

KIMIA

LAPORAN PENELITIAN DOSEN PEMULA



MILIK PERPUSTAKAAN  
UNIV. NEGERI PADANG

PEMANFAATAN EKSTRAK BIJI KAKAO (*Theobroma cacao*)  
SEBAGAI INHIBITOR KOROSI BAJA DALAM MEDIUM  
UDARA DAN ASAM KLORIDA

Oleh:

Yerimadesi, S.Pd., M.Si.  
Drs. Bahrizal, M.Si.

MILIK PERPUSTAKAAN UNIV. NEGERI PADANG

DI TERIMA TEL	= 16 April 2014
SUMBER/HARGA:	Hd
KOROSI	F1
INVENTARIS	262/Hd/2014-P1 (1)
PERKASI	

Penelitian ini dibiayai oleh:  
Dana DIPA Universitas Negeri Padang Tahun Anggaran 2012  
Sesuai dengan Surat Keputusan Rektor UNP No. 428/UN35.2/PG/2012  
Tanggal 25 Juli 2012

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2012

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**LAPORAN PENELITIAN DOSEN PEMULA**

- |                            |   |
|----------------------------|---|
| 1. Judul Penelitian        | Pemanfaatan Ekstrak Biji Kakao ( <i>Theobroma Cacao</i> ) Sebagai Inhibitor Korosi Baja Dalam Medium Udara dan Asam Klorida |
| 2. Bidang Penelitian       | MIPA yaitu Kimia  |
| 3. Ketua Peneliti          |   |
| a. Nama Lengkap            | : Yerimadesi, S. Pd., M.Si  |
| b. Jenis Kelamin           | : Perempuan   |
| c. NIP                     | : 19740917 200312 2 001   |
| d. Disiplin Ilmu           | : Kimia Fisika  |
| e. Pangkat/Golongan        | : Penata Tk I / III d   |
| f. Jabatan                 | : Lektor Kepala   |
| g. Fakultas/Jurusan        | : MIPA/ Kimia   |
| h. Alamat                  | : Jl. Prof. Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang   |
| i. Telp/Faks/E-mail        | : 0751-7057420/ 0751-7058772  |
| j. Alamat Rumah            | : Komp. Singgalang B III No.7 Padang  |
| k. Telp/Hp/Email           | : 081363474938 /yerimadesi_74@yahoo.com   |
| 4. Jumlah Anggota Peneliti | : 1 orang   |
| Nama Anggota               | Drs. Bahrizal, M.Si   |
| 5. Lokasi Penelitian       | Laboratorium Penelitian Jurusan Kimia FMIPA   |
| 6. Jumlah biaya penelitian | Rp. 7.500.000,-   |

Terbilang : Tujuh juta lima ratus ribu rupiah

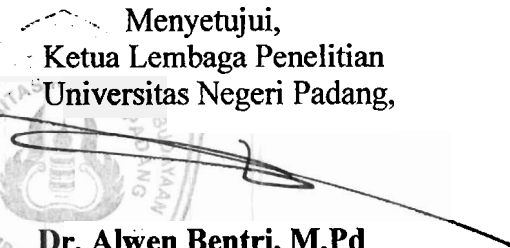
Mengetahui  
Dekan FMIPA UNP,  
  
Prof. Dr. Lufri, M.S.  
NIP. 19610510 198703 1 020

Padang, 5 Desember 2012  
Ketua Peneliti,



Yerimadesi, S.Pd., M.Si  
NIP. 19740917 200312 2 001

Menyetujui,  
Ketua Lembaga Penelitian  
Universitas Negeri Padang,

  
Dr. Alwen Bentri, M.Pd  
NIP. 19610722 198602 1 002


**LEMBARAN IDENTITAS PENGESAHAN  
PENELITIAN DOSEN PEMULA**

1. a. Judul Penelitian : Pemanfaatan Ekstrak Biji Kakao (*Theobroma Cacao*) Sebagai Inhibitor Korosi Baja Dalam Medium Udara Dan Asam Klorida
- b. Bidang ilmu : Kimia
  
2. Personalia
  - a. Ketua peneliti  
    Nama Lengkap dan Gelar : Yermadesi, S. Pd., M.Si  
    Pangkat/Gol./NIP : Penata Tk I/IIIId/19740917 200312 2 001  
    Fakultas/ Jurusan : MIPA / Kimia
  
  - b. Anggota Peneliti  
    Nama Lengkap dan Gelar : Drs. Bahrizal, M.Si  
    Pangkat/Gol./NIP : Pembina/IVa/19551231 198903 1 009  
    Fakultas/ Jurusan : MIPA / Kimia
  
3. Usul Penelitian : Telah direvisi sesuai saran pembahas


Padang, Desember 2012

Mengetahui :  
Ketua Lembaga Penelitian  
Universitas Negeri Padang,

Pembahas,



**Dr. Alwen Bentri, M.Pd**  
NIP. 19610722 198602 1 002



**Dr. Mawardi, M.Si**  
NIP. 19611123 198903 1 002

## ABSTRAK

Biji kakao (*Theobroma cacao*) merupakan salah satu tumbuhan yang banyak mengandung katekin. Katekin dapat membentuk kompleks dengan besi, kompleks yang terbentuk teradsorpsi pada permukaan baja dan dapat menghalangi masuknya oksigen, ion Cl<sup>-</sup> dan ion korosif lainnya, sehingga laju korosi dapat diperlambat. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan efisiensi inhibisi korosi baja oleh ekstrak biji kakao dalam medium udara dan asam klorida. Metoda yang digunakan adalah gravimetri, yaitu berdasarkan pengurangan berat (*weight loss*) baja sebelum dengan sesudah korosi, identifikasi senyawa yang teradsorpsi pada permukaan baja ditentukan dengan menggunakan spektrofotometer FTIR, dan analisis permukaan baja dilakukan dengan menggunakan mikroskop stereo. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa ekstrak biji kakao dapat menurunkan laju korosi baja di udara dengan efisiensi inhibisi korosi 89,46% dan dalam medium asam klorida 0.01 M 76,21%. hasil analisis dengan spektrofotometer FTIR untuk lapisan ekstrak biji kakao pada permukaan baja menunjukkan adanya terbentuk kompleks antara Fe-katekin. Analisa permukaan baja dengan mikroskop stereo menunjukkan perbedaan keadaan permukaan spesimen yang tidak dilapisi dan dilapisi larutan ekstrak biji kakao.

*Kata kunci : Korosi, baja, ekstrak biji kakao, katekin, efisiensi inhibisi, medium udara dan medium asam klorida.*

## RINGKASAN

### **PEMANFAATAN EKSTRAK BIJI KAKAO (*Theobroma cacao*) SEBAGAI INHIBITOR KOROSI BAJA DALAM MEDIUM UDARA DAN ASAM KLORIDA**

(Yerimadesi, S. Pd., M.Si dan Drs. Bahrizal, M.Si)

Korosi merupakan masalah besar bagi bangunan dan peralatan yang menggunakan bahan dasar logam seperti gedung, jembatan, mesin, pipa, mobil, dan sebagainya. Untuk mengatasinya dapat digunakan inhibitor yang ramah lingkungan seperti ekstrak biji kakao (*Theobroma cacao*). Kakao (*Theobroma cacao*) merupakan salah satu jenis tumbuhan yang banyak mengandung senyawa katekin, katekin yang terkandung dalam kakao lebih besar daripada katekin pada daun the. Senyawa ini dapat membentuk kompleks khelat dengan ion besi. Kompleks yang terbentuk teradsorpsi pada permukaan logam dan menghalangi masuknya oksigen serta ion-ion korosif lainnya ke permukaan logam yang memicu terjadinya korosi.

Penelitian ini bertujuan untuk: 1) memperoleh efisiensi inhibisi korosi baja oleh ekstrak biji kakao dalam medium udara dan asam klorida; 2) untuk mengidentifikasi senyawa yang teradsorpsi pada permukaan baja dengan menggunakan spektrofotometer FTIR; dan 3) untuk mengetahui karakteristik permukaan baja yang dilapisi dan yang tidak dilapisi ekstrak biji kakao. Untuk jangka panjang penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan suatu inhibitor korosi logam yang bersifat non-toksik, dapat terbiodegradasi, dan biaya murah terutama dari senyawa bahan alam, sehingga dapat membantu menyelesaikan permasalahan-permasalahan korosi logam, khususnya baja terutama dari segi ekonomi dan lingkungan. Hasil dari penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengurangan permasalahan-permasalahan korosi logam, khususnya besi atau baja. Lebih jauh diharapkan dapat mengurangi dampak korosi besi atau baja terhadap kehidupan manusia terutama dari segi ekonomi dan lingkungan.

Penelitian ini adalah penelitian eksperimen (laboratorium), dilakukan pada bulan Maret sampai November 2012 di Laboratorium Penelitian Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang. Karakteristik permukaan baja dilakukan di Laboratorium Biologi, FMIPA,

Universitas Negeri Padang. Identifikasi senyawa kompleks dengan spektrofotometer FTIR dilakukan di UTM, Malaysia.

Sampel atau spesimen yang digunakan adalah baja batangan. Baja tersebut dengan diameter  $\pm 2,5$  cm dipotong-potong dengan tebal 0,5 cm, dihaluskan permukaannya dengan mesin grinda dan diampelas dengan ampelas baja sampai bersih. Metoda yang digunakan adalah gravimetri, yaitu berdasarkan pengurangan berat (*weight loss*) baja sebelum dan sesudah korosi. Sampel baja ini diberi empat perlakuan, yaitu: 1) Baja dilapisi ekstrak biji kakao, lalu dibiarkan di udara terbuka; 2) Baja tanpa dilapisi ekstrak biji kakao, lalu dibiarkan di udara terbuka; 3) Baja dilapisi ekstrak biji kakao, lalu direndam dalam medium asam klorida; 4) Baja tanpa dilapisi ekstrak biji kakao, lalu direndam dalam medium asam klorida. Kemudian laju korosi baja yang dilapisi dan yang tidak dilapisi ekstrak biji kakao dibandingkan.

Dari hasil penelitian diperoleh: 1) Efisiensi inhibisi korosi baja oleh ekstrak biji kakao dalam medium udara mencapai 89,46% dan dalam medium asam klorida 76,21% ; 2) Dengan menggunakan spektrofotometer FTIR dapat diketahui terjadinya penyerapan ekstrak biji kakao pada permukaan baja; 3) Karakteristik permukaan baja dengan foto optik memperlihatkan perbedaan permukaan baja yang dilapisi dan tanpa dilapisi ekstrak biji kakao, produk korosi pada baja yang dilapisi ekstrak biji kakao lebih sedikit dari pada yang tidak dilapisi ekstrak biji kakao. Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa ekstrak biji kakao dapat digunakan untuk menurunkan laju korosi baja dalam medium udara dan asam klorida.

## PENGANTAR

Kegiatan penelitian mendukung pengembangan ilmu serta terapannya. Dalam hal ini, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang berusaha mendorong dosen untuk melakukan penelitian sebagai bagian integral dari kegiatan mengajarnya, baik yang secara langsung dibiayai oleh dana Universitas Negeri Padang maupun dana dari sumber lain yang relevan atau bekerja sama dengan instansi terkait.

Sehubungan dengan itu, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang bekerjasama dengan Pimpinan Universitas, telah memfasilitasi peneliti untuk melaksanakan penelitian tentang *Pemanfaatan Ekstrak Biji Kakao (Theobroma Cacao) Sebagai Inhibitor Korosi Baja Dalam Medium Udara Dan Asam Klorida*, sesuai dengan Surat Penugasan Pelaksanaan Penelitian Dosen Pemula Universitas Negeri Padang Tahun Anggaran 2012 Nomor: 428/UN35.2/PG/2012 Tanggal 25 Juli 2012.

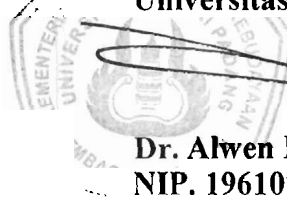
Kami menyambut gembira usaha yang dilakukan peneliti untuk menjawab berbagai permasalahan pembangunan, khususnya yang berkaitan dengan permasalahan penelitian tersebut di atas. Dengan selesainya penelitian ini, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang akan dapat memberikan informasi yang dapat dipakai sebagai bagian upaya penting dalam peningkatan mutu pendidikan pada umumnya. Di samping itu, hasil penelitian ini juga diharapkan memberikan masukan bagi instansi terkait dalam rangka penyusunan kebijakan pembangunan.

Hasil penelitian ini telah ditelaah oleh tim pembahas usul dan laporan penelitian, kemudian untuk tujuan diseminasi, hasil penelitian ini telah diseminarkan ditingkat Universitas. Mudah-mudahan penelitian ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pada umumnya dan khususnya peningkatan mutu staf akademik Universitas Negeri Padang.

Pada kesempatan ini, kami ingin mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang membantu terlaksananya penelitian ini, terutama kepada pimpinan lembaga terkait yang menjadi objek penelitian, responden yang menjadi sampel penelitian, dan tim pereviu Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang. Secara khusus, kami menyampaikan terima kasih kepada Rektor Universitas Negeri Padang yang telah berkenan memberi bantuan pendanaan bagi penelitian ini. Kami yakin tanpa dedikasi dan kerjasama yang terjalin selama ini, penelitian ini tidak akan dapat diselesaikan sebagaimana yang diharapkan dan semoga kerjasama yang baik ini akan menjadi lebih baik lagi di masa yang akan datang.

Terima kasih.

