



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

EKSTRAK KULIT BUAH KAKAO (*Theobroma cacao*) SEBAGAI INHIBITOR KOROSI BAJA DALAM MEDIUM ASAM KLORIDA

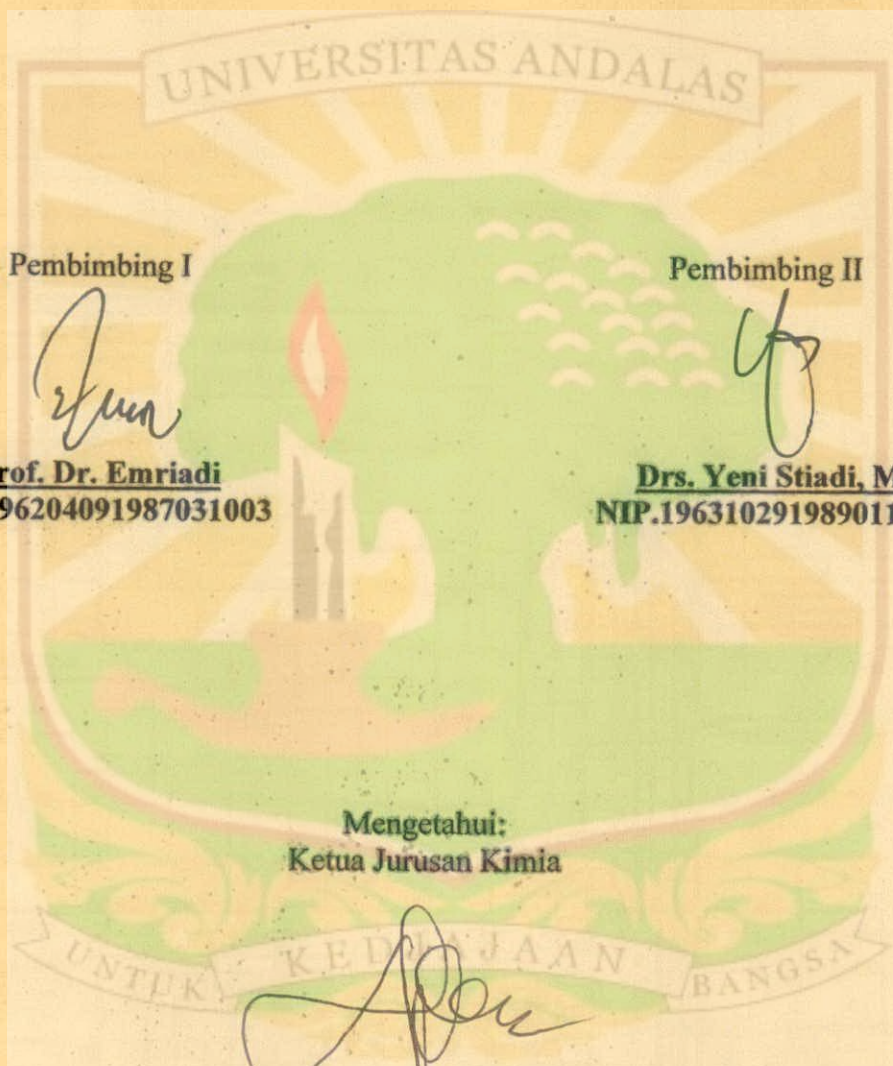
SKRIPSI



**ELLVIA DEBBY TRI PAKSI
08104122034**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG 2012**

Ekstrak Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao*) sebagai Inhibitor Korosi Baja dalam Medium Asam Klorida, skripsi oleh Ellvia Debby Tri Paksi (No.BP. 0810412034) sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (SI) pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas Padang, dan telah diuji pada tanggal : 2 Mei 2012



Pembimbing I

Prof. Dr. Emriadi
NIP. 196204091987031003

Pembimbing II

Drs. Yeni Stiadi, MS
NIP.196310291989011001

Mengetahui:
Ketua Jurusan Kimia

Dr. Adlis Santoni
NIP.196212031988111002

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis ucapkan ke hadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi dengan judul **“Ekstrak Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao*) sebagai Inhibitor Korosi Baja dalam Medium Asam Klorida”** sebagai syarat untuk menyelesaikan program studi Kimia pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas Padang.

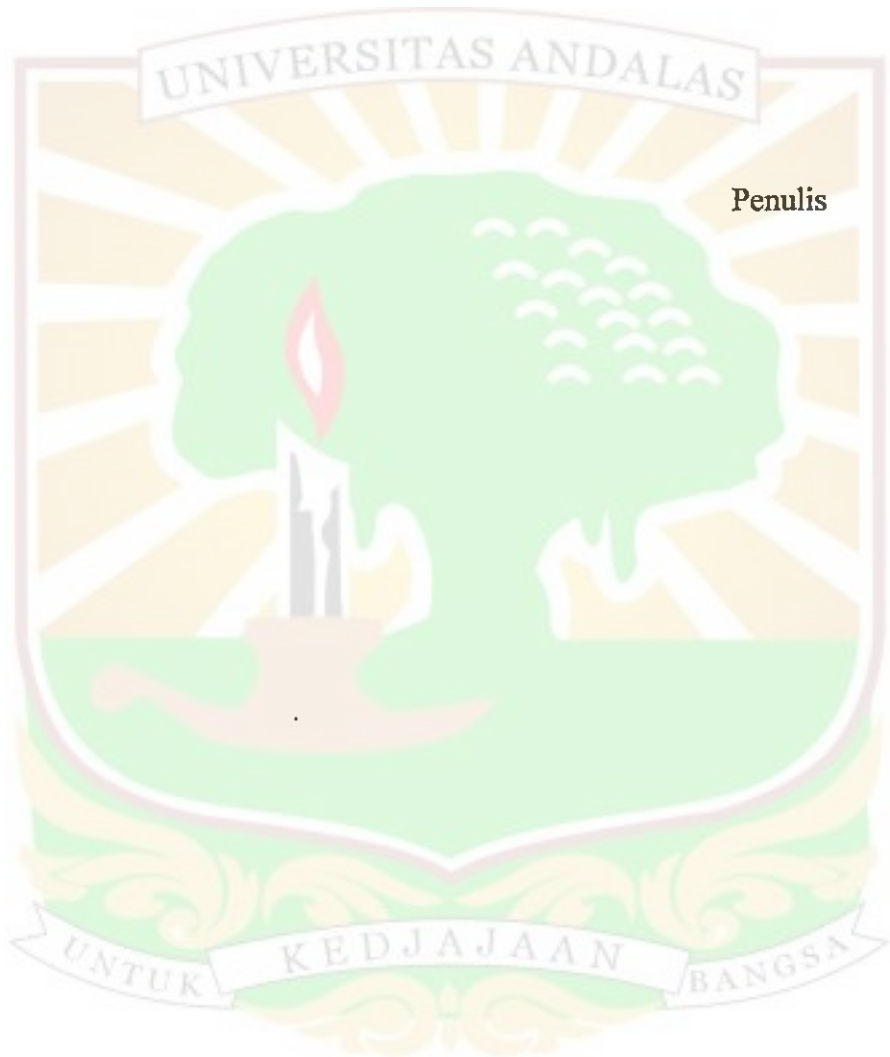
Pada kesempatan ini penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Emriadi selaku pembimbing I sekaligus Dekan FMIPA Universitas Andalas yang telah memberikan petunjuk, bimbingan, dan arahan dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Yeni Stiadi, MS selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, pengarahan dan dukungan dalam melaksanakan penelitian dan penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Prof. Dr. Admin Alif selaku Kepala Laboratorium Elektrokimia/ Fotokimia Jurusan Kimia Universitas Andalas.
4. Bapak Dr. Adlis Santoni selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Andalas Padang.
5. Ibu Prof. Dr. Sumaryati Syukur selaku dosen pembimbing akademik.
6. Analis laboratorium dan rekan kerja di Laboratorium Elektrokimia/ Fotokimia Jurusan Kimia.
7. Teman-teman kimia angkatan 2008 yang telah membantu dalam penelitian ini.
8. Orang tua, abang, kakak dan adik-adik serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah bersedia membantu selama penelitian dan penulisan makalah hasil penelitian ini.

Akhir kata, penulis berharap semoga laporan penelitian ini dapat bermanfaat untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi. Penulis menyadari bahwa makalah hasil penelitian ini masih jauh dari sempurna. Oleh

karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi penyempurnaan makalah ini, semoga dapat memberi manfaat bagi kita semua.

Padang, April 2012



ABSTRAK

EKSTRAK KULIT BUAH KAKAO (*Theobroma cacao*) SEBAGAI INHIBITOR KOROSI BAJA DALAM MEDIUM ASAM KLORIDA

Oleh

Ellvia Debby Tri Paksi

Sarjana Sains (SSi) dalam bidang Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam Universitas Andalas
Dibimbing oleh Prof. Dr. Emriadi dan Yeni Stiadi, MS

Inhibisi korosi baja ditentukan dengan metoda kehilangan berat dan polarisasi potensiodinamik serta pengamatan permukaan baja dengan fotooptik. Efisiensi inhibisi yang diperoleh meningkat dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak kulit buah kakao, menurun dengan meningkatnya konsentrasi asam klorida dan suhu. Nilai efisiensi inhibisi korosi baja yang diperoleh yaitu 83,77% dalam medium asam klorida 0,2 M, 75,41% dalam medium asam klorida 1,4 M dengan metoda kehilangan berat dan 80,98% dalam medium HCl 1,4 M dengan metoda polarisasi potensiodinamik. Metoda polarisasi potensiodinamik menunjukkan bahwa penambahan ekstrak kulit buah kakao dalam medium asam klorida dapat menurunkan nilai arus korosi baja dan potensial korosi baja begeser ke anodik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak kulit buah kakao dapat digunakan sebagai inhibitor korosi baja dalam medium asam klorida.

Kata kunci : *korosi, baja, Theobroma cacao, efisiensi inhibisi, polarisasi potensiodinamik*

ABSTRACT

FRUIT SHELL EXTRACT OF CACAO (*Theobroma cacao*) AS CORROSION INHIBITOR FOR STEEL IN HYDROCHLORIC ACID MEDIUM

By

Ellvia Debby Tri Paksi

Bachelor of Science in Chemistry Faculty of Mathematic and Natural Science
Andalas University
Advised by Prof.Dr.Emriadi, MS and Yeni Stiadi,MS

The inhibition of the corrosion of steel has been studied using weight loss, potentiodynamic polarization method, and observations of steel surface using photoptic. The inhibition efficiency was found to increase with increasing concentration of fruit shell extract of cacao, will decrease with increasing concentration of hydrochloric acid and temperature. Inhibition efficiency was found 83,77% in 0,2 M hydrochloric acid, 75,41% in 1,4 M hydrochloric acid by weight loss method and 80,98% in 1,4 M hydrochloric acid by potentiodynamic polarization method. Potentiodynamic polarization method was showed the addition of the fruit shell extract of cacao in hydrochloric acid will decrease corrosion current and corrosion potential increase to anodic. The results obtained showed that the fruit shell extract of cacao can be used as corrosion inhibitor for steel in hydrochloric acid medium.

Keywords : *corrosion, steel, Theobroma cacao, inhibition efficiency, potentiodynamic polarization*

DAFTAR ISI

LEMBARAN PENGESAHAN.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Korosi.....	3
2.2 Baja	4
2.3 Inhibitor Korosi.....	4
2.4 Kakao (<i>Theobroma cacao</i>)	7
2.5 Metoda Pengukuran	8
III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	12
3.2 Alat dan Bahan.....	12
3.2.1 Alat.....	12
3.2.2 Bahan	12
3.3 Prosedur Kerja	12
3.3.1 Pengerjaan awal baja.....	12
3.3.2 Pembuatan ekstrak kulit buah kakao (<i>Theobroma cacao</i>).....	12
3.3.3 Pembuatan medium korosif HCl.....	13
3.3.4 Pembuatan larutan medium korosif dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao	13
3.3.5 Penentuan kehilangan berat	13
3.3.6 Pengukuran polarisasi potensiodinamik.....	13
3.3.7 Persiapan baja untuk analisis foto optik.....	14
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Uji Kualitatif Ekstrak Kulit Buah Kakao (<i>Theobroma cacao</i>).....	15
4.2 Penentuan Kehilangan Berat	
4.2.1 Pengaruh konsentrasi HCl dan waktu perendaman terhadap laju korosi baja.....	15
4.2.2. Pengaruh penambahan ekstrak terhadap laju korosi dan efisiensi inhibisi korosi baja	16

4.2.3. Pengaruh suhu terhadap laju korosi dan efisiensi inhibisi korosi baja.....	18
4.2.4 Isoterm adsorpsi	21
4.3 Pengukuran Polarisasi Potensiodinamik.....	21
4.4 Analisis Foto Optik.....	23
 V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	25
5.2 Saran	25
 DAFTAR PUSTAKA	26
LAMPIRAN.....	28



DAFTAR TABEL

- Tabel 1. Nilai energi aktifasi tanpa dan dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao 20
- Tabel 2. Nilai potensial dan arus korosi baja dari ekstrapolasi Tafel plot tanpa dan dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao 22



