl 3,5%), maka perlu dilarutkan garam teknis sebanyak 35 gram ke dalam 1000 ml aquades.

$$NaCl\ 3,5\% \rightarrow \frac{massa\ garam}{massa\ pelarut} = 3,5\% \quad (3.2)$$

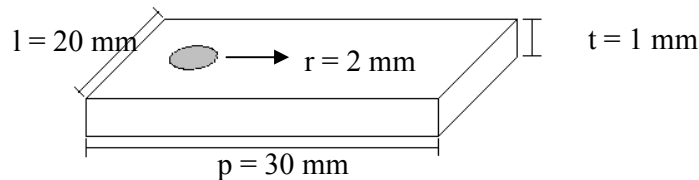
Volume pelarut : 1000 ml; Massa jenis aquades : 1 gr/cm³

Maka massa pelarut : 1000 gram

$$\frac{massa\ garam}{1000} = 0,035$$

$$massa\ garam = 35\ gram$$

$$volume\ larutan = 0,4 \times luas\ permukaan\ sampel \dots\dots\dots(3.3)$$



Gambar 3.2. Skematis Bentuk Kupon

Luas permukaan sampel:

$$\begin{aligned}
 &= (2 \times p \times l) + (2 \times p \times t) + (2 \times l \times t) - (2\pi r^2) + (t \times 2\pi r) \\
 &= (2 \times 30 \times 20) + (2 \times 30 \times 1) + (2 \times 20 \times 1) - (2 \times 3,14 \times 2^2) + (1 \times 2 \times \\
 &3,14 \times 2) = 1287,44 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Volume minimal} = 1287,44 \times 0,4 = 514,976 \text{ ml} \approx 520 \text{ ml}$$

3. Pengamatan Visual

Sampel difoto dibagian permukaan dengan kamera digital untuk mendapatkan penampakan permukaan sebelum, sesudah dilakukan uji rendam, dan sesudah pembersihan.

3.3.1.2. Langkah Kerja Uji Rendam

1. Tuangkan 450 ml air laut ke masing – masing 12 buah *beaker glass* yang digunakan untuk uji rendam. Dibagi menjadi 2 karena daya tampung dari *water bath* hanya mampu menampung 6 buah *beaker glass*. *Water bath* berfungsi sebagai *heater* agar tercapai suhu konstan pada suhu 60°C
2. Setiap kupon yang sudah dilubangi dimasukan benang dan diikat sehingga kupon dapat digantung dengan benang. Kupon yang telah diikat benang lalu digantung pada benang yang telah diikat pada bagian atas botol pada bagian atas wadah sehingga kupon dapat ditenggelamkan ke dalam larutan rendam pada posisi konstan.
3. Masukan inhibitor dan lakukan penomoran untuk identifikasi dalam memudahkan pengamatan visual sebagai berikut :
 - a. Tanapa penambahan inhibitor untuk pengujian rendam pada 3 wadah dengan penomoran A1, A2, dan A3.
 - b. Penambahan 2ml pada 3 wadah dengan penomoran B1, B2, dan B3.

- c. Penambahan 4 ml pada 3 wadah dengan penomoran C1, C2, dan C3
- d. Penambahan 6 ml pada 3 wadah dengan penomoran D1, D2, dan D3

3.3.1.3. Pembersihan Kupon (NACE RP0775-2005)

1. Setelah lama perendaman selesai sesuai waktu yang telah ditentukan (4 hari), keluarkan kupon dari rendaman dan lakukan dokumentasi dengan kamera digital pada sampel kupon setelah perendaman.
2. Celupkan kupon kedalam *toluena* selama waktu tertentu yang bertujuan untuk menghilangkan minyak atau *lemak* pada permukaan kupon. Setelah itu cuci dengan *acetone* dan keringkan dengan *hair dryer*.
3. Setelah lakukan pengeringan, masukan sampel kupon kedalam *beaker glass* yang telah berisi larutan HCL 12M dengan kadar 37% “Merck” dan telah ditambahkan inhibitor barracor sebanyak 2 ml untuk proses *pickling* dan menghilangkan *scale* dari produk korosi. Lakukan proses ini dilakukan di dalam mesin *ultrasonic agitator*.
4. Celupkan kupon kedalam larutan NaHCO_3 lewat jenuh selama 1 menit untuk menghilangkan suasana asam setelah dari proses *pickling* sebelumnya lalu bilas dengan *aquadesh*
5. Celupkan kembali kupon kedalam *acetone* dan keringkan dengan *hair dryer*. Setelah kering lakukan penghitungan massa sesudah pembersihan dan foto kupon

III.4. Pengambilan Data

Data – data dalam pengujian ini yang diperlukan adalah sebagai berikut :

1. pH Larutan

Pengambilan data pH larutan dilakukan dengan menggunakan pH meter digital. Sensor pada bagian ujung pH meter dicelupkan setelah dilakukan kalibrasi kedalam larutan rendam baik sebelum dilakukan perendaman dan setelah proses perendaman berakhir.

2. Potensial Logam

Pengukuran nilai potensial dilakukan dengan menggunakan multimeter.

Multitester menggunakan 3 pengukuran pada 3 angka dibelakang koma dimana bagian positif dihubungkan dengan sampel dan bagian negatif dihubungkan dengan elektroda standar Ag/AgCl, sehingga didapat potensial Ag/AgCl.

Potensial yang didapat lalu dikonversi ke dalam SHE sesuai dengan persamaan^[1] yaitu:

$$\text{Potensial V vs SHE} = \text{V vs Ag/AgCl} + 0.222 \dots \dots \dots (3.4)$$

3. Berat Akhir Sampel

Setelah dilakukan pembersihan pada kupon dengan proses *pickling* sesuai standar NACE RP0775-2005, sampel ditimbang kembali berat akhirnya dengan timbangan digital untuk mengukur setelah dilakukan perendaman dan diolah untuk mendapatkan berat yang hilang dan laju korosi. Laju korosi dapat menggunakan dengan metode kehilangan berat sesuai dengan standar ASTM G1-03.

4. Pengamatan Visual

Sampel yang telah dilakukan perendaman dilakukan dokumentasi menggunakan kamera digital SLR untuk melihat dan mengamati oksida – oksida serta lapisan yang terbentuk pada sampel.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian

4.1.1. Pengujian *Spectroscopy* Baja SPCC

Baja SPCC yang digunakan sebagai sampel diuji *Spectroscopy* di CMPFA (*Center for Material Processing and Failure Analysis*) untuk mengetahui komposisinya. Baja yang digunakan merupakan baja karbon SPCC dengan komposisi sebagai berikut:

Tabel 4.1. Komposisi Baja SPCC

Fe(%)	C(%)	Si(%)	Mn(%)	Cr(%)	S(%)	Pb(%)
Bal.	0.057	0.007	0.160	0.023	0.003	<0,025 ²
Ni(%)	Mo(%)	Ti(%)	Cu(%)	Nb(%)	V(%)	P(%)
0.031	<0.005 ²	0.002 ²	0.121	<0.002 ²	<0.002	0,007

4.1.2. Data Pengurangan Berat

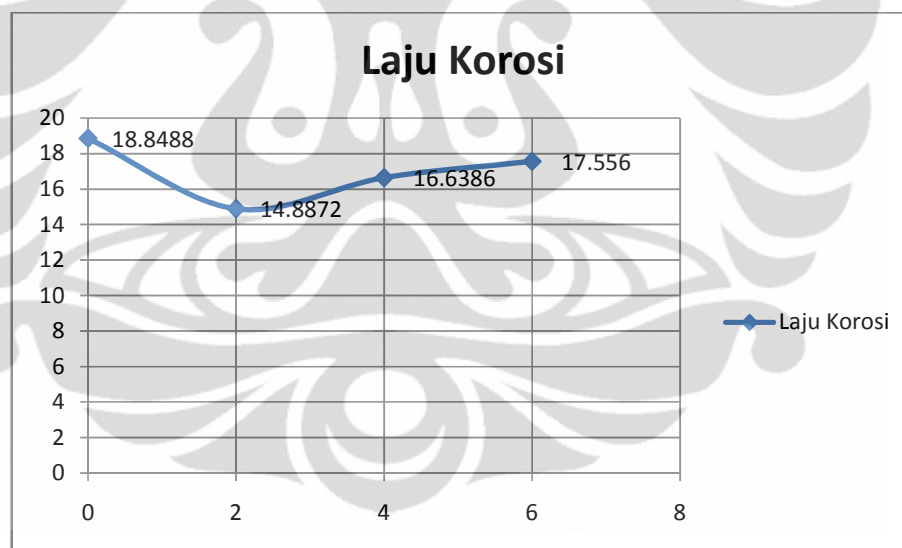
Tabel 4.2. Data Pengurangan Berat Kupon

Kupon		Status Inhibitor	Wo (gr)	W1 (gr)	ΔW (gr)	Rata - rata ΔW (gr)
A	1	Tanpa Inhibitor	3,3727	3,3428	0,0299	0,03013
	2		3,3523	3,3212	0,0311	
	3		3,306	3,2766	0,0294	
B	1	Penambahan 2ml	3,3442	3,326	0,0182	0,0238
	2		3,431	3,4079	0,0231	
	3		3,301	3,2709	0,0301	
C	1	Penambahan 4ml	3,431	3,405	0,026	0,0266
	2		3,2969	3,2709	0,026	
	3		3,205	3,1772	0,0278	
D	1	Penambahan 6ml	3,2723	3,2431	0,0292	0,0280
	2		3,3719	3,3446	0,0273	
	3		3,3846	3,3569	0,0277	