Padang, Desember 2012  
Ketua Lembaga Penelitian  
Universitas Negeri Padang,



Dr. Alwen Bentri, M.Pd.  
NIP. 19610722 198602 1 002

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	i
<b>LEMBARAN IDENTITAS DAN PENGESAHAN PENELITIAN</b> .....	ii
<b>ABSTRAK</b> .....	iii
<b>RINGKASAN</b> .....	iv
<b>PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
A. Latar Belakang Penelitian.....	1
B. Perumusan Masalah .....	3
C. Pembatasan Masalah .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
A. Korosi Pada Baja.....	5
B. Korosi oleh Udara .....	8
C. Korosi Lingkungan Asam Klorida.....	10
D. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Korosi Baja .....	11
E. Pengendalian Korosi dengan Penggunaan Inhibitor.....	13
F. Ekstrak Biji Kakao sebagai Inhibitor Korosi.....	15
G. Mikroskop Stereo .....	18
H. Spektrofotometer FTIR .....	19
<b>III. TUJUAN, LUARAN DAN KONTRIBUSI PENELITIAN</b> .....	21
A. Tujuan Penelitian .....	21
B. Luaran Penelitian .....	21
C. Kontribusi Penelitian .....	21



<b>IV. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>22</b>
A. Waktu dan Tempat Penelitian .....	22
B. Sampel Penelitian .....	22
C. Alat dan Bahan .....	22
D. Prosedur Penelitian .....	23
E. Penentuan Kondisi Optimum .....	25
F. Pengaruh Penambahan Inhibitor terhadap Efisiensi Inhibisi korosi Baja dalam Medium Udara .....	25
G. Pengaruh Penambahan Inhibitor terhadap Efisiensi Inhibisi korosi Baja dalam Medium Asam Klorida .....	27
H. Karakteristik Permukaan Baja sebelum dan sesudah dilapisi Inhibitor	28
I. Identifikasi Senyawa dengan FTIR.....	28
J. Analisis Data.....	28
<b>V. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>30</b>
A. Ekstrak Biji Kakao (Inhibitor) .....	30
B. Kondisi Optimum Pelapisan Baja oleh Ekstak Biji Kakao .....	30
C. Laju Korosi Baja Ekstak Biji Kakao dalam Medium Udara.....	32
D. Identifikasi Senyawa dengan Spektrofotometer FTIR .....	34
E. Efisiensi Inhibisi Korosi Baja oleh Ekstak Biji Kakao dalam Medium Udara .....	35
F. Karakteristik Permukaan Baja dalam Medium Udara.....	36
G. Efisiensi Inhibisi Korosi Baja oleh Ekstak Biji Kakao dalam Medium Asam Klorida .....	37
<b>VI. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>43</b>
A. Kesimpulan .....	43
B. Saran .....	43
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>44</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>47</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Mekanisme korosi pada logam besi.....	9
2. Tanaman Kakao.....	15
3. Struktur Katekin.....	16
4. Mikroskop stereo .....	18
5. Instrument FTIR.....	19
6. Kurva hubungan konsentrasi ekstrak biji kakao (ppm) dengan persen penambahan berat baja.....	31
7. Kurva hubungan waktu perendaman (menit) dalam ekstrak biji kakao dengan persen penambahan berat baja.....	32
8. Kurva hubungan laju korosi baja dengan waktu kontak (hari) dalam medium udara .....	33
9. Spektra FTIR permukaan baja yang dibiarkan di udara terbuka.....	34
10. Kurva hubungan efisiensi inhibisi (%) korosi baja dengan waktu (hari) kontak baja dalam medium udara.....	36
11. Foto optik permukaan baja setelah proses korosi di udara selama 9 hari yang dilihat menggunakan mikroskop stereo dengan pembesaran 40kali.....	36
12. Kurva hubungan laju korosi baja terhadap variasi waktu Perendaman dalam medium asam klorida.....	38
13. Proses pembentukan kompleks Fe – Katekin.....	38
14. Mekanisme senyawa katekin mengkelat ion besi.....	39
15. Perbandingan Spektra FTIR : (a) Ekstrak Biji Kakao; (b) Permukaan baja dilapisi ekstrak biji kakao; (b) Permukaan baja dilapisi ekstrak biji kakao direndam dalam medium asam klorida.....	40

16. Kurva hubungan efisiensi inhibisi korosi baja dengan waktu kontak dalam medium HCl 0,01 M..... 41
17. Foto optik permukaan baja setelah proses korosi dalam HCl 0,01 M menggunakan Mikroskop Stereo dengan perbesaran 40 kali..... 42

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Perhitungan Kadar Katekin Ekstrak Biji Kakao.....	46
2. Contoh perhitungan.....	48
3. Data penentuan kondisi optimum pelapisan permukaan baja oleh ekstrak biji kakao .....	49
4. Data penentuan waktu optimum pelapisan permukaan baja oleh ekstrak biji kakao .....	50
5. Data laju korosi baja tanpa dilapisi ekstrak biji kakao dalam medium udara .....	50
6. Data laju korosi baja dilapisi ekstrak biji kakao dalam medium udara	51
7. Data efisiensi inhibisi korosi baja dalam medium udara .....	51
8. Data Laju Korosi Baja Tanpa Dilapisi Larutan Ekstak Biji Kakao dalam Medium Asam Klorida .....	52
9. Data Laju Korosi Baja dengan Dilapisi Larutan Ekstak Biji Kakao dalam Medium Asam Klorida .....	52
10. Perbandingan laju korosi baja dalam medium asam klorida yang dilapisi ekstrak biji kakao dan tanpa dilapisi ekstrak biji kakao .....	53

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang Penelitian

Baja merupakan salah satu logam yang banyak digunakan oleh masyarakat dalam berbagai keperluan, khususnya untuk bahan bangunan, bahan kendaraan bermotor dan berbagai peralatan industri. Hal ini disebabkan karena baja mudah didapat, kuat dan murah. Namun demikian, baja mempunyai kekurangan, yaitu mudah terkorosi, karena baja dengan kandungan utamanya besi mudah berinteraksi dengan lingkungan yang merubah besi menjadi oksidanya. Pembentukan korosi akan berlangsung secara terus menerus selama besi masih berinteraksi dengan lingkungan yang korosif.

Penggunaan inhibitor merupakan salah satu cara ekonomis untuk memperlambat proses korosi (Rehan, 2003). Inhibitor ini dapat berupa senyawa anorganik maupun organik. Inhibitor yang digunakan diusahakan bersifat non toksik, ekonomis dan tidak berbahaya (Rohana, 2002). Banyak senyawa organik yang dapat dipakai sebagai inhibitor seperti alkaloid, pigmen, asam amino, tanin dan katekin (Abiola, 2004).

Tanin dan katekin merupakan senyawa organik polifenol golongan flavonoid yang dapat membentuk kompleks tidak larut dengan ion logam, sehingga dapat digunakan sebagai inhibitor korosi pada baja (Favre *et al.*, 1993). Senyawa tanin dan katekin banyak terdapat pada tumbuh-tumbuhan diantaranya gambir, daun teh dan kakao.

Pemanfaatan daun teh sebagai inhibitor korosi baja telah banyak dilaporkan, diantaranya oleh; Martinez, S and Stern, I (2001) melaporkan tentang mekanisme inhibisi korosi baja karbon rendah oleh tanin mimosa dalam larutan asam sulfat; Emriadi dan Yeni S (2003) menyimpulkan bahwa tanin dari ekstrak gambir dapat digunakan sebagai inhibitor korosi baja dalam medium atmosfer dan air laut; Sheyreese (2005) melaporkan penggunaan tanin dari ekstrak teh. Yerimadesi juga telah melaporkan beberapa pemanfaatan ekstrak teh sebagai inhibitor korosi baja dalam berbagai medium korosif, diantaranya dalam medium asam klorida dan udara (2008), asam sulfat (2009), air laut (2010). Dari hasil penelitian diperoleh bahwa ekstrak daun teh dapat menurunkan laju korosi baja dalam medium asam klorida, asam sulfat dan udara dengan efisiensi inhibisi berturut-turut 48,6%, efisiensi 41% dan 59%.

Katekin sebagai inhibitor korosi logam juga telah dilaporkan Hussin (2011), dari hasil penelitiannya disimpulkan bahwa katekin dapat menurunkan laju korosi baja dalam medium HCl 1M dengan efisiensi 89.77%. Menurut Ahamad (2010) dalam Hussin (2011), penurunan laju korosi ini dapat terjadi karena katekin teradsorpsi secara kimia pada permukaan logam.

Kakao (*Theobroma cacao*) merupakan salah satu jenis tumbuhan yang banyak mengandung senyawa katekin. Qitanonq (2006) dalam Marsaban (2007) melaporkan bahwa kakao mengandung senyawa katekin, epikatekin (flavanol-flavonoid-phenolik) dan procyanidins (polyphenol, phenolik). Menurut Subhashini (2010), katekin yang terkandung dalam kakao lebih besar daripada katekin pada daun teh. Ki Won (2000) dalam Subhashini (2010), juga melaporkan

bahwa dari hasil analisa HPLC diperoleh kandungan flavonoid dalam kakao lebih besar dari pada flavonoid dalam teh hijau.

Dari uji pendahuluan yang telah dilakukan, diperoleh 11,6% katekin dari 200g sampel biji kakao. Berdasarkan latar belakang di atas maka dilakukan penelitian dengan judul “**Pemanfaatan Ekstrak Biji Kakao (*Theobroma Cacao*) Sebagai Inhibitor Korosi Baja dalam Medium Udara dan Asam Klorida**”.

## **B. Perumusan Masalah**

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan di atas, maka yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Berapakah efisiensi inhibisi korosi baja oleh ekstrak biji kakao (*Theobroma cacao*) dalam medium udara dan asam klorida?
2. Bagaimana karakteristik permukaan baja sebelum dan sesudah terkorosi yang dilapisi dan tidak dilapisi ekstrak biji kakao?

## **C. Pembatasan Masalah**

Dengan keterbatasan waktu dan biaya serta untuk terfokusnya tujuan penelitian ini, maka penelitian ini dibatasi pada:

1. Kakao yang digunakan diperoleh dari Nagari Situmbuk Kec. Salimpaung Kab. Tanah Datar.
2. Baja yang digunakan diperoleh dari PT. Tira Austenite Cabang Padang dengan kode ASSAB 760.
3. Efisiensi inhibisi korosi baja yang dimaksud dalam penelitian ini adalah kemampuan suatu inhibitor yaitu ekstrak biji kakao untuk memperlambat

proses korosi pada baja. Efisiensi inhibisi korosi baja ditentukan dengan metoda pengurangan berat (*weigh loss*).

4. Identifikasi senyawa yang teradsorpsi pada permukaan baja dengan menggunakan spektrofotometer FTIR.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Korosi pada Baja**

##### **1. Korosi**

Korosi didefinisikan sebagai kerusakan atau penurunan mutu logam akibat reaksi kimia dengan lingkungan. Terkorosinya logam-logam akan menimbulkan perubahan sifat-sifat kimianya, dimana logam tersebut akan berubah kebentuk ionnya. Pada sistem yang berair ion logam ini akan melarut dan sewaktu-waktu dapat mengendap lagi sebagai garam atau hidroksidanya (Trethewey dan Camberlein, 1991).

Dalam peristiwa korosi terdapat dua unsur pokok yang saling berinteraksi yaitu logam atau material lain sebagai objek korosi dan lingkungan sebagai media korosifnya. Jenis lingkungan sebagai media korosif jika ditinjau dari bentuknya ada 3 macam, yaitu berbentuk cairan, gas atau uap air, dan garam-garaman. Sedangkan jika ditinjau dari sifatnya, media korosif dapat bersifat netral, basa, dan asam (Dhani, 2008).

Masalah kerusakan logam akibat proses korosi sudah merupakan gejala umum dan sering kita lihat diberbagai sektor terutama seperti di industri kimia, migas, transportasi, energi listrik, dan lain-lain. Permasalahan korosi merupakan bahaya nasional yang nyata yang tingkat kerugiannya lebih besar dari segala bencana alam yang pernah dialami (Widharto, 2001).

Menurut Trethewey dan Camberlein (1991) berdasarkan bentuknya, korosi ini dibedakan menjadi:

a) Korosi Galvanik

Merupakan proses perkaratan dua macam logam yang berbeda potensial dihubungkan dalam elektrolit yang sama. Contohnya hubungan pipa bawah tanah dengan kolom rak pipa melalui clamp (penjepit pipa).

b) Korosi Regangan

Merupakan korosi yang terjadi pada proses produksi karena pengaruh kombinasi antara regangan tarik pada pembuatan besi yang bersifat internal yang disebabkan oleh perlakuan seperti cold forming, atau merupakan hasil sisa pengerjaan seperti pengepresan dan lain-lain.

c) Korosi Celah

Merupakan korosi yang diakibatkan oleh perbedaan konsentrasi zat asam. Karena celah sempit terisi dengan elektrolit (air dan pH-nya rendah) maka terjadilah suatu sel korosi, akibatnya terjadi kehilangan logam dalam celah.

d) Korosi Titik Embun

Merupakan proses korosi yang dipengaruhi oleh faktor kelembaban akibatnya korosi titik embun menyebabkan terbentuknya rust atau kerak contohnya korosi titik embun yang menyerang struktur baja pada dinding jalur rel kereta api.

## 2. Baja

Baja merupakan campuran besi, karbon dan unsur-unsur lain seperti Si, Mn, P, S, dan sebagainya, sehingga membentuk suatu padatan. Umumnya sebagian besar baja komersial hanya mengandung unsur karbon dengan sedikit

unsur paduan lainnya. Penambahan unsur-unsur lain tersebut bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik baja (Fontana, 1987).

Menurut Hasnan (2006) baja dapat diklasifikasi berdasarkan kandungan karbon sebagai berikut ini.

a. Baja karbon rendah (*low carbon steel*)

- a) Kadar karbonnya adalah 0,05 % - 0,30% .
- b) Sifatnya mudah ditempa dan mudah di mesin.
- c) Penggunaannya: kandungan karbon 0,05 % - 0,20 % banyak digunakan untuk bodi mobil, bangunan, pipa, rantai, paku, sekrup. Sedangkan kandungan baja 0,20 % - 0,30 % digunakan pada gigi persneling, baut jembatan dan palang.

b. Baja karbon menengah (*medium carbon steel*)

- 1) Kadar karbonnya adalah sebesar 0,3% -0.5%.
- 2) Kekuatannya lebih tinggi daripada baja karbon rendah.
- 3) Sifatnya sulit untuk dibengkokkan, dilas, dipotong.
- 4) Penggunaannya: kandungan karbon 0,30 % - 0,40 % banyak digunakan untuk poros roda dan engkol. Kandungan karbon 0,40 % - 0,50 % digunakan pada rel, sekrup mobil, gigi roda mobil dan ketel uap. Dan kandungan karbon 0,50 % - 0,60 % digunakan untuk palu dan pengeretan. Baja ASSAB 760 ini termasuk ke dalamnya karena mengandung 0,42 – 0,50 % karbon

c. Baja karbon tinggi (*high carbon steel*)

- 1) Kadar karbonnya adalah 0,60 % - 1,50 %.

