



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 SULFAT**

## **SKRIPSI**



**SYAFRINA YENI  
0810412130**

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

## 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 Sulfat”** 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 Dra. Refinel, M.Si 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,

## ABSTRAK

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

Oleh

Syafrina Yeni

Sarjana Sains (S.Si) 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 sulfat dan suhu. Nilai efisiensi inhibisi korosi baja yang diperoleh yaitu 98,52% dalam medium 1 N asam sulfat dan 96,15% dalam medium 2 N asam sulfat, sedangkan dengan penambahan ion  $\text{Cl}^-$  efisiensi inhibisi menjadi 99,04% dalam medium 1 N asam sulfat dan 99% dalam 2 N asam sulfat dengan menggunakan metoda kehilangan berat. Metoda polarisasi potensiodinamik menunjukkan bahwa penambahan ekstrak kulit buah kakao dalam medium asam sulfat dapat menurunkan arus korosi dan potensial korosi bergeser ke katodik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak kulit buah kakao dan NaCl 0,2 N dapat dijadikan inhibitor korosi baja dalam medium asam sulfat.

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

## ABSTRACT

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

By

Syafrina Yeni

Bachelor of Science in Chemistry Faculty of Mathematic and Natural Science  
Andalas University

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

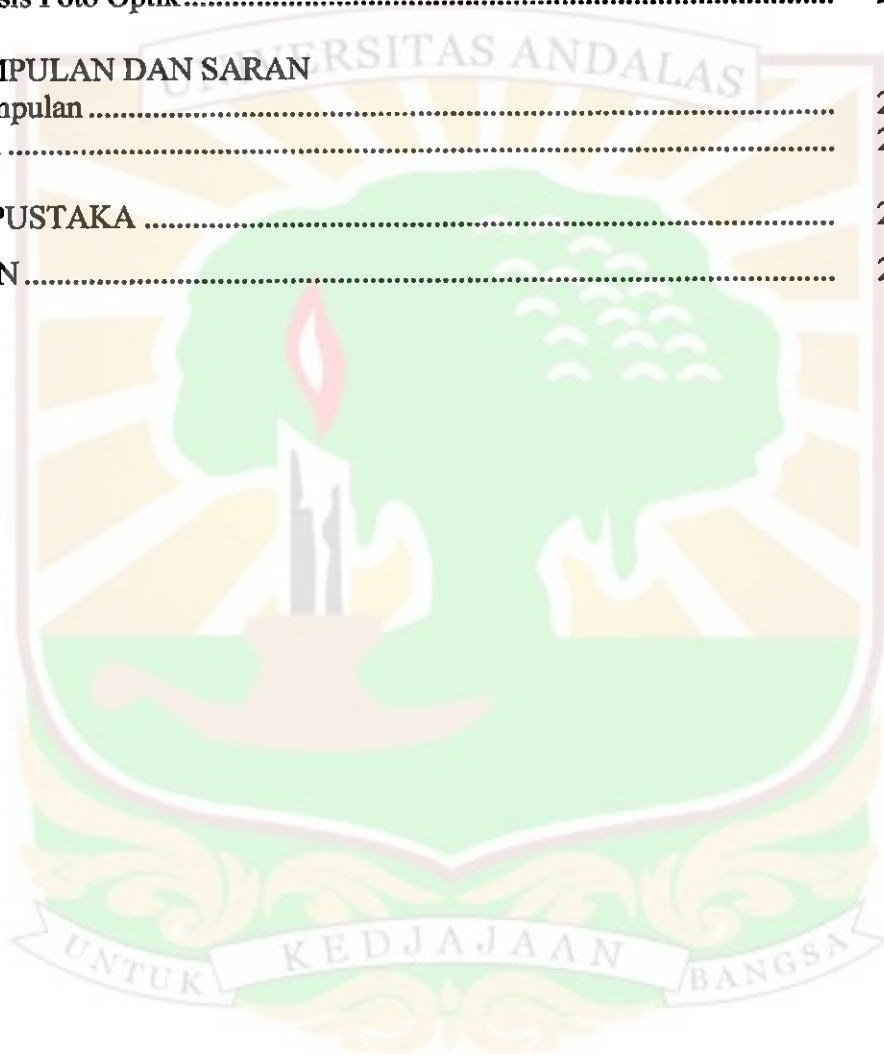
The inhibition of corrosion of steel had been studied using weight loss, potentiodynamic polarization method, and observations of steel surface using photoptic. The inhibition efficiency was found to increase with increasing concentration of fruit shell extract of cacao, and decrease with increasing concentration of sulphuric acid and temperature. Inhibition efficiency was found 98,52% in 1 N sulphuric acid, 96,15% in 2 N sulphuric acid, whereas addition of NaCl 0,2 N inhibition efficiency was found 99,04% in 1 N sulphuric acid, 99% in 2 N sulphuric acid by weight loss method and 72,91% in 1 N sulphuric acid, 82,15% with addition of NaCl 0,2 N by potentiodynamic polarization method. Potentiodynamic polarization method showed that addition of the fruit shell extract of cacao and NaCl 0,2 N in sulphuric acid decrease corrosion current and corrosion potential shift to catodic. The results obtained showed that the fruit shell extract of cacao can be used as corrosion inhibitor for steel in sulphuric acid medium.

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

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Korosi.....	4
2.2 Baja Karbon.....	5
2.3 Inhibitor Korosi.....	5
2.4 Ekstrak <i>Theobroma cacao</i> .....	6
2.4 Tanin.....	7
2.5 Metoda Pengukuran.....	8
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	10
3.2 Alat dan Bahan.....	10
3.2.1 Alat.....	10
3.2.2 Bahan.....	10
3.3 Prosedur Kerja.....	10
3.3.1 Pengerjaan awal baja.....	10
3.3.2 Pembuatan ekstrak kulit buah kakao ( <i>Theobroma cacao</i> ).....	10
3.3.3 Uji kualitatif tanin.....	11
3.3.4 Pembuatan medium korosif H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	11
3.3.5 Pembuatan larutan medium korosif dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao.....	11
3.3.6 Pembuatan larutan medium korosif dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao dan NaCl 0,2 N.....	11
3.3.7 Analisis kehilangan berat.....	11
3.3.8 Pengukuran polarisasi potensiodinamik.....	12
3.3.9 Analisis foto optik.....	12
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Uji Kualitatif Ekstrak Kulit Buah Kakao ( <i>Theobroma cacao</i> ).....	13

4.2	Penentuan Kehilangan Berat	
4.2.1	Pengaruh penambahan NaCl 0,2 N ke dalam medium korosif H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> dalam berbagai konsentrasi .....	13
4.2.2.	Pengaruh penambahan ekstrak terhadap laju korosi dan efisiensi inhibisi korosi baja.....	14
4.2.3.	Pengaruh suhu terhadap laju korosi dan efisiensi inhibisi korosi baja.....	17
4.2.4	Isoterm adsorpsi .....	19
4.3	Pengukuran Polarisation Potensiodinamik.....	20
4.4	Analisis Foto Optik.....	22
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1	Kesimpulan .....	24
5.2	Saran .....	24
	DAFTAR PUSTAKA .....	25
	LAMPIRAN.....	28



## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Nilai energi aktivasi tanpa dan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao.....	19
Tabel 2. Nilai potensial dan arus korosi baja dari eksploitasi tafel plot.....	21



Gambar 12. Kurva polarisasi potensiodinamik tanpa dan dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao dan NaCl 0,2 N dalam medium H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 N..... 20

Gambar 13. Foto permukaan baja dengan perbesaran 100x..... 22





## 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 potensiodynamik.....	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 $\text{FeCl}_3$ .....	31
Lampiran 9.	Gambar perendaman baja dalam medium $\text{H}_2\text{SO}_4$ .....	31
Lampiran 10.	Gambar baja sebelum perendaman dalam medium $\text{H}_2\text{SO}_4$ .....	32
Lampiran 11.	Gambar baja setelah perendaman dalam medium $\text{H}_2\text{SO}_4$ .....	32
Lampiran 12.	Gambar elektroda potensiostat .....	32
Lampiran 13.	Nilai % kehilangan berat baja dalam medium $\text{H}_2\text{SO}_4$ dengan dan tanpa penambahan ion $\text{Cl}^-$ .....	33
Lampiran 14.	Nilai % kehilangan berat baja dalam medium $\text{H}_2\text{SO}_4$ dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao selama 4 jam ...	33
Lampiran 15.	Nilai % kehilangan berat baja dalam medium $\text{H}_2\text{SO}_4$ tanpa dan dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao dan $\text{NaCl}$ 0,2 N perendaman baja selama 4 jam.....	33
Lampiran 16.	Perhitungan % nilai kehilangan berat baja ( $\% \Delta m$ ).....	34
Lampiran 17.	Nilai laju korosi baja dalam medium $\text{H}_2\text{SO}_4$ dengan dan tanpa penambahan $\text{NaCl}$ 0,2 N.....	34
Lampiran 18.	Nilai laju korosi baja dalam medium $\text{H}_2\text{SO}_4$ dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao perendaman baja selama 4 hari .....	35
Lampiran 19.	Nilai laju korosi baja dalam medium $\text{H}_2\text{SO}_4$ dengan adanya penambahan campuran ekstrak kulit buah kakao dan $\text{NaCl}$ 0,2 N perendaman selama selama 4 jam.....	35
Lampiran 20.	Perhitungan nilai laju korosi baja ( $v$ ).....	35

Lampiran 21. Nilai % efisiensi inhibisi baja dalam medium $H_2SO_4$ dengan penambahan NaCl 0,2 N.....	36
Lampiran 22. Nilai % Efisiensi inhibisi korosi baja dalam medium $H_2SO_4$ dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao perendaman baja selama 4 jam.....	36
Lampiran 23. Nilai % efisiensi inhibisi korosi baja dalam medium $H_2SO_4$ dengan adanya penambahan campuran ekstrak kulit buah kakao dan NaCl 0,2 N perendaman selama 4 jam.....	36
Lampiran 24. Perhitungan nilai % efisiensi inhibisi korosi baja (%EI).....	37
Lampiran 25. Nilai derajat penutupan permukaan baja perendaman dalam medium $H_2SO_4$ dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao perendaman selama 4 jam.....	37
Lampiran 26. Nilai derajat penutupan permukaan baja perendaman dalam medium $H_2SO_4$ dengan adanya penambahan pencampuran ekstrak kulit buah kakao perendaman selama 4 jam.....	38
Lampiran 27. Perhitungan derajat penutupan permukaan baja .....	38
Lampiran 28. Nilai laju korosi baja dalam medium $H_2SO_4$ 1 N dengan variasi suhu dan dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao 1 % perendaman selama 4 jam.....	38
Lampiran 29. Nilai % efisiensi inhibisi korosi baja dalam medium $H_2SO_4$ 1 N dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao 1 % pada variasi suhu perendaman selama 4 jam.....	39
Lampiran 30. Penentuan nilai energi aktivasi.....	39
Lampiran 31. 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 dapat mengalami korosi. Korosi menyebabkan daya guna suatu logam mengalami penurunan. Akibat korosi, negara dirugikan miliaran rupiah setiap tahunnya. Dengan mengacu kepada kerugian yang ditimbulkan akibat korosi tersebut, diperlukan penanggulangan terhadap korosi walaupun dalam banyak hal korosi tidak dapat dihindarkan namun dapat untuk dikendalikan. Oleh karena itu, pemahaman tentang korosi dan pengetahuan yang cukup mengenai cara pengendaliannya dirasakan sangatlah penting, sehingga nilai daya guna pemanfaatan logam akan maksimum dalam menunjang pembangunan dan penghematan devisa negara <sup>1</sup>.