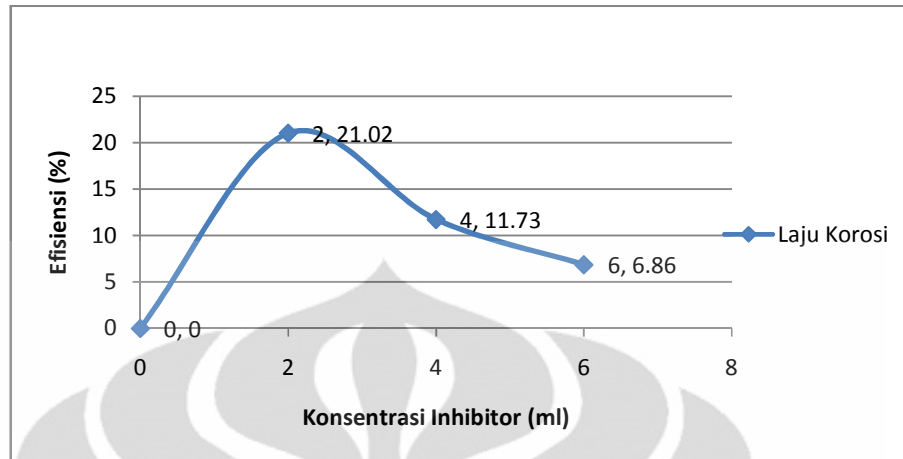
4.1.3. Data Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor

Tabel 4.3 Data Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor

Kupon		Status Inhibitor	ΔW (gr)	Corrosion Rate (MPY)	Rata - rata CR (MPY)	Efisiensi Inhibitor(%)
A	1	Tanpa Inhibitor	0,0299	18,7028	18,8488	
	2		0,0311	19,4534		
	3		0,0294	18,390		
B	1	Penambahan 2ml	0,0182	11,3843	14,8872	21,02%
	2		0,0231	14,449		
	3		0,0301	18,8279		
C	1	Penambahan 4ml	0,026	16,263	16,6386	11,73%
	2		0,026	16,263		
	3		0,0278	17,389		
D	1	Penambahan 6 ml	0,0292	18,264	17,5560	6,86%
	2		0,0273	17,076		
	3		0,0277	17,326		



Gambar 4.1. Grafik Laju Korosi Terhadap Konsentrasi



Gambar 4.2. Grafik Efisiensi Inhibitor Terhadap Konsentrasi

4.1.4. Perubahan pH Larutan

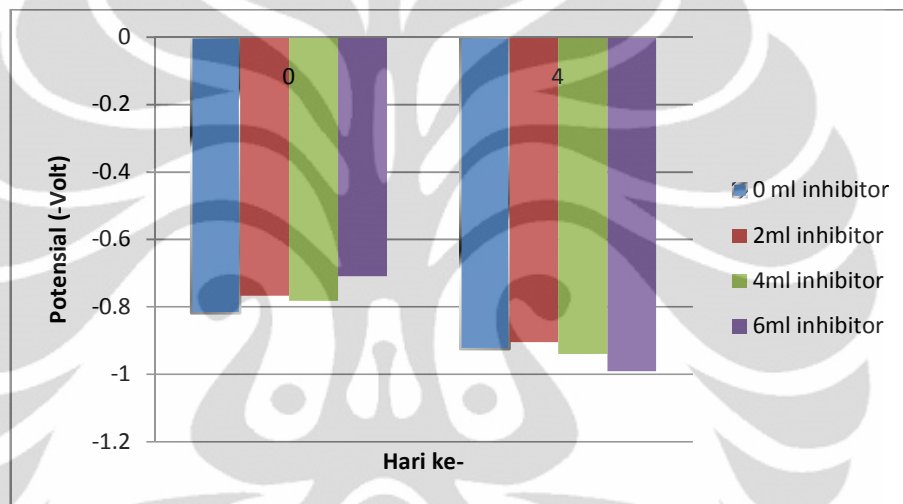
Tabel 4.4. Data pH Larutan

Kupon	Status Inhibitor	pH				
		pH Awal	Rata-rata pH awal	pH Akhir	Rata-rata pH akhir	Corrosion Rate (CR)
A	Tanpa Inhibitor	7,0	7,2	7,2	7,5	6,6414
		7,2		7,4		
		7,4		8,0		
B	Penambahan 2ml	6,2	6,4	7,1	7,1	5,5483
		6,1		6,9		
		6,8		7,3		
C	Penambahan 4ml	5,9	5,9	6,8	6,9	4,5877
		6,1		7,0		
		5,8		6,9		
D	Penambahan 6ml	5,5	5,5	6,2	6,1	3,8921
		5,5		6,1		
		5,6		6,1		

Tabel 4.5. Data Perubahan pH Larutan

Kupon	Status Inhibitor	pH			
		Rata-rata pH awal	Rata-rata pH akhir	Perubahan pH	Perubahan pH(%)
A	1	7,2	7,5	0,3	4,6
	2				

	3					
B	1	Penambahan 2ml	6,4	7,1	0,7	11,5
	2					
	3					
C	1	Penambahan 4ml	5,9	6,9	1,0	16,3
	2					
	3					
D	1	Penambahan 6ml	5,5	6,1	0,6	10,8
	2					
	3					



Gambar 4.3. Grafik Perubahan pH terhadap Konsentrasi

4.1.6. Perubahan Potensial

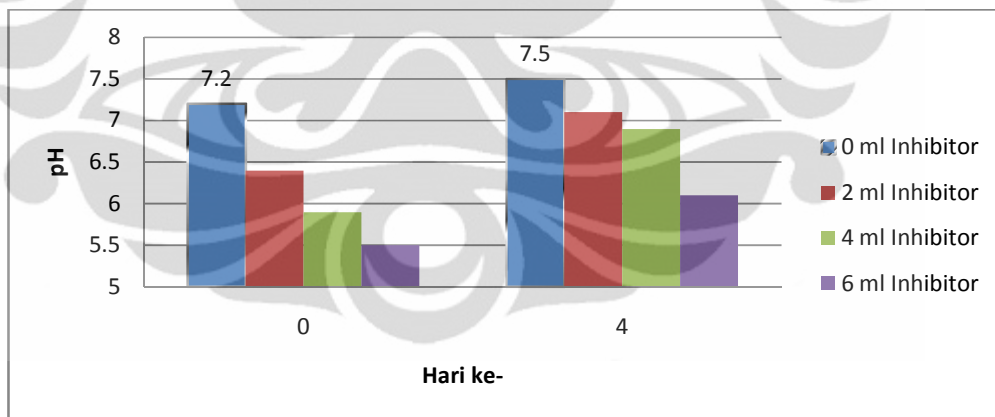
Tabel 4.6. Data Potensial Logam

Kupon	Status Inhibitor	Potensial			
		E awal (E vs Ag/AgCl) (mv)	Rata-rata E akhir (E vs Ag/AgCl)(mv)	E akhir (E vs Ag/AgCl) (mv)	Rata-rata E akhir (E vs Ag/AgCl) (mv)
A	1	-0,576	-0,597	-0,632	-0,703
	2	-0,579		-0,680	
	3	-0,635		-0,796	
B	1	-0,509	-0,545	-0,646	-0,682
	2	-0,517		-0,697	
	3	-0,610		-0,702	
C	1	-0,499	-0,560	-0,673	-0,717
	2	-0,674		-0,750	
	3	-0,506		-0,727	

D	1	Penambahan	-0,507	-0,487	-0,691	-0,769
	2		-0,487		-0,766	
	3		-0,468		-0,850	

Tabel 4.7. Data Perubahan Potensial Logam

Kupon	Status Inhibitor	Potensial				
		Rata-rata E awal (E vs SHE)(mv)	Rata-rata E1 (E vs SHE) (mv)	Rata-rata Perubahan E (E vs SHE) (mv)	Rata-rata perubahan E (%)	
A	1	Tanpa Inhibitor	-0,819	-0,925	-0,106	12,948
	2					
	3					
B	1	Penambahan 2ml	-0,767	-0,904	-0,136	17,767
	2					
	3					
C	1	Penambahan 4ml	-0,782	-0,939	-0,157	20,085
	2					
	3					
D	1	Penambahan	-0,709	-0,991	-0,282	39,709
	2					
	3					



Gambar 4.4. Grafik Perubahan Potensial logam Terhadap Konsentrasi

4.2. Pembahasan

4.2.1. Analisis Pengujian *Spectroscopy* Baja SPCC

Dari hasil pengujian *spectroscopy* pada baja sebagai sampel dalam pengujian rendam maka dapat disimpulkan baja ini termasuk merupakan baja karbon rendah. Unsur – unsur yang menyusun dari baja ini adalah Fe (99.7%)

sebagai unsur penyusun utama, dan unsur lain seperti C (0.054%), Si (0.005%), Mn (0.0064%), Cr (0.016%), Al (0.05%), Ni (<0.005%), Mo(<0.003%), Ti (0.055%), Cu(0.011%), Nb(<0.003%), dan V (0.002%). Baja ini termasuk dalam baja berkadar karbon rendah karena syarat baja karbon rendah memiliki minimal kadar karbon <0.3%^[21].