- 2) Sifatnya sulit dibengkokkan, dilas dan dipotong.
- 3) Penggunaannya: untuk palu, silinder, pisau, gergaji, pemotong, kabel, dan bor.

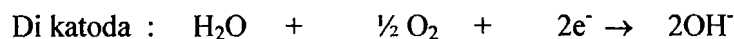
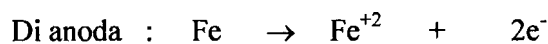
Baja ASSAB 760 (AISI 1045) mempunyai komposisi 0,42 – 0,50% C, 0,50 – 0,80% Mn, 0,4% Si, 0,02 – 0,04% S (PT Tira Austenite Steel Cabang Padang, 2009). Banyak digunakan untuk rel, sekrup mobil, gigi roda mobil, baut, matras, perkakas tangan, pin dan lain-lain. Baja ini banyak digunakan karena tingkat kekerasan dan keuletan yang dihasilkan baik untuk pembuatan alat di atas dan harganya tidak terlalu mahal serta mudah diperoleh baik dalam bentuk persegi atau silinder (10 –500 mm).

Berdasarkan kandungan karbonnya baja ASSAB 760 sampel penelitian ini tergolong baja karbon menengah, karena kandungan karbonnya berkisar 0,42% sampai 0,5% dan sifatnya yang keras sulit dibengkokkan, dilas dan dipotong.

## **B. Korosi oleh udara**

Korosi oleh udara, terjadi disebabkan logam Fe berhubungan dengan oksigen di dalam udara lembab (mengandung air), jenis reaksi ini lebih umum.

Reaksi yang terjadi adalah :

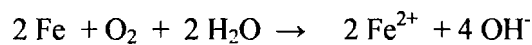
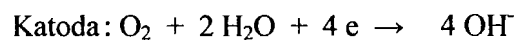


Ion  $\text{Fe}^{+2}$  bergabung dengan ion  $\text{OH}^{-}$  membentuk  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  yang sedikit larut, reaksi seluruhnya adalah:

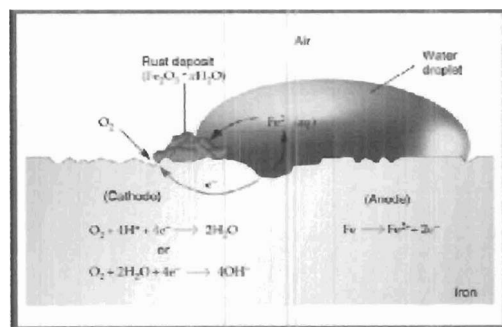


Oksidasi selanjutnya oleh udara, merubah  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  menjadi  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  atau hidratnya,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ , yang akhirnya membentuk karat warna merah. Korosi ini termasuk reaksi redoks dan prosesnya merupakan proses sel Galvani (Fontana, 1987).

Secara umum mekanisme korosi dapat dijelaskan pada Gambar 1. Pada daerah anoda lubang terbentuk karena oksidasi Fe menjadi Fe(II). Elektron yang dihasilkan mengalir melewati besi ke daerah yang terpapar  $\text{O}_2$ . Pada daerah katoda  $\text{O}_2$  direduksi menjadi  $\text{OH}^-$ . Reaksi keseluruhan didapatkan dari menyeimbangkan transfer elektron dan menjumlahkan kedua setengah reaksi sebagai berikut:



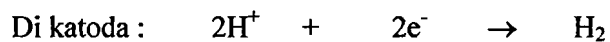
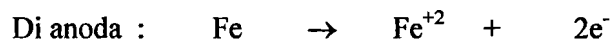
Ion  $\text{Fe}^{2+}$  dapat berpindah dari anoda melalui larutan ke daerah katoda dan kemudian ia berkombinasi dengan ion  $\text{OH}^-$  untuk membentuk besi (II) hidroksida,  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ . Selanjutnya baja teroksidasi oleh  $\text{O}_2$  menuju bilangan oksidasi +3. Material yang disebut sebagai karat adalah kompleks hidrat dalam bentuk besi (II) oksida dan hidroksida dengan komposisi air bervariasi yang biasa dituliskan sebagai  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ .



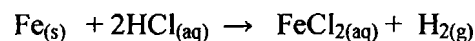
Gambar 1. Mekanisme korosi pada logam besi (Sommers, 2006)

### C. Korosi Lingkungan Asam Klorida

Korosi oleh asam, terjadi bila logam Fe berhubungan dengan suatu larutan asam. Dalam hal ini larutan asam bertindak sebagai elektrolit, sedangkan logam Fe sebagai anoda dan katoda adalah zat pengotor yang kurang aktif. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut ini.



Faktor penting yang mempengaruhi korosi adalah faktor lingkungan, terutama lingkungan yang mempunyai pH rendah (lingkungan asam). Korosi lingkungan asam dapat diilustrasikan seperti kerusakan besi akibat asam, seperti asam klorida (HCl). HCl dalam bentuk gas tidak korosif, tetapi jika gas HCl bercampur dengan air maka akan menjadi senyawa yang sangat korosif, ketika besi ditaruh dalam larutan HCl, maka akan terjadi reaksi dimana gas hidrogen akan terbentuk dan besi akan terlarut, membentuk larutan besi klorida. Persamaan reaksinya adalah :



Reaksi anoda diindikasikan dengan naiknya bilangan oksidasi dan terjadinya produksi elektron. Reaksi katoda diindikasikan dengan terjadinya penambahan elektron sehingga menyebabkan penurunan bilangan oksidasi. Hal ini merupakan prinsip utama korosi yaitu ketika suatu logam mengalami korosi maka laju oksidasi akan sama dengan laju reduksi.

#### **D. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Korosi pada Baja**

Faktor yang berpengaruh terhadap korosi dapat dibedakan menjadi dua, yaitu yang berasal dari bahan itu sendiri dan dari lingkungan. Faktor dari bahan meliputi kemurnian bahan, struktur bahan, bentuk kristal, unsur-unsur kelumit yang ada dalam bahan, teknik pencampuran bahan dan sebagainya. Faktor dari lingkungan meliputi tingkat pencemaran udara, suhu, kelembaban, keberadaan zat-zat kimia yang bersifat korosif dan sebagainya (Akhadi, M. 2003).

Faktor-faktor yang mempengaruhi korosi udara adalah (Trethewey dan Camberlein, 1991):

##### **1. Air**

Air dapat berasal dari hujan, kabut, atau pengembunan akibat kelembaban relatif yang tinggi. Kabut dan pengembunan bisa mendatangkan bahaya korosi dari udara karena membasahi seluruh permukaan logam termasuk yang tersembunyi. Lapisan-lapisan tipis air dari kabut dan embun yang mengenai logam tidak akan mengalir dan akan tetap di permukaan logam. Karena adanya air di permukaan logam inilah yang menyebabkan terjadinya reaksi antara logam dengan air dan oksigen di udara sehingga terjadi korosi

##### **2. Temperatur**

Temperatur berpengaruh terhadap korosi melalui dua cara: Pertama, peningkatan temperatur biasanya diikuti oleh peningkatan laju reaksi. Pada temperatur yang tinggi menyebabkan kelarutan oksigen berkurang dan karena itu laju reaksi katodik lebih rendah sehingga memperlambat proses

korosi. Kedua, perubahan temperatur berpengaruh terhadap kelembaban relatif dan dapat menyebabkan terjadinya pengembunan. Akibat kelembaban relatif yang tinggi menyebabkan timbulnya air yang membasahi seluruh permukaan logam dan bereaksi dengan udara, sehingga menyebabkan korosi makin cepat terjadi. Jika temperatur turun lebih rendah dari titik embun, udara menjadi jenuh dengan uap air dan titik-titik air akan mengendap pada permukaan yang terbuka sehingga menyebabkan korosi.

### 3. Bahan pengotor

Contoh bahan pengotor yaitu seperti karbon dioksida, belerang dioksida, belerang trioksida, senyawa-senyawa nitrat, hidrogen sulfida dan ion-ion amonium. Semakin banyak bahan pengotor maka korosi akan semakin cepat terjadi. Arah dan kecepatan angin juga mempengaruhi proses korosi. Semakin cepat angin bertiup maka material logam akan semakin kuat berinteraksi dengan zat pengotor yang terdapat di udara, korosi makin mudah terjadi. Dan hujan deras bisa menguntungkan karena membasuh bahan-bahan pengotor yang menumpuk dipermukaan logam. Sedangkan curah hujan yang kecil menyebabkan permukaan logam basah sehingga korosi dapat terjadi.

Faktor paling penting adalah adanya air yang mungkin berasal dari hujan, kabut, atau pengembunan akibat kelembaban yang relatif tinggi. Hujan deras bisa menguntungkan karena membasuh bahan-bahan pengotor yang menumpuk di permukaan logam.



Kabut dan pengembunan bisa mendatangkan bahaya korosi dari udara karena membasahi seluruh permukaan termasuk yang tersembunyi. Lapisan-lapisan tipis air dari kabut dan embun tidak akan mengalir dan akan tetap di situ sampai menguap oleh hembusan angin atau meningkatnya temperature. Kebanyakan logam seperti besi, baja, nikel, tembaga dan seng mengalami korosi bila kelembaban relatif lebih dari 60%. Jika kelembaban lebih dari 80 %, karat pada besi dan baja menjadi higroskopik (menyerap air) dan dengan demikian laju serangan meningkat lagi.

Lapisan tipis embun yang terbentuk dari kabut atau dari kelembaban relatif lebih tinggi mudah jenuh dengan oksigen dari udara, karena itu reaksi katodik, entah pengurangan oksigen atau pembentukan hidrogen, bukan merupakan tahapan penentu laju dalam proses korosi yang ditimbulkannya. Laju dan tingkat keparahan serangan biasanya ditentukan oleh konduktifitas eletrolit, yang bergantung pada kadar bahan pengotor yang terlarut. Bahan pengotor ini berbeda-beda, dari karbon dioksida, belerang trioksida, senyawa-senyawa nitrat, hidrogen sulfida dan ion-ion klorida di lingkungan.

#### **E. Pengendalian Korosi Dengan Penggunaan Inhibitor**

Peristiwa korosi pada logam merupakan fenomena yang tidak dapat dihindari, namun dapat diperlambat maupun dikendalikan untuk mengurangi kerugian dan mencegah dampak negatif yang diakibatkannya. Salah satu cara pengendalian korosi adalah dengan menggunakan inhibitor.

Secara umum suatu inhibitor adalah suatu zat kimia yang dapat memperlambat suatu reaksi kimia. Sedangkan inhibitor korosi adalah suatu zat

kimia yang bila ditambahkan kedalam suatu lingkungan, dapat menurunkan laju penyerangan korosi lingkungan itu terhadap suatu logam (Dalimunte, 2004).

Penggunaan inhibitor korosi merupakan cara yang paling efektif, karena dalam penggunaannya memerlukan biaya yang relatif murah dan prosesnya sederhana (Ilim *et.al*, 2008). Inhibitor korosi umumnya berasal dari senyawa-senyawa organik dan anorganik yang mengandung gugus pasangan elektron bebas, seperti nitrit, kromat, fosfat, urea, fenilalanin, imidazolin dan senyawa-senyawa amina. Namun, pada kenyataannya bahan kimia sintetis ini merupakan bahan kimia berbahaya, harganya mahal, dan tidak ramah lingkungan. Untuk itu dicari penggunaan inhibitor yang aman, mudah didapat, bersifat *biodegradable*, biaya murah dan ramah lingkungan (Hermawan, 2007).

Menurut Dalimunte (2004), mekanisme kerja inhibitor dapat terjadi melalui beberapa cara berikut ini.

1. Inhibitor teradsorpsi pada permukaan logam, dan membentuk suatu lapisan tipis. Lapisan ini tidak dapat dilihat oleh mata biasa, namun dapat menghambat penyerangan lingkungan terhadap logamnya.
2. Melalui pengaruh lingkungan, menyebabkan inhibitor dapat mengendap dan selanjutnya teradsorpsi membentuk suatu lapisan pada permukaan logam serta melindunginya terhadap korosi. Endapan yang terjadi cukup banyak, sehingga lapisan yang terjadi dapat teramati oleh mata.
3. Inhibitor lebih dahulu mengkorosi logamnya, dan menghasilkan suatu zat kimia yang kemudian melalui peristiwa adsorpsi dari produk korosi tersebut membentuk suatu lapisan pasif pada permukaan logam.
4. Inhibitor menghilangkan kontituen yang agresif dari lingkungannya.

## F. Ekstrak Biji Kakao sebagai Inhibitor Korosi

### 1. Tanaman Kakao (*Theobroma cacao*)

Kakao (*Theobroma cacao*) merupakan tanaman yang menumbuhkan bunga dari batang dan cabang. Karena itu tanaman ini digolongkan pada kelompok tanaman *candifloris*. Pertumbuhan batang kakao bisa mencapai ketinggian 8-10 m dari pangkal batangnya pada permukaan tanah. Diawal pertumbuhannya tanaman kakao yang diperbanyak melalui biji akan menumbuhkan batang utama sebelum menumbuhkan cabang-cabang primer.

Sistematika taksonomi dari tanaman Kakao:

- Kerajaan : Plantae
- Divisi : Magnoliophyta
- Kelas : Magnoliopsida
- Ordo : Malvales
- Famili : Malvaceae (Sterculiaceae)
- Genus : *Theobroma*
- Species : *Theobroma cacao*



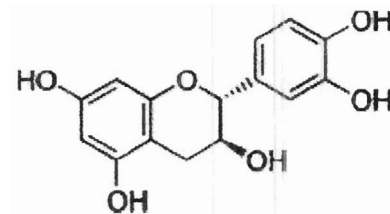
Gambar 2. Tanaman Kakao

Buah kakao terdiri atas 3 komponen utama yaitu kulit buah, biji dan plasenta. Kulit buah merupakan komponen terbesar dari buah kakao yaitu 70%

dari berat buah masak. Persentase biji kakao di dalam buah hanya sekitar 27–29%, sedang sisanya adalah plasenta (Widyotomo, dkk. 2004).

## 2. Katekin

Katekin biasanya disebut juga dengan asam katekoat dengan rumus kimia  $C_{15}H_{14}O_6$ . Katekin merupakan senyawa yang sangat larut dalam air panas (Fakhri, A. 2010).



