



**STUDI PEMANFAATAN EKSTRAK LIGNIN KULIT KOPI  
SEBAGAI INHIBITOR ORGANIK KOROSI BESI**

**SKRIPSI**

Oleh :

**ZAINUL HASAN**

**NIM 091810301009**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2015**



**STUDI PEMANFAATAN EKSTRAK LIGNIN KULIT KOPI  
SEBAGAI INHIBITOR ORGANIK KOROSI BESI**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Kimia (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh :

**ZAINUL HASAN**

**NIM 091810301009**

**JURUSAN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2015**

**PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Erna Soviana dan Ayahanda Imam Mahdi yang tercinta;
2. Adikku tersayang Nawa Kartika Dewi;
3. Guru-guru sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
4. Almamater Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

## MOTTO

Hai ahli kitab, sesungguhnya telah datang kepadamu rasul kami, menjelaskan kepadamu banyak isi al-Kitab yang kamu sembunyikan, dan banyak (pula yang) dibiarkannya. Sesungguhnya telah datang kepadamu cahaya dari Allah dan kitab yang menerangkan (terjemahan Al-Ma'idah : 5-15)\*)

(Al-Qur'an) ini adalah penjelasan yang sempurna bagi manusia, dan supaya mereka diberi peringatan dengannya, dan supaya mereka mengetahui bahwasanya Dia adalah Tuhan Yang Maha Esa dan agar orang-orang yang berakal mengambil pelajaran (terjemahan Ibrahim : 14-52)\*)

---

\*) Departemen Agama Republik Indonesia. 2005. Al Qur'an Terjemahannya. Bandung : CV Penerbit Jamanut ' Ali-Art.

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Zainul Hasan

NIM : 091810301009

Menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa karya ilmiah “Studi Pemanfaatan Ekstrak Lignin Kulit Kopi Sebagai Inhibitor Organik Korosi Besi” adalah benar-benar karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan merupakan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Desember 2015

Yang menyatakan,

Zainul Hasan

NIM. 091810301009

**SKRIPSI**

**STUDI PEMANFAATAN EKSTRAK LIGNIN KULIT KOPI SEBAGAI  
INHIBITOR ORGANIK KOROSI BESI**

Oleh :

**Zainul Hasan**

**NIM 091810301009**

**Pembimbing**

**Dosen Pembimbing Utama : Tri Mulyono S.Si., M.Si.**

**Dosen Pembimbing Anggota : I Nyoman Adi Winata, S.Si., M.Si.**

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “ Studi Pemanfaatan Ekstrak Lignin Kulit Kopi Sebagai Inhibitor Organik Korosi Besi” telah disetujui dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

Tim Penguji

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Tri Mulyono, S.Si, M.Si.  
NIP. 196810021998021002

I Nyoman Adi Winata, S.Si, M.Si.  
NIP. 197105011998021002

Anggota Tim Penguji

Penguji I,

Penguji II,

Drs. Sudarko, Ph.D.  
NIP. 196903121992031002

Dr. Bambang Piluharto, S.Si, M.Si.  
NIP. 197107031997021001

Mengesahkan  
Dekan,

Prof. Drs, Kusno DEA., Ph.D.  
NIP. 196101081986021001

## RINGKASAN

**Studi Pemanfaatan Ekstrak Lignin Kulit Kopi Sebagai Inhibitor Organik Korosi Besi;** Zainul hasan, 091810301009; 2015: 47 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam Universitas Jember.

Korosi merupakan reaksi antara logam dengan lingkungan yang menyebabkan perubahan sifat-sifat logam. Keroposnya logam akibat korosi berdampak pada penggunaan besi yang banyak diaplikasikan terutama sebagai kerangka bangunan dan struktur fisik lainnya. Salah satu cara mencegah korosi yaitu dengan menggunakan inhibitor organik. Inhibitor organik tanaman menjadi pilihan dengan pertimbangan dapat diterima secara ekologis, murah, tersedia melimpah, dan lebih ramah lingkungan. Lignin adalah senyawa organik yang telah diteliti mampu mencegah korosi besi. Kandungan lignin dalam kulit kopi yang cukup melimpah dapat dimanfaatkan sebagai bahan inhibitor korosi. Oleh karena itu, perlu dilakukan ekstraksi untuk memperoleh lignin dari kulit kopi dengan tujuan diantaranya: (1) mengetahui pengaruh lignin ekstrak kulit kopi sebagai inhibitor korosi besi dalam medium korosi HCl 1 M, (2) studi pengaruh konsentrasi lignin dan temperatur terhadap laju korosi, serta efisiensi inhibisi, (3) studi termodinamika untuk mengetahui proses inhibisi ekstrak lignin kulit kopi.