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Struktur tanin.....	8
Gambar 2.	Struktur kompleks Fe tanin.....	8
Gambar 3.	Bagan skema alat polarisasi potensiodinamik	9
Gambar 4.	Pengaruh konsentrasi asam klorida terhadap laju korosi baja	15
Gambar 5.	Pengaruh konsentrasi ekstrak kulit buah kakao terhadap laju korosi baja dalam medium HCl 0,2 M dan 1,4 M perendaman baja selama 4 hari.....	16
Gambar 6.	Pengaruh konsentrasi ekstrak kulit buah kakao terhadap efisiensi inhibisi korosi baja dalam medium HCl 0,2 M dan 1,4 M perendaman baja selama 4 hari.....	17
Gambar 7.	Pengaruh konsentrasi ekstrak kulit buah kakao terhadap derajat penutupan permukaan baja dalam medium HCl 0,2 M dan 1,4 M perendaman baja selama 4 hari.....	18
Gambar 8.	Pengaruh suhu terhadap laju korosi baja perendaman baja dalam medium HCl 1,4 M tanpa dan dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao konsentrasi 2% perendaman baja selama 8 jam	18
Gambar 9.	Pengaruh suhu terhadap efisiensi inhibisi korosi baja dalam medium HCl 1,4 M dengan adanya ekstrak kulit buah kakao 2% perendaman baja selama 8 jam	19
Gambar 10.	Kurva Arrhenius $1/T$ vs $\log v$	20
Gambar 11.	Aluran isoterm adsorpsi Langmuir untuk adsorpsi ekstrak kulit buah kakao medium HCl 1,4 M pada suhu 28°C	21
Gambar 13.	Kurva polarisasi potensiodinamik tanpa dan dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao dalam medium HCl 1,4 M	22
Gambar 14.	Foto permukaan baja dengan perbesaran 100x (a). Baja St 37 (b). Baja yang direndam dalam medium HCl 1,4 M (c). Baja yang direndam dalam medium HCl 1,4 M dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao 2 % selama 4 hari.....	23

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Skema kerja persiapan awal baja.....	28
Lampiran 2	Skema kerja pembuatan ekstrak kulit buah kakao.....	28
Lampiran 3.	Skema kerja pembuatan medium korosif tanpa dan dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao.....	29
Lampiran 4.	Skema kerja penentuan kehilangan berat.	29
Lampiran 5.	Skema kerja pengukuran polarisasi potensiodinamik.....	30
Lampiran 6.	Skema kerja persiapan baja untuk analisis fotooptik.....	30
Lampiran 7.	Gambar kulit buah kakao (<i>Theobroma cacao</i>).....	31
Lampiran 8.	Gambar uji kualitatif tanin dengan $FeCl_3$	31
Lampiran 9.	Gambar perendaman baja dalam medium HCl.....	31
Lampiran 10.	Gambar perendaman baja dalam medium HCl dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao.....	32
Lampiran 11.	Gambar alat potensiostat.....	33
Lampiran 12.	Nilai % kehilangan berat baja dalam medium HCl.....	34
Lampiran 13.	Nilai % kehilangan berat baja dalam medium HCl dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao selama 4 hari ...	34
Lampiran 14.	Nilai % kehilangan berat baja dalam medium HCl tanpa dan dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao pada variasi suhu perendaman baja selama 8 jam.....	35
Lampiran 15.	Perhitungan % kehilangan berat baja.....	35
Lampiran 16.	Nilai laju korosi baja dalam medium HCl.....	36
Lampiran 17.	Nilai laju korosi baja dalam medium HCl dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao perendaman baja selama 4 hari.....	36
Lampiran 18.	Nilai laju korosi baja dalam medium HCl tanpa dan dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao pada variasi suhu selama 8 jam.....	37
Lampiran 19.	Perhitungan nilai laju korosi baja.....	37
Lampiran 20.	Nilai % Efisiensi inhibisi korosi baja perendaman baja selama 4 hari.....	38

Lampiran 21. Nilai % efisiensi inhibisi korosi baja dalam medium HCl 1,4 M dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao 2 % pada variasi suhu perendaman baja selama 8 jam.....	38
Lampiran 22. Perhitungan % efisiensi inhibisi korosi baja (%EI).....	38
Lampiran 23. Nilai derajat penutupan permukaan baja perendaman dalam medium HCl selama 4 hari	39
Lampiran 24. Perhitungan nilai derajat penutupan permukaan baja.....	39
Lampiran 25. Penentuan nilai energi aktivasi (E_a).....	40
Lampiran 26. Data analisis Tafel plot.....	40



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini material baja banyak digunakan dalam berbagai keperluan umpamanya untuk bahan bangunan, bahan mobil dan peralatan industri. Salah satu kekurangan material yang terbuat dari baja adalah sifatnya yang mudah mengalami korosi, sehingga negara telah dirugikan miliaran rupiah setiap tahunnya akibat ulah korosi tersebut. Kekurangan yang dimiliki baja ini harus ditekan sedemikian rupa sehingga dapat bermanfaat semaksimal mungkin dalam menunjang pembangunan dan penghematan devisa negara¹.

Baja sangat rentan terhadap serangan dari medium korosif salah satunya yaitu medium asam. Fenomena korosi baja menjadi penting khususnya dalam medium asam karena aplikasi larutan asam di industri meningkat. Dalam industri saat sekarang ini, asam digunakan untuk pembersihan logam dan paduannya. Larutan asam juga banyak diaplikasikan di lingkungan dan menunjukkan banyaknya material yang berkontak dengan larutan asam. Salah satunya adalah medium korosif asam klorida. Asam klorida merupakan salah satu asam kuat yang dapat mempercepat proses korosi pada permukaan baja^{2,3,4}.

Salah satu cara pencegahan korosi yang sering dilakukan adalah dengan menggunakan suatu inhibitor yang dapat memperlambat proses korosi. Inhibitor ini dapat berupa senyawa anorganik maupun organik. Salah satu bentuk senyawa organik yang dapat digunakan sebagai inhibitor korosi logam adalah senyawa yang mengandung gugus hidroksi. Senyawa organik tersebut dapat berasal dari ekstrak tumbuhan atau bahan alam. Inhibitor korosi yang berasal dari tumbuhan saat sekarang ini sangat berkembang. Hal ini disebabkan karena inhibitor tersebut ramah lingkungan, mudah didegradasi, tidak mengandung senyawa yang toksik, mudah diperoleh, dan tidak mahal^{1,5}.

Salah satu inhibitor korosi dari senyawa bahan alam adalah ekstrak dari kulit buah kakao (*Theobroma cacao*). Ekstrak kulit buah kakao banyak mengandung senyawa-senyawa organik yaitu campuran flavonoid atau tanin terkondensasi seperti antosianin, tanin, katekin, leukoantosianidin. Tanin adalah salah satu senyawa yang mempunyai sejumlah gugus hidroksi. Dengan demikian

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Korosi

Korosi adalah kerusakan logam oleh reaksi kimia atau reaksi dengan lingkungannya. Logam apabila dibiarkan dalam udara terbuka atau kontak dengan lingkungan korosif akan mengalami korosi. Jika lingkungan logam itu berupa larutan (*aqueous*) bersifat elektrolit, dan adanya oksigen menyebabkan logam teroksidasi dengan melepaskan elektron. Proses korosi berlangsung cepat karena adanya sejumlah reaksi yang mengubah komposisi dan sifat dari permukaan logam, misalnya pembentukan oksida, difusi kation logam ke dalam lapisan logam, perubahan pH dan potensial elektrokimia⁵.

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, unsur-unsur yang ada dalam bahan, teknik pencampuran bahan. Faktor dari lingkungan meliputi tingkat pencemaran udara, suhu, pH, keberadaan zat-zat kimia yang bersifat korosi, dan lapisan pada permukaan logam. Bahan-bahan korosif (yang dapat menyebabkan korosi) terdiri atas asam, basa serta garam, baik dalam bentuk senyawa anorganik maupun organik⁷.

Beberapa teknik untuk pencegahan korosi yaitu :

1. Pelapisan (*coating*) yaitu melindungi logam utama dengan lapisan pelindung. Permukaan logam dilapisi dengan bahan logam maupun non logam yang terdiri dari campuran senyawa kimia untuk mencegah kontak langsung antara logam yang dilindungi dengan lingkungan. Proses pelapisan diantaranya yaitu :
 - a. Pengecatan, dapat mencegah masuknya udara lembab.
 - b. Elektroplating (penyepuhan listrik).
2. Proteksi katoda yaitu dengan menghubungkan logam dengan logam lain yang mempunyai potensial lebih negatif.
3. Perlindungan menggunakan inhibitor korosi, yaitu dapat berupa bahan organik dan anorganik⁸.

2.2 Baja

Baja merupakan paduan dari besi (Fe), karbon (C) dan sejumlah unsur lainnya seperti Mn, Si, S, P dan N. Baja paduan, selain mengandung unsur-unsur seperti yang terdapat dalam baja karbon, juga mengandung unsur-unsur lain yaitu Ni, Cr, Mo, Mn, Si, V, Co, Cu dan Pb. Baja merupakan logam yang paling banyak digunakan dalam teknik yaitu dalam bentuk pelat, batang dan lembaran pipa, baja dapat dibentuk melalui pengecoran dan penempaan sedangkan karbon merupakan salah satu unsur terpenting karena dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan baja.

Berdasarkan komposisi kimia yang dimiliki, baja dapat dibagi menjadi 3 jenis :

a. Baja karbon tinggi

Memiliki sifat yang sulit dibengkokkan (ditempa), dilas ataupun dipotong. Kandungan karbon sekitar 0,60-1,50%, digunakan pada obeng, palu besi, pisau, bor, kawat, sekrup, gergaji pemotong baja dan lain-lain.

b. Baja karbon menengah

Kekuatan lebih tinggi dibandingkan dengan baja karbon rendah. Kandungan karbon sekitar 0,30-0,60%. Memiliki sifat yang agak sulit untuk dibengkokkan (ditempa), dilas, atau dipotong. Diaplikasikan untuk poros roda, rel, sekrup mobil, gigi roda mobil, ketel uap, palu dan lain-lain.

c. Baja karbon rendah

Sifatnya mudah ditempa, memiliki kandungan karbon sekitar 0,05-0,30 %. Banyak diaplikasikan sebagai bodi mobil, bangunan, pipa, rantai, paku keling, sekrup, gigi persneling, baut, jembatan dan palang⁹.

2.3 Inhibitor Korosi

Inhibitor dapat menurunkan atau mencegah reaksi logam dengan medium. Peran inhibitor adalah untuk membentuk penghalang dari satu atau beberapa lapisan molekul terhadap serangan asam, garam dan lingkungan korosif lainnya. Sulfur dan nitrogen yang mengandung senyawa heterosiklik dengan berbagai substituen efektif sebagai inhibitor korosi. Tiofena, turunan hidrazin memberikan afinitas khusus untuk menghambat korosi logam dalam larutan asam. Zat anorganik

seperti fosfat, kromat, dikromat, silikat, borat, molibdat dan arsenat telah ditemukan efektif sebagai inhibitor korosi logam. Pirol dan turunannya menunjukkan perlindungan yang baik terhadap korosi dalam medium asam. Kelemahan utama inhibitor anorganik adalah toksisitas bahan anorganik tersebut, sulit didegradasi dan mengandung logam berat. Diantara alternatif inhibitor korosi adalah zat organik yang mengandung gugus fungsi polar dengan nitrogen, sulfur, dan oksigen dapat sebagai inhibitor yang efektif⁵.

Saat sekarang inhibitor korosi yang berasal dari tumbuhan atau bahan organik ini sangat berkembang. Hal ini disebabkan karena ramah lingkungan, mudah didegradasi, tidak mengandung senyawa yang toksik, mudah diperoleh, dan tidak mahal. Ekstrak dari tumbuhan mengandung senyawa organik heteroatom yang dapat menghambat terjadinya korosi. O, N and S merupakan pusat aktif untuk proses adsorpsi pada lapisan logam^{4,5}.

Penggunaan senyawa organik yang mengandung oksigen, sulfur dan terutama nitrogen untuk mengurangi korosi pada baja. Data yang ada menunjukkan bahwa kebanyakan inhibitor organik mengadsorpsi pada permukaan logam dengan menggantikan molekul air di permukaan dan membentuk lapisan penghalang. Senyawa tanin, alkaloid, asam amino, nikotin, katekin merupakan beberapa contoh senyawa aktif dari senyawa organik yang dapat menghambat terjadinya korosi.

Adanya pasangan elektron bebas dalam molekul inhibitor akan mengakibatkan transfer elektron dari inhibitor dengan logam. Ikatan kovalen koordinasi yang melibatkan transfer elektron dari inhibitor ke permukaan logam terbentuk. Karakteristik inhibisi senyawa tersebut juga berasal dari kemampuan adsorpsi molekul tersebut, dan gugus polar bertindak sebagai pusat reaksi untuk proses adsorpsi. Lapisan teradsorpsi yang dihasilkan bertindak sebagai penghalang yang memisahkan logam dari medium korosi⁵.

Adapun mekanisme inhibitor korosi dapat dibedakan sebagai berikut :

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

2. Melalui pengaruh lingkungan (misal pH) menyebabkan inhibitor dapat mengendap dan selanjutnya teradsorpsi pada permukaan logam serta melindunginya terhadap korosi. Endapan yang terjadi cukup banyak, sehingga lapisan yang terjadi dapat teramati oleh mata.
3. Inhibitor lebih dulu mengkorosi logamnya, dan menghasilkan suatu zat kimia yang kemudian melalui peristiwa adsorpsi dari produk korosi tersebut membentuk suatu lapisan pasif pada permukaan logam.
4. Inhibitor menghilangkan konstituen yang agresif dari lingkungannya¹⁰.