Gambar 3. Struktur Katekin (Lucida, H. dkk, 2007)

Sifat fisika dan kimia dari katekin (Hukmah, 2007) adalah sebagai berikut ini.

### a. Sifat fisika

- 1) Warna: putih
- 2) Melting point: 104 – 106°C
- 3) Boiling point: 254°C
- 4) Tekanan uap: 1 mmHg pada 75°C
- 5) Densitas uap: 3,8 g/m<sup>3</sup>
- 6) Flash point: 137°C
- 7) Eksplosion limits: 1,97%

### b. Sifat kimia

- 1) Berfungsi sebagai antioksidan
- 2) Larut dalam air hangat

- 3) Stabil dalam kondisi agak asam atau netral (pH optimum 4–8)
- 4) Struktur katekin

Senyawa katekin banyak terdapat dalam biji kakao. Menurut Subhashini (2010), katekin yang terkandung dalam kakao lebih besar daripada katekin pada Teh. Ki Won (2000) dalam Subhashini (2010), juga melaporkan bahwa dari hasil analisa HPLC terlihat kandungan dari flavonoid dalam kakao lebih besar dari pada flavonoid dalam teh hijau seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah flavonoid di dalam kakao dan teh hijau dengan analisa HPLC (Subhashini, 2010)

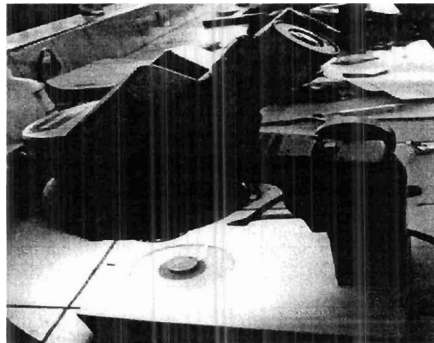
Flavonoid	Teh hijau (mg/serving)	Kakao (mg/serving)
Total katekin	337	639.48
1. Epigallokatekingallat	104.4	140.16
2. Epigallokatekin	104.4	50.37
3. Epiatekin	75.2	405.88
4. Gallokatekingallat	18.4	-
5. Katekingallat	4.8	-
6. Epikatekingallat	-	43.07
Flavonols		
1. Myricetin	2.66	-
2. Quercetin	7.56	283.97
3. Kaemperol	5.96	-

Katekin merupakan senyawa organik golongan flavonoid. Senyawa ini merupakan senyawa polifenol yang dapat membentuk kompleks tidak larut dengan ion logam, sehingga dapat digunakan sebagai inhibitor korosi pada baja. Hal ini sesuai dengan yang dilaporkan Hussin (2011), bahwa laju korosi pada baja dapat diturunkan dengan menggunakan katekin sebagai inhibitor korosi dalam medium asam klorida. Ahamad (2010) dalam Husin (2011), juga mengemukakan

bahwa penurunan laju korosi ini dapat terjadi karena adanya penyerapan inhibitor pada permukaan logam.

### G. Mikroskop Stereo

Mikroskop adalah alat optik yang terdiri dari satu atau lebih lensa. Mikroskop ini memproduksi gambar yang diperbesar dari sebuah benda yang diletakan pada bidang fokus dari lensa. Mikroskop stereo merupakan jenis mikroskop yang hanya bisa digunakan untuk benda yang berukuran relative besar seperti pada Gambar 4. Mikroskop stereo memiliki perbesaran 7 hingga 40 kali. Benda yang diamati dengan mikroskop ini dapat dilihat secara 3 dimensi. Komponen utama mikroskop stereo hampir sama dengan mikroskop cahaya. Lensa terdiri atas lensa okuler dan lensa objektif.

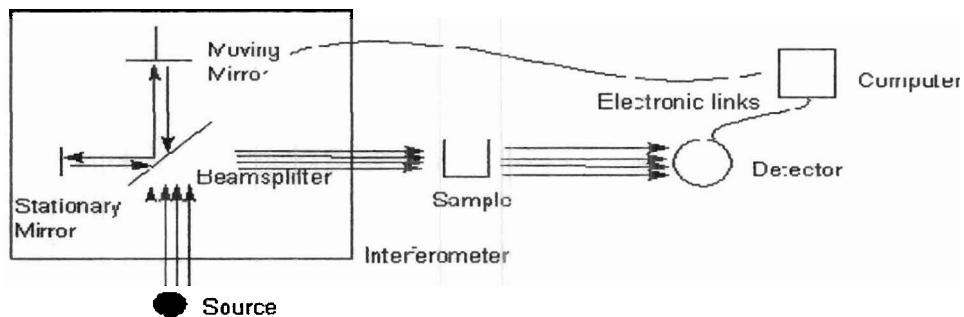


Gambar 4. Mikroskop stereo

Mikroskop stereo memiliki lensa okuler (lensa cembung) yang digunakan untuk mengamati bagian dalam sel dan lensa objektif. Mikroskop ini adalah instrumen khusus yang menggunakan *polarizer* dan *analizer* untuk melihat spesimen di bawah cahaya terpolarisasi. Spesimen tersebut disinari dengan cahaya terpolarisasi bidang dan rotasi cahaya, kemudian dianalisa. Sampel diletakkan dibawah lensa objektif dan gambar terlihat pada lensa okuler (Wikipedia, 2011).

## H. Spektrofotometer FTIR

Sistem optik Spektrofotometer FTIR seperti pada Gambar 5 dilengkapi dengan cermin yang bergerak tegak lurus dan cermin yang diam. Dengan demikian radiasi infra merah akan menimbulkan perbedaan jarak yang ditempuh menuju cermin yang bergerak dan jarak cermin yang diam. Perbedaan jarak tempuh radiasi tersebut dinyatakan sebagai retardasi ( $\delta$ ). Hubungan antara intensitas radiasi IR yang diterima detektor terhadap retardasi disebut sebagai interferogram. Sedangkan sistem optik dari spektrofotometer IR yang didasarkan atas bekerjanya interferometer disebut sebagai sistem optik *Fourier Transform Infra Red*.



Gambar 5. Instrument FTIR

Pada sistem optik FTIR digunakan radiasi LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) yang berfungsi sebagai radiasi yang diinterferensikan dengan radiasi infra merah agar sinyal radiasi infra merah yang diterima oleh detektor secara utuh dan lebih baik.

Detektor yang digunakan dalam Spektrofotometer FTIR adalah TGS (*Tetra Glycerine Sulphate*) atau MCT (*Mercury Cadmium Telluride*). Detektor MCT lebih banyak digunakan karena memiliki beberapa kelebihan dibandingkan detektor TGS, yaitu memberikan respon yang lebih baik pada frekwensi modulasi

tinggi, lebih sensitif, lebih cepat, tidak dipengaruhi oleh temperatur, sangat selektif terhadap energi vibrasi yang diterima dari radiasi infra merah (<http://rara87.wordpress.com/2008/12/17/66/spektrofotometer>).



## **BAB III**

### **TUJUAN, LUARAN, DAN KONTRIBUSI PENELITIAN**

#### **A. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk memperoleh efisiensi inhibisi korosi baja oleh ekstrak biji kakao dalam medium udara dan asam klorida.
2. Untuk mengidentifikasi senyawa yang teradsorpsi pada permukaan baja dengan menggunakan spektrofotometer FTIR.
3. Untuk mengetahui karakteristik permukaan baja yang dilapisi dan yang tidak dilapisi ekstrak biji kakao.

#### **B. Luaran Penelitian**

Luaran yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah:

1. Publikasi ilmiah dalam jurnal lokal yang mempunyai ISSN atau jurnal nasional terakreditasi.
2. Proseding pada seminar ilmiah baik yang berskala lokal, regional maupun nasional.
3. Untuk jangka panjang ditemukannya suatu metoda untuk memperlambat proses korosi pada baja.

#### **C. Kontribusi Penelitian**

Hasil dari penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengurangan permasalahan-permasalahan korosi logam, khususnya besi atau baja. Lebih jauh diharapkan dapat mengurangi dampak korosi besi atau baja terhadap kehidupan manusia terutama dari segi ekonomi dan lingkungan.



## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret sampai November 2012 di Laboratorium Penelitian Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Negeri Padang. Karakteristik permukaan baja dilakukan di Laboratorium Biologi, FMIPA, Universitas Negeri Padang. Identifikasi senyawa kompleks dengan spektrofotometer FTIR dilakukan di UTM, Malaysia.

#### **B. Sampel Penelitian**

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

1. Baja batangan, diperoleh dari PT. Tira Austenite Cabang Padang dengan kode ASSAB 760 (AISI 1045; 0,42 – 0,50% C; 0,50 – 0,80% Mn; 0,40% Si; 0,02 – 0,04% S) (PT Tira Austenite).
2. Kakao, diperoleh dari Nagari Situmbuk Kec. Salimpaung Kab. Tanah Datar, Sumatera Barat.

#### **C. Alat dan Bahan**

##### **1. Alat-alat yang digunakan**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: neraca analitis, jangka sorong, besi penjepit, oven, desikator, medium korosif, mikroskop stereo, spektrofotometer UV-Vis, spektrofotometer FTIR dan peralatan gelas yang digunakan dalam analisis laboratorium.

## **2. Bahan-bahan yang digunakan**

Bahan-bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel baja ASSAB 760, biji kakao, silika gel, kertas saring, etil asetat, detergen, ampelas, asam nitrat p.a, aseton p.a, asam klorida p.a dan aquadest.

## **D. Prosedur Kerja**

### **1. Persiapan Sampel Baja**

Baja dengan diameter  $\pm 2,5$  cm dipotong-potong dengan tebal 0,5 cm, dihaluskan permukaannya dengan mesin gerinda dan diampelas. Permukaan yang telah halus ini dicuci dengan aquadest dan detergen. Selanjutnya dicelupkan ke dalam HNO<sub>3</sub> 1% dan aseton p.a, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 40°C selama 5 menit dan dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit. Baja kemudian ditimbang sebagai berat baja tanpa inhibitor ( $W_0$ ) (Ilim & Hermawan, 2008).

### **2. Ekstraksi Biji Kakao (Inhibitor)**

Ekstraksi dilakukan dengan maserasi 200 gram biji kakao dalam 2000 mL pelarut akuades bersuhu 95°C selama 30 menit. Ekstraksi dilakukan dalam erlenmeyer dibungkus aluminium foil, diletakkan dalam *waterbath* untuk mempertahankan suhunya dan dikocok dengan *shaker* agar seluruh bagian partikel bubuk tercampur merata sehingga ekstraksi dapat dilakukan dengan sempurna. Setelah 30 menit erlenmeyer dikeluarkan dari *waterbath* dan dibiarkan pada suhu kamar selama 2 jam kemudian disaring dengan kertas saring. Ekstraksi dilakukan 3 kali dan filtrat yang dihasilkan ditampung dalam botol yang dibungkus

aluminium foil. Larutan Ekstrak kemudian dievaporasi dengan rotary evaporator hingga didapatkan ekstrak kering (Susanti, 2008). Ekstrak yang diperoleh ditentukan kadarnya dan dijadikan sebagai larutan induk.

### 3. Penentuan Kadar Ekstrak Katekin

#### a. Identifikasi Kualitatif Senyawa Katekin

Ekstrak biji kakao sebanyak 0,5 g dididihkan dengan 1-2 mL HCl 2 M.

Jika ekstrak menunjukkan warna coklat kuning, maka positif mengandung katekin (Robinson, 1995).

#### b. Identifikasi Kuantitatif Senyawa Katekin

*Persiapan larutan standar.* 250 mg katekin standar dilarutkan ke dalam labu ukur 250 mL, dilarutkan dengan akuades hingga 250 mL (1000 ppm). Larutan diencerkan sampai beberapa konsentrasi 10, 25, 50, 75, 100 ppm, kemudian larutan diukur serapannya dengan spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang maksimum.

*Persiapan larutan sampel.* 1 g ekstrak biji kakao dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL, dilarutkan dengan akuades hingga 1000 mL. diambil 50 mL larutan, diencerkan sampai 100 mL, lalu diukur serapannya dengan spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Absorban yang diperoleh diplotkan pada kurva standar, sehingga konsentrasi katekin dalam larutan dapat diketahui.

## **E. Penentuan Kondisi Optimum (Konsentrasi dan Waktu) Pelapisan Baja oleh Ekstrak Biji Kakao**

### **1. Penentuan Konsentrasi Optimum**

Baja yang sudah diketahui berat awalnya direndam dalam 50 mL larutan ekstrak kulit kakao dengan variasi konsentrasi 69, 207, 345, 483, 621, 759, dan 897 ppm selama 120 menit. Setelah itu dikeringkan dalam oven pada suhu 40°C selama 5 menit dan dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit. Baja ditimbang ( $W_2$ ) dan dihitung % pertambahan beratnya ( $\% \Delta W$ ).

### **2. Penentuan Waktu Optimum**

Baja yang sudah diketahui berat awalnya direndam dalam larutan ekstrak biji kakao pada konsentrasi optimum yang telah di dapatkan sebelumnya selama 30, 60, 90, 120, 150 menit. Kemudian baja diangkat dan dikering anginkan sebentar lalu dimasukkan ke dalam oven selama 5 menit dan desikator selama 15 menit. Baja ditimbang beratnya dan dihitung pertambahan berat baja ( $W_2$ ).

## **F. Pengaruh Penambahan Inhibitor terhadap Efisiensi Inhibisi Korosi Baja dalam Medium Udara**

### **1. Baja tanpa dilapisi ekstrak biji kakao**

Sampel baja yang telah disiapkan dicuci dengan deterjen dan dibersihkan dengan sikat halus. Dikeringkan dalam oven pada suhu 40°C selama 5 menit, dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang beratnya. Berat yang diperoleh dinyatakan sebagai berat awal baja ( $W_1$ ).

Baja kemudian digantung dengan seutas benang pada kayu penggantungan yang telah di sediakan dan dibiarkan di udara terbuka (di luar laboratorim FMIPA



UNP) selama variasi waktu 3, 5, 7, 9, 11 hari. Setelah itu baja diangkat dan dibersihkan dengan sikat yang halus dengan menggunakan detergen dan selanjutnya dibilas dengan aquades. Kemudian baja dicelupkan ke dalam HNO<sub>3</sub> 1% dan aseton p.a., lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 40<sup>0</sup>C selama 5 menit. Setelah kering baja dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit. Kemudian baja ditimbang beratnya dan dinyatakan sebagai berat akhir (W<sub>2</sub>).