Baja merupakan salah satu logam yang sering digunakan dalam industri karena baja memiliki banyak keuntungan seperti kuat, mudah digunakan, proses pembuatannya mudah dan murah. Baja memiliki kecenderungan dapat mengalami korosi, terutama di dalam lingkungan asam, alkali, dan lingkungan agresif lainnya. Korosi baja dalam medium asam menjadi perhatian dalam dunia akademik dan industri <sup>2,3</sup>.

Larutan asam banyak digunakan dalam dunia industri, seperti pembersihan alat-alat industri, deskaling asam, dan proses petrokimia. Salah satu medium asam yang sering digunakan dalam industri adalah asam sulfat. Ion agresif hidrogen dan sulfat adalah ion yang terkandung dalam asam sulfat, yang dapat menyebabkan terjadinya korosi <sup>4,5</sup>.

Salah satu cara untuk mengatasi masalah korosi tersebut adalah penambahan inhibitor. Inhibitor dapat berupa senyawa organik maupun senyawa anorganik. Senyawa anorganik kebanyakan bersifat toksik dan tidak ramah lingkungan. Inhibitor yang ramah lingkungan dan tidak bersifat racun yang dapat digunakan adalah senyawa organik <sup>5,6</sup>.

Akhir-akhir ini, sering digunakan ekstrak tumbuhan sebagai inhibitor korosi, pada penelitian ini digunakan ekstrak kulit buah kakao sebagai inhibitor korosi pada baja St. 37. Pemilihan ekstrak kulit buah kakao ini didasarkan karena Sumatera Barat merupakan salah satu provinsi penghasil kakao di Indonesia. Namun, pemanfaatan tanaman kakao selama ini masih terbatas pada bijinya, sedangkan bagian lainnya seperti kulit buah belum banyak dimanfaatkan. Diperkirakan 68,5% dari berat buah segar terbuang menjadi limbah. Buah kakao terdiri dari 73,8% kulit buah, 2% masenta, dan 24,2% biji. Selama ini, kulit buah kakao hanya digunakan sebagai pakan ternak. Petani kakao belum terpikir untuk memanfaatkan limbah kulit kakao untuk dijadikan produk lain<sup>7,8</sup>.

## 1.2 Perumusan Masalah

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

1. Apakah ekstrak kulit buah *Theobroma cacao* dapat memberikan pengaruh inhibisi korosi terhadap baja dalam medium korosif  $H_2SO_4$ ?
2. Seberapa besar efisiensi inhibisi yang dihasilkan oleh ekstrak kulit buah *Theobroma cacao* terhadap sampel baja dalam medium korosif  $H_2SO_4$ ?
3. Bagaimana interaksi antara sampel baja dengan ekstrak kulit buah *Theobroma cacao*?
4. Bagaimana pengaruh penambahan ion  $Cl^-$  terhadap laju korosi baja St.37?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini diantaranya adalah :

1. Menghitung nilai kehilangan berat baja dalam medium korosif larutan  $H_2SO_4$  dengan adanya ekstrak maupun tanpa ekstrak kulit buah *Theobroma cacao*.
2. Mengukur arus korosi baja di dalam medium korosif larutan  $H_2SO_4$  dengan adanya ekstrak maupun tanpa ekstrak kulit buah *Theobroma cacao*
3. Mengetahui kemampuan inhibisi korosi ekstrak kulit buah *Theobroma cacao* terhadap korosi baja di dalam medium larutan  $H_2SO_4$ .
4. Mengetahui pengaruh penambahan ion  $Cl^-$  terhadap laju korosi dari baja
5. Mengetahui perubahan taktur baja dalam medium korosif tanpa inhibitor dan dengan menggunakan inhibitor dari ekstrak kulit buah *Theobroma cacao*.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi tentang pengaruh ekstrak kulit buah *Theobroma cacao* sebagai inhibitor korosi baja dalam medium  $H_2SO_4$  sehingga dapat mengurangi kerugian akibat korosi, serta dapat meningkatkan pemanfaatan limbah kulit buah kakao yang belum dimanfaatkan semaksimal mungkin. Selain itu, juga mengetahui pengaruh penambahan ion  $Cl^-$  terhadap laju korosi dalam medium  $H_2SO_4$ .



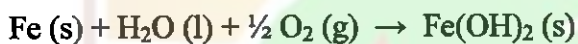
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

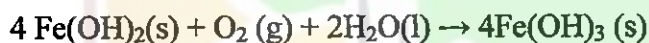
#### 2.1 Korosi

Korosi adalah kerusakan logam yang disebabkan reaksi dengan lingkungan. Reaksi tersebut merupakan proses oksidasi yang biasanya menghasilkan karat atau oksida logam, yang menimbulkan keretakan dan berkurangnya kekuatan dari logam. Medium korosif dapat menurunkan kualitas baja disebabkan karena adanya ion agresif di lingkungan tersebut, seperti sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), dan nitrat ( $\text{NO}_3^-$ )<sup>9</sup>.

Mekanisme korosi yang terjadi pada logam besi (Fe) dituliskan sebagai berikut<sup>10</sup> :

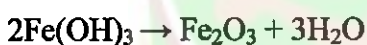


Fero hidroksida [ $\text{Fe(OH)}_2$ ] yang terjadi merupakan hasil sementara yang dapat teroksidasi secara alami oleh air dan udara menjadi feri hidroksida [ $\text{Fe(OH)}_3$ ], sehingga mekanisme reaksi selanjutnya adalah :



Feri hidroksida yang terbentuk akan berubah menjadi  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  yang berwarna merah kecoklatan yang biasa disebut karat.

Reaksinya adalah :



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 organik<sup>11</sup>.

Reaksi korosi merupakan proses elektrokimia yang terjadi pada anoda dan katoda. Pada anoda, logam mengalami oksidasi sehingga menghasilkan elektron, sedangkan pada katoda, elektron bereaksi dengan komponen pereduksi dari elektrolit. Korosi dapat diminimalisir dengan menahan, memperlambat serta

menghentikan reaksi yang terjadi pada anoda dan atau katoda. Beberapa metoda penghambat korosi seperti perlindungan katoda, perlindungan anoda, pelapisan, serta pencampuran logam. Penggunaan inhibitor lebih efektif dan lebih mudah digunakan untuk menghambat laju korosi <sup>12</sup>.

## 2.2 Baja Karbon

Baja karbon merupakan logam yang paling banyak digunakan dalam teknik yaitu dalam bentuk pelat, batang dan lembaran pipa. Karbon merupakan salah satu unsur terpenting karena dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan baja.

Berdasarkan kandungan karbon yang dimiliki, baja karbon 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 palang<sup>13</sup>.

## 2.3 Inhibitor Korosi

Inhibitor korosi merupakan suatu zat yang apabila ditambahkan dalam jumlah sedikit ke dalam lingkungan akan menurunkan serangan korosi lingkungan terhadap logam<sup>12</sup>. Penggunaan inhibitor merupakan salah satu metoda yang mudah untuk mencegah proses korosi. Inhibitor dapat berupa senyawa organik dan senyawa anorganik. Biasanya senyawa organik dapat dijadikan inhibitor korosi yang sangat efektif karena memberikan pengaruh yang besar terhadap

penyerapan pada permukaan logam. Efisiensi inhibitor senyawa organik berhubungan dengan kandungan atom S, O, atau N dalam molekulnya, senyawa heterosiklik, dan elektron  $\pi$ . Penggunaan senyawa organik sebagai inhibitor korosi disebabkan karena senyawa organik tersebut mudah diperoleh, murah, tidak bersifat racun serta ramah lingkungan<sup>14,15</sup>. Selain itu, senyawa organik memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap laju korosi karena mampu bersifat kimisorpsi terhadap permukaan baja, dengan kandungan heteroatom yang dimiliki dalam molekulnya<sup>16</sup>.

Inhibitor menurunkan dan mencegah reaksi dari logam dengan media korosif. Penurunan laju korosi tersebut dengan cara :

1. Penyerapan ion / molekul di permukaan logam
2. Meningkatkan atau menurunkan reaksi anodik dan atau katodik
3. Mengurangi laju difusi reaktan pada permukaan logam
4. Mengurangi hambatan listrik di permukaan logam
5. Penggunaan inhibitor mudah untuk diterapkan dan memiliki keuntungan<sup>4</sup>

Tumbuhan merupakan senyawa alam yang mengandung beberapa senyawa seperti tanin, asam amino, alkaloid, dan zat warna yang memiliki sifat penghambat korosi. Selain itu, tumbuhan tersebut dapat diekstrak dengan cara yang sederhana dan biaya murah<sup>15,17</sup>.

#### 2.4 Ekstrak *Theobroma cacao*

Kulit buah kakao merupakan limbah yang utama dari pemanfaatan tanaman kakao, dimana buah kakao umumnya terdiri dari:

1. 70 – 80% bagian kulit
2. 16 – 20% biji (umumnya dalam 1 buah kakao terdiri dari 30 – 40 butir biji kakao)
3. 2% plasenta (merupakan kulit ari pembungkus biji kakao)<sup>6</sup>.

Salah satu bahan alam yang digunakan adalah ekstrak dari kulit buah kakao (*Theobroma cacao*). Kulit buah kakao mengandung campuran flavonoid atau tannin terkondensasi atau terpolimerisasi, seperti antosianidin, katekin, leukoantosianidin yang kadang-kadang terikat dengan glukosa<sup>19</sup>.

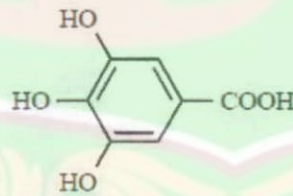


## 2.5 Tanin

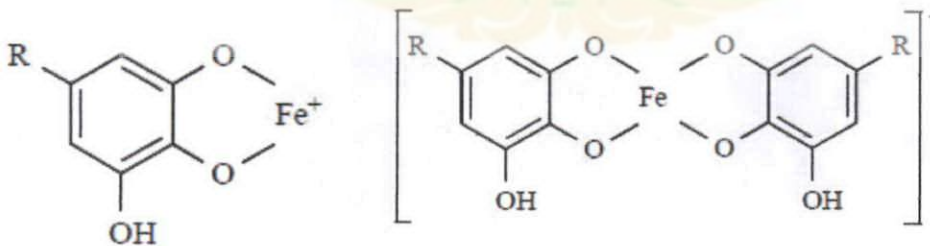
Tanin adalah senyawa organik non toksik yang tergolong polifenol yang bisa diperoleh dari ekstrak tumbuh-tumbuhan. Tanin adalah salah satu senyawa yang mempunyai sejumlah gugus hidroksi. Gugus hidroksi dapat berikatan dengan logam untuk membentuk senyawa kompleks pada permukaan baja, sehingga tanin dapat berfungsi sebagai zat anti korosi<sup>1,19</sup>.

Pemakaian tanin sebagai inhibitor dapat digunakan untuk menggantikan timbal oksida atau kromat yang sering ditambahkan kedalam cat untuk melindungi korosi logam. Penggantian ini dimaksudkan untuk menghindari penggunaan senyawa timbal dan krom yang bersifat racun yang sapat mengganggu lingkungan. Tanin suatu senyawa organik non toksisitas yang mudah mengalami biodegradasi dan dapat diekstraksi dari tumbuhan dan nampaknya dapat menggantikan timbal atau khrom sebagai komponen cat dimasa depan<sup>1</sup>.

Senyawa tanin dapat membentuk kompleks besi(II) dan besi(III). Kompleks besi(II)-tanin tidak berwarna dan sangat 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<sup>19</sup>.