Secara umum inhibitor korosi dibagi atas beberapa kategori yakni;

1. Inhibitor Anodik

Inhibitor anodik menurunkan laju korosi dengan cara memperlambat reaksi anodik. Inhibitor anodik membentuk lapisan pasif melalui reaksi ion-ion logam yang terkorosi untuk menghasilkan selaput pasif tipis yang akan menutupi anoda (permukaan logam) dan lapisan ini akan menghalangi pelarutan anoda selanjutnya. Lapisan pasif yang terbentuk mempunyai potensial korosi yang tinggi atau inhibitor anodik menaikkan polarisasi anodik. Senyawa yang biasa digunakan sebagai inhibitor anodik adalah: kromat, nitrit, nitrat, molibdat, silikat, fosfat, borat.

2. Inhibitor Katodik

Inhibitor katodik menurunkan laju korosi dengan cara memperlambat reaksi katodik. Inhibitor katodik bereaksi dengan OH⁻ untuk mengendapkan senyawa-senyawa tidak larut pada permukaan logam sehingga dapat menghalangi masuknya oksigen. Contoh inhibitor tipe ini antara lain: Zn, CaCO₃, polifosfat¹¹.

Penurunan kecepatan korosi dapat disebabkan oleh :

1. Adsorpsi ion atau molekul pada permukaan logam
2. Peningkatan atau penurunan reaksi anodik atau katodik
3. Penurunan kecepatan difusi dari reaktan ke permukaan logam
4. Peningkatan tahanan elektrik dari permukaan logam
5. Penggunaan inhibitor yang mudah diperoleh dan memiliki keuntungan⁵.

Inhibitor korosi dapat bekerja menghambat korosi dengan berbagai jalan dan peristiwa adsorpsi inhibitor pada permukaan logam merupakan satu mekanisme untuk inhibitor korosi tipe anodik. Jenis adsorpsi yang terjadi adalah

fisisorpsi, kimisorpsi atau kimisorpsi yang didahului oleh fisisorpsi, adsorpsi ini sangat tergantung pada struktur inhibitor sendiri, jenis logam dan keadaan media (pH, suhu dan jumlah inhibitor)¹².

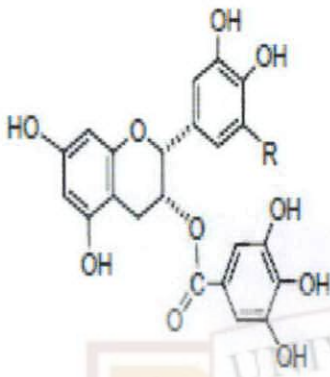
2.4 Kakao (*Theobroma cacao*)

Kakao termasuk dalam genus *Theobroma*, dengan nama latin *Theobroma cacao*. Tanaman kakao mempunyai tinggi sekitar 5-10 m. Batang berkayu (lignosus), bulat, percabangan monopodial, dan berwarna coklat kotor. Berikut merupakan susunan taksonomi dari *Theobroma cacao* :

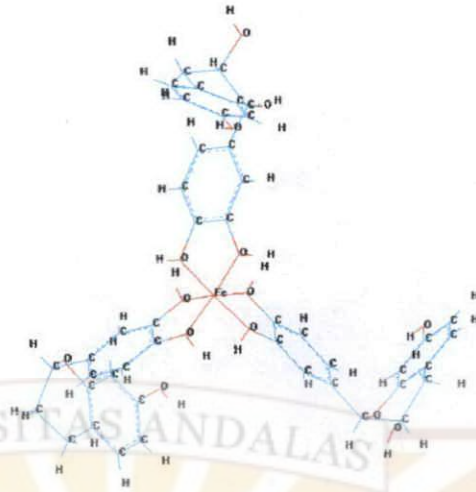
Kingdom	: Plantae
Divisio	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Ordo	: Malvales
Famili	: Malvaceae
Genus	: <i>Theobroma</i>
Spesies	: <i>Theobroma cacao</i> ¹³

Ekstrak kulit buah kakao mengandung beberapa komponen senyawa kimia antara lain campuran flavonoid atau tanin terkondensasi seperti antosianin, tanin, katekin, leukoantosianidin. Tanin merupakan senyawa organik kompleks yang terdiri dari polifenol dan adakalanya terdapat dalam bentuk glikosida. Tanin juga dikenal dengan nama asam tanat atau asam galatanat. Tanin terdapat dalam bentuk amorf, bersifat higroskopis, berwarna coklat kekuningan, larut dalam air panas, alkohol gliseril, propil glikol dan natrium hidroksida encer dan tidak larut dalam pelarut organik yang non polar seperti eter, petroleum eter, kloroform dan benzen. Tanin pada tanaman terdapat pada daun, kulit, batang, biji, kayu, dan bunga^{6,13}.

Senyawa tanin dapat membentuk kompleks dengan besi(II) dan besi(III). Kompleks besi(II)-tanin tidak berwarna dan mudah larut dan teroksidasi. Dengan adanya oksigen, kompleks ini berubah menjadi kompleks besi(III)-tanin yang disebut tanat. Kompleks inilah yang akan melekat pada permukaan besi yang akan menghalangi terjadinya proses korosi lebih lanjut karena kompleks tersebut akan terserap pada permukaan besi dan melindungi permukaan besi^{1,14}.



Gambar 1. Struktur tanin



Gambar 2. Struktur Kompleks Fe Tanin¹⁵

Terdapat 4 jenis adsorpsi yang mungkin terjadi pada antarmuka molekul organik pada logam dengan medium¹⁶ :

1. Elektrostatik antara muatan molekul dengan muatan pada logam
2. Interaksi dari pasangan elektron bebas pada molekul dengan logam
3. Interaksi antara π elektron dengan logam
4. Kombinasi dari reaksi 1-3.

2.5 Metoda Pengukuran

1. Penentuan Kehilangan Berat (*Weight loss*)

Prinsip dasar pengukuran ini yaitu dengan menghitung kehilangan berat yang terjadi pada sampel baja yang ditimbang dan direndam pada larutan korosif selama beberapa waktu. Setelah perendaman, sampel dibersihkan untuk membersihkan produk korosinya dan dilanjutkan dengan penimbangan sampel kembali dan akhirnya didapatkan data berat sampel sesudah perendaman. Pengurangan berat yang terjadi dikonversikan menjadi suatu laju korosi.^{17,18}

$$v = \frac{m_1 - m_2}{A \times t} \dots\dots\dots (1)$$

- v = Laju korosi (mg/cm² hari)
- m_2 = Berat awal baja (mg)
- m_1 = Berat akhir baja (mg)

A = Luas permukaan baja (cm²)

T = Waktu perendaman baja (hari)

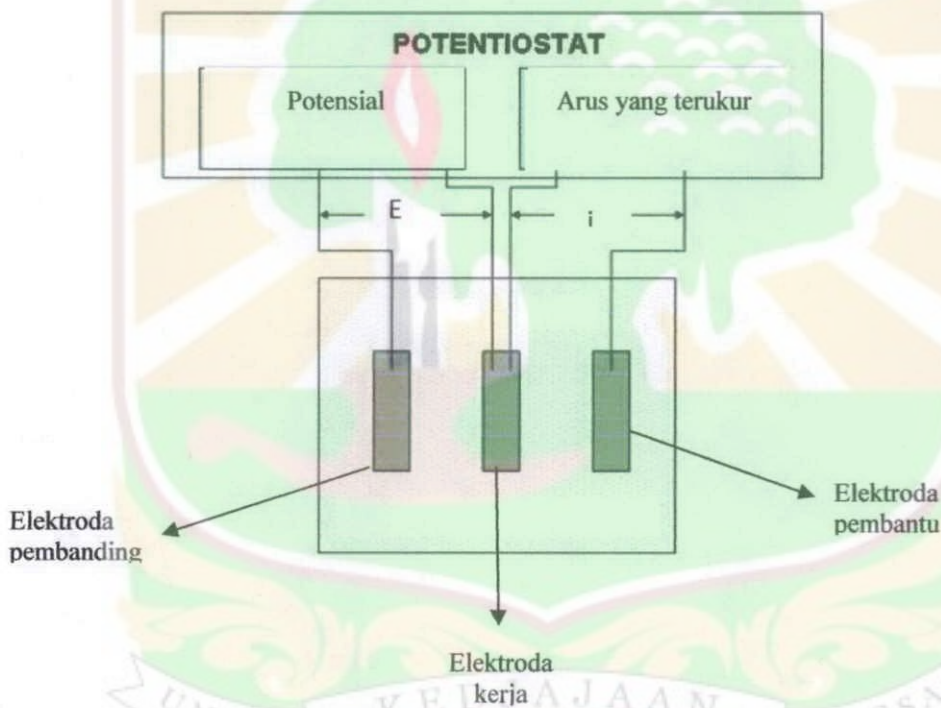
$$EI = \frac{v_{\text{tanpa inhibitor}} - v_{\text{inhibitor}}}{v_{\text{inhibitor}}} \times 100 \% \dots\dots\dots (2)$$

EI = Efisiensi inhibisi

$$\emptyset = \frac{v_{\text{tanpa inhibitor}} - v_{\text{inhibitor}}}{v_{\text{inhibitor}}} \dots\dots\dots (3)$$

\emptyset = Derajat penutupan permukaan

2. Pengukuran Polarisasi Potensiodinamik



Gambar 3. Bagan skema alat polarisasi potensiodinamik¹⁹

Pengukuran polarisasi potensiodinamik menggunakan tiga elektroda. Tiga elektroda tersebut adalah¹⁷ :

1. Elektroda kerja, yaitu elektroda yang akan diteliti
2. Elektroda pembantu, contoh : Pt
3. Elektroda pembanding, contoh : Ag/AgCl

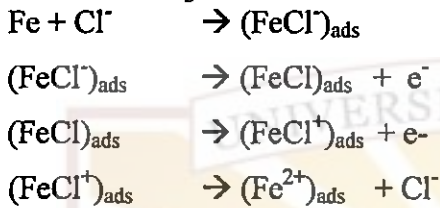


$$EI = \frac{I_{\text{korosi tanpa inhibitor}} - I_{\text{korosi dengan adanya inhibitor}}}{I_{\text{korosi tanpa inhibitor}}} \times 100\% \dots \dots \dots (4)$$

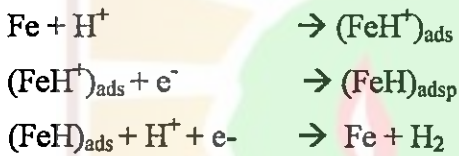
EI = Efisiensi inhibisi

I = Arus

Mekanisme korosi baja dan besi dalam larutan asam klorida² :



Reaksi hidrogen di katodik :



Metoda polarisasi potensiodinamik adalah suatu metoda untuk menentukan sifat korosi logam berdasarkan hubungan potensial dan arus anodik atau katodik. Jika logam berinteraksi dengan larutan yang bersifat korosif maka pada permukaan logam dapat terjadi reaksi reduksi atau oksidasi secara bersamaan. Korosi logam terjadi jika terdapat arus anodik yang besarnya sama dengan arus katodik.

Jika dalam sistem sel elektrokimia diberikan arus searah dari luar (sumber DC) atau ditambahkan zat yang dapat mempengaruhi potensial sel, maka potensial logam akan lebih positif atau lebih negatif dibandingkan potensial korosinya, menghasilkan arus anodik atau arus katodik. Potensial elektroda akan berubah selama berlangsungnya proses korosi, potensial anoda cenderung naik dan potensial katoda cenderung turun dibandingkan dengan potensial korosinya. Potensial yang terukur dari suatu logam yang terkorosi adalah potensial gabungan dari anoda dan katoda yang terpolarisasi yang disebut potensial korosi (E_{corr}). Besarnya arus pada potensial korosi disebut arus korosi (I_{corr})²⁰

3. Energi Aktifasi

Energi aktifasi merupakan energi minimum yang dibutuhkan untuk terjadinya suatu reaksi kimia. Energi aktifasi ini ditentukan dengan persamaan Arrhenius yaitu :

$$\log v = \frac{-E_a}{2,303 RT} + A \dots\dots\dots (5)$$

dengan v merupakan laju korosi, E_a adalah energi aktifasi dan R adalah konstanta gas ideal. Hubungan antara $\log v$ dengan $1/T$ menghasilkan garis lurus dan nilai slope dari grafik tersebut merupakan nilai $E_a/2,303R^2$.



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fotokimia/Elektrokimia Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas dimulai dari bulan Januari sampai April 2012.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Peralatan yang digunakan yaitu : alat-alat gelas, neraca analitik, jangka sorong *digital caliper Inoki*, ampelas besi, gerinda, oven, *rotary evaporator*, *hot plate*, *potensiostat eDAQ*, *Carton Stereo Trinocular Foto Optic*.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan yaitu : Baja St 37, kulit buah kakao segar, metanol, aquabides, HCl p.a, aseton Merck.