Lignin diekstrak sesuai metode ekstraksi yang dilakukan oleh Alaneme dan Olesegun (2012). Kulit kopi yang digunakan pada penelitian ini adalah kulit kopi dengan jenis robusta. Berdasarkan hasil ekstraksi yang dilakukan menggunakan metode tersebut diperoleh rendemen ekstrak lignin sebesar 13.8%. Hasil ekstraksi dalam bentuk serbuk diuji menggunakan FTIR untuk mengetahui gugus fungsinya. Spektrum IR ekstrak yang dihasilkan menunjukkan gugus fungsi dan serapan panjang

gelombang yang mirip dengan spektrum standar lignin sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil ekstraksi yang dilakukan merupakan lignin. Hasil pita serapan IR juga menunjukkan adanya gugus fungsi OH pada panjang gelombang  $3370.95\text{ cm}^{-1}$ . Gugus fungsi OH merupakan gugus aktif inhibitor organik yang dapat teradsorpsi pada permukaan logam dan menghambat laju korosi. Berdasarkan data tersebut lignin ekstrak kulit kopi dapat digunakan sebagai inhibitor korosi.

Penentuan laju korosi besi dengan penambahan inhibitor ekstrak lignin kulit kopi ditentukan dengan menggunakan metode *weight loss*. Hasil analisa *weight loss* berdasarkan variasi konsentrasi dan temperatur menunjukkan bahwa laju korosi besi menurun dengan meningkatnya konsentrasi lignin ekstrak kulit kopi dan meningkat terhadap pengaruh temperatur. Nilai efisiensi inhibisi diperoleh dengan membandingkan berat besi yang hilang dengan penambahan inhibitor dan tanpa penambahan ekstrak lignin kulit kopi. Berdasarkan data yang diperoleh, efisiensi inhibisi meningkat terhadap pengaruh konsentrasi lignin dan menurun terhadap pengaruh temperatur. Data analisa *weight loss* juga digunakan untuk menentukan proses adsorpsi inhibitor menggunakan studi termodinamika. Hasil studi termodinamika berdasarkan nilai  $E_a$ ,  $\Delta H$ ,  $\Delta S$ , dan  $\Delta G^\circ_{\text{Ads}}$  yang menunjukkan bahwa proses inhibisi ekstrak lignin kulit kopi merupakan proses adsorpsi fisik yang berlangsung spontan.

## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, karunia, dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “ Studi Pemanfaatan Ekstrak Lignin Kulit Kopi Sebagai Inhibitor Organik Korosi Besi”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Prof. Drs. Kusno, DEA.,Ph.D, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
2. Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si, selaku ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
3. Tri Mulyono S.Si., M.Si, selaku Dosen Pembimbing Utama dan I Nyoman Adi Winata S.Si., M.Si, selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah memberikan perhatian, kesabaran, tenaga, pikiran, dan meluangkan waktu dalam penyusunan skripsi ini;
4. Drs. Sudarko, Ph.D. selaku dosen penguji I dan dosen pembimbing akademik serta Dr. Bambang piluharto S,Si., M,Si. selaku dosen penguji II yang telah meluangkan waktu, memberikan motivasi, kritik, dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
5. keluarga besar dosen jurusan kimia yang telah memberikan ilmu dan wawasannya semoga dapat terus bermanfaat dan berguna;
6. teknisi laboratorium kimia yang telah sabar mendampingi dan memberi saran dalam proses penelitian;

7. teman-teman angkatan 2009 yang telah memberikan semangat dan kenangan selama menempuh masa studi di MIPA kimia;
8. sahabat Hisyam, Yusril, Rega, Anisa, Riskon, Dani, dan Minin terimakasih telah membantu dalam penelitian, menemani selama penelitian serta memberikan dukungannya selama ini;
9. teman-teman kost Perum Lembah Permai yang telah memberikan banyak motivasi dengan canda dan tawanya;
10. semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kesempurnaan sehingga penulis mengharapkan kritik serta saran yang membangun demi kesempurnaan penulisan ini. Semoga skripsi ini bermanfaat dan menambah wawasan.