## **2. Baja dilapisi ekstrak biji kakao**

Baja yang sudah diketahui berat awalnya direndam pada kondisi optimum dalam ekstrak biji kakao. Setelah itu baja diangkat dan dikering anginkan sebentar. Selanjutnya baja dimasukkan ke dalam oven selama 5 menit lalu desikator selama 15 menit. Baja kemudian ditimbang beratnya (W<sub>1</sub>).

Baja selanjutnya digantung dengan menggunakan seutas benang pada kayu penggantungan yang telah di sediakan lalu dibiarkan di udara terbuka selama 3, 5, 7, 9, 11 hari. Setelah itu baja diangkat dan dibersihkan dengan aquades, menggunakan sikat yang halus. Selajutnya baja dicelupkan ke dalam HNO<sub>3</sub> 1% dan aseton p.a., kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 40<sup>0</sup>C selama 5 menit. Setelah kering baja dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit. Kemudian baja di timbang beratnya dan dinyatakan sebagai berat akhir (W<sub>2</sub>).

Pengaruh inhibitor terhadap korosi baja, dilihat dengan cara membandingkan laju korosi dari baja yang dilapisi inhibitor ekstrak biji kakao dan tanpa dilapisi ekstrak biji kakao.

## **G. Pengaruh Penambahan Inhibitor terhadap Efisiensi Inhibisi Korosi Baja dalam Medium Asam Klorida**

### **1. Baja tanpa dilapisi ekstrak biji kakao**

Sampel baja yang telah disiapkan ditimbang beratnya. Berat yang diperoleh dinyatakan sebagai berat awal baja ( $W_0$ ). Baja digantung dengan seutas benang pada kayu penggantungan yang telah disediakan dan direndam pada medium korosif, HCl 0,01 M selama variasi waktu 1, 3, 5, 7, dan 9 jam. Setelah itu baja diangkat dan dibersihkan dengan sikat yang halus dengan menggunakan detergen selanjutnya dibilas dengan aquades. Kemudian baja dicelupkan ke dalam HNO<sub>3</sub> 1% dan aseton p.a, lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 40°C selama 5 menit. Setelah kering baja dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit. Kemudian baja ditimbang beratnya dan dinyatakan sebagai berat akhir ( $W_2$ ).

### **2. Baja dilapisi ekstrak biji kakao**

Sampel baja yang telah disiapkan ditimbang beratnya dan dinyatakan sebagai berat awal baja ( $W_0$ ). Kemudian baja direndam pada kondisi optimum dalam ekstrak biji kakao. Setelah itu baja diangkat dan dikering anginkan sebentar. Selanjutnya baja dimasukkan ke dalam oven selama 5 menit lalu desikator selama 15 menit. Baja kemudian ditimbang beratnya ( $W_1$ ). Selanjutnya baja digantung dengan menggunakan seutas benang pada kayu penggantungan lalu direndam pada medium korosif, HCl 0,01 M dan selama variasi waktu 1, 3, 5, 7, dan 9 jam. Setelah itu baja diangkat dan dibersihkan dengan aquades, menggunakan sikat yang halus. Selanjutnya baja dicelupkan ke dalam HNO<sub>3</sub> 1% dan aseton p.a., kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 40°C selama 5

menit. Setelah kering baja dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit. Kemudian baja ditimbang beratnya dan dinyatakan sebagai berat akhir ( $W_2$ ).

#### **H. Karakteristik Permukaan Baja Sebelum dan Setelah Dilapisi Inhibitor**

Karakteristik permukaan baja, maka spesimen baja awal, baja yang dilapisi dan yang tidak dilapisi ekstrak biji kakao yang telah terkorosi dilakukan karakteristik permukaan dengan foto optik menggunakan mikroskop stereo. Dari analisis ini didapatkan bentuk morfologi permukaan sampel.

#### **I. Identifikasi Senyawa dengan Spektrofotometer FTIR**

Baja direndam dalam ekstrak biji kakao pada kondisi optimum. Setelah itu baja diangkat dan dikering anginkan sebentar. Selanjutnya baja dimasukkan ke dalam oven selama 5 menit lalu desikator selama 15 menit. Lapisan yang terbentuk pada permukaan baja digerus Padatan yang diperoleh diambil sedikit dan dicampur dengan KBr kemudian dimasukkan ke *sample holder*. Padatan tersebut diukur spektranya dengan spektrofotometer FTIR.

#### **J. Analisis Data**

##### **1. Persen pertambahan berat baja**

Persen pertambahan berat berguna untuk menentukan waktu dan konsentrasi optimum pelapisan permukaan baja oleh inhibitor.

$$\% W = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100\%$$



## 2. Penentuan laju korosi

Laju korosi yaitu laju terbentuknya korosi pada suatu logam yang dinyatakan dalam satuan  $\text{g/cm}^2 \cdot \text{waktu}$  (massa persatuan luas persatuan waktu). Laju ditentukan dengan metoda pengurangan berat dengan persamaan sebagai berikut (Abiola, 2004):

$$\text{Laju Korosi} = \frac{\text{Berat akhir (g)} - \text{Berat awal (g)}}{\text{Luas permukaan baja (cm}^2) \times \text{Waktu perendaman}}$$

## 3. Efisiensi inhibisi korosi

Efisiensi inhibisi korosi yaitu kemampuan suatu inhibitor untuk memperlambat proses korosi pada logam, yang dinyatakan dalam satuan persen. Efisiensi inhibisi korosi dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (Abiola, 2004):

$$\text{IE} = \frac{K_0 - K_{\text{inh}}}{K_0} \times 100\%$$

Keterangan: IE = Efisiensi Inhibisi

$K_0$  = laju tanpa inhibitor

$K_{\text{inh}}$  = laju dengan inhibitor

## **BAB V**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **A. Ekstraksi Biji Kakao (Inhibitor)**

Pada penelitian ini dilakukan ekstraksi biji kakao. Proses ekstraksi merupakan proses penarikan komponen aktif menggunakan pelarut tertentu. Komponen aktif yang diambil adalah senyawa katekin dari biji kakao dengan menggunakan metode maserasi. Biji kakao dimaserasi dalam akuades yang pada suhu 95°C, karena senyawa katekin ini sangat larut dalam air panas (Fakhri, A. 2010).

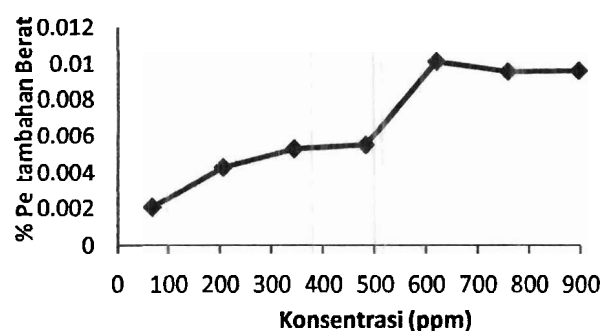
Larutan ekstrak biji kakao positif mengandung senyawa katekin setelah diidentifikasi dengan mendidihkan larutan ekstrak dengan HCl 2 M, hal ini ditandai dengan terjadi perubahan warna menjadi coklat kuning (Robinson, 1995). Kadar katekin yang terdapat dalam ekstrak biji kakao ditentukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Dari hasil pengukuran (data pada Lampiran 1) diperoleh kadar katekin 82,34 ppm dalam 1 gram ekstrak biji kakao. Ekstrak biji kakao yang diperoleh digunakan sebagai inhibitor korosi.

#### **B. Kondisi Optimum Pelapisan Baja oleh Ekstak Biji Kakao**

##### **1. Konsentrasi Optimum**

Konsentrasi optimum pelapisan permukaan baja oleh ekstrak biji kakao dapat dilihat pada Gambar 6 (data pada Lampiran 3). Dari Gambar 6 terlihat bahwa persen pertambahan berat baja berbanding lurus dengan meningkatnya konsentrasi larutan ekstrak biji kakao yang digunakan. Persen pertambahan berat

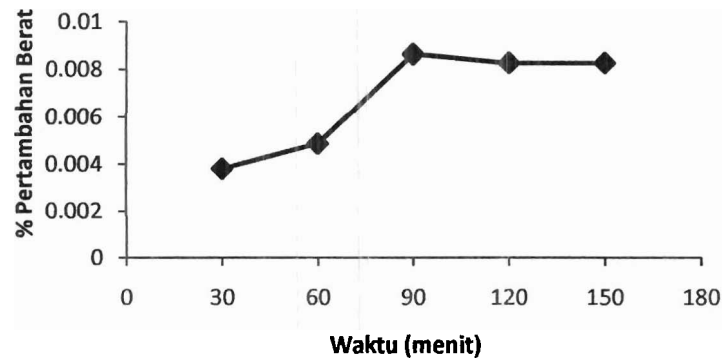
baja terus meningkat sampai diperoleh kondisi optimum, yaitu pada konsentrasi 621 ppm. Pada konsentrasi ini terlihat seluruh permukaan baja sudah terlapisi dan baja terlihat berwarna biru keunguan. Hal ini mengindikasikan bahwa warna biru keunguan tersebut merupakan kompleks antara besi dan katekin dari ekstrak biji kakao, ini sesuai yang dilaporkan oleh Hussin (2011) bahwa kompleks antara besi dan katekin berwarna biru keunguan. Lapisan kompleks yang terbentuk ini berupa lapisan tipis. Menurut Dalimunte (2004), inhibitor teradsorpsi pada permukaan logam dan membentuk lapisan tipis dengan ketebalan beberapa inhibitor. Lapisan ini tidak dapat dilihat oleh mata biasa, namun dapat menghambat penyerangan ion-ion korosif pada permukaan baja.



Gambar 6. Kurva hubungan konsentrasi ekstrak biji kakao (ppm) dengan persen pertambahan berat baja

## 2. Waktu Optimum

Waktu optimum pelapisan permukaan baja oleh ekstrak biji kakao dapat dilihat pada Gambar 7 (data pada Lampiran 4).



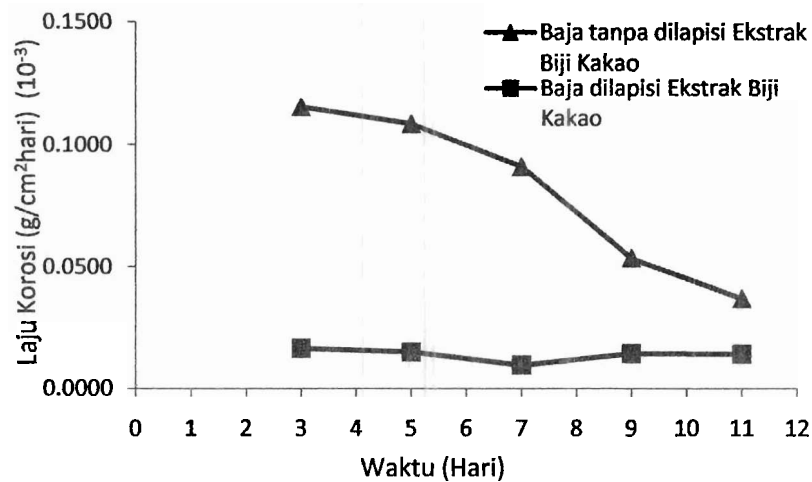
Gambar 7. Kurva hubungan waktu perendaman (menit) dalam ekstrak biji kakao dengan persen pertambahan berat baja

Dari Gambar 7 terlihat semakin lama waktu perendaman baja dalam larutan ekstrak biji kakao pada konsentrasi optimum, maka persen pertambahan berat baja semakin besar sampai tercapainya waktu optimum, yaitu 90 menit. Pada waktu kurang dari 90 menit, lapisan inhibitor yang terbentuk belum merata pada permukaan baja. Sedangkan pada waktu di atas 90 menit persen pertambahan berat baja relatif konstan. Hal ini menunjukkan bahwa pada waktu 90 menit terjadi pelapisan optimum pada permukaan baja, seluruh permukaan baja sudah terlapsi dengan sempurna.

### C. Laju Korosi Baja oleh Ekstak Biji Kakao dalam Medium Udara

Dari Gambar 8 (data pada Lampiran 5 dan 6) terlihat laju korosi baja yang dilapsi ekstrak biji kakao lebih rendah dibandingkan dengan laju korosi baja yang tidak dilapsi ekstrak biji kakao. Hal ini karena adanya lapisan ekstrak biji kakao pada permukaan baja. Pada ekstrak biji kakao terdapat senyawa katekin (Qitanonq (2006) dalam Marsaban, 2007). Senyawa katekin yang terkandung

dalam biji kakao akan melindungi permukaan baja, sehingga laju korosi lebih rendah.



Gambar 8. Kurva hubungan laju korosi baja dengan waktu kontak (hari) dalam medium udara

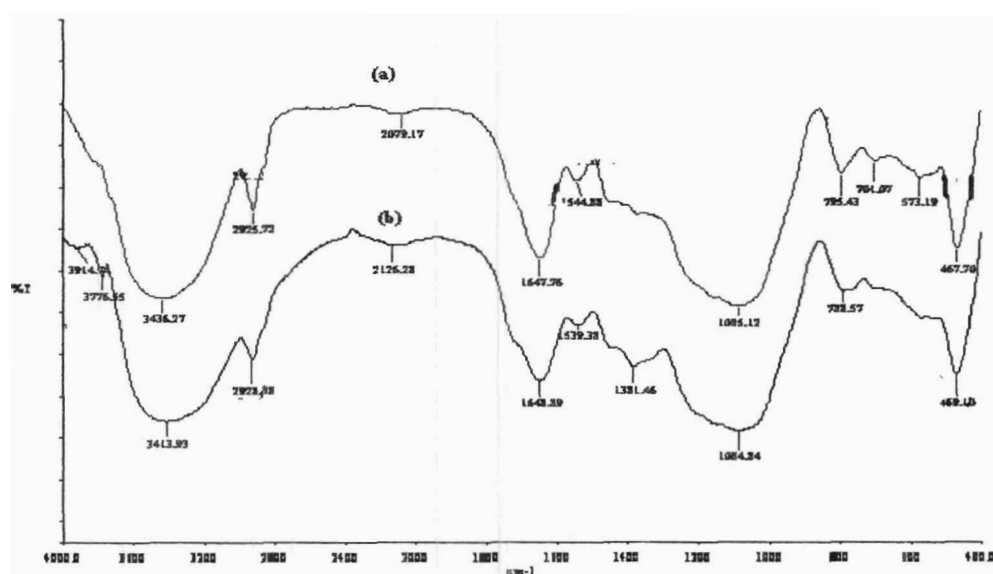
Lapisan yang terbentuk pada permukaan baja ini merupakan lapisan kompleks antara besi dan katekin, sesuai dengan yang dilaporkan oleh Hussin (2011). Kompleks besi dan katekin ini akan melindungi permukaan baja dari serangan ion-ion korosif yang dapat menyebabkan terjadinya korosi. Sehingga baja dapat terlindungi lebih lama (Haryono, 2010).