3.3 Prosedur Kerja

3.3.1 Pengerjaan awal baja

Baja yang berbentuk batangan dipotong dengan diameter $\pm 2,5$ cm dan ketebalan $\pm 0,5$ cm. Kemudian dihaluskan permukaannya dengan menggunakan ampelas besi dan dibilas dengan aquabides. Baja direndam dalam aseton untuk menghilangkan lemak yang mungkin menempel pada spesimen. Selanjutnya baja dikeringkan dalam oven suhu 60°C . Setelah kering baja ditimbang dan hasil penimbangan dinyatakan sebagai berat awal (m_1)

3.3.2 Pembuatan ekstrak kulit buah kakao (*Theobroma cacao*)

Kulit buah kakao segar dipotong kecil-kecil kemudian dikering anginkan. Kulit buah kakao kering ditumbuk halus, kemudian dimaserasi dengan metanol. Ekstrak disaring, diuapkan pelarutnya dengan *rotary evaporator* dan didapatkan ekstrak pekat kulit buah kakao. Ekstrak pekat kulit buah kakao diuji kualitatif dengan FeCl_3 .

3.3.3 Pembuatan medium korosif HCl

HCl 2 M digunakan sebagai larutan induk untuk membuat HCl dengan variasi konsentrasi 0,2; 0,6; 1,0; 1,4 M. Selanjutnya diencerkan dengan aquabides dalam labu ukur 50 mL dan digunakan untuk pengujian.

3.3.4 Pembuatan larutan medium korosif dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao

Ekstrak pekat kulit buah kakao yang telah didapatkan selanjutnya divariasikan konsentrasinya yaitu 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 % dan dicampur dengan HCl untuk masing-masing konsentrasi 0,2 M dan 1,4 M dalam labu ukur 50 mL. Selanjutnya diencerkan dengan aquabides dan digunakan untuk pengujian.

3.3.5 Penentuan kehilangan berat

Baja direndam dalam 50 mL larutan medium korosif HCl pada berbagai konsentrasi dan dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao selama 4, 8 dan 12 hari dan variasi suhu 28° sampai dengan 60°C selama 8 jam menggunakan *hot plate*. Kemudian dibersihkan, dicuci, dan dikeringkan dalam oven. Setelah kering baja ditimbang dan hasil penimbangan dinyatakan sebagai berat akhir (m_2).

3.3.6 Pengukuran Polarisasi potensiodinamik

Elektroda yang digunakan yaitu : elektroda Pt sebagai elektroda pembantu, elektroda Ag/AgCl sebagai elektroda pembanding, dan baja sebagai elektroda kerja. Pengukuran polarisasi potensiodinamik dilakukan dalam medium HCl 1,4 M dan medium HCl yang mengandung konsentrasi yang berbeda dari inhibitor 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 %. Ketiga elektroda dicelupkan ke dalam bejana berisi medium korosif HCl tanpa dan dengan adanya perbedaan konsentrasi ekstrak kulit buah kakao. Kemudian dihubungkan dengan potensiostat dan diatur potensial sehingga diperoleh kurva hubungan antara potensial (E) VS arus (I).

3.3.7 Persiapan baja untuk analisis foto optik

Baja direndam dalam HCl 1,4 M tanpa dan dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao 2% selama 4 hari. Kemudian dikeringkan dan discan dengan *Carton Carton Stereo Trinocular Foto Optic*.



BAB IV

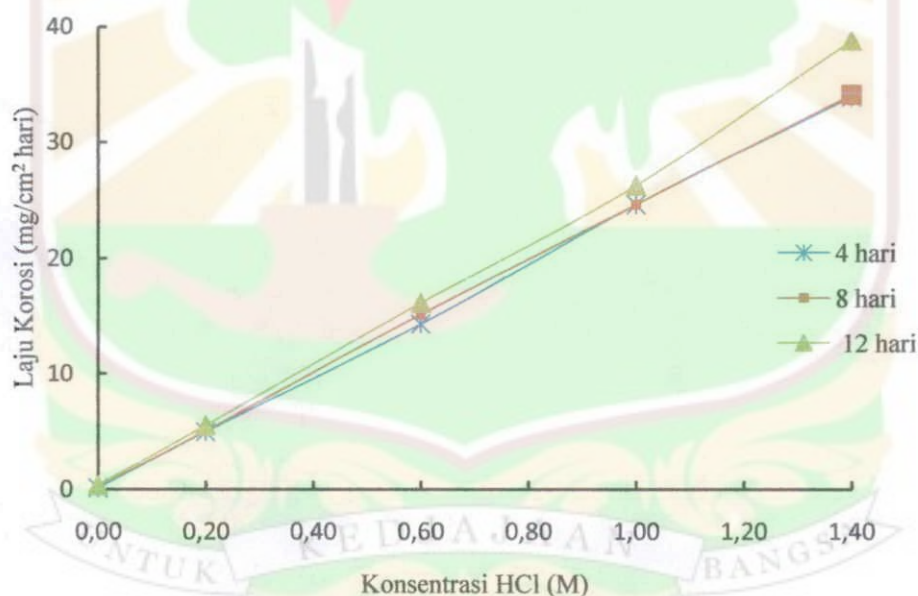
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Uji Kualitatif Ekstrak Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao*)

Uji kualitatif kandungan kimia dari ekstrak kulit buah kakao dilakukan dengan penambahan pereaksi spesifik FeCl_3 . Pereaksi spesifik tersebut digunakan untuk mengidentifikasi adanya senyawa tanin yang terdapat pada ekstrak kulit buah kakao. Penambahan pereaksi FeCl_3 menunjukkan terjadi perubahan warna ekstrak dari kuning kecoklatan menjadi hijau kehitaman yang terlihat pada Lampiran 8. Perubahan warna pada uji kualitatif ini menandakan bahwa ekstrak kulit buah kakao mengandung senyawa tanin.

4.2 Penentuan Kehilangan Berat

4.2.1. Pengaruh konsentrasi HCl dan waktu perendaman terhadap laju korosi baja

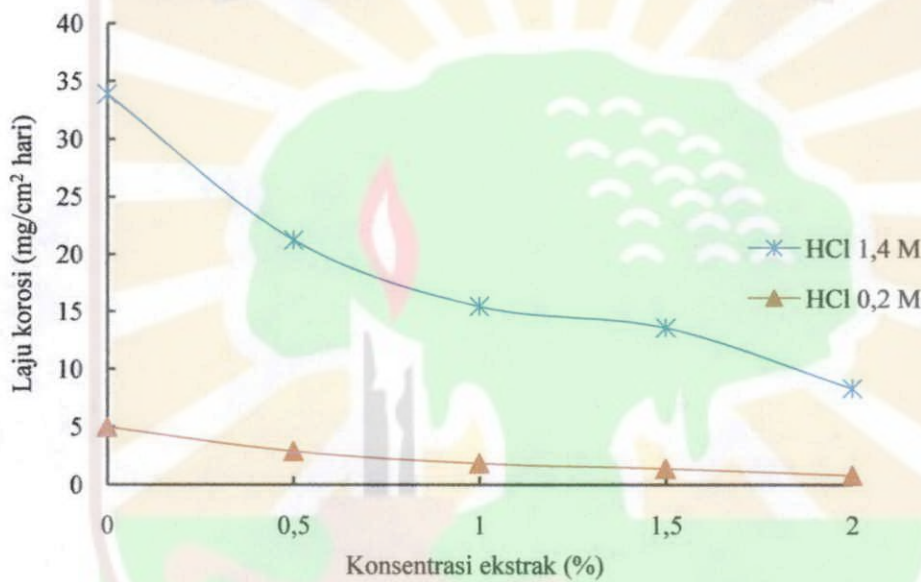


Gambar 4. Pengaruh konsentrasi asam klorida terhadap laju korosi baja

Penentuan kehilangan berat baja dengan adanya variasi konsentrasi HCl digunakan untuk menentukan nilai laju korosi baja. Nilai laju korosi baja ditentukan dengan persamaan 1. Gambar 4. menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi HCl maka nilai laju korosi baja juga semakin meningkat. Peningkatan nilai laju korosi baja disebabkan oleh peningkatan konsentrasi ion H^+ dan Cl^-

dalam medium. Semakin lama waktu perendaman baja maka nilai laju korosi baja juga semakin meningkat tetapi peningkatan nilai laju korosi perendaman baja selama 8 dan 12 hari tidak berbeda signifikan dengan nilai laju korosi perendaman baja selama 4 hari. Hal ini disebabkan produk korosi yang terbentuk pada permukaan baja perendaman selama 4 hari akan membentuk lapisan pasif. Data nilai laju korosi perendaman selama 4, 8 dan 12 hari terdapat pada Lampiran 16.

4.2.2 Pengaruh penambahan ekstrak kulit buah kakao terhadap laju korosi dan efisiensi inhibisi korosi baja

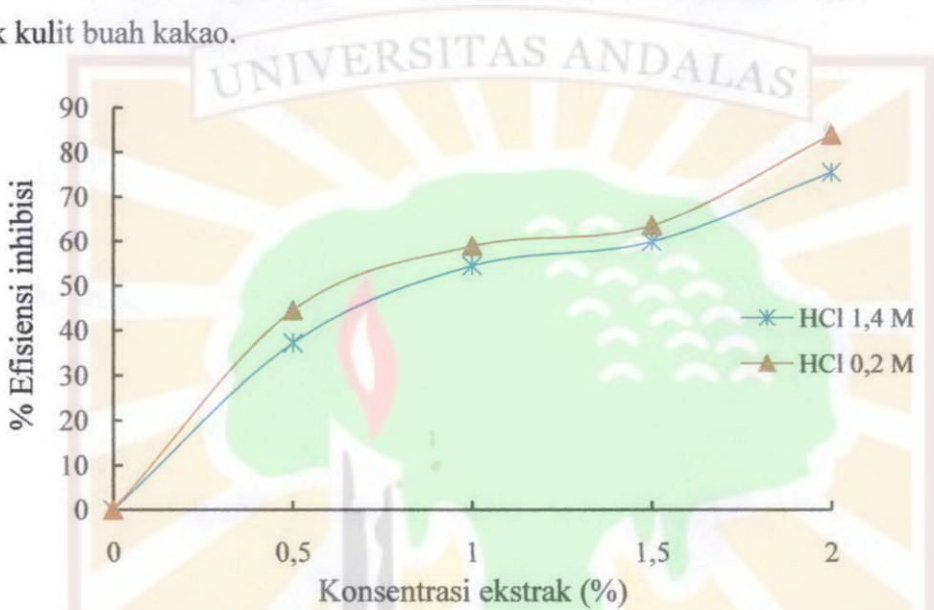


Gambar 5. Pengaruh konsentrasi ekstrak kulit buah kakao terhadap laju korosi baja dalam medium HCl 0,2 M dan 1,4 M perendaman baja selama 4 hari

Nilai laju korosi dan efisiensi inhibisi korosi baja ditentukan dengan metoda kehilangan berat dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao yang terdapat pada data Lampiran 13. Nilai konsentrasi ekstrak divariasikan dari 0,5 sampai 2%. Gambar 5. memperlihatkan bahwa nilai laju korosi baja semakin berkurang dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak kulit buah kakao. Hal ini disebabkan adanya adsorpsi molekul ekstrak kulit buah kakao dipermukaan baja yang menghalangi serangan dari ion H^+ dan Cl^- . Pada Gambar 6. dapat terlihat nilai efisiensi inhibisi korosi baja oleh ekstrak kulit buah kakao. Nilai efisiensi inhibisi korosi baja ditentukan dengan menggunakan persamaan 2. Efisiensi inhibisi korosi baja mencapai 83,77% pada konsentrasi asam klorida 0,2 M dan

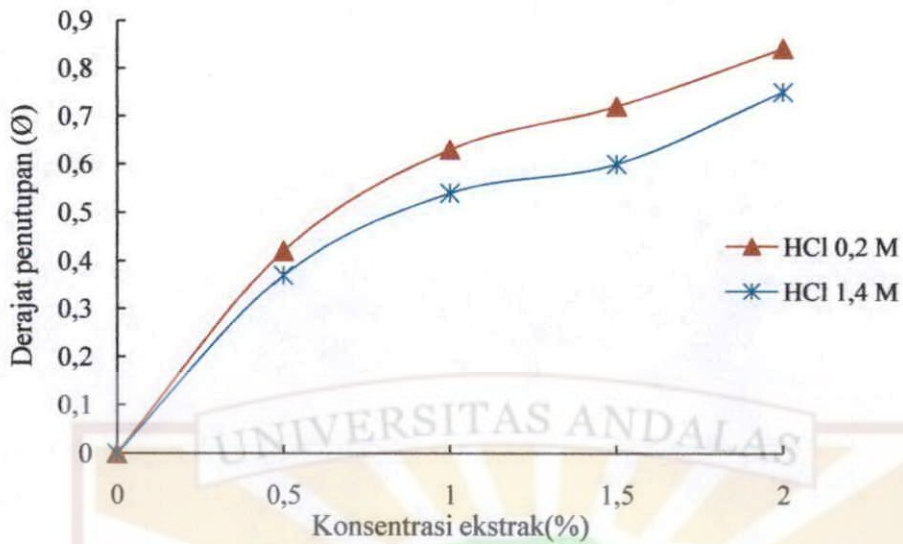
75,41% pada konsentrasi asam klorida 1,4 M. Data nilai laju korosi dan efisiensi inhibisi korosi baja dalam medium asam klorida tanpa dan dengan adanya ekstrak kulit buah kakao terlihat pada Lampiran 17 dan Lampiran 20.

