



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.

INHIBISI KOROSI BAJA OLEH EKSTRAK DAUN KAKAO (Theobroma cacao) DALAM MEDIUM ASAM SULFAT

SKRIPSI

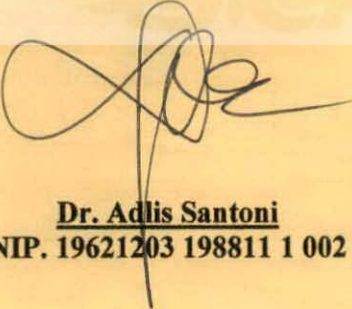


**IRMA DEWI
06932013**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG 2011**

Inhibisi Korosi Baja Oleh Ekstrak Daun Kakao (*Theobroma cacao*) Dalam Medium Asam Sulfat. Skripsi ini diajukan oleh **Irma Dewi (06932013)** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (Strata 1) pada jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas Padang, telah diuji dan dinyatakan lulus pada tanggal : **02 Februari 2011**




Dr. Adlis Santoni
NIP. 19621203 198811 1 002

ABSTRAK

INHIBISI KOROSI BAJA OLEH EKSTRAK DAUN KAKAO (*Theobroma cacao*) DALAM MEDIUM ASAM SULFAT

Oleh

Irma Dewi

Sarjana sains (Ssi) dalam bidang Kimia Fakultas MIPA Universitas Andalas
Dibimbing oleh Prof. Dr. Emriadi dan Yeni Stiadi, MS

Ekstrak daun kakao (*Theobroma cacao*) telah digunakan dalam penelitian inhibisi korosi baja dalam medium asam sulfat 0,5 N dan 1,0 N. Pembuatan ekstrak dilakukan dengan metoda maserasi daun kakao dalam pelarut metanol. Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan menggunakan foto optik. Penambahan ekstrak daun kakao dapat mengurangi laju korosi. Hasil menunjukkan bahwa efisiensi inhibisi berbeda-beda pada penambahan konsentrasi 1, 4 dan 10% ekstrak kakao, dengan waktu perendaman 2, 4 dan 6 hari. Efisiensi inhibisi yang yang didapatkan dengan penambahan 10% ekstrak kakao pada waktu perendaman 2, 4 dan 6 hari adalah 34,53; 54,66; 63,42% untuk H₂SO₄ 0,5 N dan 33,10; 50,86; 62,31% untuk H₂SO₄ 1,0 N. Pengamatan permukaan sampel baja memperlihatkan terjadinya perubahan struktur antara sampel baja sebelum dan setelah penambahan ekstrak daun kakao.

ABSTRACT

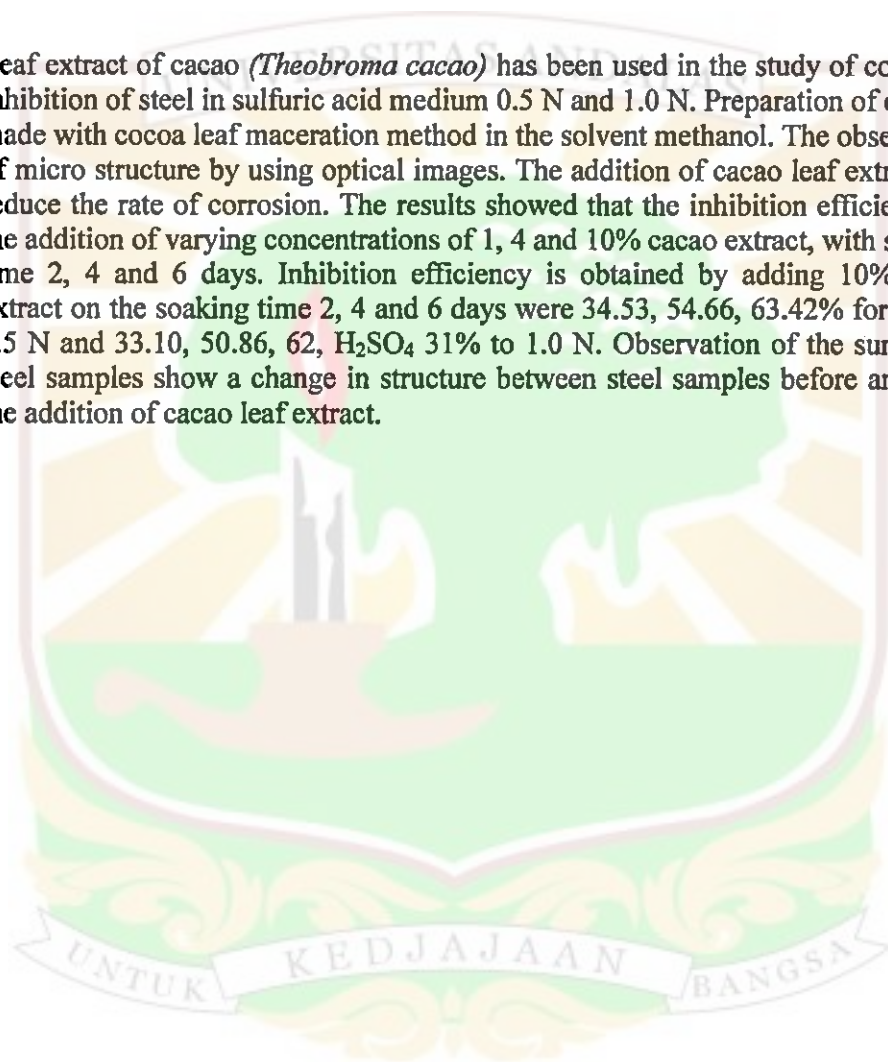
CORROSION INHIBITION OF STEEL BY CACAO (*Theobroma cacao*) IN MEDIUM SULFURIC ACID

Irma Dewi (06932013)

Bachelor of Science in Faculty of Mathematic and Natural Science

Advised by Prof.Dr.Emriadi and Yeni Stiadi,MS

Leaf extract of cacao (*Theobroma cacao*) has been used in the study of corrosion inhibition of steel in sulfuric acid medium 0.5 N and 1.0 N. Preparation of extracts made with cocoa leaf maceration method in the solvent methanol. The observation of micro structure by using optical images. The addition of cacao leaf extract can reduce the rate of corrosion. The results showed that the inhibition efficiency on the addition of varying concentrations of 1, 4 and 10% cacao extract, with soaking time 2, 4 and 6 days. Inhibition efficiency is obtained by adding 10% cacao extract on the soaking time 2, 4 and 6 days were 34.53, 54.66, 63.42% for H_2SO_4 0.5 N and 33.10, 50.86, 62, H_2SO_4 31% to 1.0 N. Observation of the surface of steel samples show a change in structure between steel samples before and after the addition of cacao leaf extract.



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 **“Inhibisi Korosi Baja Oleh Ekstrak Daun (*Theobroma cacao*) dalam Medium Asam Sulfat”** sebagai syarat untuk menyelesaikan program studi kimia pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas Padang.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Elektrokimia/Fotokimia Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas Padang. Dalam melaksanakan penelitian dan penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak.

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 selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, pengarahan dan dukungan dalam melaksanakan penelitian ini.
3. Bapak Hermansyah Aziz selaku pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam menjalankan aktivitas akademik.
4. Bapak Prof. Dr. Admin Alif selaku kepala Laboratorium Elektrokimia/Fotokimia Jurusan Kimia Universitas Andalas.
5. Bapak Dr. Adlis Santoni selaku ketua jurusan Kimia F-MIPA Universitas Andalas Padang.
6. Teman-teman kimia angkatan 2006 yang telah memberikan masukan, semangat, dan arti persaudaraan.

7. Analisis laboratorium dan rekan kerja di Laboratorium Elektrokimia/Fotokimia Jurusan Kimia.
8. Keluarga dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah bersedia membantu dan memberikan doa selama penelitian dan penulisan makalah hasil penelitian ini.

Akhir kata, penulis berharap semoga laporan penelitian ini dapat bermanfaat untuk kemajuan ilmu pengetahuan. 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. Amin...

Padang, Februari 2011

Penulis



DAFTAR ISI

Halaman

LEMBARAN PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR LAMPIRAN	v
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Baja	4
2.2. Korosi pada logam	6
2.3. Korosi baja dalam medium asam sulfat	8
2.4. Pengendalian korosi dengan menggunakan inhibitor	8
2.5. Ekstrak <i>Theobroma cacao</i>	10
2.6. Kandungan Senyawa Kimia	11
III. METODOLOGI PENELITIAN	12
3.1. Waktu dan Tempat penelitian	12
3.2. Alat dan Bahan	12
3.2.1. Alat yang digunakan	12
3.2.2. Bahan yang digunakan	12
3.3. Cara Kerja	12
3.3.1. Pengerjaan awal spesimen	12
3.3.2. Persiapan ekstrak daun <i>Theobroma cacao</i>	12
3.3.3. Medium korosif H_2SO_4	13
3.3.4. Pembuatan larutan Inhibitor	13
3.3.5. Pencelupan sampel baja	13
3.3.6. Pencucian produk korosi	13

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	14
4.1. Pengaruh waktu terhadap perubahan berat baja dalam ekstrak <i>Theobroma cacao</i>	14
4.2. Pengaruh ekstrak <i>Theobroma cacao</i> pada baja dalam medium korosif H ₂ SO ₄ 0,5 N	14
4.3. Penambahan ekstrak <i>Theobroma cacao</i> pada baja dalam medium korosif H ₂ SO ₄ 1 N	15
4.4. Efisiensi inhibisi korosi baja	16
4.5. Analisis permukaan dengan foto optik	18
4.5.1. Foto optik dari spesimen baja awal dan baja yang telah dilapisi oleh ekstrak daun <i>Theobroma cacao</i> .	18
4.5.2. Foto optik sampel baja yang telah terkorosi dalam medium korosif H ₂ SO ₄ dan sampel baja dalam larutan H ₂ SO ₄ dengan penambahan ekstrak daun <i>Theobroma cacao</i> selama 4 hari.	18
V. KESIMPULAN DAN SARAN	20
5.1. Kesimpulan	20
5.2. Saran	20
DAFTAR PUSTAKA	21
LAMPIRAN	23



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Struktur khelat besi (III) dengan asam galat	9
Gambar 2. Pengaruh waktu perendaman sampel baja dalam ekstrak <i>Theobroma cacao</i> (1, 4, dan 6%) terhadap perubahan berat baja.	12
Gambar 3. Pengaruh konsentrasi ekstrak <i>Theobroma cacao</i> terhadap laju korosi dalam medium korosif H_2SO_4 0,5 N dengan variasi waktu 2, 4, dan 6 hari.	13
Gambar 4. Pengaruh konsentrasi ekstrak <i>Theobroma cacao</i> terhadap laju korosi dalam medium korosif H_2SO_4 1,0 N dengan variasi waktu 2, 4, dan 6 hari.	14
Gambar 5. Pengaruh penambahan konsentrasi ekstrak <i>Theobroma cacao</i> terhadap efisiensi inhibisi sampel baja dalam medium korosif H_2SO_4 0,5 N dengan variasi waktu 2, 4, dan 6 hari.	14
Gambar 6. Pengaruh penambahan konsentrasi ekstrak <i>Theobroma cacao</i> terhadap efisiensi inhibisi sampel baja dalam medium korosif H_2SO_4 1,0 N dengan variasi waktu 2, 4, dan 6 hari.	15
Gambar 7. Foto permukaan spesimen baja dengan pembesaran 100x (a) sebelum dilapisi ekstrak <i>Theobroma cacao</i> , (b) dengan penambahan ekstrak daun <i>Theobroma cacao</i> selama 1 jam.	16
Gambar 8. Foto permukaan spesimen baja dengan pembesaran 100x (a) foto permukaan sampel baja yang direndam dalam medium korosif H_2SO_4 , (b) dengan penambahan ekstrak daun <i>Theobroma cacao</i> .	16