Untuk aplikasi dilingkungan air laut baja karbon rendah dibidang masih kurang optimal. Dikarenakan, kandungan Cr yang relatif sangat kecil yaitu 0.016%, sehingga ketahanan terhadap korosi pada lingkungan air dan lingkungan asam menjadi kurang. Selain kromium, tembaga dan nikel juga meningkatkan nilai ketahanan terhadap korosi pada lingkungan air.

4.2.2. Pengamatan Visual Dengan Penambahan dan Tanpa Penambahan Inhibitor ubi ungu

Perubahan warna yang sedikit keunguan cukup terlihat jelas saat jumlah penambahan inhibitor wine ubi ungu semakin banyak (Lampiran). Pada penambahan 2 ml, air rendaman masih terlihat bening atau berwarna layaknya air laut namun sedikit keruh keunguan dimana masih cukup sulit untuk dilihat perubahan warna dengan mata biasa. Pada penambahan 4 ml, air rendaman mulai terlihat mengungu namun terlihat masih cukup bening dan pada penambahan 6 ml air rendaman terlihat jelas cukup ungu dibandingkan penambahan 2 ml dan 4 ml.

Kondisi awal semua sampel pengujian dalam keadaan bersih dari oksida dan karat yang ada dengan pembersihan secara mekanis menggunakan kertas amplas (Lampiran). Ketika sampel direndam pada rendaman lingkungan air laut maka terjadi reaksi reduksi oksigen dan air pada sampel.

Setelah proses pencelupan, permukaan sampel pada pada sistem yang tidak terinhibisi mengalami korosi seragam terutama pada permukaan dan bagian pinggir dari sampel yang menghasilkan *scale* sebagai produk dari korosi. Namun pada sistem yang terinhibisi, korosi seragam yang terjadi tidak terlalu banyak dan terbentuk lapisan tipis yang terbentuk pada permukaan logam dan mengendap. Lapisan ini terbentuk akibat penambahan ekstrak ubi ungu sebagai inhibitor organik. Terlihat pula endapan yang terbentuk di dasar wadah. Pada sampel yang tidak menggunakan inhibitor terdapat banyak endapan pada dasar wadah yang merupakan hasil produk dari korosi. Jumlah endapan tersebut semakin menurun

jumlahnya berbanding terbalik dengan jumlah konsentrasi wine ubi ungu yang terkandung. Jadi pada penambahan 6 ml wine ubi ungu terdapat lebih sedikit endapan hasil produk korosi yang dihasilkan.

4.2.3. Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Ubi Ungu Terhadap pH Larutan

Selama pengujian *weight loss*, diperoleh data pH larutan dihari pertama perendaman dan hari terakhir perendaman (hari ke-4) dimana data ditunjukkan pada Tabel 4.4. dan Tabel 4.5. Data menunjukkan pH yang diukur menunjukkan pH dari lingkungan air laut berada di sekitar rentang 6,5-7,5 yang menunjukkan lingkungan air laut adalah lingkungan netral. Pada pengujian untuk sampel tanpa inhibitor pH awal sebesar 7,3 dan pada hari ke-4 menunjukkan pH akhir sebesar 7,5. Pada pengujian sampel dengan penambahan 2ml inhibitor organik, pH awal adalah sebesar 6,4 dan pH akhir sebesar 7,1. Saat penambahan 4ml inhibitor organik untuk pH awal sebesar 5,9 dan pH akhir adalah 6,9 serta penambahan 6ml organik didapat data pH awal sebesar 5,5 dan pH akhir sebesar 6,1.

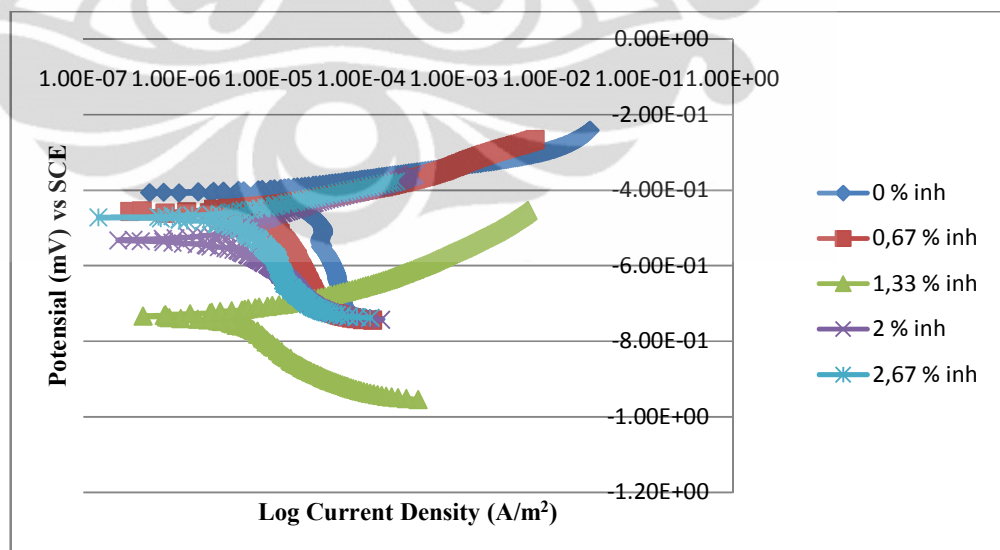
Data pH dapat dilihat dalam diagram pada Gambar 4.3. Terjadi peningkatan pH disetiap sampel, namun peningkatan paling signifikan terjadi pada sampel pada larutan yang mengandung 4 ml wine ubi ungu, yaitu sebesar 1. Perubahan yang cukup besar dibanding larutan yang mengandung 2 ml yaitu sebesar 0,7 dan larutan yang mengandung 6 ml wine ubi ungu sebesar 0,6. Ekstrak ubi ungu tersebut pada tahap awal diberikan ternyata menurunkan pH lingkungan. Bila dibandingkan dengan kondisi tanpa inhibitor awal dengan semua kondisi dengan inhibitor dengan kandungan 2 ml ,4 ml, dan 6 ml ekstrak ubi ungu, ternyata semakin banyak diberikan pH lingkungan semakin turun atau menjadi semakin asam. Sehingga lingkungan pada pH tersebut bisa disebut asam.

Selain itu justifikasi dari mekanisme inhibitor katodik tersebut adalah dengan membentuk lapisan atau endapan yang terlihat pada hasil pengujian *immersion* dimana semakin banyak penambahan jumlah inhibitor yang diberikan [Lampiran], maka lapisan yang berupa senyawa organik seperti persipitat akan terbentuk pada katoda semakin terlihat jelas^[4]. Dengan adanya pembentukan lapisan organik tersebut maka kemungkinan penghambatan reaksi reduksi di

katoda terjadi sehingga memberikan efek yang sama untuk menghambat reaksi oksidasi di anoda.

semakin tinggi konsentrasi ekstrak ubi ungu pada larutan celup, pH larutan pada saat sebelum dan setelah pencelupan cenderung untuk mengalami peningkatan pH yang rendah. Dengan kata lain, kandungan yang terdapat pada ekstrak ubi ungu mampu mengikat oksigen (*oxygen scavenger*) sehingga ion OH^- yang dihasilkan oleh adanya reduksi oksigen dalam larutan menjadi semakin kecil sehingga pH hanya mengalami sedikit peningkatan. Dengan adanya mekanisme pengikatan oksigen (*oxygen scavenger*) pada air laut sehingga terjadi penurunan kadar oksigen yang terlarut dan laju reaksi reduksi oksigen pada katoda menurun (depolarisasi katoda)^[23]. Bila reaksi reduksi mengalami penghambatan atau gangguan akibat menurunnya kadar oksigen pada larutan rendam, maka akan terjadi penghambatan reaksi oksidasi di anoda karena reaksi reduksi-oksida yang terjadi pada proses korosi adalah reaksi spontan dan setimbang.