Jember, Desember 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>PRAKATA</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvi
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	3
<b>1.4 Manfaat Penelitian</b> .....	3
<b>1.5 Batasan Masalah</b> .....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
<b>2.1 Korosi</b> .....	5
<b>2.2 Reaksi Korosi</b> .....	6
<b>2.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Korosi</b> .....	7
<b>2.4 Metode Pencegahan Korosi</b> .....	8

2.5 Metode Penentuan Laju Korosi .....	10
2.6 Inhibitor Organik Korosi .....	10
2.7 Adsorpsi Isoterm Inhibitor Organik .....	12
2.8 Kopi.....	13
2.9 Lignin.....	16
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>18</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	18
3.2 Alat dan Bahan .....	18
3.2.1 Alat.....	18
3.2.2 Bahan .....	18
3.3 Skema Penelitian .....	19
3.4 Prosedur Penelitian .....	19
3.4.1 Preparasi Sampel .....	19
3.4.2 Pembuatan Larutan .....	20
3.4.3 Ekstraksi Lignin Kulit Kopi.....	20
3.4.4 Analisa Gugus Fungsi Lignin dengan Uji FTIR.....	20
3.4.5 Identifikasi Pengaruh Waktu Perendaman Terhadap Laju Korosi Besi.....	21
3.4.6 Uji inhibisi korosi besi .....	21
3.4.7 Analisa data inhibisi.....	21
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>24</b>
4.1. Ekstraksi Lignin Kulit Kopi dan Uji FTIR Gugus Fungsi Lignin .....	24
4.1.1 Ekstraksi Lignin Kulit Kopi .....	24
4.1.2 Hasil Analisa Inframerah (IR) Lignin.....	25
4.2 Identifikasi Laju Korosi Sampel Besi dalam Larutan HCL 1M dengan Metode <i>Weight Loss</i> .....	27

<b>4.3 Pengaruh Variasi Konsentrasi dan Temperatur Inhibitor</b>	
<b>Ekstrak Lignin Kopi Terhadap Laju Korosi Besi.....</b>	<b>28</b>
<b>4.4 Pengaruh Variasi Konsentrasi dan Temperatur Inhibitor</b>	
<b>Ekstrak Lignin Kulit Kopi Terhadap Efisiensi Inhibisi .....</b>	<b>29</b>
<b>4.5 Penentuan Adsorpsi Isoterm.....</b>	<b>30</b>
<b>4.6 Studi Termodinamika Korosi .....</b>	<b>32</b>
4.6.1 Energi Aktifasi.....	32
4.6.2 Perubahan Entalpi dan Perubahan Entropi.....	33
4.6.3 Energi Bebas Adsorpsi.....	35
<b>BAB 5. PENUTUP .....</b>	<b>36</b>
<b>5.1. Kesimpulan.....</b>	<b>36</b>
<b>5.2.Saran.....</b>	<b>36</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>37</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>40</b>

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Korosi pada Kerangka Bangunan .....	5
2.2 Reaksi Korosi Besi pada Permukaan Logam dalam Larutan Asam .....	6
2.3 Kemisorpsi Amina pada Permukaan Logam.....	11
2.4 Proses Adsorpsi Inhibitor Organik (a). adsorpsi kompetitif; (b). adsorpsi kooperatif.....	13
2.5 Bagian-Bagian Buah Kopi.....	14
2.6 Tiga Unit Monolignol Pembentuk Struktur Lignin: (a) P-kumaril alkohol; (b). koniferil alkohol; (c). sinapil alkohol. ....	16
2.7 Struktur Lignin .....	17
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	19
4.1 Spektrum IR Ekstrak Lignin Kulit Kopi .....	25
4.2 Grafik Pengaruh Lama Perendaman Terhadap Massa Besi Yang Hilang .	27
4.3 Grafik Identifikasi Laju Korosi Sampel Besi .....	28
4.4 Grafik Pengaruh Variasi Konsentrasi dan Temperatur Terhadap Laju Korosi.....	29
4.5 Grafik Pengaruh Konsentrasi dan Temperatur Terhadap Efisiensi Inhibisi.....	30
4.6 Grafik Persamaan Langmuir.....	31
4.7 Grafik Persamaan Temkin.....	31
4.8 Grafik Plot Arrhenius.....	33
4.9 Grafik Penentuan Entalpi dan Entropi .....	34