Gambar 1. Struktur tanin<sup>20</sup>



(a)

(b)

Gambar 2. Fe-Tanate (a) mono-kompleks (b) bis-kompleks<sup>2</sup>

## 2.6 Metoda Pengukuran

### 1. Penentuan Kehilangan Berat (*Weight Loss*)

Metoda kehilangan berat ini didasarkan kepada selisih antara berat awal sebelum perendaman kedalam medium korosif dengan berat akhir setelah perendaman. Laju korosi tanpa dan dengan penambahan inhibitor dapat dihitung dengan<sup>12,21</sup> :

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

- v = Laju korosi (mg/cm<sup>2</sup>jam)
- m<sub>2</sub> = Berat akhir baja (mg)
- m<sub>1</sub> = Berat awal baja (mg)
- A = Luas permukaan baja (cm<sup>2</sup>)
- t = Waktu perendaman baja (jam)

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

EI = efisiensi inhibisi

$$\theta = \frac{CR \text{ tanpa inhibitor} - CR \text{ dengan inhibitor}}{CR \text{ dengan inhibitor}} \dots\dots\dots(3)$$

θ = Derajat penutupan permukaan

### 2. Pengukuran Polarisasi Potensiodinamik

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

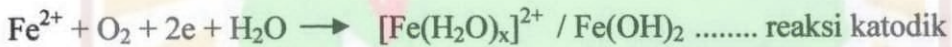
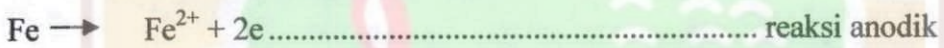
korosinya, menghasilkan arus anodik atau arus katodik. Potensial elektroda akan berubah selama berlangsungnya proses korosi, potensial anoda cenderung naik dan potensial katoda cenderung turun dibandingkan dengan potensial korosinya. Potensial vur dari suatu logam yang terkorosi adalah potensial gabungan dari anoda dan katoda yang terpolarisasi yang disebut potensial korosi ( $E_{corr}$ ). Besarnya arus pada potensial korosi disebut arus korosi ( $I_{corr}$ )<sup>22</sup>.

$$EI = \frac{I_{korositanpa\ inhibitor} - I_{korosi\ dengan\ adanya\ inhibitor}}{I_{korositanpa\ inhibitor}} \times 100\% \dots \dots \dots (4)^{23}$$

EI = Efisiensi inhibisi

I = Arus

Reaksi yang terjadi pada anodik dan katodik<sup>24</sup> :



### 3. Energi aktivasi

Energi aktivasi merupakan energi minimum yang dibutuhkan untuk terjadi suatu reaksi. Energi aktivasi ditentukan dengan persamaan Arrhenius, yaitu :

$$\log(C_R) = \frac{-E_a}{2.303RT} + A, \dots \dots \dots 5$$

Dengan CR merupakan laju korosi, Ea adalah energi aktivasi dan R adalah konstanta gas ideal. Hubungan antara log CR dengan 1/T menghasilkan garis lurus dan nilai slope dari grafik tersebut merupakan nilai  $E_a/2,303R$ .<sup>14</sup>



## BAB III

### METODOLOGI PERCOBAAN

#### 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 Maret sampai Juni 2012

#### 3.2 Alat dan Bahan

##### 3.2.1 Alat

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

##### 3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan yaitu : Baja St.37, Kulit buah kakao kering, Aseton Merck, Aquabides, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Merck p.a, metanol, NaCl Merck

#### 3.3 Cara Kerja

##### 3.3.1 Pengerjaan Awal Spesimen Baja

Baja berbentuk batangan dipotong ukuran diameter  $\pm 2,5$  cm dan ketebalan  $\pm 0,5$  cm. Kemudian dibersihkan dan dihaluskan permukaannya dengan menggunakan ampelas besi dan dibilas dengan aquabides. Dibilas 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 (*Theobroma cacao*) 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 *Theobroma cacao*. Ekstrak pekat kulit buah kakao diuji kualitatif dengan  $\text{FeCl}_3$ .

### 3.3.3 Uji Kualitatif Tanin

Ekstrak pekat kulit buah kakao dilarutkan dengan aquabidest. Kemudian ditetesi dengan pereaksi spesifik  $\text{FeCl}_3$  beberapa tetes sampai memberikan perubahan warna menjadi hijau kehitaman.

### 3.3.4 Uji Kualitatif Ekstrak Kulit Buah Kakao

Ekstrak pekat kulit buah kakao dilarutkan dengan menggunakan aquabidest, setelah larut larutan ekstrak kulit buah kakao ditetesi dengan  $\text{FeCl}_3$ .

### 3.3.5 Pembuatan Medium Korosif $\text{H}_2\text{SO}_4$

$\text{H}_2\text{SO}_4$  5 N digunakan sebagai larutan induk untuk membuat  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dengan variasi konsentrasi 0,5 N; 1 N; 1,5 N; 2 N. Selanjutnya diencerkan dengan aquabides dalam labu ukur 50 mL dan digunakan untuk pengujian.

### 3.3.6 Pembuatan Medium Korosif Dengan Adanya Penambahan Ekstrak Kulit Buah Kakao

Ekstrak pekat *Theobroma cacao* yang telah didapatkan selanjutnya divariasikan konsentrasinya yaitu 0,5%; 1%; 1,5% dan dicampur dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  untuk masing-masing konsentrasi 1 N dan 2 N dalam labu ukur 50 mL. Selanjutnya diencerkan dengan aquabides dan digunakan untuk pengujian.

### 3.3.7 Pembuatan Medium Korosif Dengan Adanya Penambahan Ekstrak Kulit Buah Kakao dan $\text{NaCl}$ 0,2 N

Ekstrak pekat *Theobroma cacao* yang telah didapatkan selanjutnya divariasikan konsentrasinya yaitu 0,5%; 1%; 1,5%, dicampur dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  untuk masing-masing konsentrasi 1 N dan 2 N. Untuk setiap campuran ditambahkan  $\text{NaCl}$  0,2 N, kemudian diencerkan dengan aquabides dalam labu ukur 50 mL dan digunakan untuk pengujian.

### 3.3.8 Analisis Kehilangan Berat

Baja direndam dalam 50 mL larutan medium korosif  $H_2SO_4$  pada berbagai konsentrasi, dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao serta NaCl 0,2 N, dan variasi suhu 25 °C, 40 °C, 50 °C menggunakan *hot plate* selama 4 jam. Kemudian dibersihkan, dicuci dan dikeringkan dalam oven dengan suhu 60°C. Setelah kering, baja ditimbang dan hasil penimbangan dinyatakan sebagai berat akhir ( $m_2$ ).

### 3.3.9 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  $H_2SO_4$  1 N, medium  $H_2SO_4$  yang mengandung konsentrasi yang berbeda dari inhibitor 0,5 ; 1 ; 1,5%, dan medium  $H_2SO_4$  yang mengandung campuran konsentrasi inhibitor 0,5 ; 1 ; 1,5%, dengan NaCl 0,2 N. Ketiga elektroda dicelupkan kedalam bejana berisi medium korosif  $H_2SO_4$  tanpa dan dengan adanya perbedaan konsentrasi inhibitor. Kemudian dihubungkan dengan potensiostat dan diatur potensial sehingga diperoleh kurva hubungan antara potensial (E) Vs arus (I).

### 3.3.10 Analisis Foto Optik

Baja direndam dalam  $H_2SO_4$  2 N tanpa ekstrak dan yang mengandung campuran ekstrak 1% dengan NaCl 0,2 N selama 4 jam. Kemudian dikeringkan dan discan dengan Carton Stereo Trinocular Foto Optik

## BAB IV

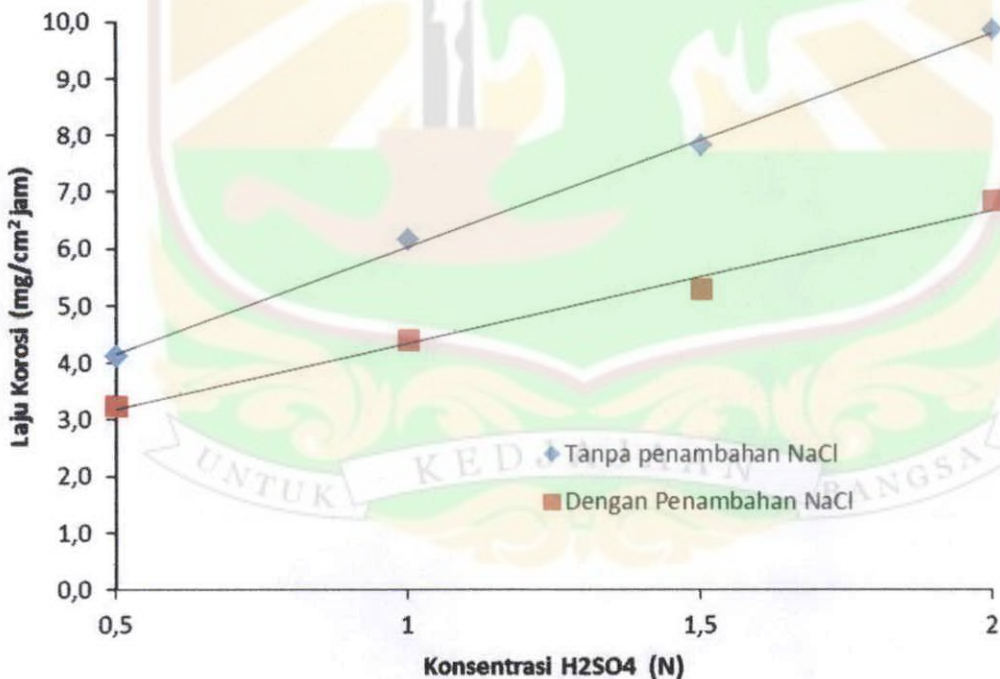
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Uji kualitatif Ekstrak Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao*)

Uji kualitatif kandungan kimia dari ekstrak kulit buah kakao dilakukan dengan penambahan pereaksi spesifik  $\text{FeCl}_3$ . Pereaksi spesifik tersebut digunakan untuk mengidentifikasi adanya senyawa tanin yang terdapat pada ekstrak kulit buah kakao. Penambahan pereaksi  $\text{FeCl}_3$  memberikan perubahan warna dari ekstrak kulit buah kakao dari warna kuning kecoklatan menjadi hijau kehitaman yang terlihat pada lampiran 8. Perubahan warna ini menandakan adanya kandungan tanin dalam ekstrak kulit buah kakao.

#### 4.2 Metoda Kehilangan Berat

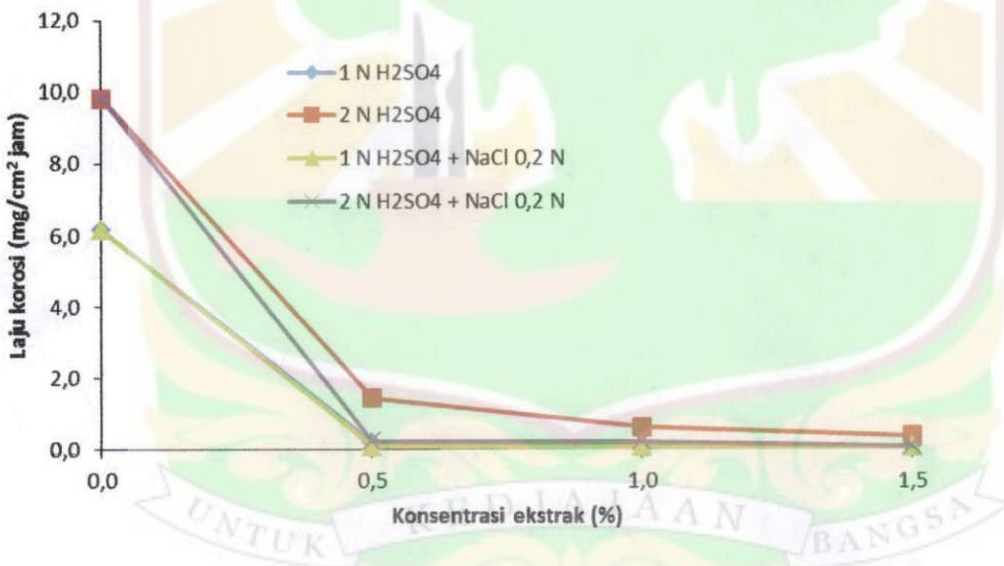
4.2.1 Pengaruh penambahan  $\text{NaCl}$  0,2 N kedalam medium korosif  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dalam berbagai konsentrasi



Gambar 3. Pengaruh konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  terhadap laju korosi dengan tanpa dan dengan penambahan  $\text{NaCl}$  0,2 N perendaman selama 4 jam

Laju korosi baja dalam berbagai konsentrasi  $H_2SO_4$  diperoleh dari data kehilangan berat yang telah didapatkan. Nilai laju korosi tersebut ditentukan dengan persamaan 1. Dari Gambar 4 dapat diperoleh informasi bahwa semakin besar konsentrasi medium korosif  $H_2SO_4$ , maka semakin besar laju korosi yang dihasilkannya. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya jumlah ion agresif  $SO_4^{2-}$  dan  $H^+$  dalam larutan yang akan mendegradasi baja tersebut. Dengan penambahan  $NaCl$  0,2 N ke dalam medium korosif, dapat menurunkan laju korosi dari baja. Penurunan laju tersebut dikarenakan adanya penyerapan ion  $Cl^-$  oleh permukaan baja. Penyerapan ion  $Cl^-$  tersebut dapat melindungi permukaan baja dari serangan ion agresif  $SO_4^{2-}$ , sehingga laju korosi yang dihasilkan lebih rendah dari laju korosi tanpa penambahan ion  $Cl^-$ .