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Perhitungan persentase penambahan berat sampel baja untuk penentuan konsentrasi optimum dari ekstrak <i>Theobroma cacao</i> .	21
Lampiran 2. Perhitungan penentuan laju korosi sampel baja.	21
Lampiran 3. Perhitungan penentuan efisiensi inhibisi korosi sampel baja.	22
Lampiran 4. Data pengaruh penambahan konsentrasi ekstrak <i>Theobroma cacao</i> terhadap penambahan berat baja pada waktu perendaman 2 hari.	23
Lampiran 5. Data pengaruh penambahan konsentrasi ekstrak <i>Theobroma cacao</i> terhadap penambahan berat baja pada waktu perendaman 4 hari.	23
Lampiran 6. Data pengaruh penambahan konsentrasi ekstrak <i>Theobroma cacao</i> terhadap penambahan berat baja pada waktu perendaman 6 hari.	24
Lampiran 7. Data pengaruh penambahan konsentrasi ekstrak <i>Theobroma cacao</i> terhadap penambahan berat baja dalam medium korosif H ₂ SO ₄ 0,5 N selama 2 hari.	24
Lampiran 8. Data pengaruh penambahan konsentrasi ekstrak <i>Theobroma cacao</i> terhadap penambahan berat baja dalam medium korosif H ₂ SO ₄ 0,5 N selama 4 hari.	25
Lampiran 9. Data pengaruh penambahan konsentrasi ekstrak <i>Theobroma cacao</i> terhadap penambahan berat baja dalam medium korosif H ₂ SO ₄ 0,5 N selama 6 hari.	25
Lampiran 10. Data pengaruh penambahan konsentrasi ekstrak <i>Theobroma cacao</i> terhadap penambahan berat baja dalam medium korosif H ₂ SO ₄ 1,0 N selama 2 hari.	26
Lampiran 11. Data pengaruh penambahan konsentrasi ekstrak <i>Theobroma cacao</i> terhadap penambahan berat baja dalam medium korosif H ₂ SO ₄ 1,0 N selama 4 hari.	26
Lampiran 12. Data pengaruh penambahan konsentrasi ekstrak <i>Theobroma cacao</i> terhadap penambahan berat baja dalam medium korosif H ₂ SO ₄ 1,0 N selama 6 hari.	27

Lampiran 13. Data pengaruh penambahan konsentrasi ekstrak <i>Theobroma cacao</i> terhadap laju korosi baja dalam medium korosif H ₂ SO ₄ 0,5 N selama 2 hari.	27
Lampiran 14. Data pengaruh penambahan konsentrasi ekstrak <i>Theobroma cacao</i> terhadap laju korosi baja dalam medium korosif H ₂ SO ₄ 0,5 N selama 4 hari.	28
Lampiran 15. Data pengaruh penambahan konsentrasi ekstrak <i>Theobroma cacao</i> terhadap laju korosi baja dalam medium korosif H ₂ SO ₄ 0,5 N selama 6 hari.	28
Lampiran 16. Data pengaruh penambahan konsentrasi ekstrak <i>Theobroma cacao</i> terhadap laju korosi baja dalam medium korosif H ₂ SO ₄ 1,0 N selama 2 hari.	29
Lampiran 17. Data pengaruh penambahan konsentrasi ekstrak <i>Theobroma cacao</i> terhadap laju korosi baja dalam medium korosif H ₂ SO ₄ 1,0 N selama 4 hari.	29
Lampiran 18. Data pengaruh penambahan konsentrasi ekstrak <i>Theobroma cacao</i> terhadap laju korosi baja dalam medium korosif H ₂ SO ₄ 1,0 N selama 6 hari.	30
Lampiran 19. Data pengaruh penambahan konsentrasi <i>Theobroma cacao</i> terhadap efisiensi inhibisi korosi baja dalam medium korosif H ₂ SO ₄ 0,5 N selama 2 hari.	30
Lampiran 20. Data pengaruh penambahan konsentrasi <i>Theobroma cacao</i> terhadap efisiensi inhibisi korosi baja dalam medium korosif H ₂ SO ₄ 0,5 N selama 4 hari.	31
Lampiran 21. Data pengaruh penambahan konsentrasi <i>Theobroma cacao</i> terhadap efisiensi inhibisi korosi baja dalam medium korosif H ₂ SO ₄ 0,5 N selama 6 hari.	31
Lampiran 22. Data pengaruh penambahan konsentrasi <i>Theobroma cacao</i> terhadap efisiensi inhibisi korosi baja dalam medium korosif H ₂ SO ₄ 1,0 N selama 2 hari.	31
Lampiran 23. Data pengaruh penambahan konsentrasi <i>Theobroma cacao</i> terhadap efisiensi inhibisi korosi baja dalam medium korosif H ₂ SO ₄ 1,0 N selama 4 hari.	32

զեխան 4 թաղ:	33
ցիտենշի խմորի քառու թիչ գլխով մեզիում քառու, H^2SO^4 1'0 և Լաուրինա 33. Ընդհանուր բնութագրի կոնցեպտի: Անօրհույն սպաս լերագր	
զեխան 5 թաղ:	31
ցիտենշի խմորի քառու թիչ գլխով մեզիում քառու, H^2SO^4 1'0 և Լաուրինա 33. Ընդհանուր բնութագրի կոնցեպտի: Անօրհույն սպաս լերագր	
զեխան 6 թաղ:	31
ցիտենշի խմորի քառու թիչ գլխով մեզիում քառու, H^2SO^4 0'2 և Լաուրինա 31. Ընդհանուր բնութագրի կոնցեպտի: Անօրհույն սպաս լերագր	
զեխան 4 թաղ:	31
ցիտենշի խմորի քառու թիչ գլխով մեզիում քառու, H^2SO^4 0'2 և Լաուրինա 30. Ընդհանուր բնութագրի կոնցեպտի: Անօրհույն սպաս լերագր	
զեխան 5 թաղ:	30
ցիտենշի խմորի քառու թիչ գլխով մեզիում քառու, H^2SO^4 0'2 և Լաուրինա 18. Ընդհանուր բնութագրի կոնցեպտի: Անօրհույն սպաս լերագր	
զեխան 6 թաղ:	30
լերագր թիչ քառու թիչ գլխով մեզիում քառու, H^2SO^4 1'0 և Լաուրինա 18. Ընդհանուր բնութագրի կոնցեպտի: Երկրակ Անօրհույն սպաս	
զեխան 4 թաղ:	30
լերագր թիչ քառու թիչ գլխով մեզիում քառու, H^2SO^4 1'0 և Լաուրինա 13. Ընդհանուր բնութագրի կոնցեպտի: Երկրակ Անօրհույն սպաս	
զեխան 5 թաղ:	30
լերագր թիչ քառու թիչ գլխով մեզիում քառու, H^2SO^4 1'0 և Լաուրինա 16. Ընդհանուր բնութագրի կոնցեպտի: Երկրակ Անօրհույն սպաս	
զեխան 6 թաղ:	38
լերագր թիչ քառու թիչ գլխով մեզիում քառու, H^2SO^4 0'2 և Լաուրինա 12. Ընդհանուր բնութագրի կոնցեպտի: Երկրակ Անօրհույն սպաս	
զեխան 4 թաղ:	38
լերագր թիչ քառու թիչ գլխով մեզիում քառու, H^2SO^4 0'2 և Լաուրինա 14. Ընդհանուր բնութագրի կոնցեպտի: Երկրակ Անօրհույն սպաս	
զեխան 5 թաղ:	31
լերագր թիչ քառու թիչ գլխով մեզիում քառու, H^2SO^4 0'2 և Լաուրինա 13. Ընդհանուր բնութագրի կոնցեպտի: Երկրակ Անօրհույն սպաս	

Lampiran 24. Data pengaruh penambahan konsentrasi *Theobroma cacao* terhadap efisiensi inhibisi korosi baja dalam medium korosif H_2SO_4 1,0 N selama 6 hari.

32



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam kehidupan sehari-hari, banyak menggunakan peralatan dari logam. Begitu juga dalam bidang industri banyak dipakai peralatan yang terbuat dari logam. Salah satu bahan logam yang banyak dipakai terutama dalam bidang industri adalah baja. Baja merupakan salah satu jenis logam yang mempunyai popularitas tinggi karena logam ini mempunyai kemampuan untuk dipergunakan dalam berbagai macam kebutuhan, mudah dibuat, mudah dilas dan harganya relatif murah. Akan tetapi bahan logam ini mudah mengalami kerusakan dan kehilangan fungsi akibat proses alam yang disebut korosi¹.

Kerugian akibat korosi dapat menimbulkan dampak yang cukup besar bagi kehidupan manusia. Dari bidang sosial, banyaknya kecelakaan yang diakibatkan oleh korosi, antara lain runtuhnya jembatan, kebocoran pipa bawah tanah dan lain-lain. Dari bidang ekonomi, tingginya biaya yang harus dikeluarkan untuk penggantian dan perbaikan pipa-pipa yang terkena korosi. Korosi tidak dapat dicegah tetapi lajunya dapat dikurangi. Berbagai cara telah dilakukan untuk mengurangi laju korosi, diantaranya adalah pemakaian inhibitor^{2,3,4}.

Sejauh ini, penggunaan inhibitor merupakan salah satu cara yang paling efektif untuk mencegah korosi, karena biayanya yang relatif murah dan prosesnya yang sederhana. Inhibitor korosi sendiri didefinisikan sebagai suatu zat yang apabila ditambahkan dalam jumlah sedikit ke dalam lingkungan akan menurunkan serangan korosi lingkungan terhadap logam².

Selain itu perkembangan ilmu pengetahuan telah banyak memberikan kontribusi berupa informasi tentang ekstrak bahan alam yang memiliki potensi untuk mencegah maupun mengurangi proses korosi. Efektivitas ekstrak bahan alam sebagai inhibitor korosi tidak terlepas dari kandungan senyawa kimia yang memiliki atom-atom yang mampu berperan sebagai pendonor elektron terhadap logam untuk membentuk senyawa kompleks yang dapat menghalangi proses korosi.⁵ Salah satu contohnya adalah ekstrak daun tembakau yang mengandung senyawa-senyawa kimia antara lain nikotin, hidrazin, alanin, quinolin, anilin, piridin, amina, dan lain-lain.⁶

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam kehidupan sehari-hari, banyak menggunakan peralatan dari logam. Begitu juga dalam bidang industri banyak dipakai peralatan yang terbuat dari logam. Salah satu bahan logam yang banyak dipakai terutama dalam bidang industri adalah baja. Baja merupakan salah satu jenis logam yang mempunyai popularitas tinggi karena logam ini mempunyai kemampuan untuk dipergunakan dalam berbagai macam kehidupan, mudah dibuat, mudah dilas dan harganya relatif murah. Akan tetapi bahan logam ini masih mengalami kerusakan dan kehilangan fungsi akibat proses alam yang disebut korosi.