Aktivitas yang tinggi dari ekstrak kulit buah kakao disebabkan karena adanya senyawa heteroatom dan gugus hidroksi yang dapat teradsorpsi pada permukaan baja. Adsorpsi dari ekstrak kulit buah kakao pada permukaan baja terjadi akibat adanya interaksi Fe dalam baja dengan tanin yang terdapat dalam ekstrak kulit buah kakao.



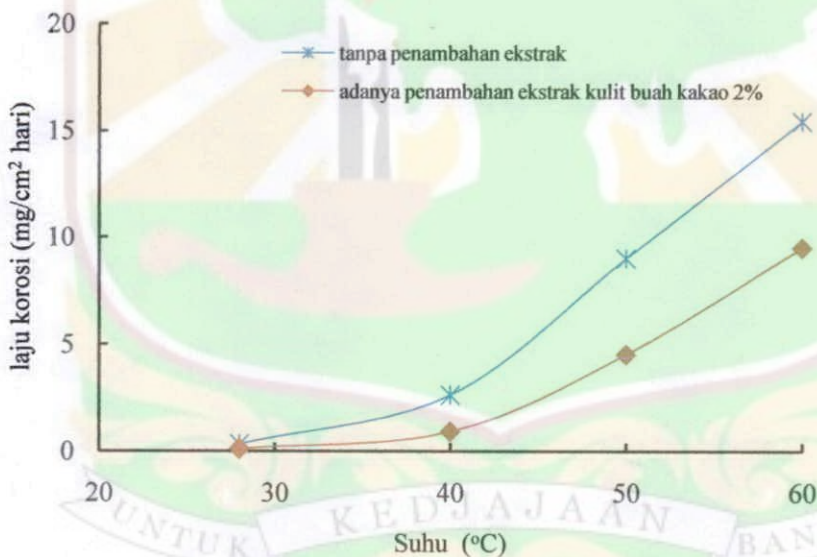
Gambar 6. Pengaruh konsentrasi ekstrak kulit buah kakao terhadap efisiensi inhibisi korosi baja dalam medium HCl 0,2 M dan 1,4 M perendaman baja selama 4 hari

Nilai arus korosi baja tanpa dan dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao digunakan untuk menentukan nilai derajat penutupan permukaan baja (θ). Nilai derajat penutupan permukaan ditentukan dengan persamaan 3. Gambar 7. memperlihatkan bahwa semakin tinggi konsentrasi ekstrak kulit buah kakao maka nilai derajat penutupan permukaan baja semakin tinggi mencapai 0,84 konsentrasi HCl 0,2 M dan 0,75 konsentrasi HCl 1,4 M. Hal ini menunjukkan bahwa hampir seluruh permukaan baja ditutupi oleh ekstrak kulit buah kakao sehingga serangan ion H^+ dan Cl^- dari medium asam terhalangi dengan adanya lapisan ekstrak pada permukaan baja². Pada Lampiran 22. ditunjukkan data nilai derajat penutupan permukaan baja dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao.



Gambar 7. Pengaruh konsentrasi ekstrak kulit buah kakao terhadap derajat penutupan permukaan baja dalam medium HCl 0,2 M dan 1,4 M perendaman baja selama 4 hari

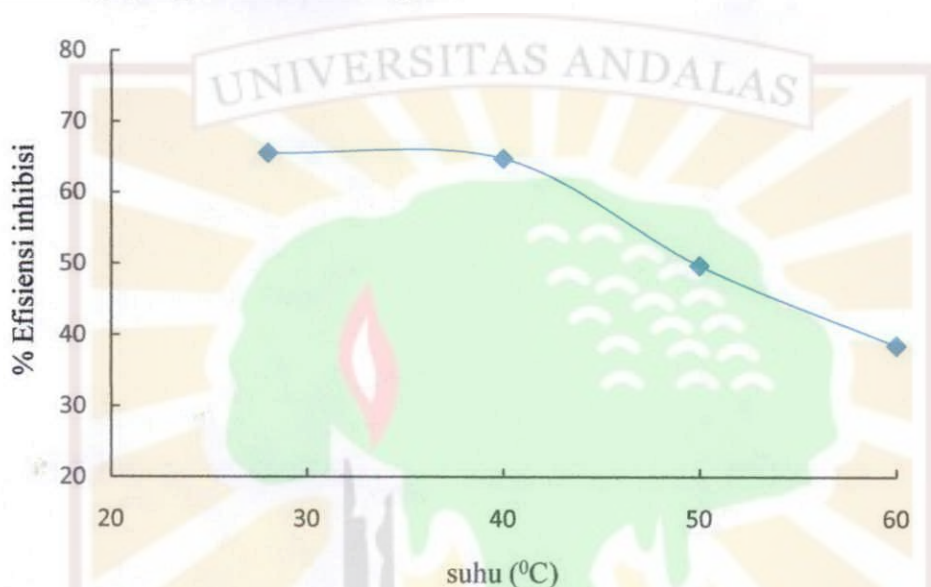
4.2.3 Pengaruh suhu terhadap laju korosi dan efisiensi inhibisi korosi baja



Gambar 8. Pengaruh suhu terhadap laju korosi baja dalam medium HCl 1,4 M tanpa penambahan ekstrak dan dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao 2% perendaman baja selama 8 jam

Penentuan kehilangan berat dengan adanya variasi suhu digunakan untuk menentukan kestabilan dari lapisan adsorbat dari ekstrak kulit buah kakao pada permukaan baja pada proses korosi baja dalam medium asam klorida. Pengukuran nilai kehilangan berat baja dengan adanya variasi suhu ditentukan dengan

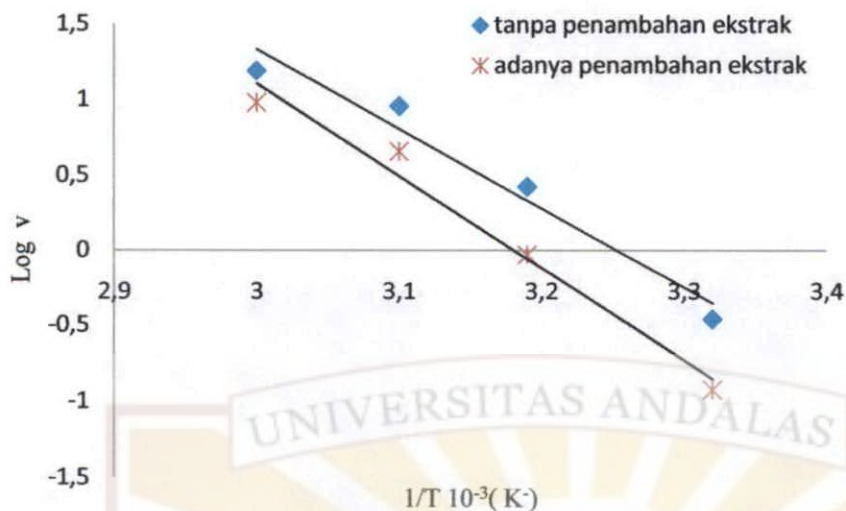
melakukan perendaman baja dalam medium HCl tanpa ekstrak dan dengan adanya penambahan ekstrak pada variasi suhu $28 \pm 1^\circ\text{C}$, $40 \pm 1^\circ\text{C}$, $50 \pm 1^\circ\text{C}$, $60 \pm 1^\circ\text{C}$ selama 8 jam waktu perendaman baja. Data yang diperoleh pada Lampiran 18 menunjukkan bahwa laju korosi baja semakin meningkat dengan meningkatnya suhu. Hal ini dapat terlihat pada Gambar 8. Peningkatan nilai laju korosi baja dengan meningkatnya suhu disebabkan oleh reaksi oksidasi logam pada permukaan baja yang semakin meningkat.



Gambar 9. Pengaruh suhu terhadap efisiensi inhibisi korosi baja dalam medium HCl 1,4 M dengan adanya ekstrak kulit buah kakao 2% perendaman baja selama 8 jam

Pada Gambar 9. dapat terlihat bahwa efisiensi inhibisi korosi baja menurun dengan meningkatnya suhu. Penurunan nilai ini disebabkan oleh meningkatnya kecepatan proses oksidasi Fe pada permukaan baja dan penghilangan adsorbat dari ekstrak kulit buah kakao pada permukaan baja dengan meningkatnya suhu. Data efisiensi inhibisi korosi baja dengan adanya ekstrak kulit buah kakao terlihat pada Lampiran 20.

Nilai laju korosi baja dalam medium korosif HCl 1,4 M tanpa dan dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao pada variasi suhu tersebut digunakan untuk menentukan nilai energi aktifasi.



Gambar 10. Kurva Arrhenius 1/T vs log v

Gambar 10. menunjukkan nilai log laju korosi baja sebagai fungsi suhu. Nilai energi aktivasi ditentukan dengan persamaan 5. Hubungan antara log v dengan 1/T menghasilkan garis lurus yang terlihat pada Gambar 10. Nilai slope dari grafik tersebut merupakan nilai $E_a/2,303R$.

Berdasarkan grafik dan persamaan 5 diperoleh nilai energi aktivasi (E_a) pada Tabel 1.

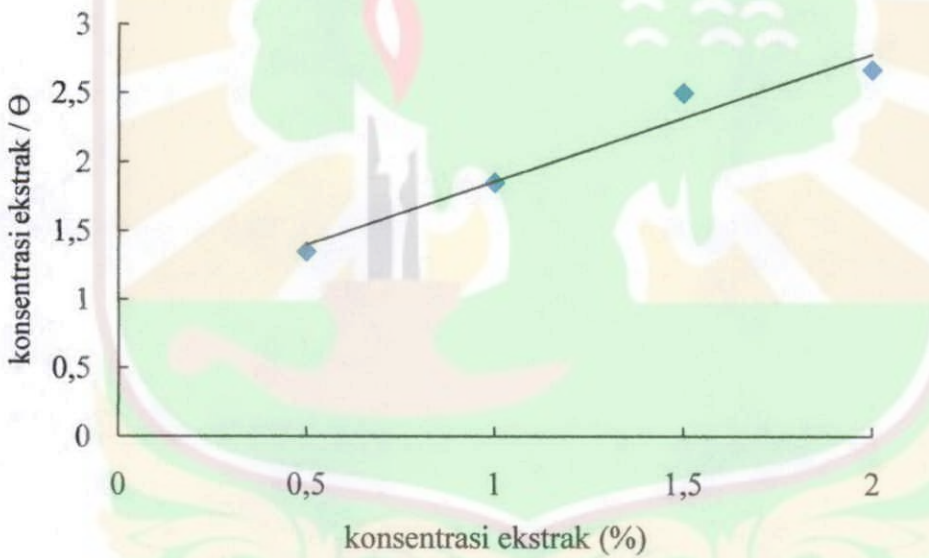
Tabel 1. Nilai energi aktivasi tanpa dan dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao

No	Medium	Energi aktivasi (kJ/mol)
1.	HCl 1,4 M	101,06
2.	HCl 1,4 M +ekstrak	117,10

Tabel 1. memperlihatkan bahwa energi aktivasi dari korosi baja dalam medium HCl dengan adanya penambahan ekstrak dari kulit buah kakao lebih tinggi dibandingkan dalam medium asam klorida. Peningkatan nilai energi aktivasi dari baja diinterpretasikan semakin sulitnya reaksi kimia terjadi pada permukaan baja yang direndam dalam medium korosif HCl dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao.

4.2.4. Isoterm Adsorpsi

Berdasarkan interaksi antara ekstrak kulit buah kakao dengan permukaan baja maka diperoleh isoterm adsorpsi². Data nilai dari derajat penutupan permukaan (Θ) dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao dalam medium asam klorida digunakan untuk menjelaskan proses isoterm adsorpsi. Gambar 12. menunjukkan aluran nilai konsentrasi ekstrak kulit buah kakao terhadap nilai konsentrasi ekstrak kulit buah kakao/nilai derajat penutupan permukaan baja (Θ). Grafik yang diperoleh berupa garis lurus seperti Gambar 12. yang menunjukkan bahwa isoterm adsorpsi pada permukaan baja dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao mengikuti isoterm adsorpsi langmuir. Isoterm adsorpsi langmuir mengasumsikan bahwa adsorpsi ekstrak kulit buah kakao pada permukaan baja membentuk lapisan monolayer.