Sehingga terlihat jelas bahwa mekanisme yang terjadi pada inhibitor ubi ungu ini adalah inhibitor katodik. Penghambatan yang dilakukan oleh inhibitor tersebut terjadi pada reaksi katodik. Dimana antosianin yang terkandung dalam ubi ungu mengikat oksigen, sehingga penurunan kadar oksigen dalam lingkungan. Fenomena ini diperkuat dengan hasil polarisasi pada ubi ungu.



Gambar 4.5. Kurva polarisasi dengan penambahan 0 %, 0,67 %, 1,33 %, 2 %, dan 2,67 % inhibitor

Gambar 4.5 merupakan hasil percobaan perhitungan efisiensi inhibitor

menggukan metode polarisasi. Perbandingan hasil penelitian ini dengan hasil *weight loss* ternyata memperkuat dugaan bahwa mekanisme yang terjadi pada inhibitor ini adalah inhibitor katodik. Dalam gambar 4.5 terlihat bahwa terjadi perubahan pada kurva katodik. Sementara kurva anodik terlihat normal, dimana kurva yang terbentuk landai dan tidak mengalami suatu *loop* yang nantinya akan mengindikasikan adanya korosi sumuran (*pitting*). Sehingga terjadi suatu penghambatan pada reaksi katodik yang hal tersebut dikarenakan oleh inhibitor ubi ungu.

4.2.4. Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Ubi Ungu Terhadap Potensial logam

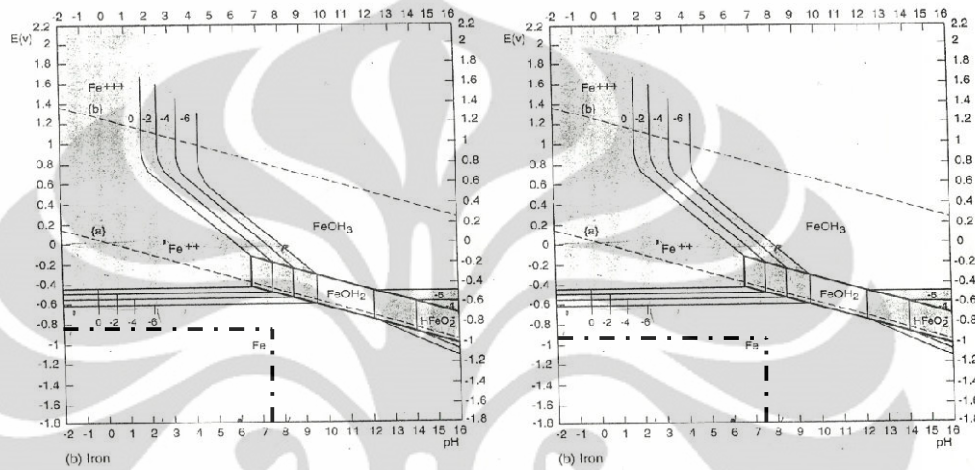
Dari gambar 4.4, dapat dilihat bahwa inhibitor organik menurunkan nilai potensial dibandingkan tanpa ditambahkan inhibitor pada setiap variabel waktu pencelupan. Perubahan tersebut adalah sistem tanpa inhibisi memiliki potensial akhir sebesar $-0,819 \text{ V vs SHE}$. Untuk pengukuran potensial akhir pada penambahan inhibitoryaitu sekitar $-0,925 \text{ V vs SHE}$. Pada penambahan 2ml awal pengecupan potensial yang di dapat sebesar $-0,767 \text{ V vs SHE}$ menjadi sebesar $-0,904 \text{ V vs SHE}$, untuk penambahan 4ml potensial awal sebesar $-0,782 \text{ V vs SHE}$ dan pada potensial akhir menjadi sebesar -678.3 V vs SHE , dan untuk penambahan 6ml menjadi -686.7 V vs SHE . Perubahan perubahan data potensial tersaji pada Tabel 4.7. dan Gambar 4.4. dimana sistem terinhibisi terjadi perubahan potensial yang cukup signifikan dibandingkan dengan sistem tak terinhibisi. Data potensial dapat dikonversikan menjadi dalam potensial vs SHE sehingga data ini dikombinasikan dengan data pH dapat diplot kedalam diagram Pourbaix.

Dari gambar 4.4, dapat dilihat bahwa inhibitor menaikkan perubahan potensial rata-rata pada setiap variabel waktu pencelupan sehingga laju korosi menjadi terhambat. Sedangkan tanpa inhibitor, menaikkan perubahan potensial rata-rata tetapi laju korosi menjadi meningkat.

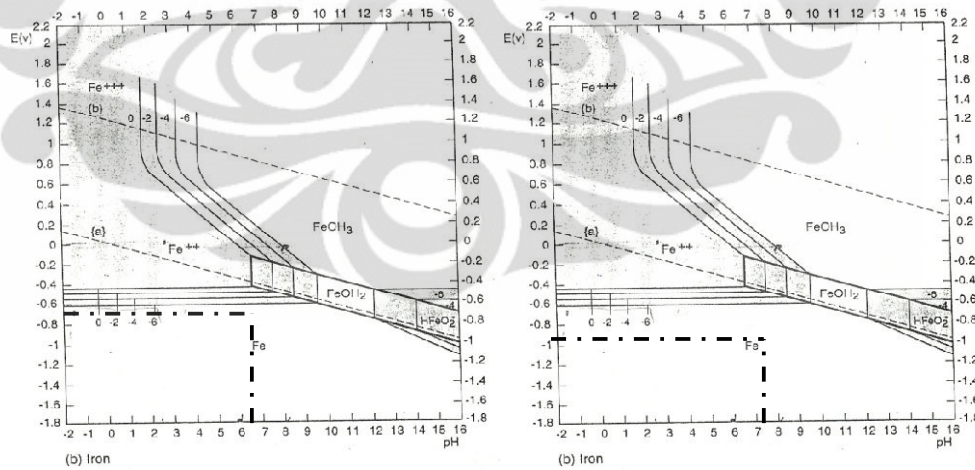
Tabel 4.8. Rata – rata pH dan Potensial Awal - Akhir Logam

Status Inhibitor	Kondisi Awal		Kondisi Akhir	
	pH	Potensial (mV vs SHE)	pH	Potensial (mV vs SHE)

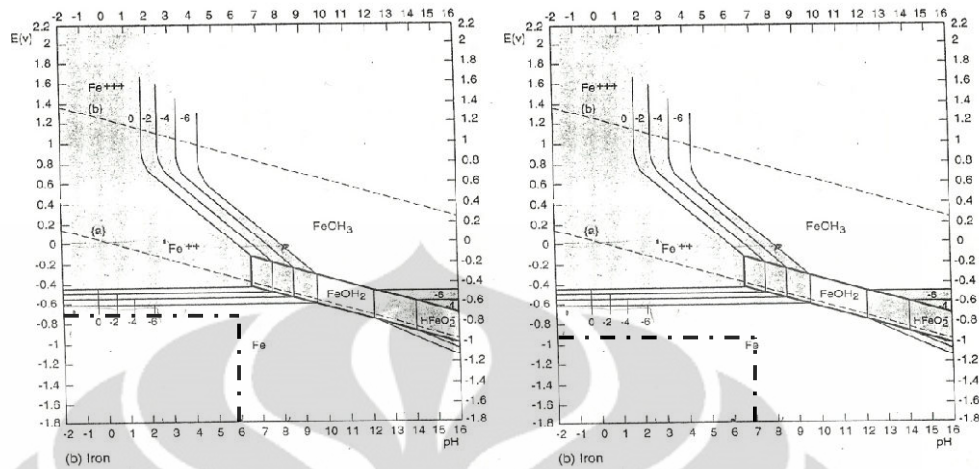
Tanpa Inhibitor	7,2	-0.819	7,5	-0.925
Penambahan 2ml	6,4	-0.767	7,1	-0.904
Penambahan 4ml	5,9	-0,782	6,9	-0,939
Penambahan 6ml	5,5	-0.709	6,1	-0,991



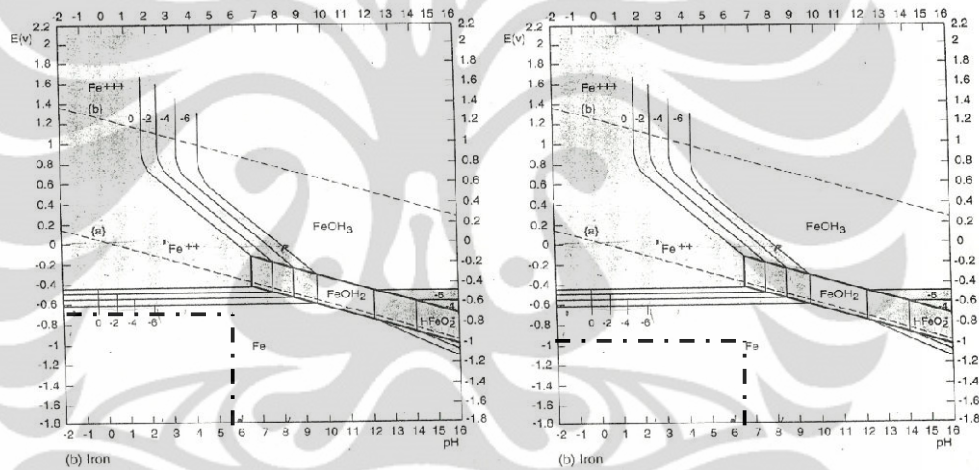
Gambar 4.6. Diagram Pourbaix Fe Hasil Plot data pH dan Potensial Pada Sistem tak Terinhibisi Pada Kondisi Sebelum (kiri) dan Sesudah Pengujian (kanan)