Kerusakan akibat korosi dapat menimbulkan dampak yang cukup besar bagi kehidupan manusia. Dari bidang sosial, banyaknya kecelakaan yang disebabkan oleh korosi, antara lain runtuhnya jembatan, kebocoran pipa bawah tanah dan lain-lain. Dari bidang ekonomi, tingginya biaya yang harus dikeluarkan untuk penggantian dan perbaikan pipa-pipa yang terkena korosi. Korosi tidak dapat diabaikan tetapi justru dapat dikurangi. Berbagai cara telah dilakukan untuk mengurangi laju korosi, diantaranya adalah pemakaian inhibitor.

Salah satu penggunaan inhibitor merupakan salah satu cara yang paling efektif untuk mencegah korosi, karena harganya yang relatif murah dan prosesnya yang sederhana. Inhibitor korosi sendiri dibedakan sebagai suatu zat yang apabila ditambahkan dalam jumlah sedikit ke dalam lingkungan akan menurunkan serapan korosi lingkungan terhadap logam.

Selain itu perkembangan ilmu pengetahuan telah banyak memberikan kontribusi berupa informasi tentang ekstrak bahan alam yang memiliki potensi untuk mencegah maupun mengurangi proses korosi. Efektivitas ekstrak bahan alam sebagai inhibitor korosi tidak terlepas dari kandungan senyawa kimia yang memiliki atom-atom yang mampu berperan sebagai pendonor elektron terhadap logam untuk membentuk senyawa kompleks yang dapat menghambat proses korosi. Salah satu contohnya adalah ekstrak daun jambak yang mengandung senyawa-senyawa kimia antara lain nikotin, hidrazin, asam punicolin, anilin, piridin, amonia, dan lain-lain.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan sebelumnya, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Apakah ekstrak tanaman *Theobroma cacao* dapat memberikan pengaruh inhibisi korosi terhadap baja dalam medium korosif asam sulfat ?
2. Seberapa besar efisiensi inhibisi yang dihasilkan oleh ekstrak *Theobroma cacao* terhadap sampel baja dalam medium korosif asam sulfat?
3. Bagaimana interaksi antara sampel baja dengan ekstrak *Theobroma cacao*?

Untuk mendapatkan solusi dari permasalahan tersebut dilakukan pengujian terhadap beberapa variabel diantaranya persentase pengurangan berat, laju korosi dan efisiensi inhibisi korosi pada baja dalam medium asam sulfat dengan dan tanpa penggunaan inhibitor. Inhibitor yang digunakan adalah ekstrak daun kakao. Pengamatan struktur mikro permukaan sampel baja dengan foto optik *Carton Stereo Triinokuler*.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini diantaranya adalah :

1. Menghitung laju korosi baja di dalam medium korosif larutan asam sulfat baik yang tanpa dilapisi maupun dilapisi ekstrak daun *Theobroma cacao*.
2. Mengetahui kemampuan inhibisi korosi ekstrak daun *Theobroma cacao* terhadap korosi baja di dalam medium larutan asam sulfat.
3. Mengetahui perubahan tekstur baja sebelum dan sesudah korosi baik tanpa dilapisi dan setelah dilapisi ekstrak daun *Theobroma cacao*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah didapatkannya alternatif inhibitor alami untuk mengurangi laju korosi baja dan mengetahui berapa lama kemampuan ekstrak daun kakao dalam menghambat korosi pada baja dalam medium asam sulfat, serta dapat memberikan output berupa informasi tentang potensi ekstrak tanaman yang digunakan dalam menghambat proses korosi terhadap logam terutama baja.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baja

Baja merupakan paduan logam yang terdiri dari besi, karbon, dan unsur lainnya. Karbon merupakan salah satu unsur yang sangat penting, karena dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan baja. Unsur – unsur tambahan seperti Ni, Cr, Mn, dan P dapat memperbaiki sifat mekanik dari baja. Besi dan baja mempunyai kandungan unsur utama yaitu Fe, hanya kadar karbon saja yang membedakan antara besi dan baja.^{7,8,9}

Berdasarkan komposisi kimia yang dimiliki, baja dapat dibagi menjadi 2 jenis⁹ :

1. Baja karbon (carbon steel), dibagi menjadi tiga yaitu :

a. Baja karbon tinggi

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

b. Baja karbon menengah

Kekuatan lebih tinggi dibanding 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 palang.

2. Baja paduan (alloy steel)

Tujuan dilakukannya penambahan unsur lain yaitu :

- a. Untuk menaikkan sifat mekanik baja (kekerasan, keliatan, kekuatan tarik, dan sebagainya).
- b. Untuk meningkatkan daya tahan terhadap reaksi kimia (oksidasi dan reduksi).
- c. Untuk menaikkan sifat mekanik pada temperatur rendah.

Berdasarkan kadar elemen paduan yang dimiliki, baja diklasifikasikan:

- a. Baja paduan rendah, jika elemen paduannya $\leq 2,5\%$.
- b. Baja paduan menengah, jika elemen paduannya $2,5 - 10\%$.
- c. Baja paduan tinggi, jika elemen paduannya $> 10\%$.

Tipe-tipe baja berdasarkan kandungan logam yaitu :

- a. Baja krom : Baja yang mengandung 12% logam krom (Cr).
- b. Baja Mangan : Paduan logam Fe dengan logam Mn (13%) dan unsur C (1%).
- c. Baja nikel : Baja yang mengandung 12% logam Ni.
- d. Baja nikel-krom : Paduan logam Fe dengan logam Ni (3%), logam Cr (91,5%), dan unsur C (0,4%).
- e. Baja Wolfram (tungsten) : Paduan logam Fe dengan W (5%) dan unsur C (0,5%).
- f. Baja tahan karat (stainless steel : Memiliki banyak jenis, umumnya merupakan baja dengan kandungan logam Cr (10-25%), unsur C (0,1-0,7%) dan kadang-kadang sejumlah kecil logam Ni dan Nb.

2.2 Korosi Pada Logam

Korosi atau proses pengkaratan dapat didefinisikan sebagai perubahan yang terjadi pada permukaan logam yang disebabkan adanya reaksi kimia dengan lingkungan sehingga mengakibatkan penurunan kualitas logam. Korosi pada bahan-bahan logam secara umum timbul sebagai hasil dari reaksi elektrokimia yang diakibatkan oleh adanya elektrolit-elektrolit yang mengalami kontak dengan permukaan logam. Elektrolit-elektrolit tersebut dapat berupa asam, garam, atau alkali.^{10,11}

Faktor yang berpengaruh terhadap korosi dapat dibedakan menjadi dua yaitu :

- a. Berasal dari bahan itu sendiri

Faktor dari bahan meliputi kemurnian bahan, struktur bahan, bentuk kristal, teknik pencampuran bahan dan sebagainya.

b. Berasal dari lingkungan

Faktor dari lingkungan meliputi tingkat pencemara udara, suhu, kelembaban, keberadaan zat-zat kimia yang bersifat korosif dan sebagainya.

Berdasarkan bentuk kerusakan yang ditimbulkan pada logam, korosi dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Korosi merata

Korosi merata merupakan bentuk korosi yang menyerang seluruh permukaan logam secara serentak pada skala makroskopik.

2. Korosi sumur

Korosi sumur merupakan bentuk korosi yang terlokalisasi dan terarah.

3. Korosi lokal

Korosi lokal merupakan bentuk korosi yang menyerang bagian tertentu dari permukaan akibat adanya heterogenitas bahan.

4. Korosi batas butir

Korosi batas butir merupakan bentuk korosi yang terjadi sepanjang batas butir kristal.

5. Korosi akibat akumulasi tegangan (*stress*)

Korosi akibat akumulasi tegangan merupakan bentuk korosi yang merambat hingga batas butir karena adanya tegangan yang diberikan pada bahan.

6. Korosi celah

Korosi celah merupakan bentuk korosi yang terjadi pada sambungan dua bahan.

Macam-macam korosi berdasarkan akibat reaksi elektrokimia yaitu.^{15,16}

1. Korosi galvanis

Timbul bila dua logam yang berbeda bersentuhan satu dengan yang lainnya atau dihubungkan secara elektrik dan diekspos pada suatu larutan yang korosif yang bisa menimbulkan aliran antara kedua logam tersebut.

2. Korosi sel konsentrasi

Korosi sel konsentrasi timbul karena terdapat perbedaan dalam komposisi elektrolit. Sel konsentrasi memacu terjadinya korosi, proses tersebut terjadi pada lokasi yang memiliki konsentrasi elektrolit yang rendah.

3. Korosi atmosfer

Korosi atmosfer timbul sebagai akibat interaksi dari suatu permukaan dan disusul dengan timbulnya cacat pada lapisan-lapisan tersebut.

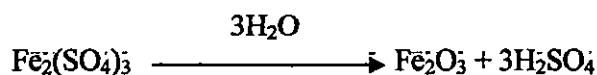
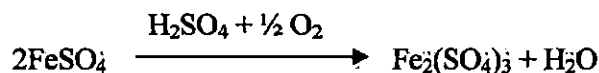
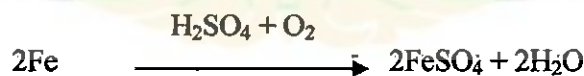
4. Korosi oleh bakteri

Korosi oleh bakteri ini disebabkan oleh aktivitas bermacam-macam mikro organisme. Mikroorganisme yang banyak menimbulkan korosi adalah bakteri yang dapat mengubah belerang menjadi sulfat atau sulfida, yaitu dari spesies *Spororribis desulfuricans*.

2.3 Korosi Baja dalam Medium Asam Sulfat

Senyawa sulfur di atmosfer terdiri dari H_2S , SO_2 , SO_3 , dan SO_4^{2-} . Senyawa – senyawa ini bersifat reaktif dengan waktu perpindahan yang relatif singkat. Asam sulfat merupakan zat agresif yang dapat mengoksidasi Fe menjadi Fe^{2+} . Udara saat ini telah terpolusi oleh gas-gas asam seperti gas SO_2 yang berasal dari proses industri, pembakaran bahan bakar minyak untuk transportasi, dan pembakaran stasioner bahan bakar fosil (batu bara, minyak bumi dan gas alam) pada pusat pembangkit listrik.¹²

Gas SO_2 ini dapat bercampur dengan udara disekitar dan bila terkena hujan akan menyebabkan hujan asam. Asam sulfat yang terbentuk dapat teradsorpsi oleh produk karat yang telah terbentuk pada permukaan baja yang akhirnya mempercepat reaksi korosi sehingga laju korosi akan meningkat, menurut reaksi berikut :



Lingkungan yang sama dapat mempercepat terjadinya korosi, hal ini ditunjukkan oleh percobaan yang dilakukan oleh Whitman dan Rusel dimana larutan yang mempunyai pH 4 - pH 1 ternyata menyebabkan korosi dengan laju yang sangat cepat serta menghasilkan gas H₂.

2.4 Pencegahan Korosi dengan Menggunakan Inhibitor

Proses pencegahan korosi dapat dilakukan, diantaranya dengan pelapisan pada permukaan logam, perlindungan katodik, penambahan inhibitor korosi dan lain-lain. Sejauh ini, penggunaan inhibitor merupakan salah satu cara yang paling efektif untuk mencegah korosi, karena biayanya yang relatif murah dan prosesnya yang sederhana. Inhibitor korosi sendiri didefinisikan sebagai suatu zat yang apabila ditambahkan dalam jumlah sedikit ke dalam lingkungan akan menurunkan serangan korosi lingkungan terhadap logam.