#### 4.2.2 Pengaruh penambahan ekstrak kulit buah kakao tanpa dan dengan penambahan ion $Cl^-$ terhadap laju korosi dan efisiensi inhibisi korosi baja

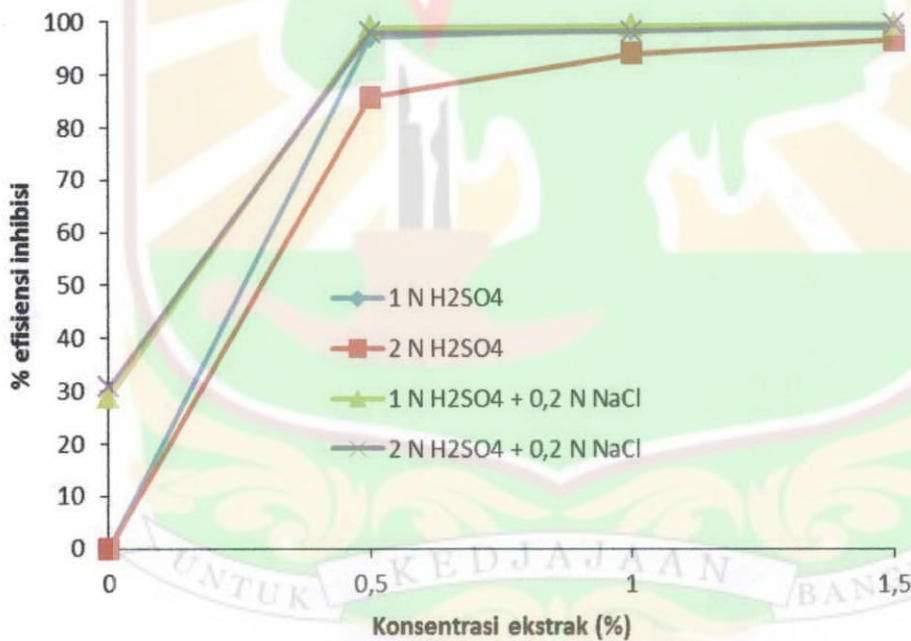


Gambar 4. Pengaruh konsentrasi ekstrak kulit buah kakao terhadap laju korosi baja tanpa dan dengan penambahan ion  $Cl^-$  dalam medium  $H_2SO_4$  1 N dan 2 N dengan perendaman selama 4 jam

Nilai laju korosi serta efisiensi inhibisi baja ditentukan dengan kehilangan berat dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao tanpa dan dengan pencampuran ion  $Cl^-$  terdapat pada lampiran 18 dan 19. Konsentrasi ekstrak divariasikan dari 0,5 % hingga 1,5 %. Gambar 4 memperlihatkan bahwa nilai laju



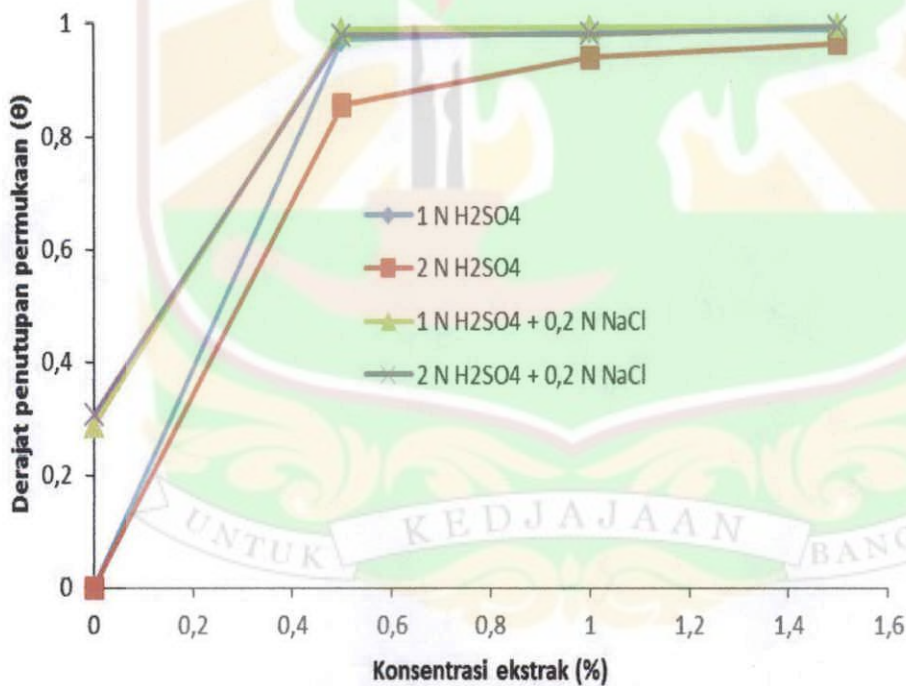
korosi semakin berkurang dengan meningkatnya konsentrasi dari ekstrak kulit buah kakao dan campuran ekstrak kulit buah kakao dengan ion NaCl 0,2 N. Hal ini disebabkan oleh adanya adsorpsi molekul dari ekstrak kulit buah kakao dan ion  $\text{Cl}^-$  pada permukaan baja yang menghalangi serangan dari ion agresif  $\text{SO}_4^{2-}$  yang terdapat dalam medium. Tetapi penurunan nilai laju korosi dengan atau tanpa penambahan ion  $\text{Cl}^-$  ke dalam medium korosif yang ditambahkan ekstrak kulit buah kakao tidak terlalu signifikan. Hal ini dapat dilihat dari nilai efisiensi yang ditentukan pada persamaan 2 pada lampiran 22 dan 23. Terlihat bahwa nilai efisiensi inhibisi dari ekstrak kulit buah kakao dengan konsentrasi 1,5% pada medium 1 N  $\text{H}_2\text{SO}_4$  mencapai 98,52% dan 96,15% pada medium 2 N  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , sedangkan untuk inhibitor korosi dari campuran ekstrak kulit buah kakao dengan NaCl 0,2 N menunjukkan efisiensi 99,04 % pada 1 N  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan 99% pada 2 N  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .



Gambar 5. Pengaruh konsentrasi ekstrak kulit buah kakao terhadap efisiensi inhibisi korosi baja dengan dan tanpa penambahan NaCl 0,2 N dalam medium  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1 N dan 2 N selama perendaman 4 jam

Nilai laju korosi dengan dan tanpa penambahan ekstrak kulit buah kakao dan NaCl 0,2 N mengindikasikan nilai derajat penutupan permukaan baja ( $\theta$ ). Nilai penutupan permukaan baja ditentukan dengan persamaan 3. Gambar 6

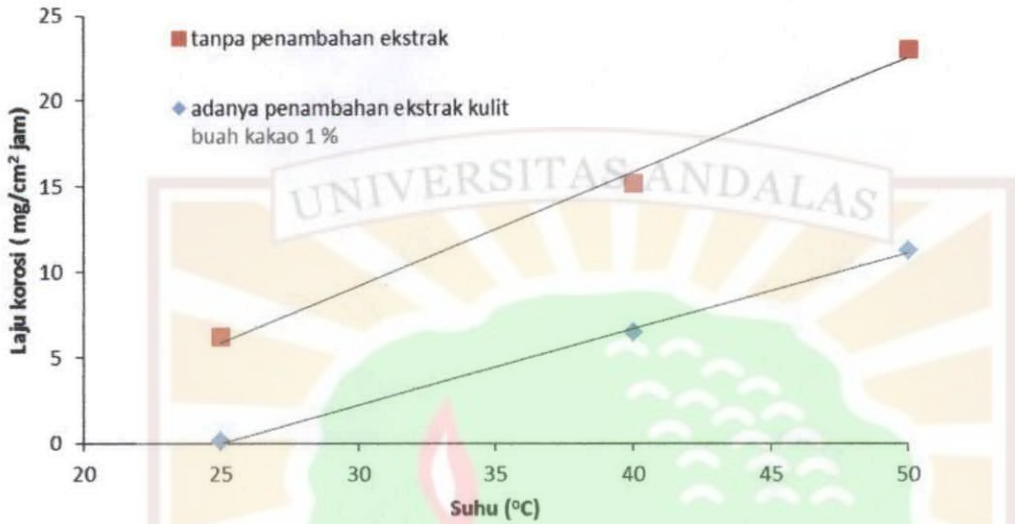
menunjukkan nilai penutupan permukaan baja dengan penambahan ekstrak tanpa dan dengan digabungkan NaCl 0,2 N. Dengan meningkatnya konsentrasi dari inhibitor (dengan atau tanpa gabungan ekstrak kulit buah kakao dan NaCl 0,2 N), maka nilai penutupan permukaan baja juga akan semakin besar, mencapai nilai 98,52 untuk konsentrasi 1 N dan 96,15 untuk konsentrasi 2 N dengan penambahan ekstrak 1,5%. Sedangkan nilai penutupan permukaan dengan gabungan ekstrak dan NaCl, nilai penutupan permukaan mencapai 99,04 pada 1 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan 99 pada 2 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Nilai penutupan permukaan yang dihasilkan dengan dan tanpa penggabungan ekstrak dan NaCl tidak terlalu signifikan. Hal ini disebabkan karena permukaan baja hampir tertutupi dengan sempurna dengan penambahan ekstrak saja. Sehingga penyerapan ion Cl<sup>-</sup> hanya sedikit, dan tidak terlalu berpengaruh. Data nilai penutupan permukaan baja diperlihatkan pada lampiran 25 dan 26



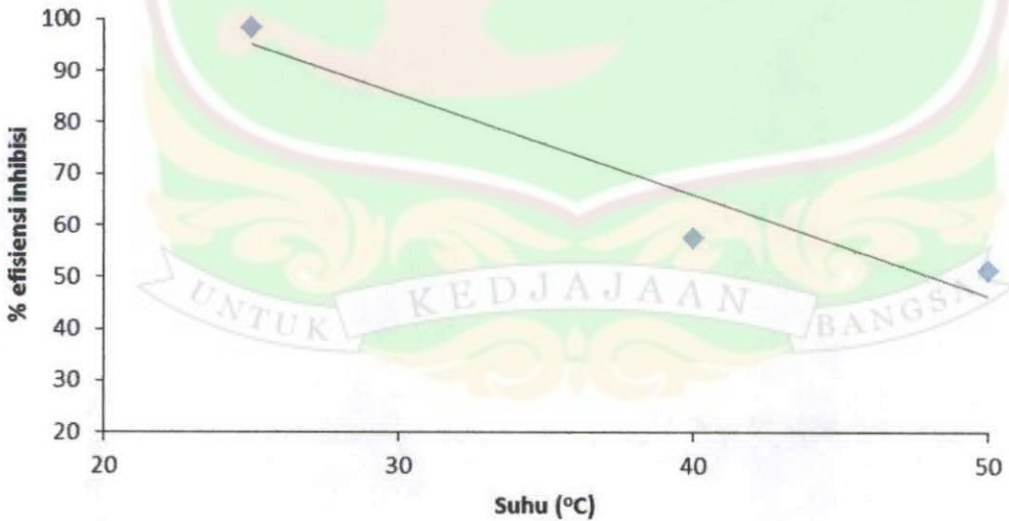
Gambar 6. Pengaruh konsentrasi ekstrak kulit buah kakao terhadap derajat penutupan baja dengan dan tanpa penambahan NaCl 0,2 N dalam medium H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 N dan 2 N perendaman baja 4 jam

### 4.2.3 Pengaruh suhu terhadap laju korosi dan efisiensi inhibisi korosi baja

Gambar 7 menunjukkan dengan meningkatnya suhu, maka laju korosi juga meningkat. Hal ini disebabkan karena meningkatnya laju oksidasi pada permukaan baja dengan meningkatnya suhu.