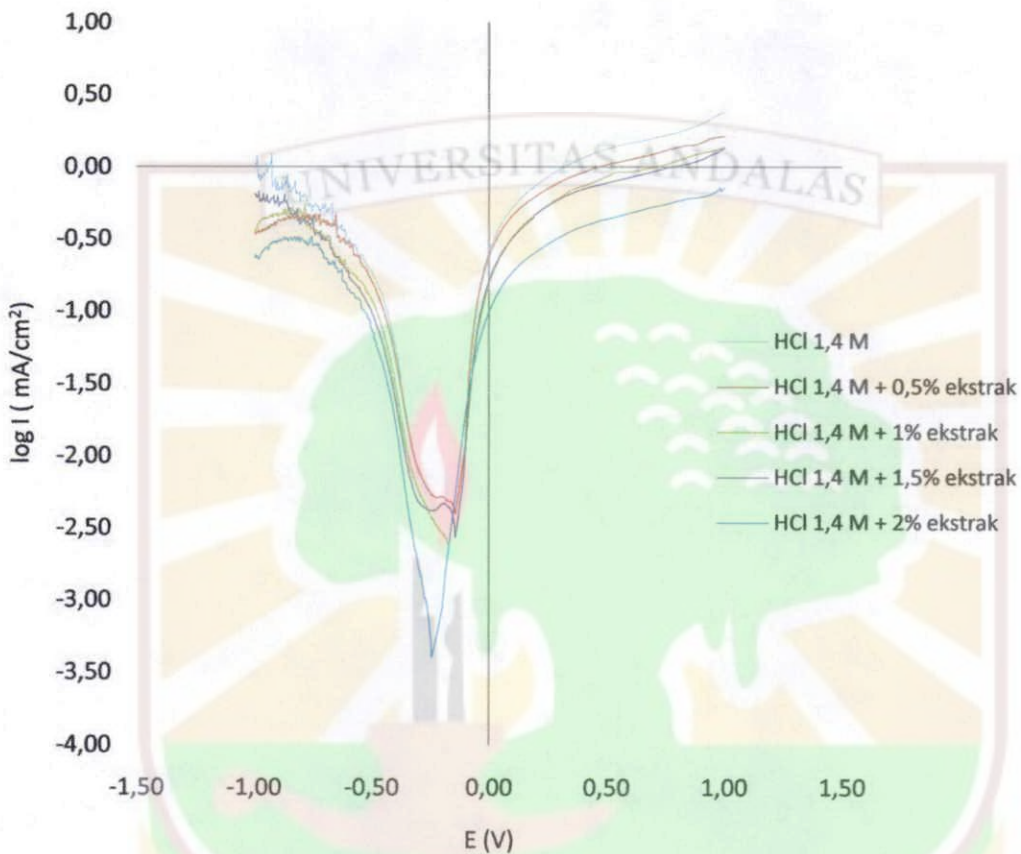


Gambar 11. Aluran isoterm adsorpsi Langmuir untuk adsorpsi ekstrak kulit buah kakao dalam medium HCl 1,4 M pada suhu 28⁰ C

4.3 Pengukuran Polarisasi potensiodynamik

Pada Gambar 12. dapat terlihat kurva polarisasi potensiodynamik tanpa dan dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao dalam medium asam klorida. Pengukuran polarisasi potensiodynamik diperoleh kurva hubungan antara potensial dengan log arus. Kurva polarisasi potensiodynamik menunjukkan adanya interaksi antarmuka antara larutan dengan elektroda. Interaksi ini menimbulkan

polarisasi dan arus tertentu. Kurva polarisasi diekstrapolasikan dengan metoda Tafel untuk menentukan nilai arus korosi (I_{korosi}), potensial korosi (E_{korosi}) dan efisiensi inhibisi (% EI) ditentukan dengan persamaan 4. Data nilai analisis tafel plot yang diperoleh terdapat pada Tabel 2.



Gambar 12. Kurva polarisasi potensiodinamik tanpa dan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao dalam medium HCl 1,4 M

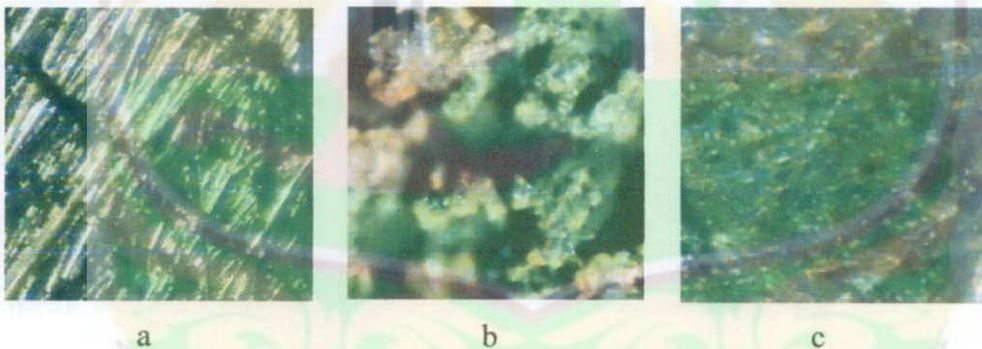
Tabel 2. Nilai potensial dan arus korosi baja dari ekstrapolasi Tafel plot tanpa dan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao

Konsentrasi ekstrak (%)	E_{korosi} (V)	I_{korosi} (mA/cm ²)	EI (%)
0	-0,4100	0,0694	-
0,5	-0,4000	0,0495	28,67
1,0	-0,3940	0,0273	60,66
1,5	-0,3900	0,0203	70,75
2.0	-0,3880	0,0132	80,98

Berdasarkan data ekstrapolasi Tafel plot pada Tabel 2. dapat terlihat dominasi reaksi terjadi antara anodik dan katodik. Reaksi di anodik dan katodik dihambat dengan adanya ekstrak kulit buah kakao dan efisiensi inhibisi korosi baja meningkat dengan meningkatnya konsentrasi dari ekstrak kulit buah kakao. Nilai efisiensi inhibisi korosi baja ditentukan dengan persamaan 4. Pergeseran nilai potensial korosi ke arah anodik menunjukkan adsorpsi molekul ekstrak kulit buah kakao pada permukaan baja².

Semakin meningkat konsentrasi dari ekstrak kulit buah kakao maka nilai arus korosi semakin menurun. Arus korosi ditimbulkan karena adanya pergerakan elektron dari baja (elektroda kerja) yang teroksidasi dalam medium korosif. Dengan adanya ekstrak kulit buah kakao maka baja yang teroksidasi dalam medium korosif semakin sedikit. Nilai efisiensi inhibisi meningkat dengan meningkatnya konsentrasi dari ekstrak kulit buah kakao. Efisiensi inhibisi korosi baja dalam medium HCl 1,4 M dengan adanya ekstrak kulit buah kakao konsentrasi 2 % mencapai 80,98 %.

4.4 Analisis Foto Optik



Gambar 13. Foto permukaan baja dengan perbesaran 100x (a). Baja St 37 (b). Baja yang direndam dalam medium HCl 1,4 M (c). Baja yang direndam dalam medium HCl 1,4 M dengan adanya penambahan ekstrak 2% perendaman baja selama 4 hari

Gambar 13(a). foto permukaan baja St 37 dengan perbesaran 100x menunjukkan bahwa lapisan permukaan baja terlihat tidak berlobang, tidak berpori dan tidak retak. Pada permukaan baja ini tidak terjadi interaksi permukaan baja dengan medium asam dan lingkungan korosif lainnya.

Gambar 13(b). foto permukaan baja yang direndam dalam medium korosif HCl 1,4 M memperlihatkan permukaan baja yang mengalami korosi. Hal tersebut ditandai dengan terbentuknya karat yang berwarna coklat pada permukaan baja. Selain itu banyak terdapat lobang, dan retak. Hal ini terjadi karena adanya serangan ion H^+ dan Cl^- pada permukaan baja.

Pada Gambar 13(c). dapat terlihat bahwa lapisan permukaan baja yang direndam dalam medium korosif yaitu HCl 1,4 M dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao 2% tidak berlobang, dan tidak retak. Permukaan baja pada gambar 13(c). memperlihatkan bahwa baja mengalami korosi lebih sedikit bila dibandingkan dengan permukaan baja yang direndam dalam medium korosif tanpa adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao. Ekstrak kulit buah kakao dapat membentuk lapisan pelindung pada permukaan logam sehingga dapat menghalangi terjadinya korosi dipermukaan logam.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai laju korosi baja semakin menurun dan nilai efisiensi inhibisi korosi baja semakin meningkat dengan adanya ekstrak kulit buah kakao (*Theobroma cacao*).
2. Nilai efisiensi inhibisi korosi baja dengan metoda pengurangan berat diperoleh 83,77% dalam medium asam klorida 0,2 M dan 75,41% dalam medium HCl 1,4 M perendaman selama 4 hari sedangkan dengan metoda polarisasi potensiodinamik diperoleh 80,98% dalam medium HCl 1,4 M.
3. Analisis polarisasi potensiodinamik menunjukkan bahwa nilai arus korosi menurun dari 0,0694 menjadi 0,0132 mA/cm² dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao dan potensial korosi bergeser ke anodik.
4. Analisis permukaan baja memperlihatkan bahwa terjadinya perubahan morfologi baja sebelum perendaman, perendaman tanpa ekstrak dan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk mempelajari pengaruh ekstrak kulit buah kakao (*Theobroma cacao*) terhadap baja dalam medium dan lingkungan korosif lainnya.

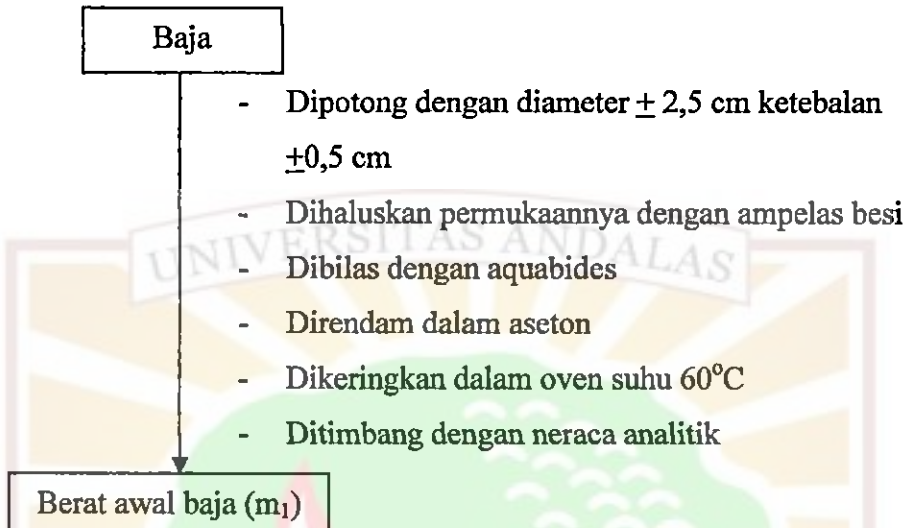
DAFTAR PUSTAKA

1. Emriadi, Y. Stiadi, M. Djaloeis, Inhibisi Korosi Baja oleh Tanin dalam Larutan Sulfat dan Campuran Sulfat Halida. *Jurnal Kimia Andalas*, 5: 66-70 (1999).
2. A. Singh, V.K. Singh, M.A. Quraishi, Aqueous Extract of Kalmegh (*Andrographis paniculata*) Leaves as Green Inhibitor Mild Steel in Hydrochloric Acid Solution. *International Journal of Corrosion*, 2010 : 1-10 (2010).
3. M. H. Hussin and M. J. Kassim, Electrochemical, Thermodynamic and Adsorption Studies of (+)-Catechin Hydrate as Natural Mild Steel Corrosion Inhibitor in 1 M HCl. *Int. J. Electrochem. Sci*, 6: 1396-1414 (2011).
4. K.P. Vinod Kumar, M.S. Narayanan Pillai and G. Rexin Thusnavis, Pericarp of the Fruit of *Garcinia Mangostana* as Corrosion Inhibitor for Mild Steel in Hydrochloric Acid Medium. *Portugaliae Electrochimica Act*, 28: 373-383 (2010).
5. B. E. Amitha Rani and B.B.J. Basu, Green Inhibitors for Corrosion Protection of Metals and Alloys: An Overview. *International Journal of Corrosion*, 2012: 1-33 (2011).
6. A. Figueira, and Janick, New products from *Theobroma cacao*, Seed pulp and pod gum. *J. New crops*, 475-478 (2008).
7. P.A. Schweitzer, *Fundamental of Corrosion Mechanisms, Cause, and Preventative Methods*. Boca Raton, CRC Press, America. 2010. pp. 23-24.
8. T. David and J. Talbot, *Strategies for Corrosion Control, Science and Technology*. Brian Ralph, CRC Press, New York. 1997. pp. 14-29.
9. Sutrisna, Pengaruh Konsentrasi Larutan $(\text{Al}_2\text{SO}_4)_3$ -0,1% NaOCl Terhadap Ketahanan Korosi Baja Galvanis pada pipa Air Minum. *Media Mesin*, 9: 76-83 (2008).
10. V.S. Sastri, *Adsorption in Corrosion Inhibition, Green Corrosion Inhibitor*, Wiston Revie, Canada. 2011. pp. 103-105.
11. S.L. Butarbutar, G.R. Sunaryo, Analisis Mekanisme Pengaruh Inhibitor Siskem Pada Matera Baja Karbon, 559-566 (2011).
12. E. A. Noor, Temperature Effects on the Corrosion Inhibition of Mild Steel in Acidic Solutions by Aqueous Extract of Fenugreek Leaves. *Int. J. Electrochem. Sci*, 2: 996-1017 (2007).