Baja yang dilapisi ekstrak biji kakao terlihat laju korosinya relatif konstan seiring bertambahnya waktu. Hal ini menandakan bahwa kompleks besi dan katekin yang terbentuk stabil. Kompleks yang stabil menurut Sukardjo (1991) merupakan kompleks yang dibentuk oleh ligan bidentat. Senyawa katekin merupakan ligan bidentat (Leopoldini *et al.* 2011), ligan ini lebih kuat mengkelat ion logam dan lebih stabil dalam menutupi permukaan besi sehingga laju korosinya berkurang dan efisiensinya meningkat. Senyawa kompleks yang terjadi

antara ion besi dengan ligan (katekin) disebabkan adanya ikatan koordinasi antara ion besi yang mempunyai orbital kosong dengan ligan yang mempunyai elektron tidak berpasangan.

#### D. Identifikasi Senyawa dengan Spektrofotometer FTIR

Hasil analisis dengan spektrofotometer FTIR untuk kompleks besi-ekstrak biji kakao dan kompleks besi-ekstrak biji kakao yang telah terekspos di udara terlihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Spektra FTIR dari (a) lapisan ekstrak biji kakao pada permukaan, (b) lapisan ekstrak biji kakao pada permukaan yang telah terekspos di udara

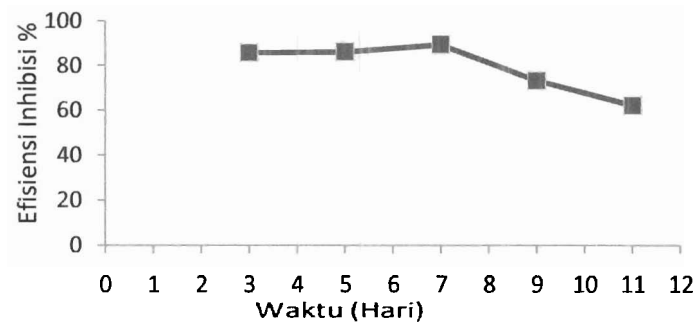
Dari Spektra inframerah pada Gambar 9(a), terlihat beberapa puncak yang menunjukkan bahwa senyawa yang terdapat dalam padatan memiliki serapan pada  $3436 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya ulur dari OH dan  $1035 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan tekukan OH dalam bidang. Adanya serapan pada  $2925 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya C-H ulur dan  $1381 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan C-H tekuk aromatik dan didukung

oleh serapan pada  $1647\text{ cm}^{-1}$  dan  $1544\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan ikatan C=C konjugasi dan cincin C-C ulur. Spektra inframerah untuk senyawa kompleks Fe-katekin ditunjukkan dengan munculnya puncak-puncak baru antara bilangan gelombang  $750$  dan  $400\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan vibrasi Fe-O, yang merupakan ikatan O pada C3' dan C4' dengan Fe. Hasil analisis ini merupakan salah satu indikasi kemungkinan besar terbentuknya senyawa kompleks Fe-katekin selain perubahan warna.

Spektra inframerah pada Gambar 9(b) merupakan spektra dari lapisan besi-katekin yang sudah terekspos di udara. Pada gambar ini spektra inframerah yang diperoleh tidak terlalu berbeda dengan Gambar 9(a), hal ini menunjukkan bahwa lapisan besi-katekin masih melekat pada permukaan baja.

#### **E. Efisiensi Inhibisi Korosi Baja oleh Ekstak Biji Kakao dalam Medium Udara**

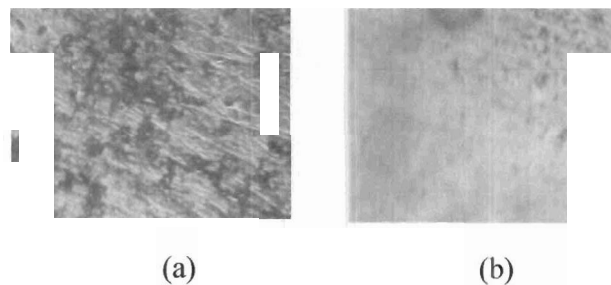
Dari Gambar 10 (data pada Lampiran 7) terlihat efisiensi korosi baja oleh ekstrak biji kakao dalam medium udara dapat mencapai 89,46%. Efisiensi inhibisi korosi terlihat sangat dipengaruhi oleh waktu kontak baja dengan lingkungan, dimana efisiensi inhibisi menurun seiring bertambahnya waktu kontak baja dengan lingkungan. Hal ini disebabkan karena adanya oksigen, uap air, kabut, dan ion-ion korosif lainnya yang terdapat di udara (Trethewey, *et al.*, 1991), selain itu penelitian ini dilakukan di daerah pantai (*atmosphere zone*). Udara di daerah pantai mengandung ion  $\text{Cl}^-$  yang lebih besar dibandingkan udara daerah pegunungan. Oleh karena itu, semakin lama baja kontak dengan lingkungan maka efisiensi inhibisi semakin menurun.



Gambar 10. Kurva hubungan efisiensi inhibisi (%) korosi baja dengan waktu (hari) kontak baja dalam medium udara

#### F. Karakteristik Permukaan Baja dalam Medium Udara

Gambar 11 memperlihatkan perbandingan antara permukaan baja tanpa dilapisi dan dilapisi ekstrak biji kakao setelah dibiarkan di udara terbuka selama 9 hari, dengan menggunakan mikroskop stereo pada pembesaran 40 kali.



Gambar 11. Foto optik permukaan baja setelah proses korosi di udara selama 9 hari yang dilihat menggunakan mikroskop stereo dengan pembesaran 40kali, (a) baja terkorosi tanpa dilapisi ekstrak biji kakao, (b) baja terkorosi yang dilapisi ekstrak biji kakao.

Dari Gambar 11 terlihat permukaan baja tanpa dilapisi ekstrak biji kakao (Gambar 11a) karat yang terbentuk pada permukaan baja lebih banyak dibandingkan dengan pada permukaan baja yang dilapisi ekstrak biji kakao (Gambar 11b). Hal ini disebabkan karena pada baja yang tidak dilapisi dengan ekstrak biji kakao, oksigen dan uap air yang terdapat di udara dapat bersentuhan



langsung dengan permukaan baja, sehingga kemungkinan baja mengalami korosi lebih besar dibandingkan baja yang dilapisi oleh ekstrak biji kakao. Pada baja yang dilapisi oleh ekstrak biji kakao terbentuk lapisan kompleks yang menutupi permukaan baja. Lapisan ini menghalangi masuknya ion-ion korosif yang menyebabkan terjadinya proses korosi (Hussin. 2011). Setelah 9 hari, pada beberapa bagian permukaan baja masih terdapat warna keunguan, hal ini menandakan bahwa lapisan kompleks masih melekat pada permukaan baja.

#### **G. Efisiensi Inhibisi Korosi Baja oleh Ekstak Biji Kakao dalam Medium Asam Klorida**

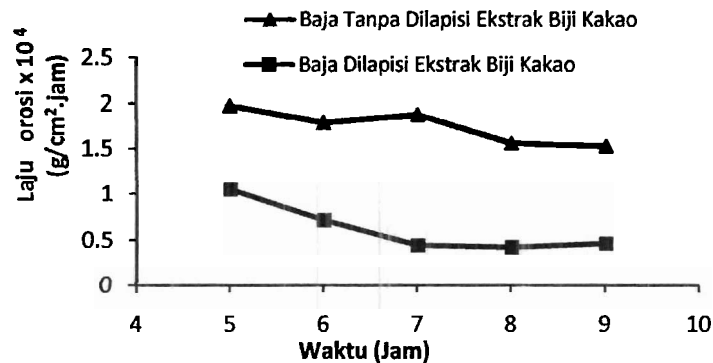
Asam klorida (HCl) merupakan medium korosif, apabila dilarutkan dalam air membentuk ion klorida, yang mampu menyerang permukaan logam sehingga terjadi korosi pada logam. Laju korosi baja dalam medium asam klorida lebih cepat terjadi dibandingkan dalam medium udara.

Dari Gambar 12 (data pada Lampiran 8 dan 9) terlihat bahwa ekstrak biji kakao mempengaruhi laju korosi baja dalam medium asam klorida. Sama halnya dengan baja dalam medium udara, baja yang dilapisi ekstrak biji kakao lebih lama terkorosi dibandingkan baja yang tidak dilapisi. Hal ini menunjukkan bahwa katekin dari ekstrak biji kakao yang telah melapisi permukaan baja juga dapat menghalangi masuknya ion klorida yang memicu terjadinya korosi.

Pada ekstrak biji kakao terdapat senyawa katekin (Subhasini, 2010). Senyawa katekin ini membentuk kompleks dengan Fe(II) pada permukaan baja. Proses pembentukan kompleks Fe-katekin dimulai dari terionnya logam Fe menjadi  $Fe^{2+}$ , ion ini mempunyai 6 buah elektron pada orbital d, konfigurasi

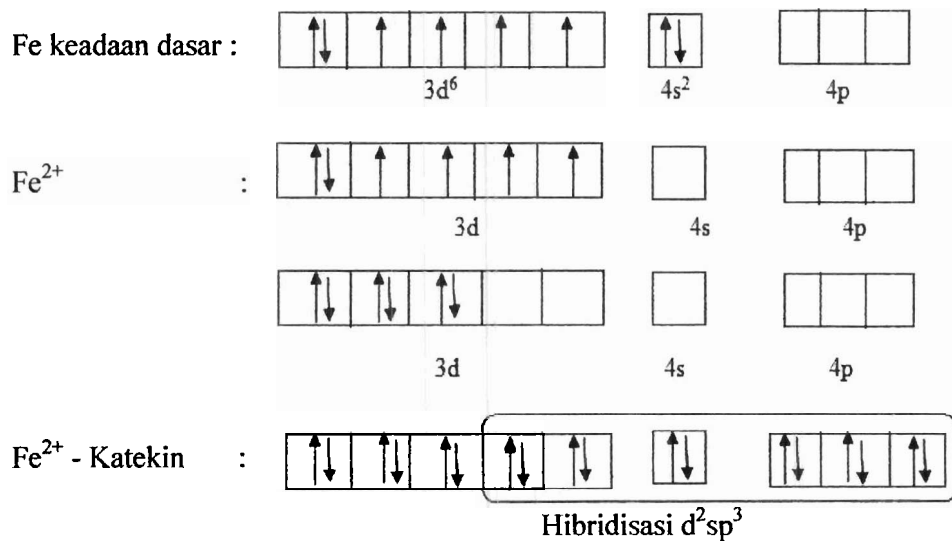


elektronnya  $[Ar] 4s^0 3d^6$ . Dengan penambahan katekin, ion  $Fe^{2+}$  akan bereaksi dengan oksigen dari gugus OH pada katekin, elektron bebas pada O akan mengisi orbital kosong yang tersedia pada logam. Karena adanya pemakaian elektron bersama tersebut, terbentuklah senyawa kompleks Fe-katekin (Sukardjo, 1991).



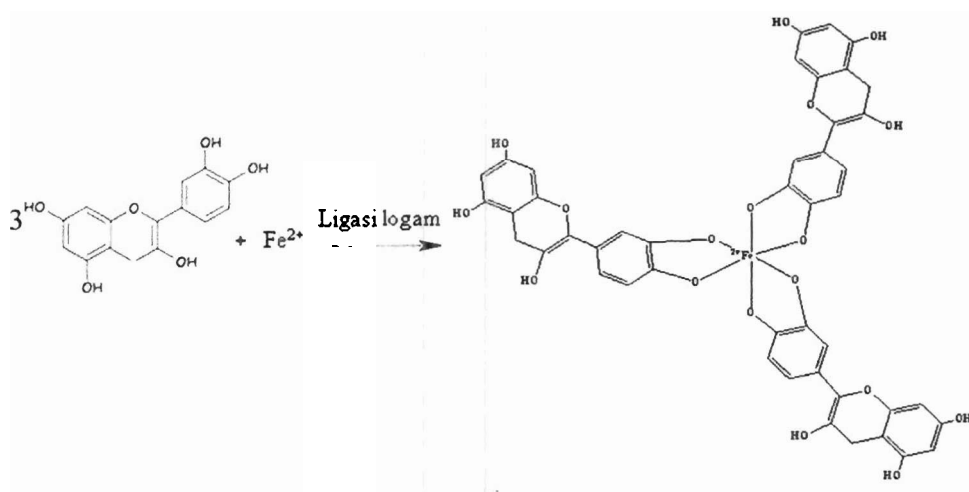
Gambar 12. Kurva hubungan laju korosi baja terhadap variasi waktu perendaman dalam medium asam klorida

Dengan teori ikatan valensi dapat dijelaskan proses pembentukan kompleks Fe-katekin, seperti terlihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Proses pembentukan kompleks Fe-Katekin (Sukarjo, 1991)

Senyawa katekin yang terkandung dalam ekstrak biji kakao ini berikatan dengan ion besi pada gugus hidroksil pada posisi orto (3'4' o di OH) pada cincin B (Leopoldini *et al.* 2011). Mekanisme pembentukan senyawa kompleks dapat dilihat pada Gambar 14.