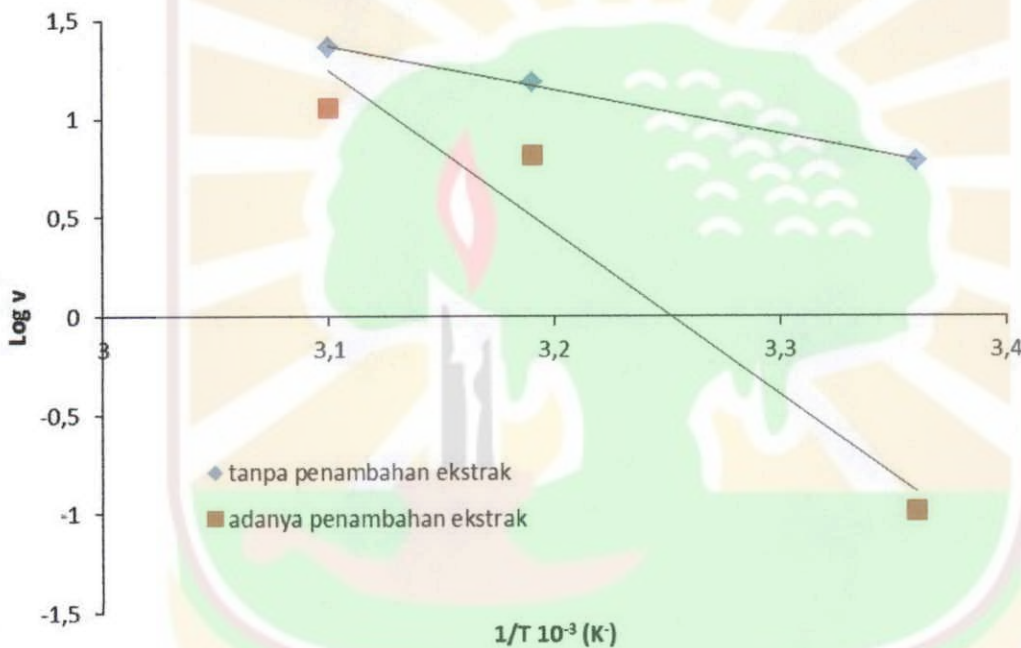
Gambar 7. Pengaruh suhu terhadap laju korosi baja dalam medium H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 N tanpa penambahan ekstrak dan dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao 1% perendaman baja selama 4 jam



Gambar 8. Pengaruh suhu terhadap efisiensi inhibisi korosi baja dalam medium H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 N dengan adanya ekstrak kulit buah kakao 1 % perendaman baja selama 4 jam

Gambar 8, didapatkan informasi bahwa dengan meningkatnya suhu, efisiensi inhibisi akan semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya kecepatan oksidasi Fe pada permukaan baja dengan meningkatnya suhu, sehingga adsorbat dari ekstrak kulit buah kakao akan mudah terlepas dari permukaan baja. Data efisiensi inhibisi korosi baja dengan adanya ekstrak kulit buah kakao terlihat pada lampiran 29.

Penentuan nilai energi aktivasi ( $E_a$ ), diperoleh dari laju korosi baja pada medium 1 N  $H_2SO_4$  dengan dan tanpa adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao dengan variasi suhu 25, 40, dan 50 °C.



Gambar 9. Kurva Arrhenius 1/T Vs Log v

Gambar 9 terlihat nilai log laju korosi baja sebagai fungsi suhu. Nilai energi aktivasi ditentukan dengan persamaan 5. Hubungan antara log v dengan 1/T memberikan nilai yang linear. Slope dari grafik tersebut merupakan nilai dari  $-E_a/2,303R$

Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai energi aktivasi dari korosi baja dengan dan tanpa penambahan ekstrak sangat jauh berbeda. Semakin tinggi nilai energi aktivasi dari laju korosi baja mengindikasikan bahwa semakin sulit reaksi kimia yang terjadi di permukaan baja. Nilai energi aktivasi korosi baja dengan penambahan ekstrak lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa penambahan ekstrak.

Hal ini terjadi karena permukaan baja telah terlapisi oleh molekul dari ekstrak kulit buah kakao, sehingga medium korosif sulit untuk bereaksi dengan permukaan.

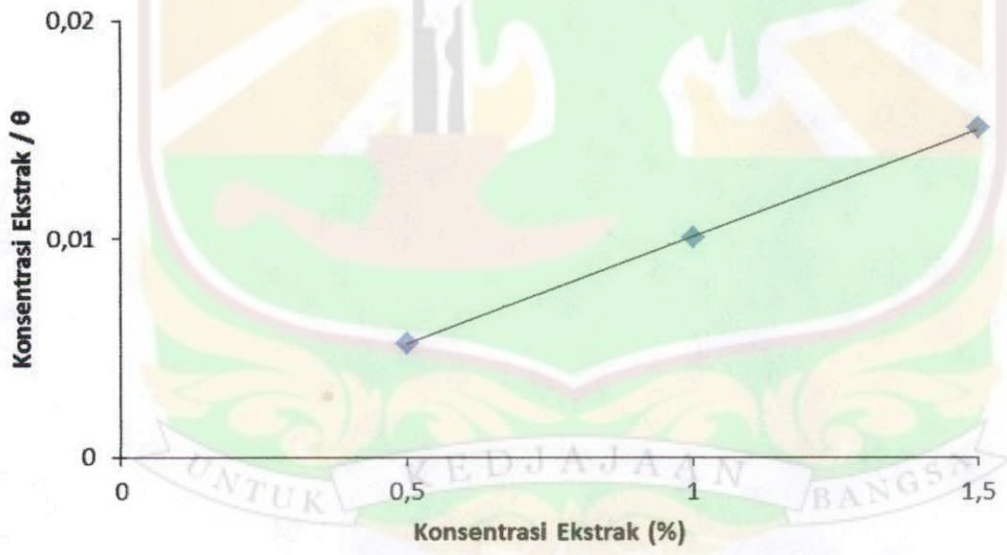
Dari kurva Arrhenius  $1/T$  vs  $\log v$  diperoleh nilai energi aktivasi ( $E_a$ ) pada tabel 1.

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

No.	Medium	Energi aktivasi (J/mol)
1.	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 1 N	43,02
2.	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 1 N + ekstrak 1%	157,058

#### 4.2.4 Isoterm Adsorpsi

Berdasarkan interaksi antara ekstrak kulit buah kakao dengan permukaan baja maka diperoleh isoterm adsorpsi. Data nilai dari derajat penutupan permukaan ( $\theta$ ) dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao dalam medium asam sulfat digunakan untuk menjelaskan proses isoterm adsorpsi.

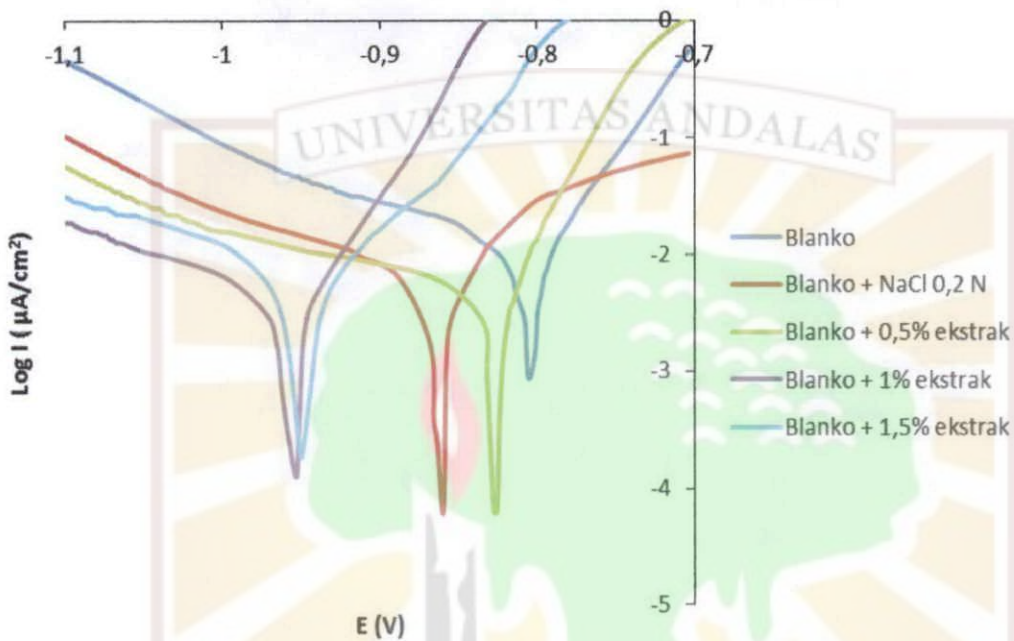


Gambar 10. Aluran isoterm adsorpsi Langmuir untuk adsorpsi ekstrak kulit buah kakao dalam medium H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2 N pada suhu 25 °C

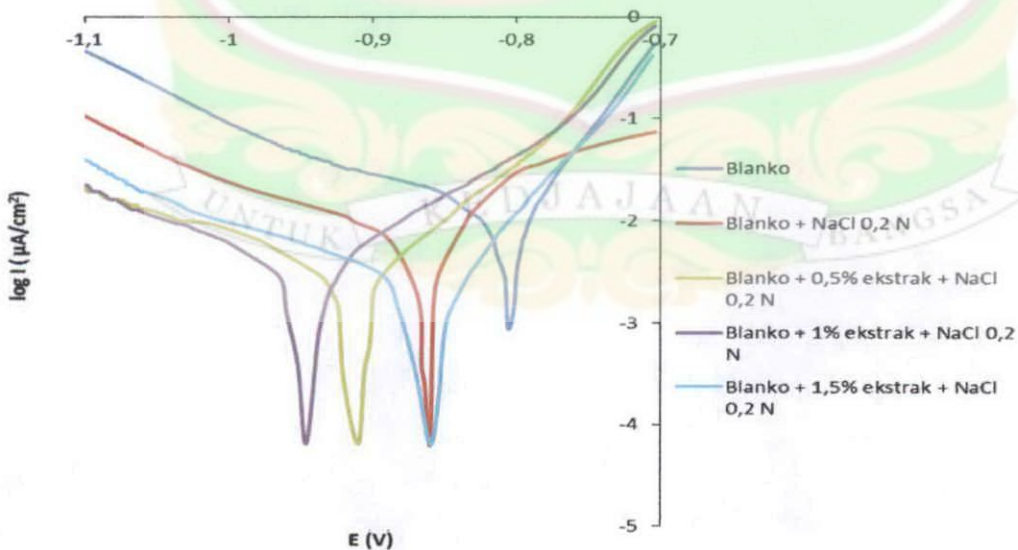
Gambar 10. Menunjukkan bahwa isoterm adsorpsi pada permukaan baja dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao mengikuti isoterm adsorpsi langmuir. Isoterm adsorpsi langmuir mengasumsikan bahwa adsorpsi ekstrak kulit buah kakao pada permukaan baja membentuk lapisan monolayer.