Gambar 4.7. Diagram Pourbaix Fe Hasil Plot data pH dan Potensial Pada Sistem Terinhibisi Dengan Penambahan 2 ml Pada Kondisi Sebelum (kiri) dan Sesudah Pengujian (kanan)



Gambar 4.8. Diagram Pourbaix Fe Hasil Plot data pH dan Potensial Pada Sistem Terinhibisi Dengan Penambahan 4 ml Pada Kondisi Sebelum (kiri) dan Sesudah Pengujian (kanan)



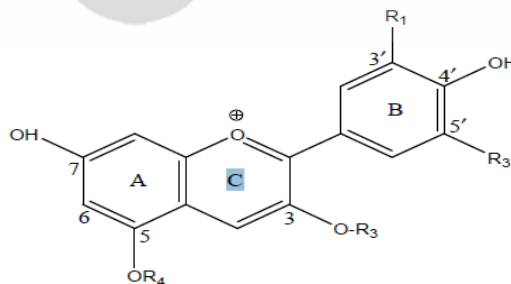
Gambar 4.9. Diagram Pourbaix Fe Hasil Plot data pH dan Potensial Pada Sistem Terinhibisi Dengan Penambahan 6 ml Pada Kondisi Sebelum (kiri) dan Sesudah Pengujian (kanan)

Dari hasil penggambaran diagram Pourbaix dengan memplot data pH dan potensial sebelum dan sesudah, secara kinetika, inhibitor tidak mendorong pH dan potensial ke arah lapisan pasif dari daerah Fe^{2+} menuju daerah pasif Fe_2O_3 atau Fe_3O_4 . Namun dari plot data ke diagram pourbaix didapatkan bahwa inhibitor lebih mendorong ke arah imun dengan semakin besarnya penambahan inhibitor organik. Hal ini ditandai dengan penurunan potensial sehingga lebih mengarah ke arah imun. Penurunan nilai potensial juga menjustifikasikan bahwa mekanisme dari inhibitor ubi ungu adalah mekanisme inhibitor organik^[4].

4.2.5. Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Terhadap Efisiensi dan Laju Korosi

Laju korosi yang didapatkan dari penghitungan dengan metode *weight loss* maka bisa didapatkan efisiensi dari inhibitor tersebut serta efisiensi yang paling baik dari konsentrasi yang diujikan. Efisiensi dapat diperoleh dengan memasukan laju korosi kedalam Persamaan 2.2. Efisiensi yang didapat adalah untuk sistem dengan penambahan 2ml sebesar 21,02%, untuk penambahan 4ml sebesar 30,9%, dan untuk penambahan 6ml sebesar 11,73%. maka dapat disimpulkan efisiensi konsentrasi untuk wine ubi ungu yang paling baik adalah dengan penambahan 2ml dalam waktu pengujian rendam selama 4 hari sebesar 21,02%. Disini terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi ternyata memiliki efisien yang dihasilkan menurun.

Pengaruh suhu yang terjadi pada percobaan ini sangat mempengaruhi kinerja dari inhibitor yang terkandung dalam larutan yang telah dicampur. Rata-rata dari efisiensi dari ketiga konsentrasi tersebut sebesar 13,20% untuk temperatur sekitar 60⁰C. Bila dibandingkan dengan pada percobaan sama tetapi pada suhu 40⁰C ,efisiensi yang dihasilkan sekitar 48,34% (dobiet,2011). Dari perbandingan tersebut dilihat bahwa suhu dibawah 60⁰C memiliki efisiensi lebih tinggi. Hal ini dikarenakan akibat dari temperature itu sendiri. Dalam ekstrak ubi ungu terkandung senyawa antosianin yang merupakan zat antioksidasi. Antosianin tersebut sangat berpengaruh pada suhu. Degradasi antosianin dipengaruhi oleh temperatur. Antosianin terhidroksilasi adalah kurang stabil pada keadaan panas daripada antosianin termetilasi terglukosilasi atau termetilasi (Arthey dan Ashurst, 2001).



Gambar 4.10 . Struktur Kation Flavilium R1 dan R2= -H, OH, atau OCH3,
R3 = -glukosil, R4= -H atau -glukosil ^[22]