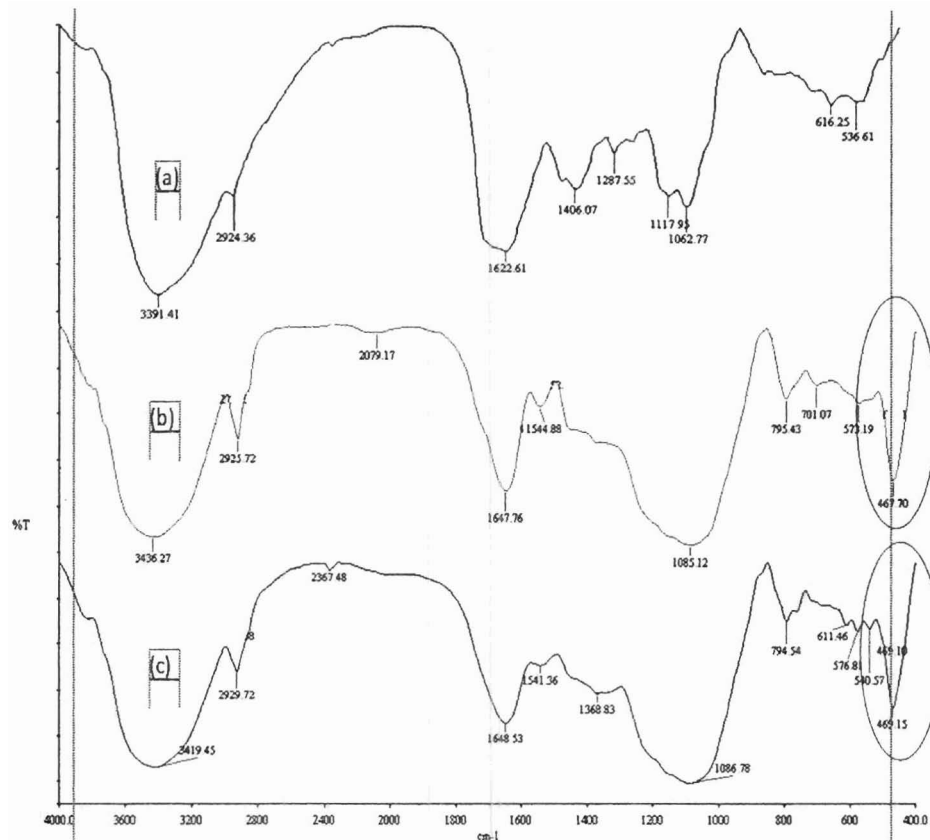
Gambar 14. Mekanisme senyawa katekin mengkelat ion besi

Kompleks yang terbentuk antara katekin dan logam besi mempunyai kestabilan yang tinggi, sehingga sampel besi/baja yang diberikan inhibitor ekstrak bahan alam akan lebih tahan (terproteksi) terhadap korosi (Haryono, 2010).

Mekanisme ini juga didukung oleh hasil analisis dengan spektrofotometer FTIR untuk permukaan baja yang telah dilapisi ekstrak biji kakao (b) dan permukaan baja setelah dilapisi ekstrak biji kakao direndam dalam medium asam klorida (c) terlihat pada Gambar 15.

Spektra inframerah pada Gambar 14(a) tersebut menunjukkan bahwa terdapat beberapa puncak yang menunjukkan bahwa senyawa yang terdapat pada ekstrak biji kakao. Serapan pada  $3391\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya ulur dari OH dan  $1062\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan tekukan OH dalam bidang. Adanya serapan pada

2924  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya CH alifatik dan 1647  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan ikatan C=C aromatik. Selain itu juga terdapat serapan pada 1406  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya  $\text{CH}_2$  (Ramos *et al*, 2002).

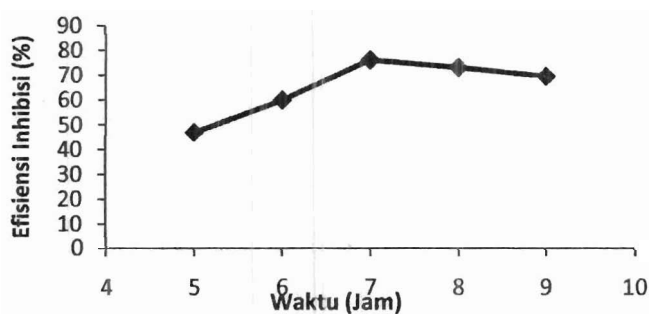


Gambar 15. Perbandingan Spektra FTIR dari : (a) Ekstrak Biji Kakao; (b) permukaan baja dilapisi ekstrak biji kakao; (c) Permukaan baja dilapisi ekstrak biji kakao direndam dalam medium asam klorida

Spektra inframerah untuk senyawa kompleks Fe-katekin ditunjukkan oleh munculnya puncak-puncak baru antara bilangan gelombang 750-400  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan vibrasi Fe-O, terlihat pada hasil analisis FTIR pada Gambar 15(a) dan (b). Hasil analisis ini merupakan salah satu indikasi terbentuknya senyawa kompleks Fe-katekin selain adanya perubahan warna.

Komplek ini akan menghalangi serangan ion-ion korosif pada permukaan baja, sehingga laju reaksi korosi akan menurun. Sesuai dengan mekanisme inhibitor yang diungkapkan Dalimunte (2004), inhibitor teradsorpsi pada permukaan logam dan membentuk suatu lapisan tipis.

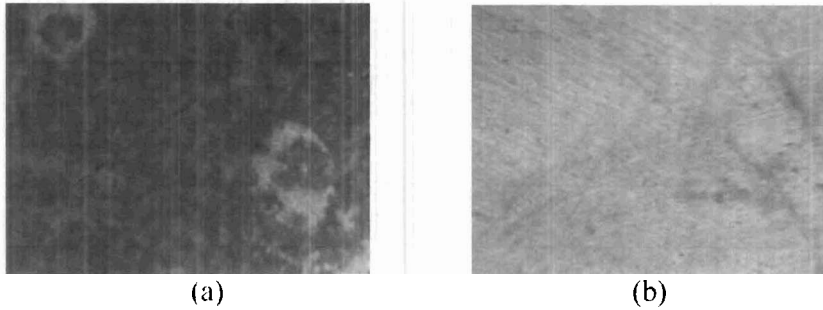
Dari Gambar 16 (data pada Lampiran 10), terlihat bahwa ekstrak biji kakao juga mampu menurunkan laju korosi baja dalam medium asam klorida dengan efisiensi inhibisi korosi mencapai 76,21%. Namun efisiensinya lebih rendah dibandingkan dalam medium udara. Hal ini dapat juga dilihat dari hasil foto optik terhadap permukaan baja yang tidak dilapisi ekstrak biji kakao dengan yang dilapisi ekstrak biji kakao sesudah terkorosi menggunakan mikroskop stereo (Gambar 17).



Gambar 16. Kurva hubungan efisiensi inhibisi korosi baja dengan waktu kontak dalam medium HCl 0,01 M

Dari Gambar 16 terlihat perbandingan permukaan baja yang terkorosi dalam medium asam klorida antara permukaan baja yang tidak dilapisi ekstrak biji kakao (a) dan baja yang dilapisi ekstrak biji kakao (b). Sama juga halnya dengan baja dalam medium udara, dalam medium asam klorida juga diperoleh banyak produk korosi pada permukaan baja yang tidak dilapisi ekstrak biji kakao dibandingkan dengan permukaan baja yang telah dilapisi ekstrak biji kakao. Baja

yang dilapisi ekstrak biji kakao lebih terlindungi oleh lapisan kompleks yang terbentuk antara Fe-katekin sehingga produk korosinya lebih sedikit.



Gambar 17. Foto optik permukaan baja setelah proses korosi dalam HCl 0,01 M menggunakan Mikroskop Stereo dengan perbesaran 40 kali.  
(a) Baja tanpa dilapisi ekstrak biji kakao  
(b) Baja dilapisi ekstrak biji kakao

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Ekstrak biji kakao dapat digunakan untuk menurunkan laju korosi baja dalam medium udara dan asam klorida.
2. Efisiensi inhibisi korosi baja oleh ekstrak biji kakao dalam medium udara mencapai 89,46% dan dalam medium asam klorida 76,21%.
3. Dengan menggunakan spektrofotometer FTIR dapat diketahui terjadinya penyerapan ekstrak biji kakao pada permukaan baja.
4. Karakteristik permukaan baja dengan foto optik memperlihatkan perbedaan permukaan baja yang dilapisi dan tanpa dilapisi ekstrak biji kakao, produk korosi pada baja yang dilapisi ekstrak biji kakao lebih sedikit dari pada yang tidak dilapisi ekstrak biji kakao.

#### **B. Saran**

Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk :

1. Mengisolasi katekin dari ekstrak biji kakao sehingga diperoleh katekin murni yang dapat digunakan sebagai inhibitor.
2. Mencari inhibitor organik lainnya dari bahan alam sebagai inhibitor korosi logam.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abiola, O. K. Ofarka, N. C. and Ebenso, E. E. (2004). Inhibition of Mild Steel Corrosion in an Acidic Medium by Fruit Juice Citrus Paradisi. *Journal Corrosion Sciences and Engineering*. Vol. 5. Peprint 10.
- Akhadi, Mukhlis. (2003). *Korosi*. Jakarta; Badan Tenaga Nuklir Nasional.
- Dalimunthe, I.S., (2004). Kimia dari Inhibitor Korosi. Sumatera Utara: Universitas Sumatera Utara.
- Dhani. (2008). *Perlindungan Pipa Di Bawah Laut*. Department of Ocean Engineering. Diakses tanggal 1 oktober 2010.
- Emriadi dan Yeni, S. (2003). Mekanisme dan Laju Reaksi Inhibisi Korosi Baja oleh Tanin. *Laporan Proyek Penelitian Dasar*. Hal:1-12
- Fakhri, A. (2010). Kultur *In Vitro* Tanaman *Theobroma cacao* dengan Variasi Penelitian Glikol (PEG) 6000 dan Potensinya untuk Produksi Metabolit Sekunder Katekin. Padang : Universitas Andalas.
- Favre, M and Landolt, D. (1993). The influence of gallic acid on teh reduction of rust on painted steel surface. *Journal of Corrossion Science*. 1993, Vol. 24. No. 9: 1481-1494.
- Fontana, M.G. (1987). *Corrosion Engineering*, edisi 3. Mc Graw-Hill Book Company. New York.
- Hasnan, A. S. (2006). *Mengenal Baja (Introduction of Iron)*. <http://www.oke.or.id>. Diakses tanggal 30 Maret 2011.
- Hermawan, B. (2007). Ekstrak Bahan Alam sebagai Alternatif Inhibitor Korosi. <http://www.chem-is-try.org/inhibitor-korosi.html>. (Diakses 8 Oktober 2011)
- Hukmah, S. (2007). *Aktivitas Antioksidan Katekin dari The Hijau (Camellia sinensis O.K var. Assamica Mast) Hasil Ekstraksi dengan Variasi Pelarut dan Suhu*. Malang: UIN Malang.
- Hussin. M. H., Kassim. M. J., (2011). Electricheical and Adsorption Studies of (+)- Catechin Hydrates as Natural Mild Steel Corrosion Inhibitor in 1 M HCl. Malaysia. *International Journal of Electrochemical Science*, 6(2011) 1396 -1414.



<http://rara87.wordpress.com/2008/12/17/66/spektrofotometer>. (Diakses tanggal 17 Januari 2012)

- Ilim dan Hermawan, Beni. (2008). Studi penggunaan ekstrak buah lada (*piper nigrum* linn, buah pinang (*areca cathecu* linn) dan daun teh (*cammellia sinensis* l. *Kuntze*) sebagai inhibitor korosi baja lunak dalam medium air laut buatan yang jenuh gas CO<sub>2</sub>. *Prosiding. Seminar Nasional Sains dan Teknologi*. Lampung: Jurusan Kimia, FMIPA Universitas Lampung.
- Lucida, H., Amri, B., Wina A. P., (2007). Formulasi Sediaan Antiseptik Mulut dari Katekin Gambir, *J. Sains Tek Far.*, 12(1.).
- Marsaban. (2007). *Perbandingan Efek Antibakterial Ekstrak Buah Cacao (Theobroma cacao) Pada Berbagai Konsentrasi Terhadap Streptococcus Mutants*. Semarang: Universitas Dipenogoro.
- Martinez,S and Stern, I. (2001). Inhibitory mechanism of low-carbon steel corrosion by mimosa tanin sulphuric acid solutions. *Journal of Applied Electrochemistry*. Netehrand.pp: 1
- Rehan. (2002). Corrosion by water soluble extracts from leaves of economic plant. *Corrosion Science*, 34. 232-237.
- Robinson. T., 1995. *Kandungan Organik Tumbuhan Tinggi*. diterjemahkan oleh Prof. Dr. Kosasih Padmawinata, ITB, Bandung.
- Rohana, Adnan. (2002). Molecular Modelling Study of Corrosion Inhibition Properties of Feeric Tannates. *Buletin The School of Chemical Sciences*. University Sain Malaysia. pp : 18.
- Sibilia, J.P. (1988). "A Guide to Materials Characterization and Chemical Analysis". New York: VCH Publishers.
- Sheyreese, M. Vincent et Cyril B. Okhio. (2005). Inhibiting Corrosion with Green Tea. *The Journal of Corrosion Science and Engineering*, Vol 7, 36.
- Sommers, Tiffany V. (2006). *Octadecylphosphonate(ODP) for corrosion inhibition of iron using the T-BAG technique*. Princeton University, Department of Chemistry.
- Subhashini, R. ( 2010). A Comparative Phytochemical Analysis of Cocoa and Green Tea. India. Dept. of Biochemistry, SRM Arts and Science College. *Indian Journal of Science and Technology* Vol. 3 No. 2. ISSN :0974-6846.