### 4.3 Pengukuran Polarisasi potensiodinamik

Pengukuran polarisasi potensiodinamik menggunakan baja St.37 sebagai elektroda kerja, Pt sebagai elektroda pembantu dan Ag/AgCl sebagai elektroda pembanding dengan menggunakan potensial -700 mV hingga -1100 mV diperoleh kurva hubungan antara potensial dengan log arus.



Gambar 11. Kurva polarisasi potensiodinamik ada dan tanpa penambahan ekstrak kulit buah kakao



Gambar 12. Kurva polarisasi potensiodinamik ada dan tanpa penambahan ekstrak kulit buah kakao dan NaCl 0,2 N

Kurva polarisasi potensiodinamik 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.

Semakin meningkat konsentrasi dari ekstrak kulit buah kakao maka nilai arus korosi semakin menurun.. 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  $H_2SO_4$  1 N dengan adanya ekstrak kulit buah kakao konsentrasi 1,5 % mencapai 72,91 % sedangkan dengan penambahan pencampuran 1,5 % ekstrak kulit buah kakao dengan NaCl 0,2 N nilai efisiensi inhibisi mencapai 82,5 %.

Tabel 2. Nilai potensial dan arus korosi baja dari eksploitasi Tafel plot (a) dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao (b) dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao dan NaCl 0,2 N

Konsentrasi ekstrak (%)	Konsentrasi NaCl (N)	E korosi (mV)	I korosi ( $\mu A/cm^2$ )	EI (%)
0	0	-0,800	0,0079	-
0	0,2	-0,860	0,0025	68,35
0,5	0	-0,825	0,0024	69,62
1	0	-0,952	0,00224	71,64
1,5	0	-0,945	0,00214	72,91

(a)

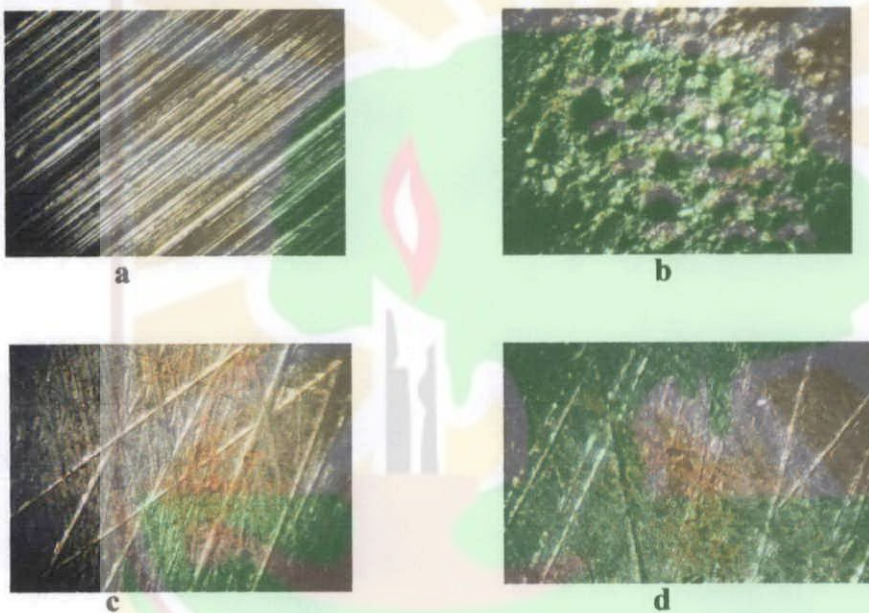
Konsentrasi ekstrak (%)	Konsentrasi NaCl (N)	E korosi (mV)	I korosi ( $\mu A/cm^2$ )	EI (%)
0	0	-0,800	0,0079	-
0	0,2	-0,860	0,0025	68,35
0,5	0,2	-0,950	0,00199	75
1	0,2	-0,945	0,00158	80
1,5	0,2	-0,860	0,00141	82,15

(b)

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 reaksi katodik mengindikasikan komponen senyawa inhibitor mempengaruhi pergerakan ion  $H^+$ , sehingga meningkatnya energi rintangan yang dilewati oleh  $H^+$  yang menyebabkan jumlah gas yang dihasilkan menjadi lebih sedikit.

### 4.3 Analisis Foto Optik



Gambar 13. Foto permukaan baja dengan perbesaran 100x (a). Baja St 37 (b). Baja yang direndam dalam medium  $H_2SO_4$  2 N (c). Baja yang direndam dalam medium  $H_2SO_4$  2 N dengan adanya penambahan ekstrak 1 % (d) Baja yang direndam dalam medium  $H_2SO_4$  2 N dengan adanya penambahan ekstrak 1 % + NaCl 0,2 N perendaman baja selama 4 jam

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  $H_2SO_4$  memperlihatkan permukaan baja yang mengalami korosi. Hal tersebut ditandai dengan terbentuknya karat yang berwarna coklat pada



... dan ...

... dan ...

... dan ...

... dan ...

... dan ...

... dan ...



... dan ...

... dan ...

... dan ...

... dan ...

permukaan baja. Selain itu banyak terdapat lobang, dan retak. Hal ini terjadi karena adanya serangan ion  $H^+$  dan  $SO_4^{2-}$  pada permukaan baja.

Pada Gambar 13(c). dapat terlihat bahwa lapisan permukaan baja yang direndam dalam medium korosif yaitu  $H_2SO_4$  2 N dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao 1% 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.

Pada Gambar 13(d). dapat terlihat bahwa lapisan permukaan baja yang direndam dalam medium korosif yaitu  $H_2SO_4$  2 N dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao 1% dan  $NaCl$  0,2 N tidak berlobang, dan tidak retak. Permukaan baja pada Gambar 13(d). memperlihatkan bahwa baja mengalami korosi lebih sedikit bila dibandingkan dengan permukaan baja yang direndam dalam medium korosif tanpa adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao dan dengan baja yang direndam dengan penambahan ekstrak kulit buah kakao saja. Hal ini membuktikan bahwa ion  $Cl^-$  dapat menjadi inhibitor juga dalam medium  $H_2SO_4$ , karena molekul ion  $Cl^-$  juga terserap pada permukaan baja dan mengurangi serangan ion agresif  $H^+$  dan  $SO_4^{2-}$ .

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa ekstrak kulit buah kakao dapat digunakan sebagai inhibitor terhadap korosi baja dalam medium asam sulfat. Nilai efisiensi inhibisi korosi baja dengan metoda pengurangan berat diperoleh 98,52% dalam medium asam sulfat 1 N dan 96,15%, dalam medium  $\text{H}_2\text{SO}_4$  2 N perendaman selama 4 jam, sedangkan dengan metoda polarisasi potensiodinamik diperoleh 72,91% dalam medium  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1 N. Pencampuran ekstrak kulit buah kakao dengan ion halida  $\text{Cl}^-$  0,2 N dapat meningkatkan efisiensi inhibisi korosi baja dalam medium asam sulfat, dengan metoda kehilangan berat nilainya mencapai 99,04% dalam medium asam sulfat 1 N dan 99% dalam medium asam sulfat 2 N sedangkan dengan metoda polarisasi potensiodinamik nilainya 82,15% dalam medium asam sulfat 1 N. Analisis polarisasi potensiodinamik menunjukkan bahwa arus korosi menurun dari  $0,0079 \mu\text{A}/\text{cm}^2$  menjadi  $0,0014 \mu\text{A}/\text{cm}^2$  dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao dan  $\text{NaCl}$ , serta potensial korosi bergeser ke arah reaksi katodik. Sedangkan untuk analisis permukaan baja memperlihatkan bahwa terjadinya perubahan morfologi baja setelah perendaman dengan asam sulfat tanpa dan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao.

#### 5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk mempelajari pengaruh ekstrak kulit buah kakao (*Theobroma cacao*) dan penambahan ion  $\text{Cl}^-$  terhadap baja dalam medium dan lingkungan korosif lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Emriadi, Y. Stiadi, dan M. Djaloeis, Inhibisi Korosi Baja oleh Tanin Dalam Larutan Sulfat Dan Campuran Sulfat-Halida, *J. Kimia Andalas*, 5 : 66-69 (1999).
2. O.O Daramola, B.O Adewuyi and L.O Oladele, Corrosion Behavior of Heat Treated Roller Medium Carbon Steel in Marine Environment, *Journal of Mineral & Materials Characterization & Engineering*, 10 : 888-903 (2011).
3. K.P. V. Kumar, M.S.N. Pillai, G. R. Thusnavis, Pericap of the Fruit of *Garcinia Mangostana* as Corrosion Inhibitor for Mild Steel in Hydrochloric Acid Medium, *J. Portugaliae Electrochimica Acta*, 28 : 373-383 (2010).
4. B.E A. Rani and B.B. J. Basu, Green Inhibitor for Corrosion Protection of Metals and Alloys : An Overview, *International Journal of Corrosion* 2012, 1-15 (2012).
5. M. Dahmani, A.Et-Touhami, S.S. Al-Deyab, B. Hammouti, A. Bouyanzer, Corrosion Inhibition of C38 Steel in 1 M HCl : A Comparative Study of Black Pepper Extract and Its Isolated Piperine, *Int. J. Electrochem. Sci*, 5 : 1060-1069 (2010).
6. S. Rajendran, M. Agasta, R. B. Devi, B. S. Devi, K. Rajam, and J. Jeyasundari, Corrosion Inhibition by an aqueous extract of Henna leaves (*Lawsonia Inermis* L), *Zastita Materijala*, 50 : 77-84 (2009).
7. M. E. Chahyaditha, *Pembuatan Pektin dari Kulit Buah Kakao Kapasitas Produksi 12.000 ton/tahun*, (2011).
8. N.Harimurti, Potensi Limbah Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao* L) Sebagai Bahan Baku Bioetanol Generasi II, *Balai Besar Litbang Pascapanen Pertanian*, Bogor.
9. O.O Akinyemi and O.J Alamu, Effect of 0,05 M NaCl on Corrosion of Coated Reinforcing Steels in Concrete, *The Pasific Journal of Science and Technology*, 10 : 462-471 (2009).
10. G.Haryono, B. Sugiarto, H. Farid, Y. Tanoto, Ekstrak Bahan Alam sebagai Inhibitor Korosi, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "kejuangan", Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*, Yogyakarta Januari 26, 2010, pp 1-6.
11. P.A. Schweitzer, *Fundamental of Corrosion Mechanisms, Cause, and Preventative Methods*. Boca Raton, CRC Press, America. 2010. pp. 23-24.