Umumnya inhibitor korosi berasal dari senyawa-senyawa organik dan anorganik yang mengandung gugus-gugus yang memiliki pasangan elektron bebas, seperti nitrit, kromat, fosfat, urea, fenilalanin, imidazolin, dan senyawa-senyawa amina. Namun kenyataannya bahan kimia sintesis ini merupakan bahan kimia yang berbahaya, harganya relatif mahal, dan tidak ramah lingkungan, maka seringkali industri-industri kecil dan menengah jarang menggunakan inhibitor pada sistem pendingin, sistem pemipaan, dan sistem pengolahan air produksi mereka, untuk melindungi besi atau baja dari serangan korosi. Untuk itu penggunaan inhibitor yang aman, mudah didapatkan, bersifat biodegradable, biaya murah, dan ramah lingkungan sangatlah diperlukan.^{2,11}

Adapun mekanisme inhibitor korosi dapat dibedakan sebagai berikut¹³ :

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

lingkungan yang sama dapat mempercepat terjadinya korosi. Hal ini ditunjukkan oleh percobaan yang dilakukan oleh Winarno dan Rusri dimana larutan yang mempunyai pH 4 - pH 1 ternyata menyebabkan korosi dengan laju yang sangat cepat serta menghasilkan gas H₂.

2.1. Pencegahan Korosi dengan Menggunakan Inhibitor

Proses pencegahan korosi dapat dilakukan diantaranya dengan pelapisan pada permukaan logam, perlindungan katodik, penambahan inhibitor korosi dan lain-lain. Salah satu penggunaan inhibitor merupakan salah satu cara yang paling efektif untuk mencegah korosi karena biaya yang relatif murah dan prosesnya yang sederhana. Inhibitor korosi sendiri dibedakan sebagai anoda katoda yang apabila ditambahkan dalam jumlah sedikit ke dalam lingkungan akan menurunkan serangan korosi lingkungan terhadap logam.

Umumnya inhibitor korosi berasal dari senyawa-senyawa organik dan anorganik yang mengandung gugus-gugus yang memiliki pasangan elektron bebas seperti nitro kromat, iodat, nitrit, nitrat, hidrosulfid, dan senyawa-senyawa lainnya. Namun kenyataannya bahan kimia sintesis ini merupakan bahan kimia yang berbahaya, harganya relatif mahal, dan tidak ramah lingkungan, maka seringkali industri-industri kecil dan menengah jarang menggunakan inhibitor pada sistem pendingin, sistem pendinginan dan sistem pengolahan air produksi mereka untuk melindungi besi atau baja dari serangan korosi. Untuk itu penggunaan inhibitor yang aman, mudah didapatkan, bersifat biodegradable, biaya murah, dan mudah lingkungan sangatlah diperlukan.¹¹

Ada dua mekanisme inhibitor korosi dapat dibedakan sebagai berikut¹² :

1. Inhibitor teradsorpsi pada permukaan logam dan membentuk suatu lapisan tipis dengan ketebalan beberapa molekul inhibitor. Lapisan ini tidak dapat dilulus oleh arus listrik namun dapat menghambat kenyamanan lingkungan terhadap logamnya.
2. Melalui program lingkungan (air-lu pH) menyebabkan inhibitor dapat mengendap dan selanjutnya teradsorpsi pada permukaan logam serta

melidunginya 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 lingkungannya.

Berdasarkan bahan dasarnya, inhibitor dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Inhibitor organik

Inhibitor organik adalah inhibitor yang dapat menghambat korosi dengan cara teradsorpsi kimiawi pada permukaan logam, melalui ikatan logam heteroatom. Inhibitor ini terbuat dari bahan organik. Contohnya adalah gugus amin, fosfor, dan eter.

2. Inhibitor anorganik

Inhibitor anorganik adalah inhibitor yang terbuat dari bahan anorganik. Biasanya berupa kristal-kristal garam, seperti sodium kromat, pospat, atau molibdat. Kandungan anion-anion negatif dari senyawa ini terlibat dalam pereduksian korosi pada logam.

2.5 Ekstrak *Theobroma cacao*

Tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan satu-satunya tanaman Tanaman kakao yang mempunyai nilai ekonomis dibanding 22 jenis lainnya. Yang asli berasal dari Meksiko Selatan yaitu sebelah utara Brasil dan Selatan Bolivia atau lebih tepatnya di daerah lembah Copper Amazone.

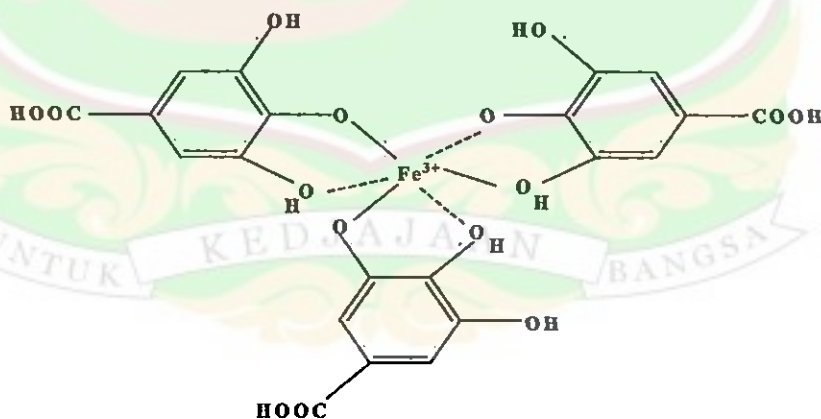
Kakao termasuk dalam genus *Theobroma*, dengan nama latin *Theobroma cacao*. Kakao merupakan tumbuhan tahunan berbentuk pohon, di alam dapat mencapai ketinggian 10 m. Meskipun demikian, dalam pembudidayaan tingginya dibuat tidak lebih dari 5 m tetapi dengan tajuk menyamping yang meluas. Hal ini dilakukan untuk memperbanyak cabang produktif.¹⁶

Berikut merupakan susunan taksonomi dari *Theobroma cacao* :

Kingdom : Plantae
Divisio : Magnoliophyta
Kelas : Magnoliopsida
Ordo : Malvales
Famili : Malvaceae
Genus : *Theobroma*
Spesies : *T. cacao*

2.6 Kandungan Senyawa Kimia

Ekstrak daun kakao mengandung beberapa komponen senyawa kimia antara lain : fruktosa, sukrosa, lemak, protein, steroid, terpenoid, fenolit, kumarin, koloid, dan tanin. 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. Tannin pada tanaman terdapat pada daun, kulit, batang, biji, kayu, dan bunga.^{16,17}



Gambar 1 : Struktur Khelat besi (III) dengan asam galat

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Elektrokimia/Fotokimia Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas dimulai dari bulan Maret sampai Desember 2010.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat yang digunakan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya peralatan gelas, ampas besi, besi penjepit, jangka sorong, neraca, rotary evaporator dan Carton Stereo Trinocular Foto Optic.

3.2.2 Bahan yang digunakan

Penelitian ini menggunakan beberapa jenis bahan diantaranya ekstrak tanaman *Theobroma cacao*, aseton, asam sulfat p.a, metanol, plat baja, akuades, dan HNO₃ 4%.

3.3 Cara Kerja

3.3.1 Pengerjaan awal spesimen

Baja St. 37 yang berbentuk batangan dengan diameter 2,5 cm dipotong dengan ketebalan $\pm 0,5$ cm, kemudian dihaluskan permukaannya dengan menggunakan ampelas besi dan dicuci dengan detergen, serta dibilas kembali dengan akuades. Semprotkan aseton untuk menghilangkan lemak yang mungkin menempel pada spesimen. Selanjutnya baja dikeringkan. Setelah kering, baja ditimbang dan hasil penimbangan dinyatakan sebagai berat awal.

3.3.2 Persiapan Ekstrak daun kakao (*Theobroma cacao*)

Daun *Theobroma cacao* segar ditimbang sebanyak 2000 g, dan dikeringkan pada suhu kamar, dipotong halus-halus kemudian direndam dengan metanol selama 3 hari, ekstrak disaring lalu diuapkan dan terbentuk ekstrak pekat *Theobroma cacao*.

3.3.3 Medium korosif H₂SO₄

Konsentrasi H₂SO₄ dibuat bervariasi yaitu 0,5 dan 1 N. Medium korosif ini dibuat dengan metoda pengenceran H₂SO₄ p.a, yakni dengan mengencerkan 27,7 mL asam sulfat p.a dalam labu 1000 mL sehingga diperoleh asam sulfat 1 N. Kemudian larutan ini digunakan sebagai larutan induk untuk membuat larutan asam sulfat 0,5 N.

3.3.4 Pembuatan larutan inhibitor

Ekstrak pekat *Theobroma cacao* yang telah didapatkan selanjutnya divariasikan konsentrasinya yaitu 1%, 4%, dan 10 %, dan selanjutnya diencerkan dengan akuades dan digunakan untuk pengujian.

3.3.5 Pencelupan sampel baja

Untuk perlakuan pertama, baja yang telah diketahui berat awalnya dicelupkan kedalam medium korosif H₂SO₄ (0,5 N dan 1 N) dengan variasi waktu 2, 4, 6 hari. Untuk perlakuan ke dua, baja yang telah diketahui berat awalnya dicelupkan kedalam medium korosif H₂SO₄ (0,5 N dan 1 N) dan ekstrak *Theobroma cacao* (1%, 4%, dan 10 %), dengan variasi waktu 2, 4, 6 hari.

3.3.6 Pencucian Produk Korosi

Setelah waktu korosi yang ingin ditentukan dicapai, baja diangkat dan dicelupkan kedalam asam nitrat 4 %. Selanjutnya dibersihkan dengan sikat lembut dan dilanjutkan dengan pembilasan menggunakan akuades, kemudian keringkan dan timbang. Perhitungan perbedaan berat sebelum dan setelah perendaman merupakan berat yang hilang selama korosi yang dinyatakan dalam persentase. Persentase kehilangan berat sebanding dengan laju korosi dan efisiensi inhibisi korosi.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Waktu Terhadap Perubahan Berat Baja Dalam Ekstrak *Theobroma cacao*

Berdasarkan data hasil penimbangan sampel baja yang telah direndam ke dalam larutan ekstrak *Theobroma cacao* seperti pada Gambar 2. dapat diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi ekstrak *Theobroma cacao*, maka persen pertambahan berat sampel baja cenderung semakin meningkat dengan meningkatnya waktu perendaman.



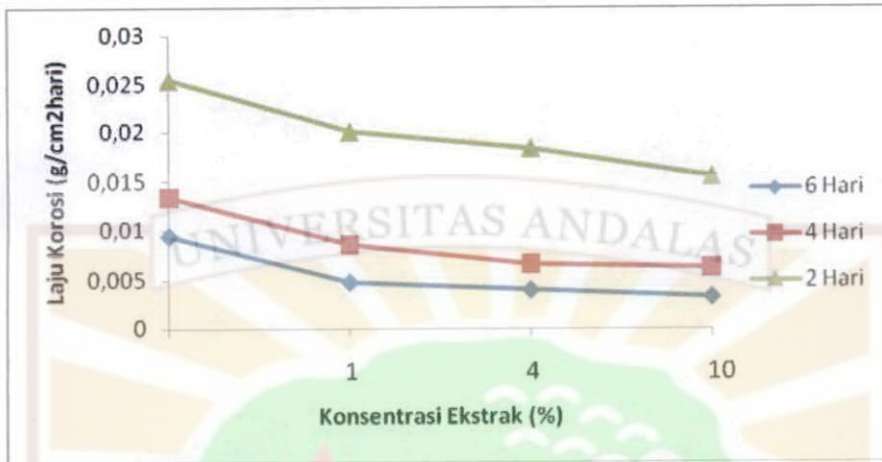
Gambar 2. Pengaruh waktu perendaman sampel baja dalam ekstrak *Theobroma cacao* (1, 4, dan 6%) terhadap perubahan berat baja.