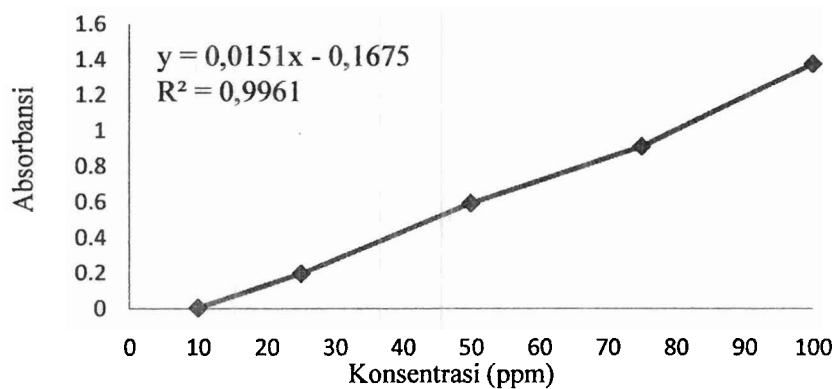
- Susanti, D.Y. (2008). Efek Suhu Pengeringan Terhadap Kandungan Fenolik dan Kandungan Katekin Ekstrak Daun Kering Gambir. *Prosiding Seminar Nasional*, (18-19 November 2008, Yogyakarta), UGM, Yogyakarta.
- Trethewey, K. R dan Chamberlein, J. (1991). *Korosi: untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa*, alih bahasa: Alex Tri Kantjono Widodo, editor: Mc. Prihminto Widodo, ed, 1. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Widharto, S. (2001). *Karat dan Pencegahannya*. Cetakan kedua, Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Widyotomo, S., Mulato, S, dan Edi S, 2004. Pemecahan Buah dan Pemisahan Biji Kakao secara Mekanis dalam Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Vol 20, No. 3, Jember.
- Wikipedia, the free encyclopedia. 2011. *Mikroskop Stereo*. [http://en.wikipedia.org/wiki/mikroskop\\_binokuler](http://en.wikipedia.org/wiki/mikroskop_binokuler). Diakses tanggal 5 juli 2011.
- Yerimadesi. (2008). Pemanfaatan ekstrak daun teh untuk inhibisi korosi besi dalam medium asam klorida dan udara. *Laporan penelitian Dipa. Jurusan kimia FMIPA UNP*.
- \_\_\_\_\_. (2009). Pengaruh ekstrak daun teh terhadap laju korosi baja ASSAB 760 dalam asam sulfat, *Sainstek (Jurnal Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi)*. Vol. XI No.2. hal.122-126. Padang: Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang.
- \_\_\_\_\_. (2010). Ekstrak daun teh (*Camellia sinensis*) sebagai alternatif inhibitor korosi baja dalam medium air laut. *SalnsTEK (Jurnal Ilmiah Matematika Sains Teknologi dan Terapan)* Vol. 5, Nomor 1, Hal: 94-109. Gorontalo.

### Lampiran 1. Perhitungan Kadar Katekin dalam Ekstrak Biji Kakao

Prosedur : 1 gram ekstrak dilarutkan dalam 1 L aquadest (1000 ppm ekstrak),  
50 mL nya diencerkan sampai 100 mL, diukur dan diperoleh  
absorbansi 0,72791

Larutan standar

Larutan Standar Katekin (ppm)	Absorbansi ( $\lambda$ 279nm)
10	0,0043359
25	0,19743
50	0,59353
75	0,91094
100	1,37800
sampel	0,72791



Persamaan regresi kurva standar:  $y = 0.015x - 0.167$

Maka perhitungannya :  $0.72791 = 0.015x - 0.167$

$$0.015x = 0.89491$$

$$x = 59.667 \text{ ppm}$$

Konsentrasi katekin dalam 1000 ppm ekstrak =  $(59.667 \text{ ppm}) \times 2 \times 69 = 82.34 \text{ ppm}$

#### Larutan induk katekin 1380 ppm

Diketahui: 1000 ppm ekstrak mengandung 82.34 ppm katekin

Untuk pembuatan 1394 ppm katekin dibutuhkan:

\_\_\_\_\_ x 1000 ppm ekstrak = 16762 ppm ekstrak ekstrak biji kakao

\_\_\_\_\_ 16,762 gram ekstrak biji kakao

## Lampiran 2. Contoh perhitungan

### a. Perhitungan % penambahan berat (% $\Delta W$ )

Diketahui: Berat awal ( $W_1$ ) = 18,3521 gram

Berat akhir ( $W_2$ ) = 18,3543 gram

$$\text{Rumus: } \% W = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100\%$$

$$\text{Maka : } \% W = \frac{18,3543 - 18,3521}{18,3521} \times 100\% = 0,001988\%$$

### b. Perhitungan Laju Korosi Baja

Diketahui: Berat awal = 15,9174 gram

Berat akhir = 15,9116 gram

Luas permukaan baja = 13,38425 cm<sup>2</sup>

Waktu perendaman = 3 hari

$$\text{Rumus: } \text{Laju Korosi} = \frac{\text{Berat awal (g)} - \text{Berat akhir (g)}}{\text{Luas permukaan baja (cm}^2\text{)} \times \text{Waktu perendaman (hari)}}$$

$$\text{Maka : } \text{Laju Korosi} = \frac{(15,9174 - 15,9116)}{13,38425 \times 3} = 0,0001444 \text{ g/cm}^2 \text{ hari}$$

### c. Perhitungan Efisiensi Inhibisi Korosi Baja

Diketahui: Laju korosi tanpa inhibitor ( $K_0$ ) = 0,0000911 g/cm<sup>2</sup>hari

Laju korosi dengan inhibitor ( $K_{inh}$ ) = 0,0000096 g/cm<sup>2</sup>hari

$$\text{Rumus: } IE = \frac{K_0 - K_{inh}}{K_0} \times 100\%$$

$$\text{Maka : } IE = \frac{0,0000911 - 0,0000096}{0,000096} \times 100\% = 89,46\%$$

**Lampiran 3. Data penentuan kondisi optimum pelapisan permukaan baja oleh ekstrak biji kakao**

Konsentrasi (ppm)	W <sub>0</sub> (g)	W <sub>t</sub> (g)	ΔW	%ΔW (10 <sup>-2</sup> )	%ΔW Rata-rata
69	18,9891	18,9894	0,03	0,1580	0,2143
	18,4794	18,4799	0,05	0,2706	
207	20,8198	20,8207	0,09	0,4323	0,4328
	20,7705	20,7714	0,09	0,4333	
345	19,6571	19,6588	0,17	0,8648	0,5340
	19,6815	19,6819	0,04	0,2032	
483	18,995	18,996	0,1	0,5265	0,5555
	18,8187	18,8198	0,11	0,5845	
621	18,3521	18,3543	0,22	1,1988	1,0130
	18,1341	18,1356	0,15	0,8272	
759	17,4275	17,4297	0,22	1,2624	0,9582
	16,8182	16,8193	0,11	0,6541	
897	20,1504	20,1533	0,29	1,4392	0,9631
	20,5356	20,5366	0,1	0,4870	

Ket : W<sub>0</sub> = berat baja awal  
W<sub>t</sub> = berat baja dilapisi inhibitor  
ΔW = pertambahan berat baja  
%ΔW = persen pertambahan berat

**Lampiran 4. Data penentuan waktu optimum pelapisan permukaan baja oleh ekstrak biji kakao**

Waktu (Menit)	W <sub>0</sub> (g)	W <sub>t</sub> (g)	ΔW (g)	%ΔW (10 <sup>-2</sup> )	%ΔW (10 <sup>-2</sup> )
30	18,3433	18,3445	0,12	0,6542	0,3818
	18,2896	18,2898	0,02	0,1094	
60	20,4576	20,4584	0,08	0,3911	0,4877
	20,536	20,5372	0,12	0,5843	
90	<b>18,1743</b>	<b>18,1761</b>	<b>0,18</b>	<b>0,9904</b>	<b>0,8647</b>
	<b>18,9441</b>	<b>18,9455</b>	<b>0,14</b>	<b>0,7390</b>	
120	18,0756	18,0776	0,2	1,1065	0,8277
	18,2182	18,2192	0,1	0,5489	
150	17,7642	17,7658	0,16	0,9007	0,8147
	16,468	16,4692	0,12	0,7287	

Ket : W<sub>0</sub> = berat baja awal  
W<sub>t</sub> = berat baja dilapisi inhibitor  
ΔW = penambahan berat baja  
%ΔW = persen penambahan berat baja

**Lampiran 5. Data laju korosi baja tanpa dilapisi ekstrak biji kakao dalam medium udara**

Waktu (Hari)	W <sub>i</sub> (g)	W <sub>t</sub> (g)	ΔW (10 <sup>-3</sup> )	Luas Permukaan Baja (cm <sup>2</sup> )	K <sub>0</sub> (10 <sup>-3</sup> ) (g/cm <sup>2</sup> hari)	$\bar{K}_0$ (10 <sup>-3</sup> ) (g/cm <sup>2</sup> hari)
3	15,9174	15,9116	5,8	13,38425	0,1444	0,1155
	16,1002	16,095	5,2	13,46275	0,1288	
	17,2909	17,2879	3	13,659	0,0732	
5	17,1233	17,1132	10,1	13,5805	0,1487	0,1086
	17,7905	17,7832	7,3	13,7375	0,1063	
	17,4326	17,4278	4,8	13,5805	0,0707	
7	18,9866	18,9778	8,8	13,8945	0,0905	0,0911
	19,1513	19,1409	10,4	13,8945	0,1069	
	20,235	20,2275	7,5	14,13	0,0758	
9	16,5124	16,4975	14,9	13,4235	0,1233	0,0536
	17,3316	17,3287	2,9	13,659	0,0236	
	17,4218	17,4201	1,7	13,5805	0,0139	
11	18,9582	18,9541	4,1	13,1095	0,0284	0,0371
	18,9744	18,9646	9,8	13,85525	0,0643	
	18,3229	18,3201	2,8	13,7375	0,0185	

**Lampiran 6. Data laju korosi baja dilapisi ekstrak biji kakao dalam medium udara**

Waktu (Hari)	W <sub>1</sub> (g)	W <sub>t</sub> (g)	ΔW (10 <sup>-3</sup> )	Luas Permukaan Baja (cm <sup>2</sup> )	K <sub>inh</sub> (10 <sup>-3</sup> ) (g/cm <sup>2</sup> hari)	$\overline{K_{inh}}$ (10 <sup>-3</sup> ) (g/cm <sup>2</sup> hari)
3	17,0801	17,0795	0,6	13,61975	0,0147	0,0164
	16,5359	16,5353	0,6	13,54125	0,0148	
	16,5093	16,5085	0,8	13,502	0,0198	
5	18,929	18,9272	1,8	13,816	0,0261	0,0150
	18,1574	18,157	0,4	13,659	0,0059	
	18,2845	18,2836	0,9	13,8945	0,0130	
7	18,0899	18,089	0,9	13,8945	0,0093	0,0096
	18,9106	18,9099	0,7	13,8945	0,0072	
	19,0853	19,0841	1,2	13,8945	0,0123	
9	19,5706	19,5679	2,7	14,0515	0,0214	0,0143
	19,659	19,6569	2,1	13,973	0,0167	
	18,8427	18,8421	0,6	13,7375	0,0049	
11	17,3131	17,3105	2,6	13,659	0,0173	0,0140
	17,0926	17,0909	1,7	13,502	0,0114	
	17,3678	17,3658	2	13,659	0,0133	

**Lampiran 7. Data efisiensi inhibisi korosi baja dalam medium udara**

Waktu (Hari)	K <sub>0</sub> (10 <sup>-3</sup> )	K <sub>inh</sub> (10 <sup>-3</sup> )	IE (%)
3	0,1155	0,0164	85,8
5	0,1086	0,015	86,22
7	<b>0,0911</b>	<b>0,0096</b>	<b>89,46</b>
9	0,0536	0,0143	73,33
11	0,0371	0,014	62,2

Keterangan: IE = Efisiensi Inhibisi  
 K<sub>0</sub> = laju korosi tanpa inhibitor  
 K<sub>inh</sub> = laju korosi dengan inhibitor

**Lampiran 8. Data Laju Korosi Baja Tanpa Dilapisi Larutan Ekstak Biji Kakao dalam Medium Asam Klorida**

Waktu (jam)	$W_0$ (g)	$W_t$ (g)	$W_0 - W_t$	Luas Permukaan Baja ( $\text{cm}^2$ )	$K_0$ ( $10^{-4}$ ) ( $\text{g}/\text{cm}^2 \text{ jam}$ )	$\overline{K_0}$ ( $10^{-4}$ ) ( $\text{g}/\text{cm}^2 \text{ jam}$ )
5	20.4537	20.4405	0.0132	14.2870	1.8478	1.9643
	20.0323	20.0176	0.0147	14.1300	2.0807	
6	17.2428	17.2298	0.0130	13.5805	1.5954	1.7839
	15.8460	15.8303	0.0157	13.2665	1.9724	
7	19.0285	19.0033	0.0252	14.0515	1.1692	1.8677
	19.6992	19.6741	0.0251	13.9730	2.5662	
8	18.6002	18.5832	0.0170	13.8945	1.5294	1.5609
	19.4699	19.4522	0.0177	13.8945	1.5924	
9	19.5165	19.5082	0.0083	13.9730	0.6600	1.5308
	19.7710	19.7408	0.0302	13.9730	2.4015	

**Lampiran 9. Data Laju Korosi Baja dengan Dilapisi Larutan Ekstak Biji Kakao dalam Medium Asam Klorida**

Waktu (jam)	$W_0$ (g)	$W_t$ (g)	$W_0 - W_t$	Luas Permukaan Baja ( $\text{cm}^2$ )	$K_{inh}$ ( $10^{-4}$ ) ( $\text{g}/\text{cm}^2 \text{ jam}$ )	$\overline{K_{inh}}$ ( $10^{-4}$ ) ( $\text{g}/\text{cm}^2 \text{ jam}$ )
5	18.1954	18.1901	0.0053	13.7375	0.7716	1.0410
	18.1195	18.1134	0.0061	13.7375	0.8881	
6	18.2583	18.2516	0.0067	13.7375	0.8129	0.7123
	18.9434	18.9383	0.0051	13.8945	0.6118	
7	20.514	20.5104	0.0036	14.287	0.3600	0.4443
	19.6136	19.6084	0.0052	14.0515	0.5287	
8	19.4926	19.4894	0.0032	13.973	0.3936	0.4192
	19.7806	19.7762	0.0044	13.973	0.4448	
9	15.7124	15.7064	0.006	13.2665	0.5025	0.4640
	16.4553	16.4501	0.0052	13.5805	0.4254	



**Lampiran 10. Perbandingan laju korosi baja dalam medium asam klorida yang dilapisi ekstrak biji kakao dan tanpa dilapisi ekstrak biji kakao**

Waktu (jam)	$K_0$ g/cm <sup>2</sup> jam (10 <sup>-4</sup> )	$K_{inh}$ g/cm <sup>2</sup> jam (10 <sup>-4</sup> )	Efisiensi Inhibisi (%)
5	1.9641	1.0410	47.01
6	1.7839	0.7123	60.07
7	1.8677	0.4443	76.21
8	1.5609	0.4192	73.14
9	1.5307	0.4640	69.69