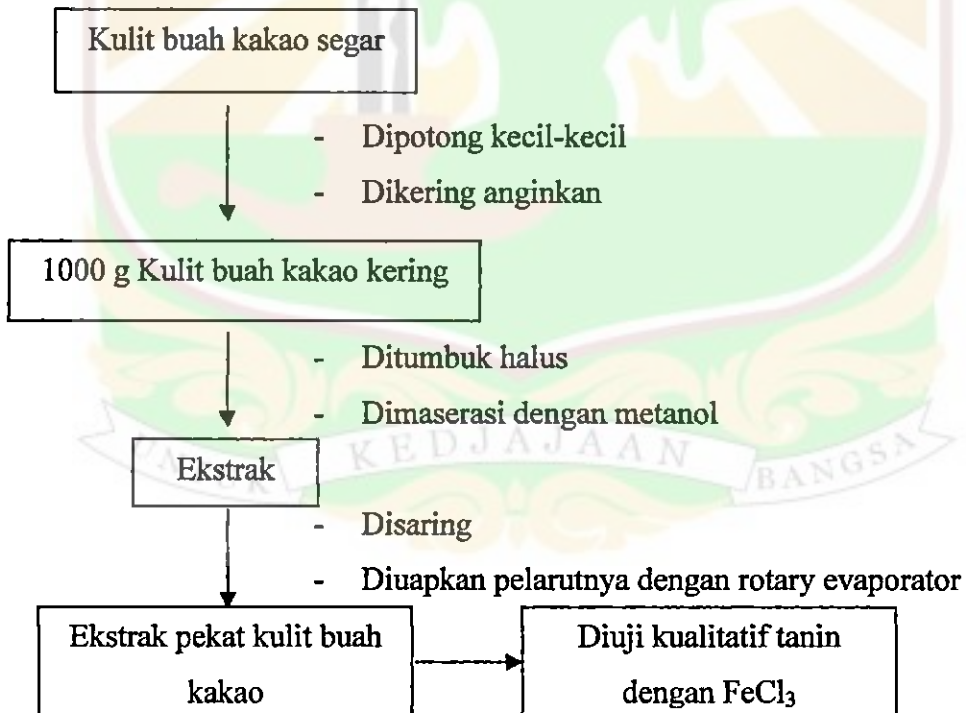
13. I. Dewi, *Inhibisi Korosi Baja oleh Ekstrak Daun Kakao (Theobroma Cacao) Dalam Medium Asam Sulfat*. Skripsi Sarjana Kimia. Universitas Andalas (2011).
14. Rahmayeni, Emriadi, D. Febriliyanti, Studi Interaksi Antara Besi(III) dengan Tanin Secara Spektrofotometri dan Titrasi Asam Basa. *Jurnal Kimia Andalas*, 7: 90-94 (2001).
15. T. Okuda, H.Ito, Tannin of Constant Structure in Medical and Food Plant, Hydrolyzable Tannins and Polyphenol Related to Tannins. *J. Molecule*, 16 : 2191-2217 (2011).
16. B P. Raja, M.G. Sethurahman, Solanum Tuberosum as an Inhibitor of Mild Steel Corrosion in Acid Media. *Iran J.Chem. Eng*, 28: 77-84 (2009).
17. M. Shyamala, P.K. Kasthuri, The Inhibitory Action of The Extracts of *Azadirachta indica*, *Eclipta alba*, and *Centella asiatica* on The Corrosion of Mild Steel in Hydrochloric Acid Medium : A Comparative Study. *International Journal of Corrosion*, 2012: 1-13 (2011).
18. M. Erna, Emriadi, A. Alif, S. Arief, Karboksimetil Kitosan sebagai Inhibitor Korosi pada Baja Lunak dalam Media Air Gambut. *Jurnal Matematika & Sains*, 16: 106-110 (2011).
19. D. C. Silverman, Developing and Applying Technologies Practical Corrosion, *Prediction Corrosion. J. Electrochem*, 64: 627-633 (2008).
20. U.S. Mohanty and K.L Lin, Potentiodynamic Polarization Measurement of Sn-8.5 Zn-XAl-0.5Ga Alloy in 3.5% NaCl Solution. *J. Electrochemical Society*, 153: B319-B324, (2006).

LAMPIRAN

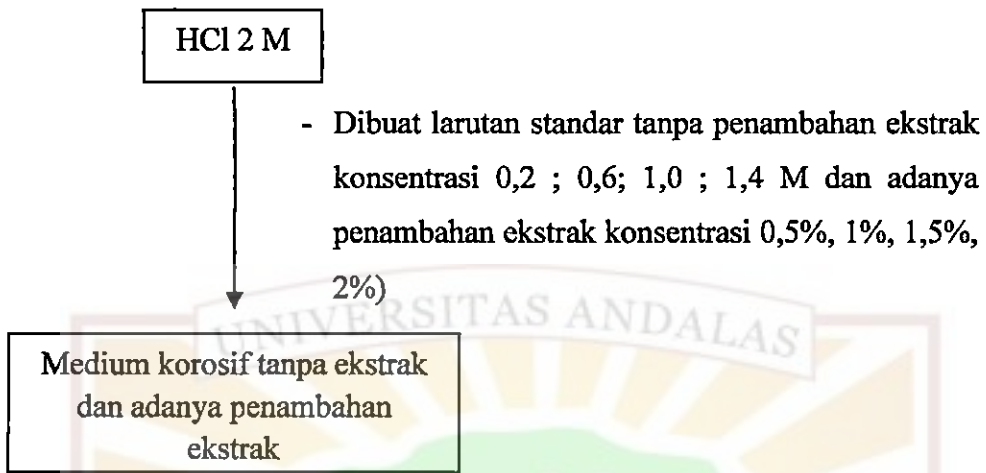
Lampiran 1. Skema kerja persiapan awal baja



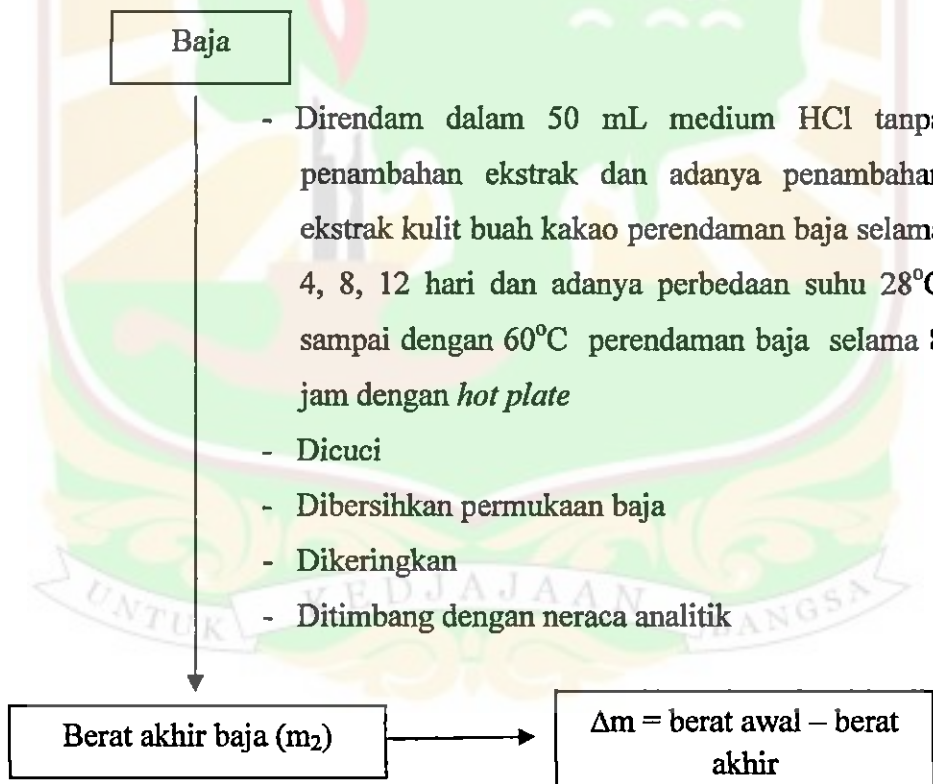
Lampiran 2. Skema kerja pembuatan ekstrak kulit buah kakao



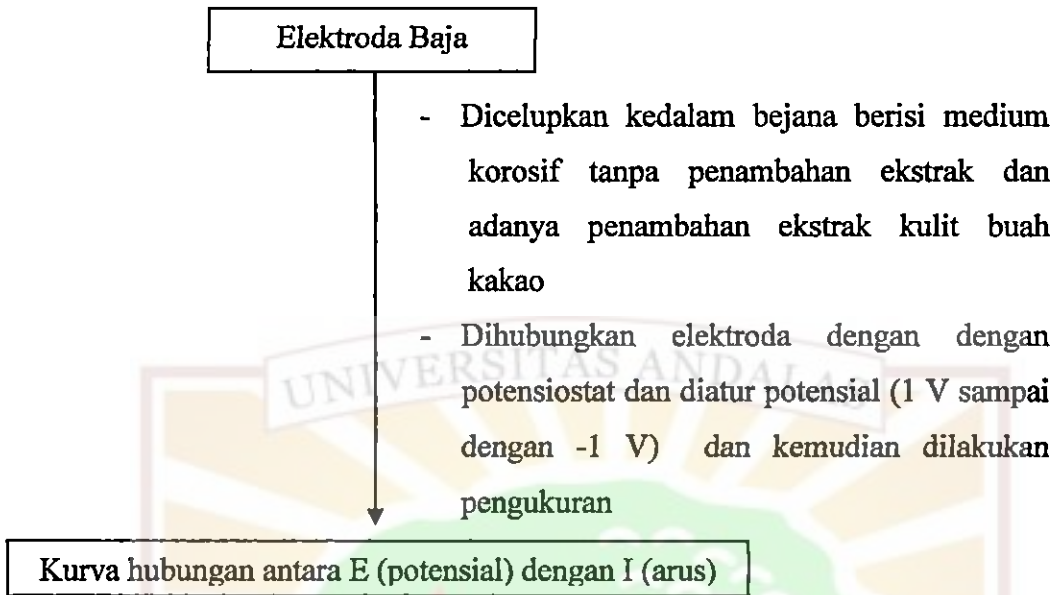
Lampiran 3. Skema kerja pembuatan medium HCl tanpa dan dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao



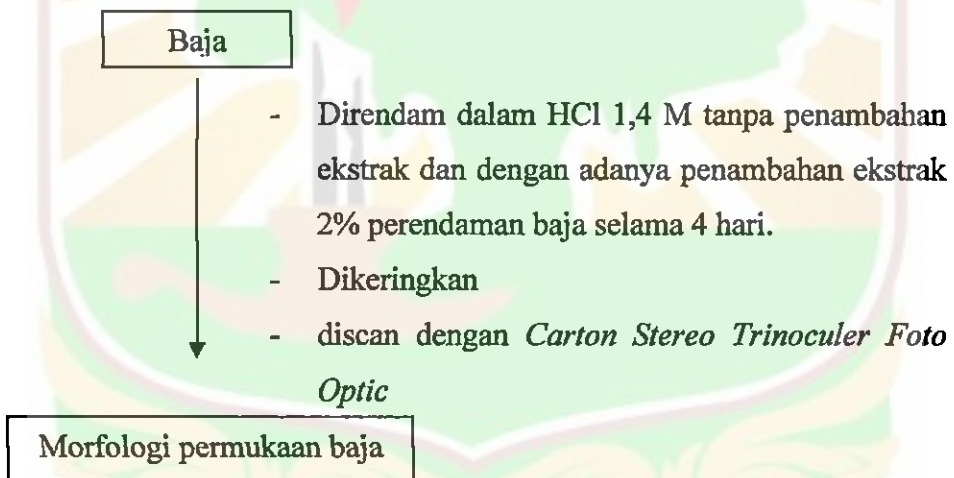
Lampiran 4. Skema kerja penentuan kehilangan berat



Lampiran 5. Skema kerja pengukuran polarisasi potensiodinamik



Lampiran 6. Skema kerja persiapan baja untuk analisis foto optik



Lampiran 7. Gambar kulit buah kakao (*Theobroma cacao*)



Lampiran 8. Gambar uji kualitatif tanin dengan FeCl_3



a. ekstrak kulit buah kakao



b. Ekstrak kulit buah kakao + FeCl_3

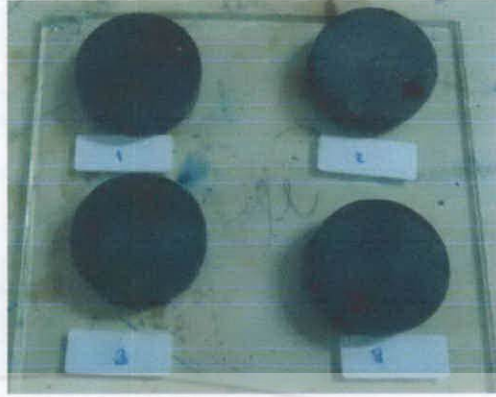
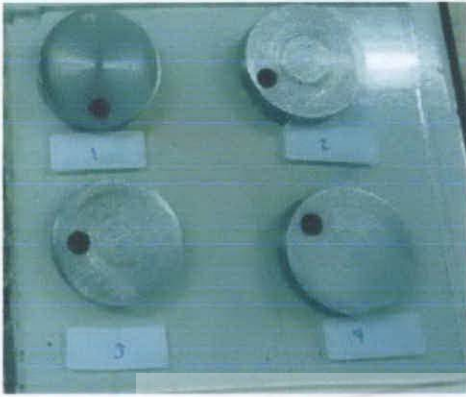
Lampiran 9. Gambar perendaman baja dalam medium HCl



Medium HCl sebelum perendaman baja



Medium HCl setelah perendaman baja



Baja sebelum direndam dalam HCl

Baja setelah direndam dalam HCl

Lampiran 10. Gambar perendaman baja dalam medium HCl dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao



Sebelum perendaman baja

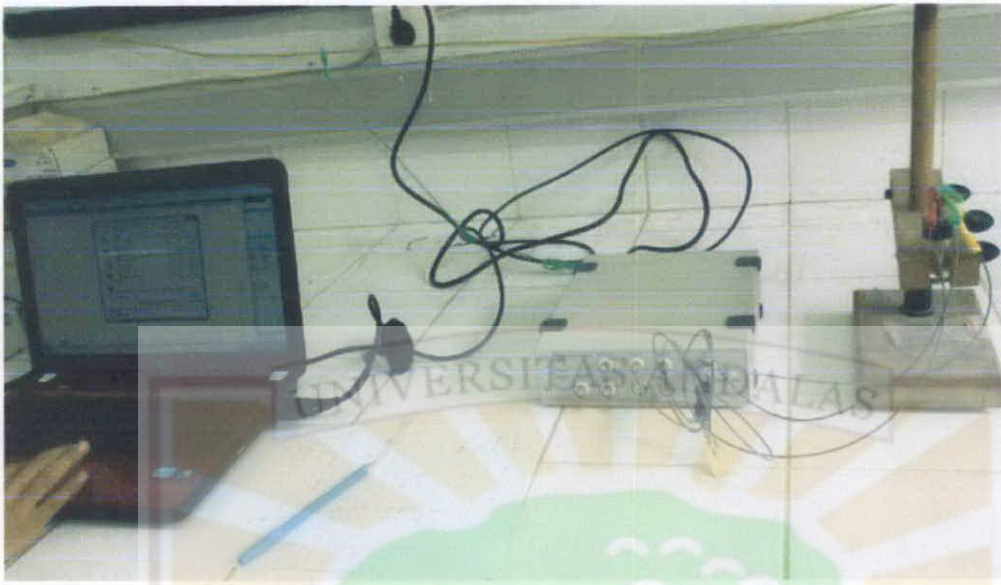
Setelah perendaman baja



Baja sebelum direndam dalam HCl

Baja setelah direndam dalam HCl + ekstrak kulit buah kakao

Lampiran 11. Gambar alat potensiostat



- Hijau : elektroda kerja
- Merah : elektroda pembantu
- Kuning : elektroda pembanding

Lampiran 12. Nilai % kehilangan berat baja dalam medium HCl

Waktu perendaman	Konsentrasi HCl (M)	m_1 (g)	m_2 (g)	Δm	% Δm
4 hari	0,0	19,4338	19,4257	0,0081	0,0417
	0,2	19,9226	19,6349	0,2877	1,4441
	0,6	20,1190	19,2950	0,8240	4,0956
	1,0	20,0505	18,6405	1,4100	7,0322
	1,4	20,2013	18,2609	1,9404	9,6053
8 hari	0,0	20,5758	20,5603	0,0155	0,0753
	0,2	19,6249	19,3340	0,2909	1,4823
	0,6	18,2366	19,3843	0,8523	4,6736
	1,0	19,9092	18,4967	1,4125	7,0947
	1,4	19,9995	18,0517	1,9478	9,7392
12 hari	0,0	20,2392	20,2181	0,0211	0,1043
	0,2	17,6357	17,3261	0,3096	1,7555
	0,6	16,6304	15,7418	0,8886	5,3432
	1,0	18,0093	16,5522	1,4571	8,0908
	1,4	17,9709	15,8243	2,1466	11,9449

Lampiran 13. Nilai % kehilangan berat baja dalam medium HCl dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao perendaman baja selama 4 hari

Konsentrasi HCl (M)	Konsentrasi ekstrak (%)	m_1 (g)	m_2 (g)	Δm	% Δm
0,2	0,0	19,9226	19,6349	0,2877	1,4441
	0,5	20,7475	20,5839	0,1696	0,7886
	1,0	20,1846	20,0793	0,1053	0,5217
	1,5	20,4851	20,4034	0,0817	0,3988
	2,0	20,7459	20,6987	0,0472	0,2275

0,4	0,0	20,2013	18,2609	1,9404	9,6053
	0,5	19,2935	18,6897	1,2038	6,2394
	1,0	19,5175	18,6338	0,8837	4,5277
	1,5	19,1268	18,3556	0,7712	4,0320
	2,0	19,5419	19,0668	0,4751	2,4311

Lampiran 14. Nilai % kehilangan berat baja dalam medium HCl tanpa dan dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao pada variasi suhu perendaman baja selama 8 jam

Medium	Suhu (°C)	m ₁ (g)	m ₂ (g)	Δm	% Δm
HCl 1,4 M	28	18,6248	18,5854	0,0394	0,2115
	40	16,8847	16,5927	0,2920	1,7294
	50	19,9825	16,6486	1,0339	5,1740
	60	24,6311	22,5246	1,9065	7,7402
HCl 1,4 M + ekstrak 2 %	28	17,3998	17,3865	0,0133	0,0764
	40	17,4358	17,3312	0,1046	0,5999
	50	15,4792	14,9853	0,4939	3,1907
	60	17,0662	16,0071	1,0591	6,2058

Lampiran 15. Perhitungan % nilai kehilangan berat baja (% Δm)

$$\% \Delta m = \Delta m / m_1 \times 100 \%$$

Contoh :

Berat awal (m₁) : 19,9226 g

Berat akhir (m₂) : 19,6349 g

$$\begin{aligned} \Delta m &= \text{berat awal} - \text{berat akhir} \\ &= 19,9226 \text{ g} - 19,6349 \text{ g} \\ &= 0,2877 \text{ g} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \% \Delta m &= 0,2877 / 19,9226 \times 100 \% \\ &= 1,4441 \% \end{aligned}$$

Lampiran 16. Nilai laju korosi baja dalam medium HCl

Waktu perendaman	Konsentrasi HCl (M)	Jari-jari baja (cm)	Tebal baja (cm)	Luas permukaan baja (cm ²)	Laju korosi baja (mg/cm ² hari)
4 hari	0,00	1,2700	0,5210	14,2843	0,1418
	0,20	1,2710	0,5320	14,3913	4,9978
	0,60	1,2705	0,5320	14,3817	14,3238
	1,00	1,2695	0,5260	14,3146	24,6252
	1,40	1,2685	0,5290	14,3192	33,8776
8 hari	0,00	1,2690	0,5620	14,5918	0,2656
	0,20	1,2710	0,5240	14,3275	5,0759
	0,60	1,2715	0,4880	14,0496	15,1659
	1,00	1,2700	0,5280	14,3401	24,6250
	1,40	1,2705	0,5220	14,3019	34,0479
12 hari	0,00	1,2680	0,5430	14,4211	0,3658
	0,20	1,2690	0,4820	13,9543	5,5467
	0,60	1,2715	0,4520	13,7622	16,1420
	1,00	1,2655	0,4800	13,8721	26,2595
	1,40	1,2685	0,4700	13,8492	38,7495

Lampiran 17. Nilai laju korosi baja dalam medium HCl dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao perendaman baja selama 4 hari

Konsentrasi HCl (M)	Konsentrasi ekstrak (%)	Jari-jari baja (cm)	Tebal baja (cm)	Luas permukaan baja (cm ²)	Laju korosi baja (mg/cm ² hari)
0,2	0,0	1,2710	0,532	14,3913	4,9978
	0,5	1,2710	0,555	14,5749	2,9091
	1,0	1,2705	0,553	14,4296	1,8244
	1,5	1,2705	0,538	14,5413	1,4046
	2,0	1,2705	0,553	14,5492	0,8110

0,4	0,0	1,2685	0,529	14,3192	33,8776
	0,5	1,2660	0,516	14,1678	21,2418
	1,0	1,2670	0,532	14,3142	15,4339
	1,5	1,2665	0,517	14,1853	13,5915
	2,0	1,2660	0,527	14,2552	8,3320

Lampiran 18. Nilai laju korosi baja dalam medium HCl tanpa dan dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao pada variasi suhu perendaman baja selama 8 jam

Medium	Suhu (°C)	Jari-jari baja (cm)	Tebal baja (cm)	Luas permukaan baja (cm ²)	Laju korosi baja (mg/cm ² hari)
HCl 1,4 M	28	1,2695	0,5150	14,2269	0,3462
	40	1,2685	0,4640	13,8014	2,6447
	50	1,2690	0,5310	14,3448	9,0094
	60	1,2690	0,6650	15,4127	15,4621
	HCl 1,4 M + ekstrak 2 %	28	1,2685	0,4900	13,9224
	40	1,2690	0,4780	14,0085	0,9334
	50	1,2700	0,4390	13,6303	4,5294
	60	1,2695	0,477	13,9239	9,5079

Lampiran 19. Perhitungan nilai laju korosi baja (v)

$$\text{Luas Baja / A (cm}^2\text{)} = 2\pi r (r + t)$$

$$\text{Laju Korosi (v)} = \frac{m_1 - m_2}{A \times t}$$

Contoh :

Diameter baja : 2,542 cm

Jari-jari (r) : 1,271 cm

Ketebalan baja (t) : 0,532 cm

Δm : 0,2877 g = 287,7 mg

A = 2,3,14, 1,2710 cm (1,2710 cm + 0,532 cm) = 14,3913 cm²

v = 287,7 mg / (14,2843 cm², 4 hari) = 4,9978 mg/cm²hari

Lampiran 20 . Nilai % efisiensi inhibisi korosi baja perendaman baja selama 4 hari

Konsentrasi HCl (M)	Konsentrasi ekstrak (%)	Laju korosi baja (mg/cm ² hari)	Efisiensi inhibisi (%)
0,2 M	0,0	4,9978	-
	0,5	2,9091	41,79
	1,0	1,8244	63,50
	1,5	1,4046	71,90
	2,0	0,8110	83,77
0,4 M	0,0	33,8776	-
	0,5	21,2418	37,30
	1,0	15,4339	54,44
	1,5	13,5915	59,88
	2,0	8,3320	75,41

Lampiran 21. Nilai % efisiensi inhibisi korosi baja dalam medium HCl 1,4 M dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao 2 % pada variasi suhu perendaman baja selama 8 jam

Suhu (°C)	Laju korosi baja tanpa ekstrak (mg/cm ² hari)	Laju korosi baja adanya ekstrak (mg/cm ² hari)	Efisiensi inhibisi (%)
28	0,3462	0,1194	65,51
40	2,6447	0,9334	64,71
50	9,0094	4,5294	49,72
60	15,4621	9,5079	38,51

Lampiran 22. Perhitungan nilai % efisiensi inhibisi korosi baja (% EI)

$$EI = \frac{V_{\text{tanpa inhibitor}} - V_{\text{inhibitor}}}{V_{\text{inhibitor}}} \times 100 \%$$

Contoh :

$$V_{\text{tanpa inhibitor}} = 33,8776 \text{ mg/cm}^2 \text{ hari}$$

$$V_{\text{inhibitor}} = 8,3320 \text{ mg/cm}^2 \text{ hari}$$

$$EI = \frac{V_{\text{tanpa inhibitor}} - V_{\text{inhibitor}}}{V_{\text{inhibitor}}} \times 100 \%$$

$$EI = \frac{33,8776 - 8,3320}{33,8776} \times 100 \%$$

$$= 75,41 \%$$

Lampiran 23. Nilai derajat (\emptyset) penutupan permukaan baja dalam medium HCl perendaman baja selama 4 hari

Konsentrasi HCl (M)	Konsentrasi ekstrak (%)	Laju korosi baja (mg/cm ² hari)	derajat penutupan permukaan (\emptyset)
0,2 M	0,0	4,9978	-
	0,5	2,9091	41,79
	1,0	1,8244	63,50
	1,5	1,4046	71,90
	2,0	0,8110	83,77
0,4 M	0,0	33,8776	-
	0,5	21,2418	37,30
	1,0	15,4339	54,44
	1,5	13,5915	59,88
	2,0	8,3320	75,41

Lampiran 24. Perhitungan derajat penutupan permukaan baja (\emptyset)

$$\emptyset = \frac{V_{\text{tanpa inhibitor}} - V_{\text{inhibitor}}}{V_{\text{inhibitor}}}$$

Contoh :

$$V_{\text{tanpa inhibitor}} = 1,4441 \text{ mg/cm}^2 \text{ hari}$$

$$V_{\text{inhibitor}} = 0,2275 \text{ mg/cm}^2 \text{ hari}$$

$$\emptyset = \frac{1,4441 - 0,2275}{1,4441}$$

$$= 0,84$$

Lampiran 25. Penentuan nilai energi aktivasi (Ea)

$$\log v = \frac{-Ea}{2,303 RT} + A$$

Contoh :

1/T	log v
3,32. 10 ⁻³	-2,126
3,19.10 ⁻³	-0,069
3,10.10 ⁻³	1,511
3,00.10 ⁻³	2,252

Nilai persamaan garis lurus dari tabel : $y = 17,166 - 5278,4x$

$$-Ea/ 2,303 \cdot R = -5278,4$$

$$\begin{aligned} Ea &= 5278,4 \cdot 2,303 \cdot 8,314 \text{ J/mol} \\ &= 101,06 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Lampiran 26. Data analisis tafel plot

$$\text{Luas permukaan elektroda kerja (baja)} = 3,14 \cdot (0,087 \text{ cm})^2 = 0,024 \text{ cm}^2$$

Konsentrasi ekstrak (%)	E korosi (V)	log I korosi (mA/cm ²)	I korosi (mA/cm ²)	EI (%)
0	-0,4100	-1,1584	0,0694	-
0,5	-0,4000	-1,3506	0,0495	28,67
1,0	-0,3940	-1,5634	0,0273	60,66
1,5	-0,3900	-1,6929	0,0203	70,75
2,0	-0,3880	-1,8792	0,0132	80,98