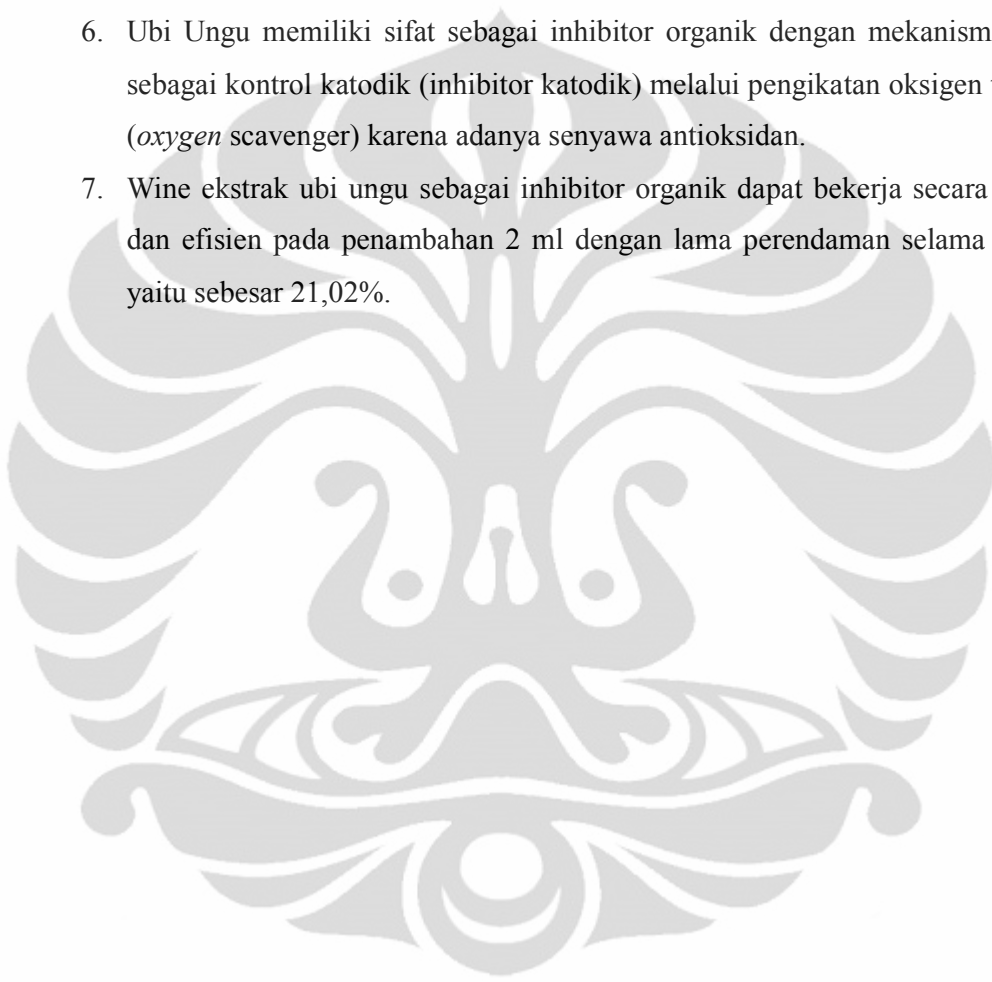
BAB V

KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan terhadap baja karbon rendah (baja SPCC) dengan penambahan ekstrak ubi ungu sebagai green inhibitor dengan variasi penambahan (tanpa penambahan, penambahan 2ml, 4ml, dan 6ml) dan lama perendaman selama 4 hari di lingkungan air laut pada temperatur 60^o, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Ekstrak ubi ungu kurang efektif dijadikan sebagai inhibitor organik untuk material baja SPCC di lingkungan air laut pada suhu sekitar 60^oC karena efisiensi dibawah 20% dan relative rendah yaitu sekitar 13,20%.
2. Besar laju korosi cenderung mengalami kenaikan seiring dengan penambahan dan peningkatan konsentrasi dari wine ekstrak ubi ungu sebagai inhibitor di lingkungan air laut. Besar rata – rata laju korosi (mpy):
 - sistem tak terinhibisi sebesar 18,85
 - sistem terinhibisi wine ekstrak ubi ungu penambahan 2 ml sebesar 14,89
 - sistem terinhibisi wine ubi ungu penambahan 4 ml sebesar 16,64
 - sistem terinhibisi wine ubi ungu penambahan 6 ml sebesar 17,56
3. Besar efisiensi inhibitor semakin kecil seiring dengan bertambahnya penambahan jumlah inhibitor (peningkatan konsentrasi) dengan waktu pengujian selama 4 hari. Besar efisiensi :
 - pengujian dengan penambahan 2 ml ubi ungu sebesar 21,02%
 - pengujian dengan penambahan 4 ml ubi ungu sebesar 11,73%
 - pengujian dengan penambahan 6 ml ubi ungu sebesar 6,86%
4. Pada sistem tak terinhibisi memiliki laju peningkatan pH yang lebih tinggi dibandingkan dengan sistem terinhibisi. Semakin besar konsentrasi teh hijau maka semakin kecil peningkatan pH yang terjadi. Besar perubahan pH:
 - sistem tak terinhibisi sebesar 0.3 (4,6%)
 - sistem terinhibisi ubi ungu penambahan 2 ml sebesar 0,7(11,5%)
 - sistem terinhibisi ubi ungu penambahan 4 ml sebesar 1,0 (16,3%)
 - sistem terinhibisi ubi ungu penambahan 6 ml sebesar 0,6(10,8%)

5. Beda potensial (V) pada kupon baja SPCC secara umum mengalami penurunan saat penambahan inhibitor . Rata – rata perubahan potensial (V) terkecil terjadi pada pengujian pada sistem tak terinhibisi (0,102V) dan perubahan paling besar pada sistem terinhibisi dengan penambahan 6 ml (0,282 V)
6. Ubi Ungu memiliki sifat sebagai inhibitor organik dengan mekanisme kerja sebagai kontrol katodik (inhibitor katodik) melalui pengikatan oksigen terlarut (*oxygen scavenger*) karena adanya senyawa antioksidan.
7. Wine ekstrak ubi ungu sebagai inhibitor organik dapat bekerja secara efektif dan efisien pada penambahan 2 ml dengan lama perendaman selama 4 hari, yaitu sebesar 21,02%.



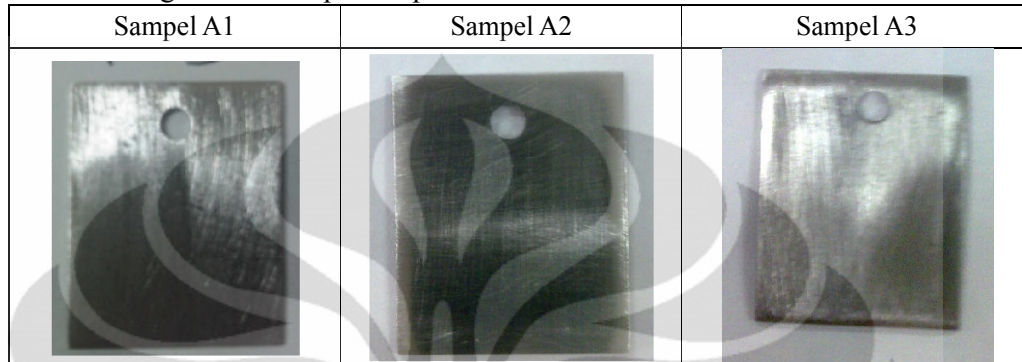
DAFTAR PUSTAKA

1. Denny A. Jones. (1997). *Principles and Prevention of Corrosion*, 2nd Ed. Singapore: Prentice Hall International, Inc.
2. Elsevier Science & Technology Books. (2006). *Principle of Corrosion Engineering and Corrosion Control*. IChem Publisher.
3. William D. Callister, Jr. (2003). *Materials Science and Engineering, An Introduction*, 6th ed., John Wiley & Son, Inc.
4. Roberge, Pierre R. (2000). *Handbook Of Corrosion Engineering*. New York: McGraw-Hill
5. Manganon, Pat L. (1999). *The Principles Of Material Selection For Engineering Design*. Florida: Prentice Hall
6. Revie, R. Winston. (2000). *Uhlig's Corrosion Handbook* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons Inc
7. Septe, Edi. *Mengendalikan Korosi*, Fakultas Teknik Universitas Bung Hatta
8. Dalimunthe, Indra Surya. *Kimia dari Inhibitor Korosi*. Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara
9. Hermawan, Beni. *Ekstrak Bahan Alam sebagai Alternatif Inhibitor Korosi*. 22 April 2007.
10. <http://www.centurycorrosion.com/products/mil-5.pdf>
11. Evan Putra, Sinly. *Antioksidan Alami Disekitar Kita*. Agustus 2008.
12. Fontana, G. (1986). *Corrosion Engineering*. New York: McGraw-Hill Book Company.
13. ASM Handbook Volume 13A. (2003) Corrosion : Fundamentals, Testing, and Protection. USA : ASM International.
14. Laque, Francis L. (1975). *Marine Corrosion*. Kanada: John Willy & Sons Inc.
15. NACE International. (1973). *Corrosion Inhibitor*. Texas: Nathan, C. C
16. Riastuti, Rini & Andi Rustandi. (2008). *Diktat Mata Kuliah Korosi Dan Proteksi Logam*. Depok.
17. Laleh, G.H., Frydoonfar, H., Heidary, R., Jameei, dan Zare, S. 2006. The Effect of Light, Temperature, pH and Species on Stability of Anthocyanin Pigmentin Four Berberies Spesies. *Pakistan Journal of Nutrition* 5 (1): 90-92.
18. Asian Network for Scientific Information

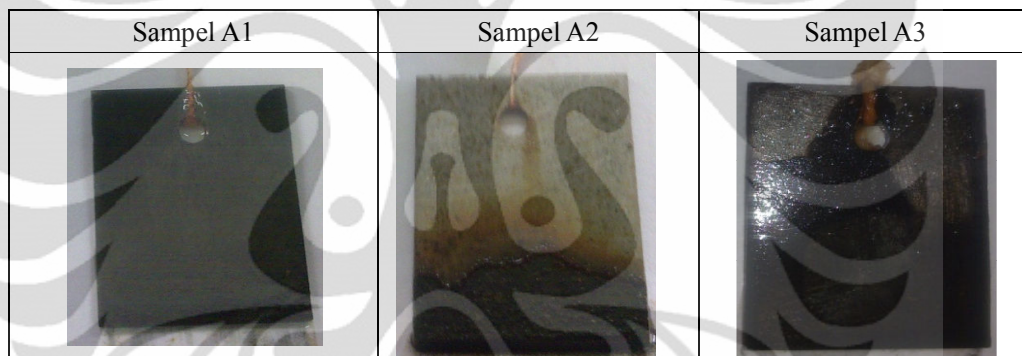
19. Sulistijono. Susanti, Diah. Ryandi S., Fritz. *Pengaruh Variasi Konsentrasi Inhibitor Tapioka terhadap Laju Korosi dan Perilaku Aktif Pasif Stainless Steel AISI 304 dalam Media Air Laut Buatan*. Jurusan Teknik Metalurgi, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
20. Ismail N.Andijani and Mohammad Mobin, “Studies On The Determination Of Maximum Chloride Level In Product Water Transmitted Through Pipelines A, B And C1”, 2005
21. Jawi, Suprpta dan Sutirtayasa. 2007. Efek Antioksidan Ekstrak Umbi Jalar Ungu (*Ipomoiea batatas L*) Terhadap Hati Setelah Aktivitas Fisik Maksimal dengan Melihat Kadar AST dan ALT Darah pada Mencit, Jurnal Dok.Farm. Dexe Media vol 20 *Vegetarian Phythochemical : Guardian of our Health, Continuing, Education article*, hal 103-105.
22. Schumacher, M. (1979). *Seawater Corrosion Handbook*. Noyes Data Cooperation: USA



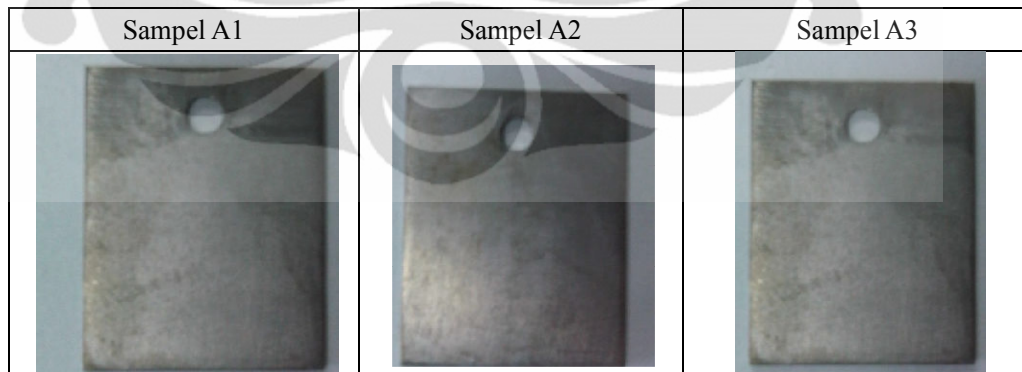
1. Foto Pengamatan Sampel Tanpa Penambahan Inhibitor