Waktu perendaman baja 2 hari ekstrak daun *Theobroma cacao* sudah membentuk suatu lapisan tipis. Begitu juga untuk waktu perendaman 4 dan 6 hari, dimana lapisan tipis yang terbentuk semakin meningkat dengan bertambahnya waktu perendaman yang ditandai dengan kenaikan persen pertambahan berat baja.

4.2 Penambahan Ekstrak *Theobroma cacao* pada Baja dalam Medium Korosif H_2SO_4 0,5 N.

Asam sulfat merupakan zat yang bersifat korosif dan dapat mengurangi kekuatan ikatan antara atom-atom logam. Kemampuan ekstrak *Theobroma cacao* dalam mengurangi proses korosi pada sampel baja semakin tinggi, dan mampu menghalangi serangan H_2SO_4 0,5 N terhadap permukaan sampel baja, sehingga

proses korosi berlangsung lambat. Gambar 3. memperlihatkan bahwa laju korosi semakin berkurang dengan penambahan ekstrak *Theobroma cacao* dalam medium korosif H_2SO_4 0,5 N.



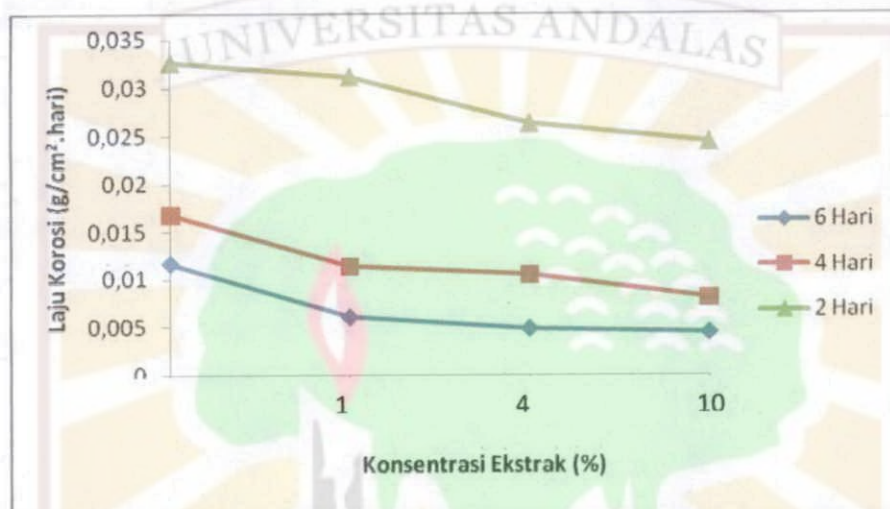
Gambar 3. Pengaruh konsentrasi ekstrak *Theobroma cacao* terhadap laju korosi dalam medium korosif H_2SO_4 0,5 N dengan variasi waktu (2, 4, dan 6 hari).

Pada awal perendaman, dengan konsentrasi ekstrak yang ditambahkan masih sedikit maka laju korosi yang diperoleh masih tinggi. Pada penambahan ekstrak berikutnya didapatkan laju korosi yang semakin menurun. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak *Theobroma cacao* mampu menghalangi serangan asam sulfat terhadap permukaan sampel baja sehingga proses korosi berlangsung lebih lambat.

4.3 Penambahan Ekstrak *Theobroma cacao* Pada Baja dalam Medium Korosif H_2SO_4 1 N

Bertambahnya konsentrasi asam sulfat menyebabkan permukaan baja semakin cepat terkorosi sehingga laju korosi akan bertambah cepat dan menyebabkan pengurangan berat baja. Pengurangan berat tersebut terjadi karena adanya serangan asam sulfat yang dapat mengoksidasi Fe menjadi Fe^{2+} . Gambar 4. memperlihatkan bahwa laju korosi yang dialami sampel baja akan semakin berkurang dengan bertambahnya konsentrasi ekstrak *Theobroma cacao* dan waktu korosi. Laju korosi mengalami penurunan secara bertahap pada waktu perendaman yang lebih lama. Hal tersebut terjadi karena pada awal perendaman

ion hidrogen dari medium korosif masih memiliki korosifitas yang tinggi untuk bereaksi dengan sampel baja. Pada waktu perendaman yang lebih lama jumlah ion hidrogen yang bereaksi dengan logam akan berkurang. Oleh karena sudah terbentuk lapisan tipis pada permukaan baja sehingga dapat menghambat proses dan laju korosi. Selain itu inhibitor ekstrak batang *Theobroma cacao* memiliki kemampuan menghilangkan konstituen yang agresif dari lingkungannya, sehingga dapat mengurangi masuknya oksigen dan ion hidrogen pada permukaan baja.

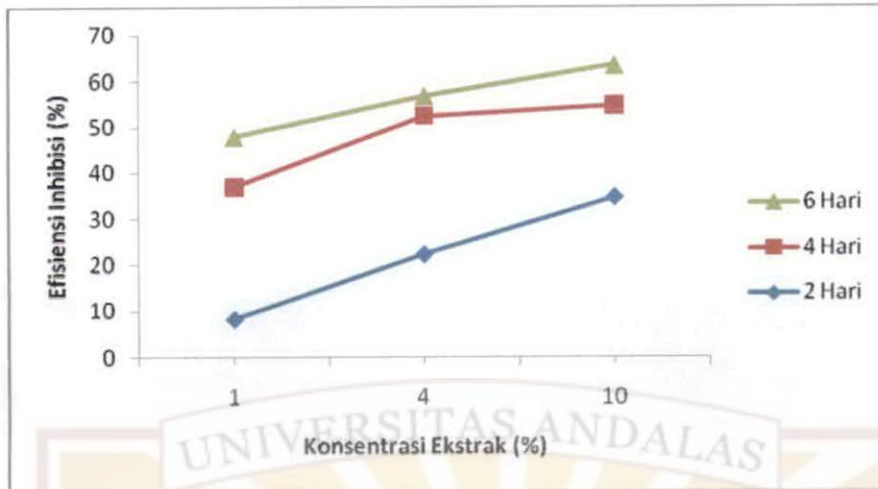


Gambar 4. Pengaruh konsentrasi ekstrak *Theobroma cacao* terhadap laju korosi dalam medium korosif H_2SO_4 1 N dengan variasi waktu (2, 4, dan 6 hari).

4.4 Efisiensi Inhibisi Korosi Baja

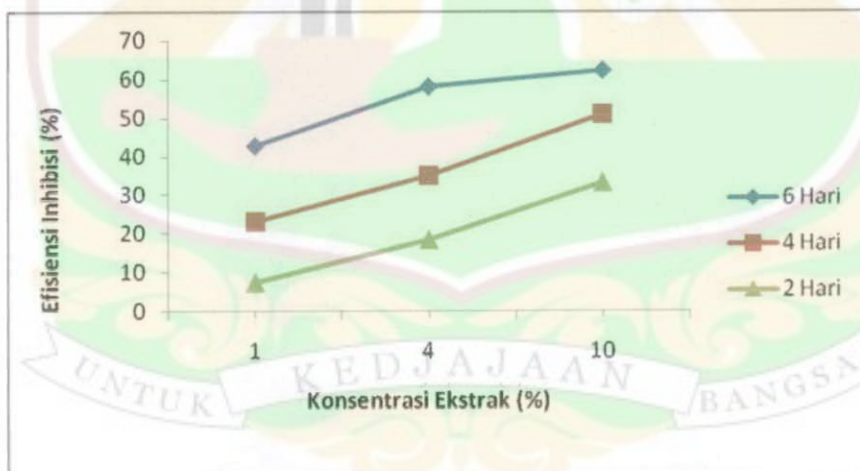
Kualitas efisiensi dari masing-masing sampel baja berbeda-beda untuk konsentrasi medium korosif 0,5 N dan 1,0 N. Semakin besar konsentrasi H_2SO_4 , maka persentase efisiensi inhibisi akan semakin berkurang. Penambahan ekstrak daun *Theobroma cacao* sebagai inhibitor dapat membantu mengurangi laju korosi, kemampuan suatu inhibitor untuk menginhibisi korosi dapat ditentukan berdasarkan efisiensinya.

Kenaikan efisiensi inhibisi berlaku pada banyaknya jumlah ekstrak yang ditambahkan pada perendaman yang lebih lama. Hal ini terjadi karena semakin lama kontak yang berlangsung antara sampel baja dengan ekstrak, maka kemampuan ekstrak dalam menginhibisi korosi akan mengalami kenaikan.



Gambar 5. Pengaruh penambahan konsentrasi ekstrak *Theobroma cacao* terhadap efisiensi inhibisi sampel baja dalam medium korosif H₂SO₄ 0,5 N korosidengan variasi waktu (2, 4, dan 6 hari).

Gambar 5. memperlihatkan efisiensi korosi baja St.37 pada perendaman dalam larutan H₂SO₄ 0,5 N. Efisiensi inhibisi korosi baja semakin tinggi dengan penambahan konsentrasi ekstrak daun *Theobroma cacao*. Peningkatan efisiensi inhibisi korosi ini disebabkan oleh terbentuknya lapisan pada permukaan baja yang dapat melindungi permukaan baja dari serangan ion hidrogen.

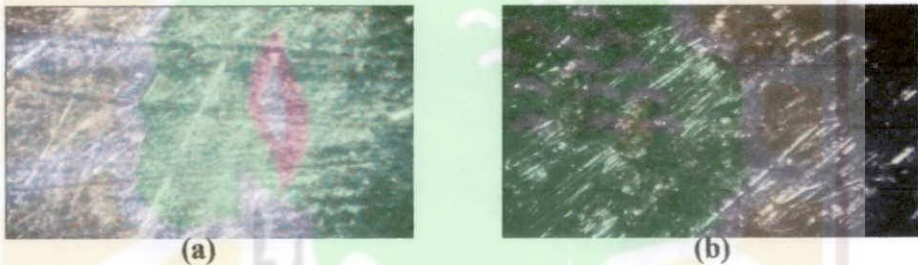


Gambar 6. Pengaruh penambahan konsentrasi ekstrak *Theobroma cacao* terhadap efisiensi inhibisi sampel baja dalam medium korosif H₂SO₄ 1 N korosidengan variasi waktu (2, 4, dan 6 hari).

Gambar 6. memperlihatkan efisiensi inhibisi baja St.37 pada perendaman dalam larutan H_2SO_4 1 N. Pada gambar terlihat efek inhibisi korosi baja semakin tinggi dengan penambahan konsentrasi ekstrak *Theobroma cacao*. Peningkatan efisiensi inhibisi disebabkan terbentuknya lapisan tipis pada permukaan baja yang dapat melindungi permukaan baja dari serangan ion hidrogen. Ion Hidrogen dalam medium korosif H_2SO_4 berkurang dengan bertambahnya inhibitor sehingga daya korosi rendah. Pada gambar ini terlihat bahwa inhibitor bekerja maksimal pada waktu perendaman yang lebih lama.