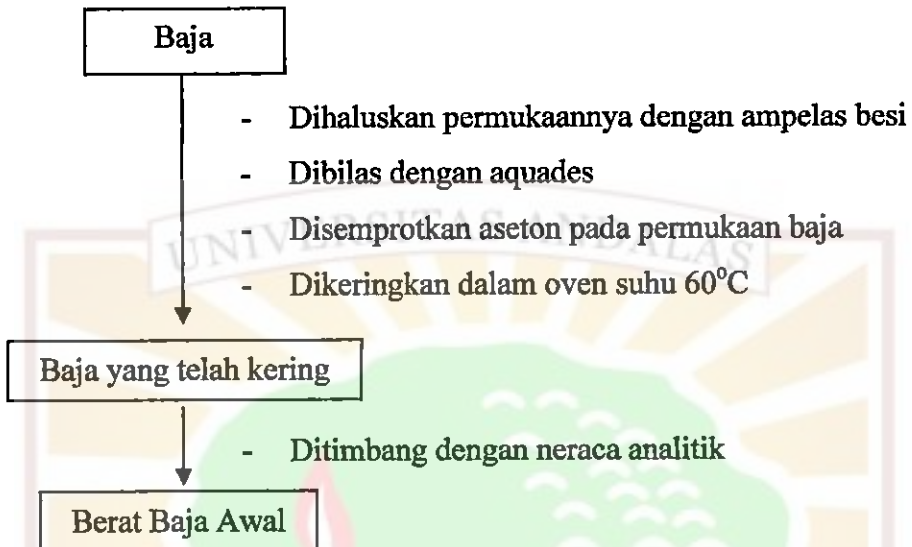
12. S.A Umoren, Polymers as Corrosion Inhibitor for Metal in Different Media-A Review, *The Open Corrosion Journal*, 2 : 175-188 (2009).
13. Sutrisna, Pengaruh Konsentrasi Larutan  $(Al_2SO_4)_3$ -0,1% NaOCl Terhadap Ketahanan Korosi Baja Galvanis pada pipa Air Minum. *Media Mesin*, 9: 76-83 (2008).
14. B. S. Devi and S. Rajenfran, Influence of Henna Extract on the Inhibition efficiency of Diethylene Triamine Penta (methylenephosphonic Acid) DTPMP-Zn<sup>2+</sup> System, *International Journal of Advance in Engineering, Science and Technology (AJAEST)*, 1 : 111-128 (2011).
15. A. Singh, V.K Singk, and M.A Quraishi, Aqueous Extract of Kalmegh (*Andrographis paniculata*) Leaves as Green Inhibitor for Mild Steel in Hydrochloric Acid Solution, *International Journal of Corrosion*, 2010 : 1-10 (2010).
16. M.M. Antonijevic and M.B. Petrovic, Copper Corrosion Inhibitors. A review, *Int. J. Electrochem. Sci*, 3 : 1-28 (2008).
17. N.O Eddy, S.A Odoemelam and P.Ekwumemgbo, Inhibition of the Corrosion of Mild Steel in H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> by Penicilin G, *Scientific Research and Essay*, 4 (1) : 033-038 (2009).
18. Figueira, A., J. Janick, and J.N. BeMiller,. New products from *Theobroma cacao*: Seed pulp and pod gum, *New crops* : 77-105 (1993).
19. Rahmayeni, Emriadi, dan D. Febriyanti, Studi Interaksi Antara Besi(III) Dengan Tanin Secara Spektrofotometri Dan Titrasi Asam Basa. *J. Kimia Andalas*, 7 No. 2 : 90-94 (2001).
20. A. A. Rahim and J. Kassim, Recent Development of Vegetal Tannins in Corrosion Protection of Iron and Steel, *Recent Patents on Materials Science*: 223-231 (2008).
21. M.Sivaraju, K.Kannan, Inhibitive Properties of Plant Extract (*Acalypha indica* L.) on Mild Steel Corrosion in 1N Phosphoric Acid, *International Journal of ChemTech Research*, 2 : 1234-1253 (2010).
22. 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).
23. A. Nahle, I. Abu-Abdoun, I. Abdel-Rahman, and M. Al-Khayat, UAE Neem Extract as a Corrosion Inhibitor for Carbon Steel in HCl Solution, *International Journal of Corrosion*, 2010 :1-9 (2010).

24. R S Dubey and Y. Potdar, Corrosion Inhibition of 304 Stainless steel in Sodium Chloride by Ciprofloxacin and Norfloxacin, *Indian Journal of chemical Technology* 16 : 334-338 (2009).



## LAMPIRAN

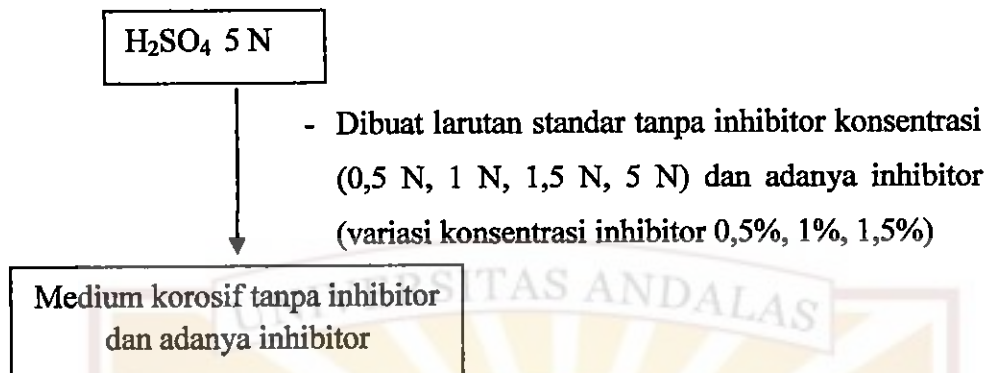
### Lampiran 1. Skema kerja persiapan awal baja



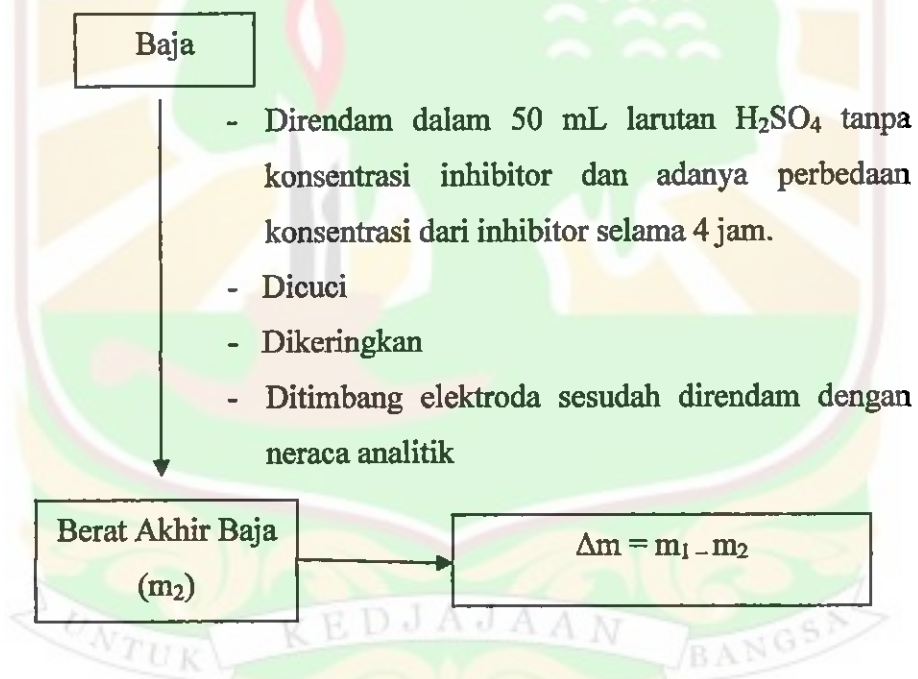
### Lampiran 2. Skema kerja Pembuatan Ekstrak Kulit Buah Kakao



Lampiran 3. Skema kerja pembuatan medium  $H_2SO_4$  tanpa dan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao

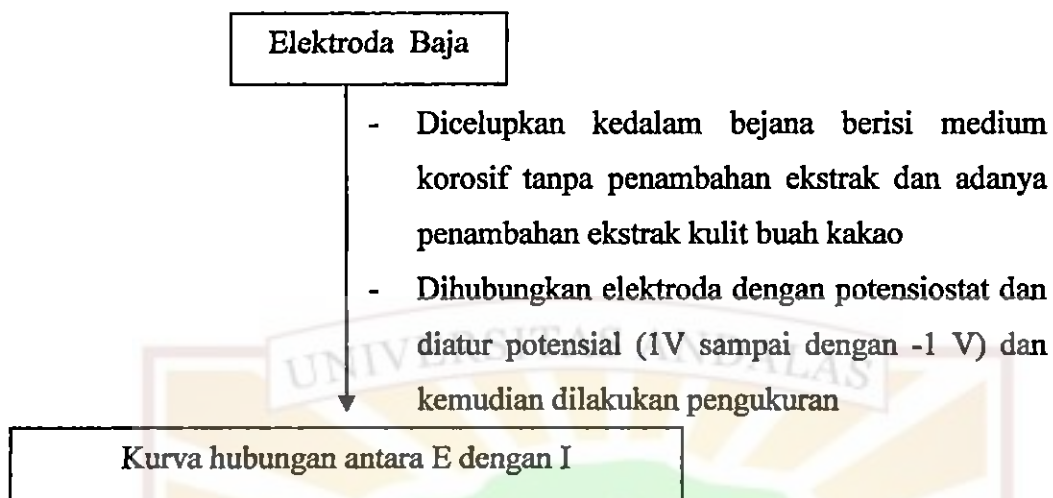


Lampiran 4. Skema kerja penentuan Kehilangan Berat

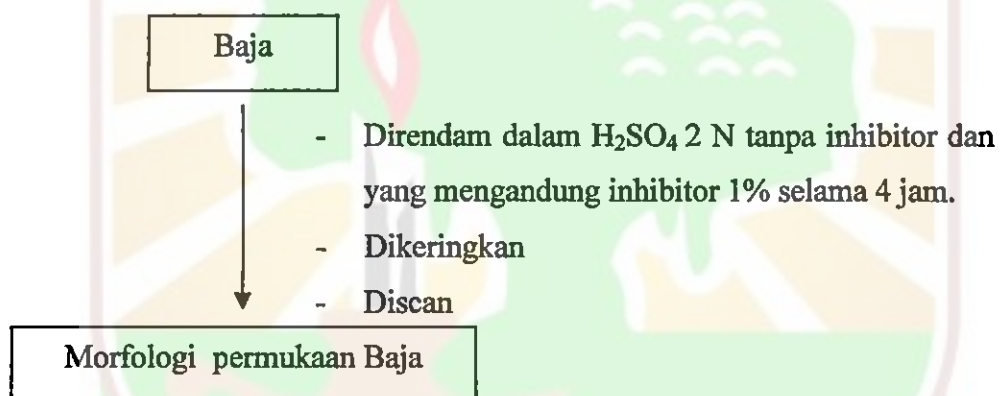




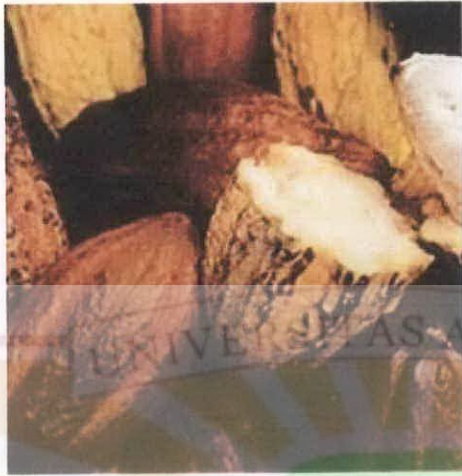
Lampiran 5. Skema kerja pengukuran polarisasi potensiodinamik



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  $\text{FeCl}_3$



b. Ekstrak kulit buah kakao



a. Ekstrak kulit buah kakao +  $\text{FeCl}_3$

Lampiran 9. Gambar perendaman baja tanpa penambahan inhibitor



Lampiran 10. Gambar baja sebelum perendaman dengan medium korosif



Lampiran 11. Gambar baja setelah perendaman dengan variasi konsentrasi  $H_2SO_4$



Lampiran 12. Gambar elektroda potensiostat eDAQ



Hijau : elektroda kerja

Merah : elektroda pembantu

Kuning : elektroda pembanding

Lampiran 13. Nilai % kehilangan berat baja dalam medium  $H_2SO_4$  dengan dan tanpa penambahan NaCl 0,2 N