Gambar 6.1. Foto Sampel Tanpa Penambahan Inhibitor Sebelum Pencelupan

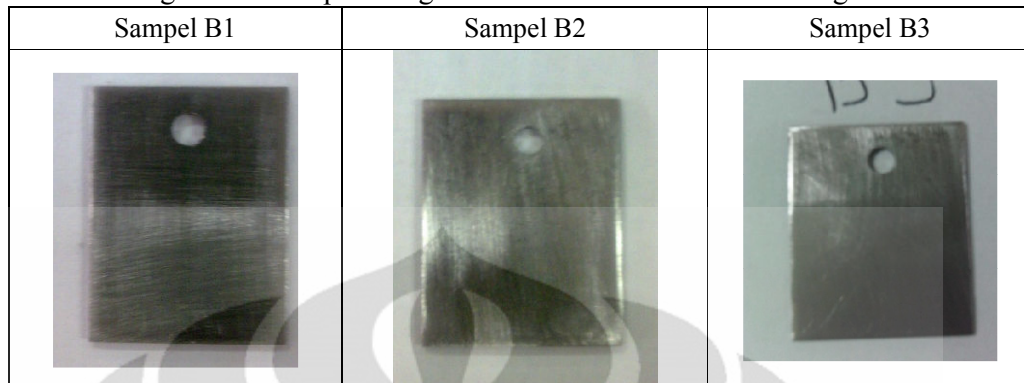


Gambar 6.2. Foto Sampel Tanpa Penambahan Inhibitor Setelah Pencelupan

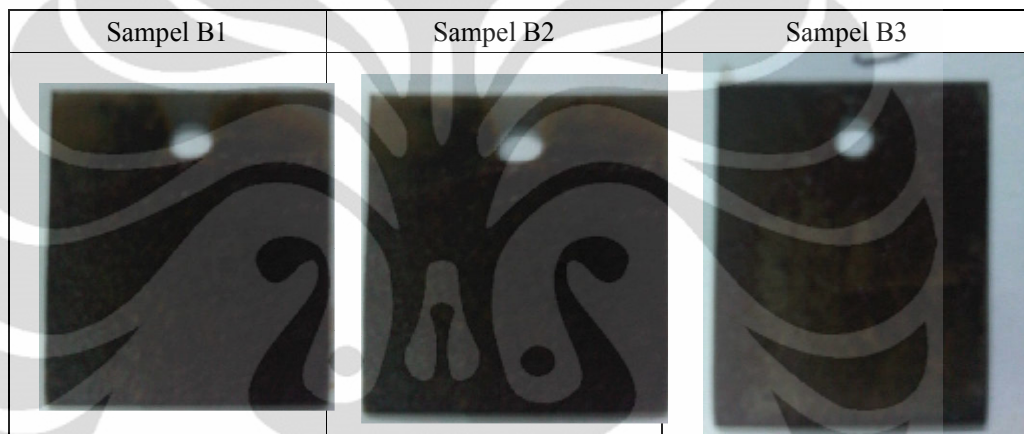


Gambar 6.3. Foto Sampel Tanpa Penambahan Inhibitor Setelah *Pickling*

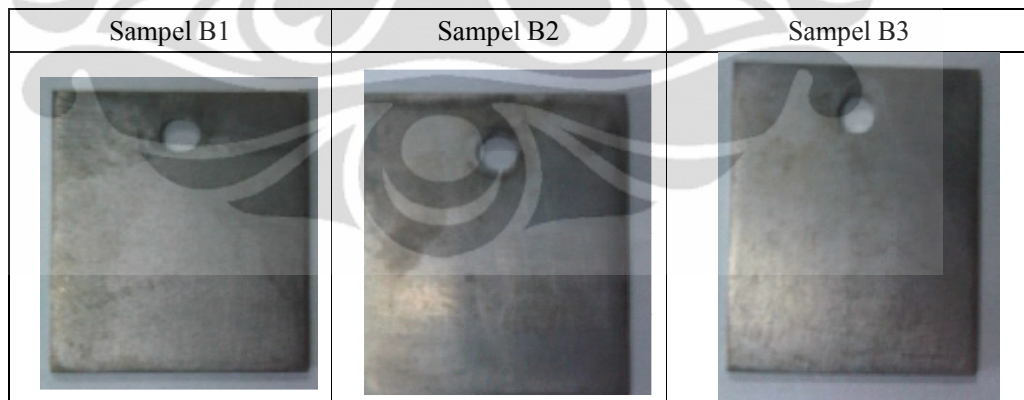
2. Foto Pengamatan Sampel Dengan Penambahan Inhibitor Ubi Ungu 2ml



Gambar 6.4. Foto Sampel Dengan Penambahan Inhibitor 2ml Sebelum Pencelupan

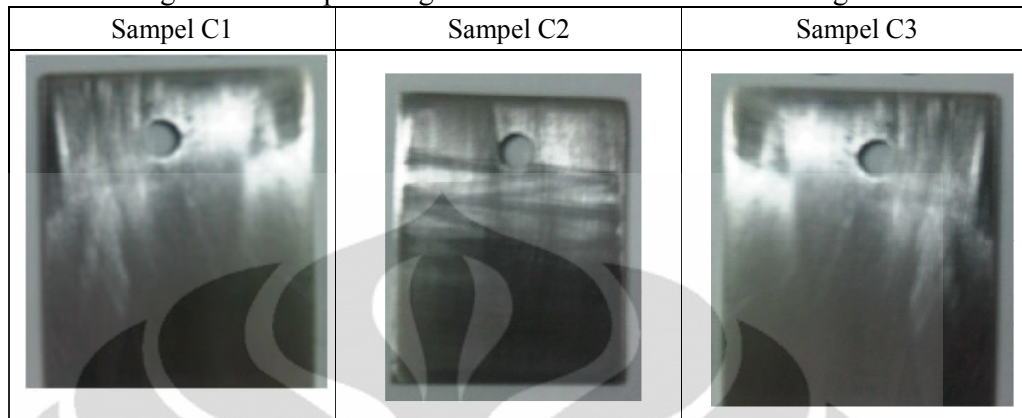


Gambar 6.5. Foto Sampel Dengan Penambahan Inhibitor 2ml Setelah Pencelupan

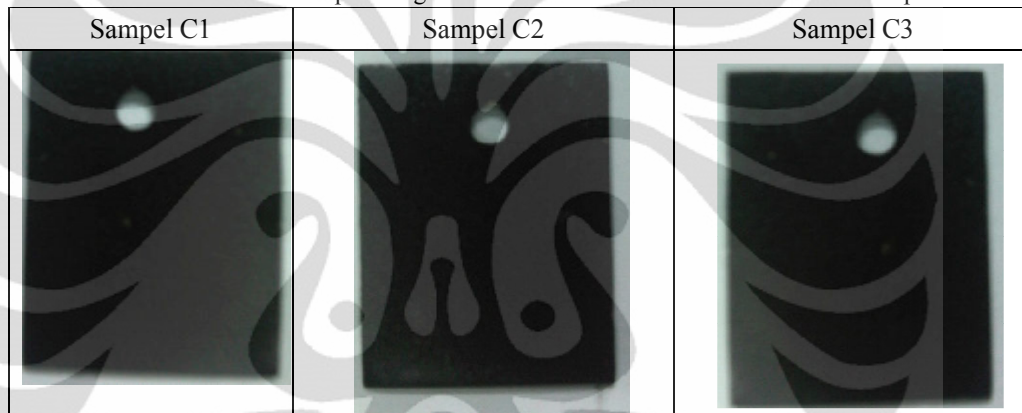


Gambar 6.6. Foto Sampel Dengan Penambahan Inhibitor 2ml Setelah *Pickling*

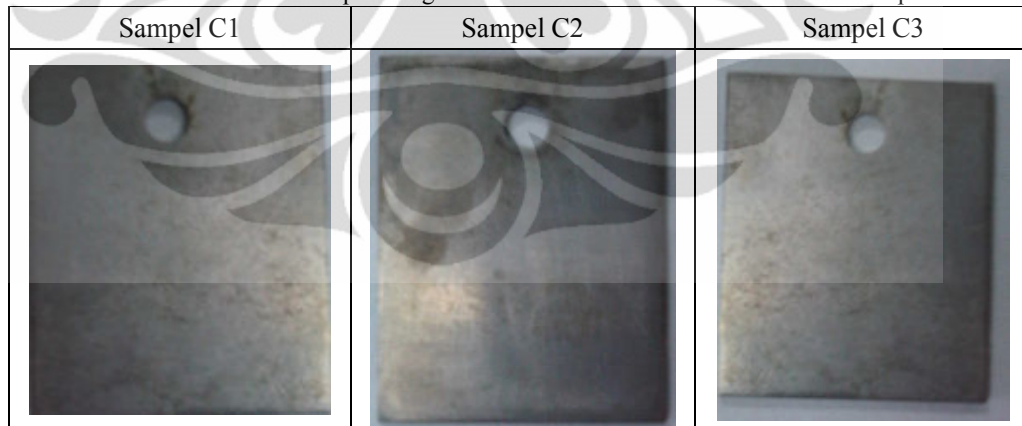
3. Foto Pengamatan Sampel Dengan Penambahan Inhibitor Ubi Ungu 4ml