4.5 Analisis Permukaan Dengan Foto Optik

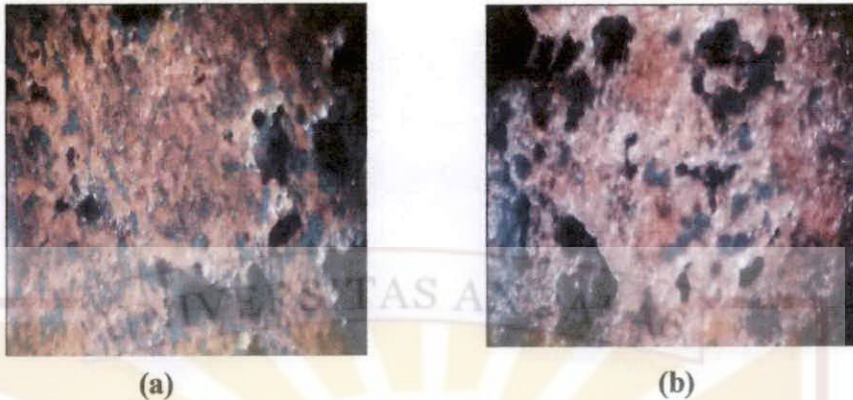
4.5.1 Foto optik dari spesimen baja awal dan baja yang telah dilapisi oleh ekstrak daun *Theobroma cacao*.



Gambar 7. Foto permukaan spesimen baja dengan perbesaran 100x (a) sebelum dilapisi ekstrak daun *Theobroma cacao*, (b) dengan penambahan ekstrak daun *Theobroma cacao* selama 1 jam

Gambar 7. (a) memperlihatkan permukaan baja yang belum terkorosi oleh medium korosif. Garis-garis halus yang terdapat pada permukaan baja merupakan garis-garis akibat dari penghalusan dengan kertas ampelas pada saat penghalusan permukaan. Dari gambar ini terlihat bahwa sampel baja masih dalam kondisi yang baik dan belum terkorosi. Gambar 7. (b) menunjukkan permukaan baja yang sudah dilapisi ekstrak daun *Theobroma cacao* pada perendaman selama 1 jam. Dari Gambar 7. (b) terlihat bahwa akibat penghalusan dengan ampelas besi garis-garis pada permukaan sampel baja menjadi tertutup. Tertutupnya garis halus pada permukaan sampel baja tersebut karena senyawa yang terkandung pada ekstrak mampu membentuk lapisan tipis pada permukaan baja.

4.5.2 Foto optik sampel baja yang telah terkorosi dalam medium korosif H_2SO_4 dan sampel baja dalam larutan H_2SO_4 dengan penambahan ekstrak daun *Theobroma cacao* selama 4 hari.



Gambar 8. Foto permukaan spesimen baja dengan perbesaran 100x (a) foto permukaan sampel baja yang direndam dalam medium korosif H_2SO_4 , (b) Sampel baja dalam larutan H_2SO_4 dengan penambahan ekstrak daun *Theobroma cacao*.

Foto struktur permukaan sampel baja yang yang direndam dalam medium korosif H_2SO_4 memperlihatkan permukaan baja yang mengalami korosi. Hal tersebut ditandai dengan terbentuknya karat yang berwarna coklat pada permukaan baja. Adanya penambahan ekstrak daun *Theobroma cacao* mampu memperlambat atau mengurangi proses terjadinya korosi pada permukaan sampel baja. Gambar 8 (b) memperlihatkan permukaan sampel baja mengalami korosi lebih sedikit bila dibandingkan dengan permukaan baja yang direndam dalam medium korosif tanpa adanya penambahan ekstrak daun *Theobroma cacao*. Hal tersebut disebabkan oleh penambahan ekstrak daun *Theobroma cacao* mampu menghalangi serangan ion-ion agresif seperti hidrogen sehingga permukaan baja menjadi terlindungi dan proses korosi berlangsung lebih lambat. Keadaan ini mengindikasikan bahwa ekstrak daun *Theobroma cacao* mampu berperan sebagai inhibitor korosi sampel baja dalam medium korosif H_2SO_4 .

4.3.2. Foto optik sampel baja yang telah terkorosi dalam medium korosi H_2SO_4 dan sampel baja dalam larutan H_2SO_4 dengan penambahan ekstrak daun Thebroma cacao selama 4 hari.



Gambar 8. Foto permukaan specimen baja dengan perbesaran 100x (a) foto permukaan sampel baja yang diletakkan dalam medium korosi H_2SO_4 , (b) Sampel baja dalam larutan H_2SO_4 dengan penambahan ekstrak daun Thebroma cacao.

Foto struktur permukaan sampel baja yang diletakkan dalam medium korosi H_2SO_4 memperlihatkan permukaan baja yang mengalami korosi. Hal tersebut ditandai dengan terbentuknya karat yang berwarna coklat pada permukaan baja. Adanya penambahan ekstrak daun Thebroma cacao mampu mempengaruhi atau mengurangi proses terjadinya korosi pada permukaan sampel baja. (Gambar 8 (b) memperlihatkan permukaan sampel baja mengalami korosi lebih sedikit bila dibandingkan dengan permukaan baja yang diletakkan dalam medium korosi tanpa adanya penambahan ekstrak daun Thebroma cacao. Hal tersebut disebabkan oleh penambahan ekstrak daun Thebroma cacao mampu mengikat anion SO_4^{2-} seperti hidrogen sehingga permukaan baja menjadi terlindungi dan proses korosi berlangsung lebih lambat. Keadaan ini mengindikasikan bahwa ekstrak daun Thebroma cacao mampu berperan sebagai inhibitor korosi sampel baja dalam medium korosi H_2SO_4 .

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Ekstrak daun *Theobroma cacao* dapat mengurangi laju korosi sampel baja dalam medium korosif asam sulfat 0,5 N dan 1,0 N dengan variasi waktu 2, 4, dan 6 hari.
2. Efisiensi inhibisi korosi baja yang paling tinggi adalah pada konsentrasi ekstrak *Theobroma cacao* 10% untuk semua variasi waktu perendaman..
3. Efisiensi inhibisi yang didapatkan pada ekstrak 10% dengan waktu perendaman 2, 4, dan 6 hari adalah 34,53; 54,66; 63,42% untuk H₂SO₄ 0,5 N, dan 33,10; 50,86; 62,31% untuk H₂SO₄ 1,0 N.
4. Efisiensi inhibisi korosi baja terhadap medium korosif H₂SO₄ 0,5 N dan 1 N memperlihatkan bahwa inhibitor bekerja maksimal pada waktu perendaman yang lebih lama.
5. Analisis struktur mikro permukaan sampel baja dengan foto optik *Carton Stereo Trinocular* memperlihatkan terjadinya perubahan tekstur permukaan sebelum, tanpa dan setelah penambahan ekstrak daun *Theobroma cacao*.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, untuk penelitian selanjutnya disarankan :

1. Mempelajari pengaruh ekstrak daun *Theobroma cacao* terhadap baja dalam medium korosif lainnya.
2. Melakukan atau menambah metode uji korosi dengan metode lain agar hasil yang didapatkan lebih komparatif.

DAFTAR PUSTAKA

1. W. D. Callister. *Material Science and Engineering, an Introduction* 2nd ed. Singapore. pp. 367-396: 1991.
2. Y. Stiadi, Emriadi, Imran, *Korosi Berbagai Spesi Baja dalam Larutan Asam Sulfat*, Jurnal Kimia Andalas, 4, (75-81): 1998.
3. R. B. Adnan, Molecular modelling study of the corrosion inhibition properties of ferric tannates, *Buletin The School of Chemical Sciences*, I, University Sains Malaysia, June 1. pp. 18: 2002.
4. M, Favre and Landolt, The Influence of Gallic Acid on The Reduction of Rust on Painted Stell Surface, *Corros Sci.* pp. 1481-1494: 1993.
5. J. A. Fraunhofer., *From Dentistry to Anti-Freeze and Paint*. From R&D Innovator 5, (8): 1996.
6. R. J. Reynolds, *Truth Found Expose The Facts About The Tobacco Industry and Its Practise*. www.thetruth.com: 1994.
7. L. Dewiana, *Inhibisi Korosi Baja dalam Asam Sulfat Oleh Ekstrak Daun Inai*, Skripsi Sarjana Kimia, Universitas Andalas: 2005.
8. Ulmann, *Ulmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*., A, 25, 5th edition. New York: 1998.
9. Elfiyanti., *Pemanfaatan Gambir Olahan Sebagai Inhibitor Korosi Baja*. Skripsi Sarjana Kimia. Universitas Andalas: 2007.
10. K.R. Trethwey and J. Chamberlain, *Korosi Untuk Mahasiswa dan Rekayasawan*, Terjemahan A. T. K. Widodo, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, II,(3), 17-21: 2002.
11. Direktorat Jendral Industri Kimia Dasar Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. *Lokakarya Nasional Korosi*, PT. Petrokimia Gresik, Jakarta: 1982.
12. R. Fakih, *Basic Corrosio Eingneering*, Petroleum Einineering PT CPI, Pekanbaru: 1993.
13. J. S. Robinson, *Corrosio Inhibitor Recent Developments*, Noyes Data Corp, USA: 2006.
14. M.I. Stewert, *Basic Gas Tecnology For CPI Eingeers and Senior Field Personnel*, International Training and Development, CPI: 1997.
15. NACE, *Basic Corrosion Crw-se Ninth Printing*, Houston, Texas,: 1978.

16. Ir. Suwasono Heddy, *Budidaya Tanaman Cokelat*, Angkasa Bandung, 8-10:1993.



Lampiran 1

Perhitungan prosentase pertambahan berat sampel baja untuk penentuan konsentrasi optimum dari ekstrak *Theobroma cacao*

Contoh :

Diketahui : Berat awal = 18,2310 g

Berat akhir = 18,783 g

Selisih berat (ΔW_b) = berat akhir - berat awal

$$= 18,7783 - 18,2310$$

$$= 0,5473 \text{ g}$$

Maka :

$$\% \Delta W_b = \frac{\Delta W_b}{\text{berat akhir}} \times 100 \%$$

$$= \frac{0,5473}{18,7783} \times 100$$

$$= 2,9145 \%$$

Lampiran 2

Perhitungan penentuan laju korosi sampel baja

Contoh :

Diketahui : Diameter baja = 2,342 cm

Jari - jari baja = 1,171 cm

Tebal baja = 0,312 cm

ΔW = 0,5473 g

$$\begin{aligned} \text{Keliling lingkaran} &= 2\pi r \\ &= 2 \times 3,14 \times 1,171 \text{ cm} \\ &= 7,3538 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas alas lingkaran} &= \pi r^2 \\ &= 3,14 \times (1,171 \text{ cm})^2 \\ &= 4,3056 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas permukaan} &= (\text{tebal} \times \text{keliling}) + (2 \times \text{luas alas}) \\ &= (0,312 \text{ cm} \times 7,3538 \text{ cm}) + (2 \times 4,3056 \text{ cm}^2) \\ &= 10,9113 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \text{Laju korosi} &= \frac{\Delta W}{(\text{Luas permukaan} \times \text{waktu korosi})} \\ &= \frac{0,5473 \text{ g}}{(10,9113 \text{ cm}^2 \times 2 \text{ hari})} \\ &= 0,0251 \text{ g/cm}^2 \text{ hari} \end{aligned}$$

Lampiran 3

Perhitungan penentuan efisiensi inhibisi korosi sampel baja

Contoh :

$$\begin{aligned} \text{Rata rata \% kehilangan berat baja tanpa penambahan } Theobroma \text{ cacao} \\ &= 2,7199 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata rata \% kehilangan berat baja dengan penambahan } Theobroma \text{ cacao} \\ &= 1,7807 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi inhibisi korosi} &= \frac{(2,7199 - 1,7807)}{2,7199} \times 100 \% \\ &= 34,53 \% \end{aligned}$$

Lampiran 4

Data pengaruh penambahan konsentrasi ekstrak *Theobroma cacao* terhadap pertambahan berat baja St. 37 terhadap waktu perendaman selama 2 hari.