Medium	Konsentrasi $H_2SO_4$ (N)	$M_1$ (g)	$M_2$ (g)	$\Delta m$	% $\Delta m$
Tanpa NaCl 0,2 N	0,5	17,6422	17,4194	0,2228	1,2629
	1	16,5465	16,2237	0,3228	1,9509
	1,5	17,3362	16,9183	0,4179	2,4106
	2	18,5662	18,0358	0,5304	2,8568
Dengan NaCl 0,2 N	0,5	18,8822	18,7060	0,1762	0,9331
	1	16,9543	16,7233	0,2310	1,3625
	1,5	18,3294	18,0444	0,2850	1,5549
	2	16,7282	16,3699	0,3583	2,1419

Lampiran 14. Nilai % kehilangan berat baja dalam medium  $H_2SO_4$  dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao perendaman selama 4 jam

Konsentrasi $H_2SO_4$ (N)	Konsentrasi ekstrak (%)	$m_1$ (g)	$m_2$ (g)	$\Delta m$	% $\Delta m$
1	0,0	16,5465	16,2237	0,3228	1,9509
	0,5	16,8199	16,8100	0,0099	0,0588
	1,0	17,1403	17,1348	0,0055	0,0321
	1,5	16,6364	16,6316	0,0048	0,0288
2	0,0	18,5662	18,0358	0,5304	2,8568
	0,5	18,6198	18,5422	0,0776	0,4167
	1,0	16,8797	16,8460	0,0337	0,1996
	1,5	17,6026	17,5822	0,0204	0,1159

Lampiran 15 Nilai % kehilangan berat baja dalam medium  $H_2SO_4$  dengan adanya penambahan campuran ekstrak kulit buah kakao dengan NaCl 0,2 N perendaman selama 4 jam

Konsentrasi $H_2SO_4$ (N)	Konsentrasi ekstrak (%)	$m_1$ (g)	$m_2$ (g)	$\Delta m$ (g)	% $\Delta m$
1 N + NaCl 0,2 N	0,0	16,9543	16,7233	0,2310	1,3625
	0,5	17,3499	17,3464	0,0035	0,0202
	1,0	17,6922	17,6888	0,0034	0,0192
	1,5	17,5369	17,5337	0,0032	0,0182

2N + NaCl 0,2 N	0,0	16,7282	16,3699	0,3583	2,1419
	0,5	18,6642	18,6539	0,0103	0,0552
	1,0	18,4303	18,4185	0,0118	0,0640
	1,5	17,6694	17,6642	0,0052	0,0294

Lampiran 16. Perhitungan % nilai kehilangan berat baja ( %  $\Delta m$ )

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

Contoh :

Berat awal ( $m_1$ ) : 16,5465 g

Berat akhir ( $m_2$ ) : 16,2237 g

$\Delta m$  = berat awal - berat akhir

$$= 16,5465 \text{ g} - 16,2237 \text{ g}$$

$$= 0,3228 \text{ g}$$

$\% \Delta m$  =  $0,3228 / 16,5465 \times 100\%$

$$= 1,9509 \%$$

Lampiran 17. Nilai laju korosi baja dalam medium  $H_2SO_4$  dengan dan tanpa penambahan NaCl 0,2 N

Medium	Konsentrasi $H_2SO_4$ (N)	Jari-jari baja (cm)	Tebal baja (cm)	Luas permukaan baja ( $cm^2$ )	Laju korosi baja ( $mg/cm^2 \cdot jam$ )
Tanpa NaCl 0,2 N	0,5	1,2410	0,4970	13,5451	4,1122
	1	1,2295	0,4700	13,1223	6,1498
	1,5	1,2375	0,4880	13,4097	7,7910
	2	1,2250	0,5330	13,5243	9,8046
Dengan NaCl 0,2 N	0,5	1,2260	0,5450	13,6354	3,2306
	1	1,2250	0,4489	13,1858	4,3797
	1,5	1,2280	0,5280	13,5420	5,2614
	2	1,2255	0,4860	13,1720	6,8004

Lampiran 18. Nilai laju korosi baja dalam medium H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao perendaman selama 4 jam

Konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (N)	Konsentrasi ekstrak (%)	Jari-jari baja (cm)	Tebal baja (cm)	Luas permukaan baja (cm <sup>2</sup> )	Laju korosi baja (mg/cm <sup>2</sup> jam)
1	0,0	1,2295	0,4700	13,1223	6,1498
	0,5	1,2215	0,4910	13,1366	0,1884
	1,0	1,2320	0,4950	13,3617	0,1029
	1,5	1,2190	0,5010	13,1671	0,0911
2	0,0	1,2250	0,5330	13,5243	9,8046
	0,5	1,2330	0,5370	13,7055	1,4155
	1,0	1,2475	0,4880	13,5964	0,6195
	1,5	1,2350	0,5090	13,5261	0,3770

Lampiran 19. Nilai laju korosi baja dalam medium H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan adanya penambahan campuran ekstrak kulit buah kakao dan NaCl 0,2 N perendaman selama 4 jam

Konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (N)	Konsentrasi ekstrak (%)	Jari-jari baja (cm)	Tebal baja (cm)	Luas permukaan baja (cm <sup>2</sup> )	Laju korosi baja (mg/cm <sup>2</sup> jam)
1 + NaCl 0,2 N	0,0	1,2250	0,4489	13,1858	4,3797
	0,5	1,1180	0,5080	11,4162	0,0766
	1,0	1,2270	0,5100	13,3846	0,0635
	1,5	1,2255	0,5300	13,5106	0,0592
2N + NaCl 0,2 N	0,0	1,2255	0,4860	13,1720	6,8004
	0,5	1,1190	0,5380	11,6443	0,2211
	1,0	1,2315	0,5340	13,6541	0,2160
	1,5	1,2320	0,5210	13,5629	0,0958

Lampiran 20. 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 : 2,4500 cm

Jari-jari (r) : 1,2250 cm

Ketebalan baja (t) : 0,4489 cm

$$\Delta m = 0,2310 \text{ g} = 231,0 \text{ mg}$$

$$A = 2 \times 3,14 \times 1,2250 \text{ cm} (1,2250 \text{ cm} + 0,4489 \text{ cm})$$

$$= 13,1858 \text{ cm}^2$$

$$v = 231 \text{ mg} / (13,1858 \text{ cm}^2, 4 \text{ jam})$$

$$= 4,3797 \text{ mg/cm}^2\text{jam}$$

Lampiran 21. Nilai % efisiensi inhibisi baja dalam medium H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan penambahan NaCl 0,2 N

Konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (N)	Konsentrasi NaCl (N)	Laju korosi baja (mg/cm <sup>2</sup> jam)	Efisiensi inhibisi (%)
0,5	0,2	3,2306	21,43
1		4,3797	28,78
1,5		5,2614	32,47
2		6,8004	30,64

Lampiran 22 Nilai % efisiensi inhibisi baja dalam medium H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao perendaman selama 4 jam

Konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (N)	Konsentrasi ekstrak (%)	Laju korosi baja (mg/cm <sup>2</sup> jam)	efisiensi inhibisi (%)
1	0,0	6,1498	0
	0,5	0,1884	96,94
	1,0	0,1029	98,33
	1,5	0,0911	98,52
2	0,0	9,8046	0
	0,5	1,4155	85,51
	1,0	0,6195	93,67
	1,5	0,3770	96,15

Lampiran 23. Nilai % inhibisi korosi baja dalam medium H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan adanya penambahan campuran ekstrak kulit buah kakao dan NaCl 0,2 N perendaman selama 4 jam

Konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (N)	Konsentrasi ekstrak (%)	Konsentrasi NaCl (N)	Laju korosi baja (mg/cm <sup>2</sup> jam)	efisiensi inhibisi (%)
1 N	0,0	0,2	4,3797	28,78
	0,5		0,0766	98,75
	1,0		0,0635	98,96
	1,5		0,0592	99,04

2N	0,0	0,2	6,8004	30,64
	0,5		0,2211	97,74
	1,0		0,2160	97,79
	1,5		0,0958	99

Lampiran 24. Perhitungan nilai % efisiensi inhibisi korosi baja (% EI)

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

Contoh :

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

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

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

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

$$= 75,41 \%$$

Lampiran 25 Nilai derajat penutupan permukaan baja ( $\theta$ ) baja dalam medium  $H_2SO_4$  dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao perendaman selama 4 jam

Konsentrasi $H_2SO_4$ (N)	Konsentrasi ekstrak (%)	Laju korosi baja ( $mg/cm^2jam$ )	derajat penutupan permukaan ( $\theta$ )
1	0,0	6,1498	0
	0,5	0,1884	96,94
	1,0	0,1029	98,33
	1,5	0,0911	98,52
2	0,0	9,8046	0
	0,5	1,4155	85,51
	1,0	0,6195	93,67
	1,5	0,3770	96,15



Lampiran 26 . Nilai derajat penutupan permukaan baja ( $\theta$ ) dalam medium  $H_2SO_4$  dengan adanya penambahan campuran ekstrak kulit buah kakao dan  $NaCl$  0,2 N perendaman selama 4 jam

Konsentrasi $H_2SO_4$ (N)	Konsentrasi ekstrak (%)	Konsentrasi $NaCl$ (N)	Laju korosi baja ( $mg/cm^2jam$ )	derajat penutupan permukaan ( $\theta$ )
1 N	0,0	0,2	4,3797	28,78
	0,5		0,0766	98,75
	1,0		0,0635	98,96
	1,5		0,0592	99,04
2N	0,0	0,2	6,8004	30,64
	0,5		0,2211	97,74
	1,0		0,2160	97,79
	1,5		0,0958	99

Lampiran 27. Perhitungan derajat penutupan permukaan baja ( $\theta$ )

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

Contoh :

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

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

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

$$= 0,84$$

Lampiran 28. Nilai laju korosi baja dalam medium  $H_2SO_4$  1 N dengan variasi suhu dan dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao 1% perendaman selama 4 jam

Medium	Suhu ( $^{\circ}C$ )	Jari-jari baja (cm)	Tebal baja (cm)	Luas permukaan baja ( $cm^2$ )	Laju korosi baja ( $mg/cm^2jam$ )
$H_2SO_4$ 1 N	25	1,2295	0,47	13,1223	6,1498
	40	1,2325	0,501	13,4175	15,1332
	50	1,2215	0,477	13,0292	22,966
$H_2SO_4$ 1 N + ekstrak 1%	25	1,232	0,495	13,3617	0,1029
	40	1,2265	0,517	13,4292	6,4542
	50	1,238	0,498	13,4968	11,2341

Lampiran 29. Nilai % efisiensi inhibisi korosi baja dalam medium H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 N dengan adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao 1 % pada variasi suhu perendaman baja selama 4 jam

Suhu (°C)	Laju korosi baja tanpa ekstrak (mg/cm <sup>2</sup> jam)	Laju korosi baja adanya ekstrak (mg/cm <sup>2</sup> jam)	Efisiensi inhibisi (%)
25	6,1498	0,1029	98,3268
40	15,1332	6,4542	57,3507
50	22,966	11,2341	51,0838

Lampiran 30. Penentuan nilai energi aktifasi

$$\log(C_R) = \frac{-E_a}{2.303RT} + A,$$

Contoh penentuan nilai energi aktifasi tanpa penambahan inhibitor

1/T	log v
0,00336	0,78
0,00319	1,18
0,0031	1,36

Nilai persamaan garis lurus dari tabel :  $y = -2,2467 x + 8,3334$

$$-E_a/2,303 R = -2,2467$$

$$E_a = 2,2467 \times 2,303 \times 8,314 \text{ J/mol}$$

$$= 43,02 \text{ J/mol}$$

Lampiran 31. 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 (%)	Konsentrasi NaCl (N)	Log I korosi ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	I Korosi ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	EI (%)
0	0	-2,100	0,0079	
0	0,2	-2,600	0,0025	68,35
0,5	0	-2,620	0,0024	69,62
1	0	-2,650	0,00224	71,64
1,5	0	-2,670	0,00214	72,91
0,5	0,2	-2,700	0,0099	75
1	0,2	-2,800	0,00158	80
1,5	0,2	-2,850	0,00141	82,5