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
2.1 Gugus Fungsi Inhibitor Organik .....	12
2.2 Kandungan Kimia Kulit Kopi Robusta.....	14
4.1 Identifikasi Pita Serapan Spektrum IR Lignin Kulit Kopi dan Perbandingan dengan Serapan Spektrum IR Lignin Standar .....	26
4.2 Nilai Konstanta Adsorpsi Persamaan Temkin .....	32
4.3 Nilai Energi Aktifasi pada Variasi Konsentrasi .....	33
4.4 Nilai Entalpi dan Entropi Berdasarkan Variasi Konsentrasi .....	34
4.5 Energi Bebas Adsorpsi.....	35

DAFTAR LAMPIARAN

	Halaman
<b>A. Perhitungan Pembuatan Larutan .....</b>	<b>40</b>
<b>A.1 Pembuatan Larutan NaOH 15 % (w/v).....</b>	<b>40</b>
<b>A.2 Pembuatan Larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 40 % (v/v).....</b>	<b>40</b>
<b>A.3 Pembuatan Larutan HCl 1 M .....</b>	<b>41</b>
<b>A.4 Standarisasi Larutan HCl 1 M .....</b>	<b>41</b>
<b>B. Perhitungan Rendemen Lignin Ekstrak Kulit Kopi.....</b>	<b>42</b>
<b>C. Hasil Identifikasi Laju Korosi Besi dengan Variasi Waktu Perendaman .....</b>	<b>42</b>
<b>D. Hasil Uji <i>Weight Loss</i> Korosi Besi Dengan Variasi Konsentrasi Lignin dan Variasi Temperatur .....</b>	<b>43</b>
<b>E. Perhitungan Konstanta Adsorpsi .....</b>	<b>45</b>
<b>F. Perhitungan Entalpi dan Entropi.....</b>	<b>46</b>
<b>G. Perhitungan Energi Aktifasi.....</b>	<b>46</b>
<b>H. Perhitungan Energi Bebas Adsorpsi .....</b>	<b>47</b>

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Penggunaan bahan logam khususnya besi atau paduan besi (*alloy*) seperti baja banyak dimanfaatkan pada masa modern ini. Sifat logam yang kuat menjadi alasan penggunaannya sebagai kerangka bangunan ataupun material industri. Namun, kekurangan dari logam yaitu adanya reaksi pengkaratan yang menyebabkan besi keropos sehingga kehilangan kekuatannya. Menurut Jones (1992), korosi tidak dapat dihindarkan dalam banyak hal. Hampir semua material yang berinteraksi dengan lingkungan pasti akan mengalami degradasi mutu. Proses korosi merupakan suatu gejala alamiah yang merupakan konsekuensi dari siklus hidup.

Korosi adalah reaksi kimia atau elektrokimia suatu material seperti logam dengan lingkungan yang menyebabkan kerusakan sifat-sifat dari material tersebut (Babobian, 2005). Chang (1982) menyatakan bahwa laju korosi baja akibat pengaruh lingkungan sekitar 0,1 mm per tahun dan tidak bisa dihentikan tanpa penggunaan inhibitor. Parameter yang berpengaruh terhadap tingkat korosi diantaranya tingkat pH, agen pengoksidasi, temperatur, pengaruh garam, kehadiran senyawa lain, dan mikroorganisme.

Korosi dapat dicegah dengan beberapa proses diantaranya pemilihan material, *coating* (pelapisan), proteksi katodik (arus listrik), dan inhibitor. Pemilihan material didasarkan pada ketahanan material terhadap lingkungan sehingga pengaruh korosi dapat diminimalkan. Pelapisan atau *coating* berfungsi membatasi permukaan logam dengan lingkungan sehingga tidak ada interaksi antara logam dan lingkungan. Proteksi katodik memanfaatkan arus listrik yang dialirkan pada logam untuk mencegah reaksi oksidasi logam dengan lingkungan. Sedangkan inhibitor ditambahkan dengan jumlah sedikit secara kontinu atau periodik untuk menghambat korosi.

Inhibitor adalah salah satu pilihan terbaik untuk melindungi logam dan paduan logam terhadap korosi. Penggunaan inhibitor korosi bersumber dari bahan organik maupun anorganik. Kandungan senyawa organik tanaman menjadi pilihan dengan pertimbangan dapat diterima secara ekologis, murah, tersedia melimpah, dan lebih ramah lingkungan (Arthur *et al.*, 2013). Pradityana (2013) menyatakan bahwa inhibitor merupakan metode perlindungan yang fleksibel. Mampu memberikan perlindungan dari lingkungan yang kurang agresif sampai pada lingkungan yang tingkat korosifitasnya sangat tinggi, mudah diaplikasikan, dan tingkat keefektifan biayanya paling tinggi. Lapisan inhibitor terbentuk sangat tipis sehingga dalam jumlah kecil mampu memberikan perlindungan yang luas.