.No	Konsentrasi Ekstrak <i>T.cacao</i> (%)	Berat Baja (g)			%W	Rata-Rata % Δ W
		Awal	Akhir	Δ W		
1	1	16,4190	16,7519	0,3029	1,8081	1,7807
		17,4266	17,7376	0,3110	1,7533	
2	4	17,8397	18,1973	0,3576	1,9651	1,9650
		17,5856	17,9381	0,3525	1,9650	
3	6	16,8693	17,2424	0,3731	2,1638	2,1152
		18,1061	18,4882	0,3821	2,0667	

Lampiran 5

Data pengaruh penambahan konsentrasi ekstrak *Theobroma cacao* terhadap pertambahan berat baja St. 37 terhadap waktu perendaman selama 4 hari.

No	Konsentrasi Ekstrak <i>T.cacao</i> (%)	Berat Baja (g)			%W	Rata-Rata % Δ W
		Awal	Akhir	Δ W		
1	1	16,0025	16,4349	0,4324	2,6309	2,4955
		17,4875	17,9102	0,4227	2,3601	
2	4	18,2310	18,7783	0,5473	2,9145	2,7199
		20,3187	20,8451	0,5264	2,5253	
3	6	16,9964	17,5533	0,5569	3,1726	3,1180
		17,2043	17,7480	0,5437	3,0634	

2	0	13'5013	13'3480	0'2731	3'0031	3'1180
		10'0004	13'2233	0'2200	3'1350	
3	1	30'3123	30'8421	0'2304	3'2323	3'3100
		18'3310	18'3383	0'2433	3'0142	
1	1	13'4832	13'0103	0'4331	3'3001	3'4022
		10'0052	10'4340	0'1351	3'0300	
№	Արժեքը (ՁԹ)	ՎՄՄԻ	ՎՄՔԻԻ	ՎՄ	№ՎՄ	ԿՅՈՒ-ԿՅՈՒ
	Երկրորդ կոնցենտրացիա	Երկու թվեր (Գ)				

Կոնցենտրացիոն թվերը թվեր 2-ի 3-ը տիրազեկը և դրան հետևողական թվերն էլ թվեր:
 Ըստ երկրորդ կոնցենտրացիոն կոնցենտրացիայի սկզբնական մեթոդով ստացված տիրազեկը
 Ըստ երկրորդ կոնցենտրացիոն կոնցենտրացիայի սկզբնական մեթոդով ստացված տիրազեկը

Ըստ երկրորդ կոնցենտրացիայի

2	0	18'1001	18'4883	0'3831	3'0003	3'1123
		10'8003	13'5434	0'3331	3'1038	
3	1	13'2820	13'0381	0'3252	1'0020	1'0020
		13'8303	18'1033	0'3230	1'0021	
1	1	13'4300	13'3330	0'3110	1'3233	1'3803
		10'4100	10'3210	0'3030	1'8081	
№	Արժեքը (ՁԹ)	ՎՄՄԻ	ՎՄՔԻԻ	ՎՄ	№ՎՄ	ԿՅՈՒ-ԿՅՈՒ
	Երկրորդ կոնցենտրացիա	Երկու թվեր (Գ)				

Կոնցենտրացիոն թվերը թվեր 2-ի 3-ը տիրազեկը և դրան հետևողական թվերն էլ թվեր:
 Ըստ երկրորդ կոնցենտրացիոն կոնցենտրացիայի սկզբնական մեթոդով ստացված տիրազեկը
 Ըստ երկրորդ կոնցենտրացիոն կոնցենտրացիայի սկզբնական մեթոդով ստացված տիրազեկը

$$= 3 + 23 + 23$$

$$\text{Ըստ երկրորդ կոնցենտրացիայի} = \frac{3 + 23 + 23}{13'3801 - 13'3801} = 1300$$

1300

Lampiran 6

Data pengaruh penambahan konsentrasi *Theobroma cacao* terhadap pertambahan berat baja St. 37 terhadap waktu perendaman selama 6 hari.

No	Konsentrasi Ekstrak <i>T.cacao</i> (%)	Berat Baja (g)			%W	Rata-Rata % Δ W
		Awal	Akhir	Δ W		
1	1	17,6579	18,3211	0,6632	3,6199	3,5878
		15,8156	16,3987	0,5831	3,5558	
2	4	16,6708	17,3546	0,6838	3,9402	3,8692
		16,7926	17,4556	0,6630	3,7982	
3	6	16,6115	17,3452	0,7337	4,22994	4,0988
		17,6370	18,3657	0,7287	3,9677	

Lampiran 7

Data pengaruh penambahan konsentrasi *Theobroma cacao* terhadap pertambahan berat baja St. 37 dalam medium korosif H_2SO_4 0,5 N selama 2 hari.

No	Konsentrasi Ekstrak <i>T.cacao</i> (%)	Berat Baja (g)			% Δ W	Rata-Rata % Δ W
		Awal	Akhir	Δ W		
1	0	18,7783	18,2310	0,5473	2,9145	2,7199
		20,8451	20,3187	0,5264	2,5253	
2	1	16,4349	16,0025	0,4324	2,6309	2,4955
		17,9102	17,4875	0,4227	2,3601	
3	4	17,2424	16,8693	0,3731	2,1638	2,1152
		18,4882	18,1061	0,3821	2,0667	
4	10	16,7519	16,4490	0,3029	1,8081	1,7807
		17,7376	17,4266	0,3110	1,7533	

Lampiran 8

Data pengaruh penambahan konsentrasi *Theobroma cacao* terhadap pertambahan berat baja St. 37 dalam medium korosif H₂SO₄ 0,5 N selama 4 hari.

No	Konsentrasi Ekstrak <i>T.cacao</i> (%)	Berat Baja (g)			% ΔW	Rata-Rata % ΔW
		Awal	Akhir	ΔW		
1	0	17,5533	16,9964	0,5569	3,1726	3,1180
		17,7480	17,2043	0,5437	3,0634	
2	1	18,1973	17,8397	0,3576	1,9651	1,9650
		17,9381	17,5856	0,3525	1,9650	
3	4	19,2751	18,9786	0,2965	1,4871	1,4834
		18,7378	18,4605	0,2773	1,4798	
4	10	17,6025	17,3414	0,2511	1,4265	1,4136
		18,6466	18,3854	0,2612	1,4008	

Lampiran 9

Data pengaruh penambahan konsentrasi *Theobroma cacao* terhadap pertambahan berat baja St. 37 dalam medium korosif H₂SO₄ 0,5 N selama 6 hari.

No	Konsentrasi Ekstrak <i>T.cacao</i> (%)	Berat Baja (g)			% ΔW	Rata-Rata % ΔW
		Awal	Akhir	ΔW		
1	0	17,9218	17,3342	0,5876	3,2787	3,1340
		19,2454	18,6701	0,5753	2,9893	
2	1	18,7345	18,4330	0,3015	1,6090	1,6348
		17,6134	17,3209	0,2925	1,6607	
3	4	18,5463	18,2928	0,2535	1,3667	1,3547
		18,6543	18,4038	0,2505	1,3428	
4	10	17,6021	17,3886	0,2135	1,2129	1,1463
		18,6234	18,4223	0,2011	1,0798	

Lampiran 10

Data pengaruh penambahan konsentrasi *Theobroma cacao* terhadap pertambahan berat baja St. 37 dalam medium korosif H_2SO_4 1 N selama 2 hari.

No	Konsentrasi Ekstrak <i>T.cacao</i> (%)	Berat Baja (g)			% ΔW	Rata-Rata % ΔW
		Awal	Akhir	ΔW		
1	0	17,3546	16,6708	0,6838	3,9402	3,8692
		17,4556	16,7926	0,6630	3,7982	
2	1	18,3211	17,6579	0,6632	3,6199	3,5878
		16,3987	15,8156	0,5831	3,5558	
3	4	18,4356	17,9283	0,5073	2,7517	3,1606
		18,5342	17,8726	0,6616	3,5696	
4	10	18,5322	18,0349	0,4973	2,6834	3,0208
		17,1543	16,5782	0,5761	3,3583	

Lampiran 11

Data pengaruh penambahan konsentrasi *Theobroma cacao* terhadap pertambahan berat baja St. 37 dalam medium korosif H_2SO_4 1 N selama 4 hari.

No	Konsentrasi Ekstrak <i>T.cacao</i> (%)	Berat Baja (g)			% ΔW	Rata-Rata % ΔW
		Awal	Akhir	ΔW		
1	0	17,0876	16,3910	0,6966	4,0766	3,8672
		18,7098	18,0254	0,6844	3,6579	
2	1	16,4538	15,9707	0,4831	2,9361	2,9738
		15,6759	15,2038	0,4721	3,0116	
3	4	17,7896	17,3371	0,4525	2,5436	2,5143
		17,4321	16,9989	0,4332	2,4851	
4	10	18,5347	18,1924	0,3423	1,8468	1,9001
		16,4369	16,1158	0,3211	1,9535	

Lampiran 12

Data pengaruh penambahan konsentrasi *Theobroma cacao* terhadap pertambahan berat baja St. 37 dalam medium korosif H₂SO₄ 1 N selama 6 hari.

No	Konsentrasi Ekstrak <i>T.cacao</i> (%)	Berat Baja (g)			% ΔW	Rata-Rata % ΔW
		Awal	Akhir	ΔW		
1	0	17,3452	16,6115	0,7337	4,2299	4,0988
		18,3657	17,6370	0,7287	3,9677	
2	1	17,4321	17,0288	0,4033	2,3135	2,3430
		16,5439	16,1514	0,3925	2,3725	
3	4	19,4232	19,1196	0,3036	1,5631	1,7150
		16,1874	15,8852	0,3022	1,8669	
4	10	18,2345	17,9469	0,2876	1,5772	1,5448
		18,2543	17,9782	0,2761	1,5125	

Lampiran 13

Data pengaruh penambahan konsentrasi *Theobroma cacao* terhadap laju korosi baja St. 37 dalam medium korosif H₂SO₄ 0,5 N selama 2 hari.

No	Konsentrasi Ekstrak <i>T.cacao</i> (%)	Tebal Baja (cm)	Diameter (cm)	Luas Permukaan (cm ²)	ΔW (g)	Laju Korosi (g/cm ² hari)	Rata-Rata Laju Korosi (g/cm ² hari)
1	0	0,312	2,342	10,9113	0,5473	0,0251	0,0254
		0,246	2,316	10,2154	0,5264	0,0257	
2	1	0,385	2,306	11,1421	0,4324	0,0194	0,0200
		0,296	2,275	10,2454	0,4227	0,0206	
3	4	0,241	2,35	10,4540	0,3731	0,0178	0,0183
		0,262	2,285	10,0823	0,3821	0,0189	
4	10	0,3	2,274	10,2659	0,3029	0,0147	0,0154
		0,204	2,285	9,6659	0,3110	0,0161	

Lampiran 14

Data pengaruh penambahan konsentrasi *Theobroma cacao* terhadap laju korosi baja St. 37 dalam medium korosif H₂SO₄ 0,5 N selama 4 hari.