Gambar 6.7. Foto Sampel Dengan Penambahan Inhibitor 4ml Sebelum Pencelupan

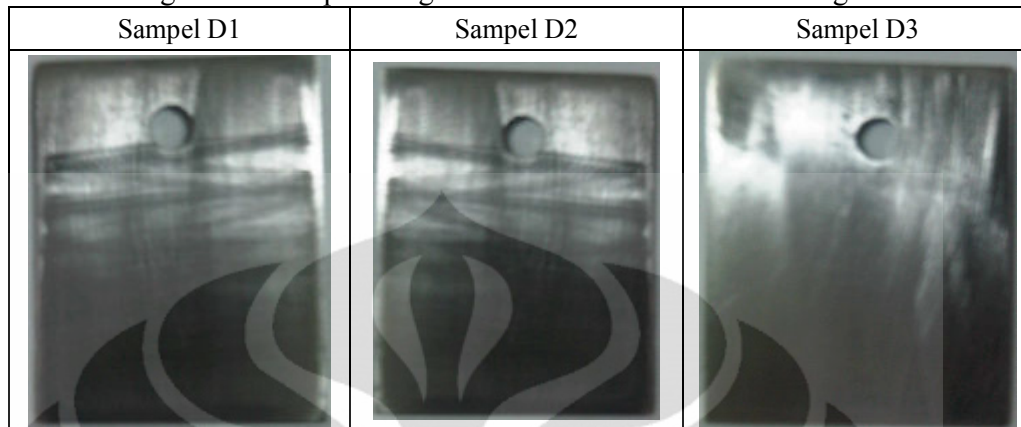


Gambar 6.8. Foto Sampel Dengan Penambahan Inhibitor 4ml Setelah Pencelupan

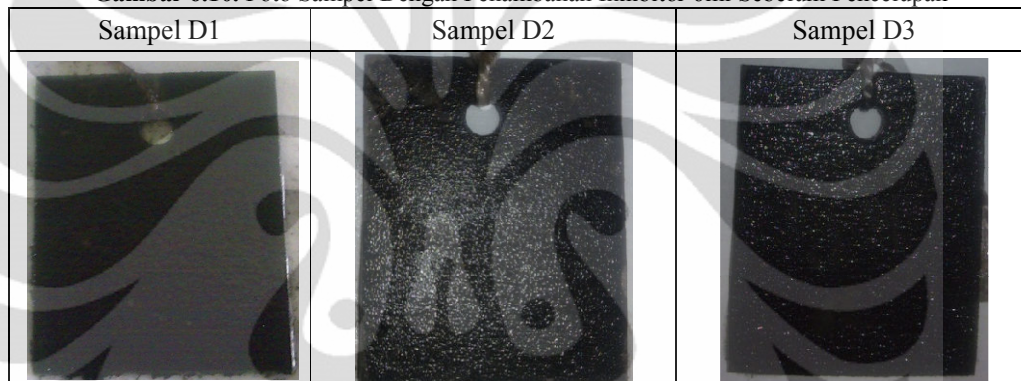


Gambar 6.9. Foto Sampel Dengan Penambahan Inhibitor 4ml Setelah *Pickling*

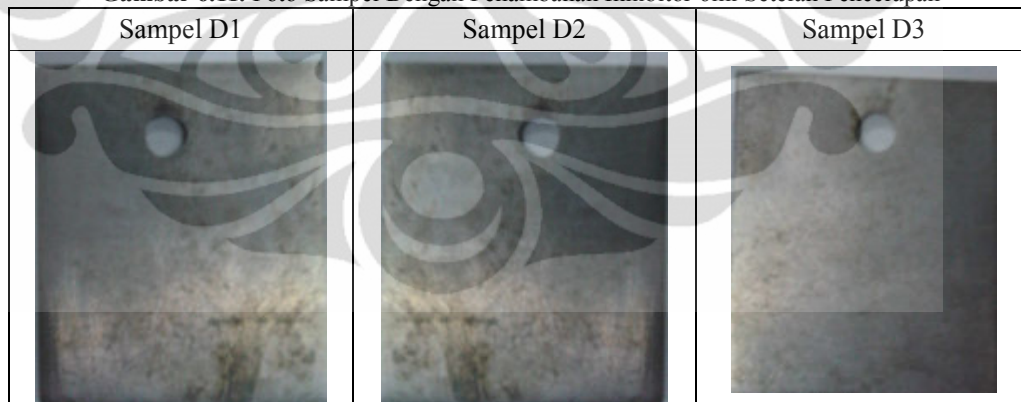
4. Foto Pengamatan Sampel Dengan Penambahan Inhibitor Ubi Ungu 6ml



Gambar 6.10. Foto Sampel Dengan Penambahan Inhibitor 6ml Sebelum Pencelupan



Gambar 6.11. Foto Sampel Dengan Penambahan Inhibitor 6ml Setelah Pencelupan



Gambar 6.12. Foto Sampel Dengan Penambahan Inhibitor 6ml Setelah Pickling

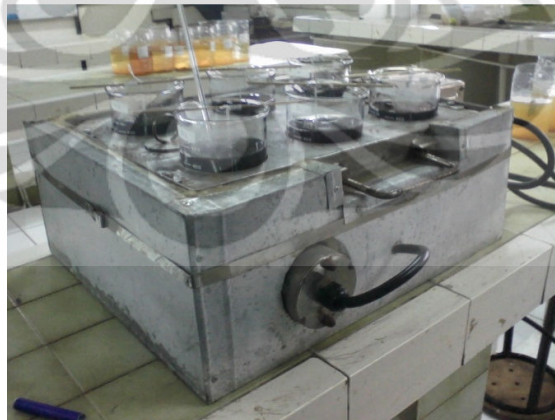
5. Foto Alat Penelitian



Gambar 6.13. Alat pemotong sampel



Gambar 6.14. Alat pengebor sampel



Gambar 6.15 Alat perendaman sampel

6. Hasil Pengujian Spektrometri Baja SPCC



FAKULTAS TEKNIK – UNIVERSITAS INDONESIA
LABORATORIUM UJI
DEPARTEMEN TEKNIK METALURGI & MATERIAL
KAMPUS BARU UI - DEPOK 16424 - INDONESIA
 Telp: 021 – 7863510, 78849045 Fax : 021 – 7872350 E-mail : lum@metal.ui.ac.id

LAPORAN PENGUJIAN KOMPOSISI KIMIA
COMPOSITION TEST REPORT

Page 1 of 1

No Laporan <i>Report Nr</i>	125	Bahan <i>Material</i>	Steel
Pemakai Jasa <i>Customer</i>	Dobiet	Identitas Bahan <i>Material Identity</i>	Steel
Alamat <i>Address</i>	Departemen Metalurgi dan Material	Tanggal Terima <i>Receiving Date</i>	25 Februari 2011
No Kontrak <i>Contract Nr.</i>	0246/PT.02/FT04/P/2011	Standar <i>Standard</i>	ASTM E415-08 ASTM A751
Tanggal Uji <i>Date of Test</i>	28 Februari 2011	Mesin Uji <i>Testing machine</i>	Optical Emission Spectrometer ¹

Kode Sampel Sample Code	C (%)	Si (%)	S (%)	P (%)	Mn (%)	Ni (%)	Cr (%)
Steel	0.057	0.007	0.003	0.007	0.160	0.031	0.023
	Mo (%)	Ti (%)	Cu (%)	Nb (%)	V (%)	Pb (%)	Fe (%)
	<0.005 ²	<0.002 ²	0.121	<0.002 ²	<0.002 ²	<0.025 ²	bal.

catatan :

1. ketidakpastian bentangan dengan tingkat kepercayaan 95% dengan factor cakupan K=2
2. (<) menunjukkan nilai berada di bawah *quantification limit* dari alat uji.

Depok, 3 Maret 2011
 Manajer Teknis
 Laboratorium Uji
 Departemen Teknik Metalurgi Dan Material



(Ahmad Ivan Karayan, ST.,M.Eng)

FF-25/ LU-DTMM Rev 2

Laporan hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sample yang diuji di Laboratorium Uji-DTMM; publikasi serta penggunaan dokumen ini atau sebagian dari padanya harus dengan izin dari Laboratorium Uji-DTMM