Ekstrak tanaman mengandung senyawa organik yang berpotensi sebagai inhibitor. Sejumlah besar penelitian tentang ekstrak tanaman sebagai inhibitor atau sering disebut *organic green inhibitor* dalam media asam telah dilaporkan. Contohnya, ekstrak kulit kentang sebagai inhibitor pada larutan HCl yang diteliti oleh Ibrahim *et al.* (2011), ekstrak daun pepaya oleh Risandi *et al.* (2012). Berbagai studi kinerja inhibitor ekstrak tumbuhan dianggap berasal dari senyawa organik kompleks seperti tanin, alkaloid, basa nitrogen, karbohidrat, asam amino, protein, serta produk hidrolisis (Cang *et al.*, 2013). Penelitian Inhibitor ekstrak tembakau, teh, dan kopi menyimpulkan bahwa nikotin dan kafein dapat digunakan sebagai inhibitor korosi yang telah diteliti oleh Llim *et al.* (2007). Alaneme dan Olusegun (2012) telah meneliti ekstrak lignin bunga matahari sebagai inhibitor korosi pada larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan menyimpulkan bahwa ekstrak lignin merupakan inhibitor efektif reaksi korosi.

Kulit kopi merupakan limbah pertanian yang melimpah. Pemanfaatan kulit kopi masih terbatas. Selama ini pemanfaatan kulit kopi umumnya hanya sebagai pakan ternak, pupuk organik, dan briket. Kandungan kimia kulit kopi selain mengandung senyawa alkaloid, serat, protein, dan lemak juga mengandung lignin dan senyawa organik lainnya. Menurut Murthy dan Naidu (2012), kandungan lignin kulit kopi berdasarkan proses pengolahannya berkisar antara 6-25 %.

Berdasarkan penjelasan diatas, peneliti ingin memanfaatkan kandungan lignin dalam kulit kopi sebagai bahan inhibitor korosi. Korosi besi dilakukan dalam larutan HCl 1 M. Variabel yang diteliti meliputi konsentrasi lignin kulit kopi dan pengaruh temperatur. Efek inhibitor lignin terhadap laju korosi besi diteliti dengan menggunakan metode *weight loss*.

### **1.2 Rumusan Masalah**

1. Apakah ekstrak lignin kulit kopi dapat digunakan sebagai inhibitor korosi besi dalam medium korosi HCl 1 M?.
2. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi ekstrak lignin kulit kopi dan temperatur terhadap laju korosi besi serta efisiensi inhibisi?.
3. Bagaimana proses inhibisi ekstrak lignin kulit kopi berdasarkan faktor-faktor termodinamika?.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