No	Konsentrasi Ekstrak <i>T.cacao</i> (%)	Tebal Baja (cm)	Diameter (cm)	Luas Permukaan (cm ²)	ΔW (g)	Laju Korosi (g/cm ² hari)	Rata-Rata Laju Korosi (g/cm ² hari)
1	0	0,288	2,269	10,1400	0,5569	0,0137	0,0134
		0,235	2,339	10,3205	0,5437	0,0132	
2	1	0,2	2,3	9,7546	0,3576	0,0092	0,0086
		0,322	2,32	10,8015	0,3525	0,0081	
3	4	0,298	2,334	10,7421	0,2965	0,0069	0,0066
		0,31	2,332	10,8135	0,2773	0,0064	
4	10	0,265	2,3	10,2243	0,2511	0,0061	0,0062
		0,3	2,275	10,2740	0,2612	0,0063	

Lampiran 15

Data pengaruh penambahan konsentrasi *Theobroma cacao* terhadap laju korosi baja St. 37 dalam medium korosif H₂SO₄ 0,5 N selama 6 hari.

No	Konsentrasi Ekstrak <i>T.cacao</i> (%)	Tebal Baja (cm)	Diameter (cm)	Luas Permukaan (cm ²)	ΔW (g)	Laju Korosi (g/cm ² hari)	Rata-Rata Laju Korosi (g/cm ² hari)
1	0	0,246	2,32	10,2476	0,5876	0,0095	0,0094
		0,256	2,316	10,2882	0,5753	0,0093	
2	1	0,246	2,339	10,4014	0,3015	0,0048	0,0047
		0,315	2,264	10,2919	0,2925	0,0047	
3	4	0,312	2,342	10,9113	0,2535	0,0038	0,0039
		0,246	2,316	10,2154	0,2505	0,0040	
4	10	0,385	2,306	11,1421	0,2135	0,0032	0,0032
		0,296	2,275	10,2454	0,2011	0,0033	

Lampiran 16

Data pengaruh penambahan konsentrasi *Theobroma cacao* terhadap laju korosi baja St. 37 dalam medium korosif H₂SO₄ 1 N selama 2 hari.

No	Konsentrasi Ekstrak <i>T.cacao</i> (%)	Tebal Baja (cm)	Diameter (cm)	Luas Permukaan (cm ²)	ΔW (g)	Laju Korosi (g/cm ² hari)	Rata-Rata Laju Korosi (g/cm ² hari)
1	0	0,241	2,35	10,4540	0,6838	0,0327	0,0327
		0,262	2,285	10,0823	0,6630	0,0328	
2	1	0,3	2,274	10,2659	0,6632	0,0323	0,0312
		0,204	2,285	9,6659	0,5831	0,0302	
3	4	0,245	2,3	10,0798	0,5073	0,0252	0,0263
		0,338	2,45	12,0303	0,6616	0,0275	
4	10	0,296	2,342	10,7936	0,4973	0,0230	0,0244
		0,333	2,348	11,1163	0,5761	0,0259	

Lampiran 17

Data pengaruh penambahan konsentrasi *Theobroma cacao* terhadap laju korosi baja St. 37 dalam medium korosif H₂SO₄ 1 N selama 4 hari

No	Konsentrasi Ekstrak <i>T.cacao</i> (%)	Tebal Baja (cm)	Diameter (cm)	Luas Permukaan (cm ²)	ΔW (g)	Laju Korosi (g/cm ² hari)	Rata-Rata Laju Korosi (g/cm ² hari)
1	0	0,204	2,285	9,6659	0,6966	0,0180	0,0168
		0,322	2,324	10,8348	0,6844	0,0157	
2	1	0,31	2,343	10,9050	0,4831	0,0111	0,0114
		0,288	2,264	10,0998	0,4721	0,0117	
3	4	0,354	2,348	11,2712	0,4525	0,0100	0,0105
		0,21	2,295	9,7875	0,4332	0,0110	
4	10	0,235	2,306	10,0554	0,3423	0,0085	0,0081
		0,257	2,322	10,3440	0,3211	0,0078	

4	10	0'521	5'333	10'3440	0'3511	0'0018	0'0021
		0'522	5'300	10'0224	0'3453	0'0082	
3	4	0'51	5'502	0'1812	0'1335	0'0110	0'0102
		0'324	5'348	11'5113	0'4252	0'0100	
5	1	0'588	5'504	10'0002	0'4351	0'0111	0'0114
		0'31	5'343	10'0020	0'4231	0'0111	
1	0	0'555	5'354	10'8348	0'0844	0'0121	0'0102
		0'504	5'582	0'0020	0'0000	0'0180	
№	Մասնակ (№)	(սմ)	(սմ)	(սմ ²)	(հ)	(հսմ,բար)	(հսմ,բար)
	Էրկար	Բնի	Ծանցեր	Բարակրան	Գ	Կոռո	Դնի Կոռո
	Կոնցենտր	Լծրի	Ծանցեր	Լստ	Մ	Լնի	Կստ-Կստ

Բնի ըն ՅՅ զննի մեզնիս կոռոն! H₂O¹ 1 ի զննա 4 բար!

Ընն Բեղնիսի Բեղնարան կոնցենտր! Անթրոնա սեւո լարնիսի ինի կոռո!

Լստիսն 11

4	10	0'333	5'348	11'1103	0'2101	0'0520	0'0514
		0'500	5'345	10'5030	0'4013	0'0530	
3	4	0'338	5'42	15'0303	0'0010	0'0512	0'0503
		0'542	5'3	10'0108	0'2011	0'0525	
5	1	0'304	5'582	0'0020	0'2831	0'0105	0'0215
		0'3	5'314	10'3020	0'0035	0'0353	
1	0	0'303	5'582	10'0853	0'0030	0'0358	0'0311
		0'541	5'32	10'4240	0'0838	0'0351	
№	Մասնակ (№)	(սմ)	(սմ)	(սմ ²)	(հ)	(հսմ,բար)	(հսմ,բար)
	Էրկար	Բնի	Ծանցեր	Բարակրան	Գ	Կոռո	Դնի Կոռո
	Կոնցենտր	Լծրի	Ծանցեր	Լստ	Մ	Լնի	Կստ-Կստ

Բնի ըն ՅՅ զննի մեզնիս կոռոն! H₂O¹ 1 ի զննա 2 բար!

Ընն Բեղնիսի Բեղնարան կոնցենտր! Անթրոնա սեւո լարնիսի ինի կոռո!

Լստիսն 10

Lampiran 18

Data pengaruh penambahan konsentrasi *Theobroma cacao* terhadap laju korosi baja St. 37 dalam medium korosif H₂SO₄ 1 N selama 6 hari

No	Konsentrasi Ekstrak <i>T.cacao</i> (%)	Tebal Baja (cm)	Diameter (cm)	Luas Permukaan (cm ²)	ΔW (g)	Laju Korosi (g/cm ² hari)	Rata-Rata Laju Korosi (g/cm ² hari)
1	0	0,273	2,3	10,2821	0,7337	0,0118	0,0117
		0,246	2,332	10,3446	0,7287	0,0117	
2	1	0,343	2,343	11,1479	0,4033	0,0060	0,0061
		0,273	2,3	10,2821	0,3925	0,0063	
3	4	0,333	2,285	10,5919	0,3036	0,0048	0,0049
		0,225	2,29	9,8561	0,3022	0,0051	
4	10	0,325	2,325	10,8650	0,2876	0,0044	0,0045
		0,2	2,29	9,6763	0,2761	0,0047	

Lampiran 19

Data pengaruh penambahan konsentrasi *Theobroma cacao* terhadap efisiensi inhibisi korosi baja St. 37 dalam medium korosif H₂SO₄ 0,5 N selama 2 hari

No	Konsentrasi Ekstrak <i>T.cacao</i> (%)	Rata-Rata % Kehilangan Berat Baja		Efisiensi Inhibisi (%)
		Tanpa Penambahan Ekstrak <i>T.cacao</i>	Dengan Penambahan Ekstrak <i>T.cacao</i>	
1	1	2,7199	2,4955	8,25
2	4	2,7199	2,1152	22,23
3	10	2,7199	1,7807	34,53

Lampiran 20

Data pengaruh penambahan konsentrasi *Theobroma cacao* terhadap efisiensi inhibisi korosi baja St. 37 dalam medium korosif H₂SO₄ 0,5 N selama 4 hari

No	Konsentrasi Ekstrak <i>T.cacao</i> (%)	Rata-Rata % Kehilangan Berat Baja		Efisiensi Inhibisi (%)
		Tanpa Penambahan Ekstrak <i>T.cacao</i>	Dengan Penambahan Ekstrak <i>T.cacao</i>	
1	1	3,1180	1,9650	36,97
2	4	3,1180	1,4834	52,42
3	10	3,1180	1,4136	54,66

Lampiran 21

Data pengaruh penambahan konsentrasi *Theobroma cacao* terhadap efisiensi inhibisi korosi baja St. 37 dalam medium korosif H₂SO₄ 0,5 N selama 6 hari

No	Konsentrasi Ekstrak <i>T.cacao</i> (%)	Rata-Rata % Kehilangan Berat Baja		Efisiensi Inhibisi (%)
		Tanpa Penambahan Ekstrak <i>T.cacao</i>	Dengan Penambahan Ekstrak <i>T.cacao</i>	
1	1	3,1340	1,6348	47,83
2	4	3,1340	1,3547	56,77
3	10	3,1340	1,1463	63,42

Lampiran 22

Data pengaruh penambahan konsentrasi *Theobroma cacao* terhadap efisiensi inhibisi korosi baja St. 37 dalam medium korosif H₂SO₄ 1 N selama 2 hari

No	Konsentrasi Ekstrak <i>T.cacao</i> (%)	Rata-Rata % Kehilangan Berat Baja		Efisiensi Inhibisi (%)
		Tanpa Penambahan Ekstrak <i>T.cacao</i>	Dengan Penambahan Ekstrak <i>T.cacao</i>	
1	1	3,8692	3,5878	7,27
2	4	3,8692	3,1606	18,31
3	10	3,8692	3,0208	33,10

Lampiran 23

Data pengaruh penambahan konsentrasi *Theobroma cacao* terhadap efisiensi inhibisi korosi baja St. 37 dalam medium korosif H₂SO₄ 1 N selama 4 hari

No	Konsentrasi Ekstrak <i>T.cacao</i> (%)	Rata-Rata % Kehilangan Berat Baja		Efisiensi Inhibisi (%)
		Tanpa Penambahan Ekstrak <i>T.cacao</i>	Dengan Penambahan Ekstrak <i>T.cacao</i>	
1	1	3,8672	2,9738	23,10
2	4	3,8672	2,5143	34,98
3	10	3,8672	1,9001	50,86

Lampiran 24

Data pengaruh penambahan konsentrasi *Theobroma cacao* terhadap efisiensi inhibisi korosi baja St. 37 dalam medium korosif H₂SO₄ 1 N selama 6 hari

No	Konsentrasi Ekstrak <i>T.cacao</i> (%)	Rata-Rata % Kehilangan Berat Baja		Efisiensi Inhibisi (%)
		Tanpa Penambahan Ekstrak <i>T.cacao</i>	Dengan Penambahan Ekstrak <i>T.cacao</i>	
1	1	4,0988	2,3430	42,83
2	4	4,0988	1,7150	58,15
3	10	4,0988	1,5448	62,31