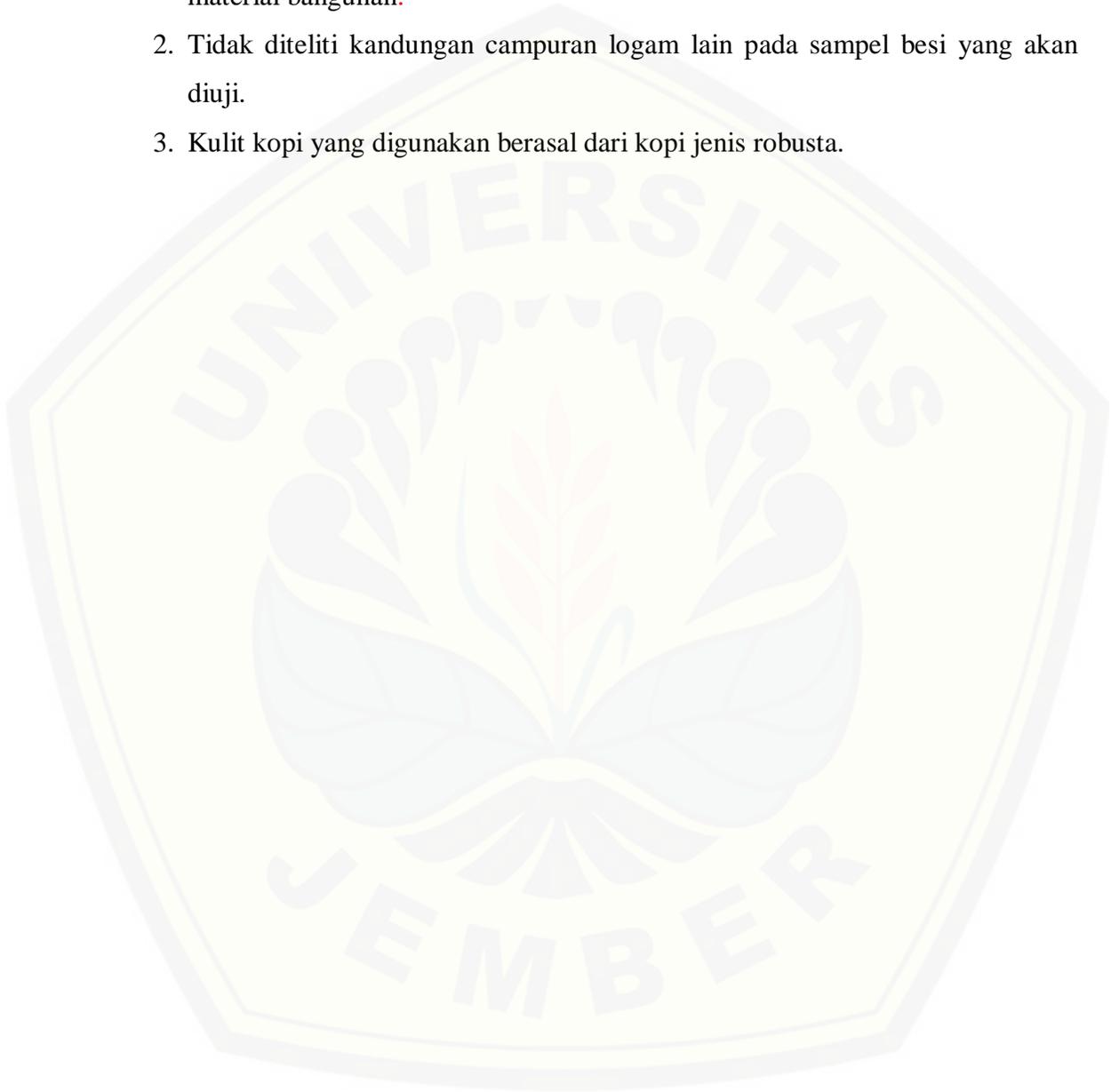
1. Mengetahui pengaruh ekstrak lignin kulit kopi sebagai bahan inhibitor korosi besi dalam medium HCl 1M.
2. Studi pengaruh variasi konsentrasi lignin ekstrak kulit kopi sebagai inhibitor korosi dan variasi temperatur terhadap laju korosi serta efisiensi inhibisi.
3. Studi termodinamika proses inhibisi ekstrak lignin kulit kopi sebagai inhibitor korosi besi.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

1. Memanfaatkan ekstrak lignin kulit kopi sebagai bahan inhibitor korosi.
2. Sebagai informasi pengaruh inhibitor ekstrak lignin kulit kopi dengan variasi konsentrasi dan temperatur pada korosi besi.

### 1.5 Batasan Masalah

1. Besi yang digunakan merupakan besi kerangka beton yang dibeli di toko material bangunan.
2. Tidak diteliti kandungan campuran logam lain pada sampel besi yang akan diuji.
3. Kulit kopi yang digunakan berasal dari kopi jenis robusta.



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Korosi

Korosi memiliki hubungan erat dalam kehidupan. Banyak sarana umum dan peralatan berbahan logam yang digunakan dalam aktivitas sehari-hari. Interaksi dengan lingkungan mengakibatkan logam mengalami korosi. Korosi baja tulangan (kerangka beton) seperti ditunjukkan Gambar 2.1 merupakan contoh korosi yang dapat mengakibatkan dampak serius. Korosi kerangka beton dapat mengakibatkan runtuhnya bagian dari stuktur bangunan, jalan raya, menara, dan jembatan. Kerusakan akibat korosi logam dapat membahayakan keselamatan publik dan membutuhkan biaya perbaikan yang tidak sedikit (Davis, 2000).



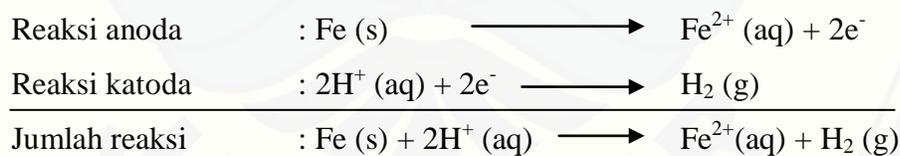
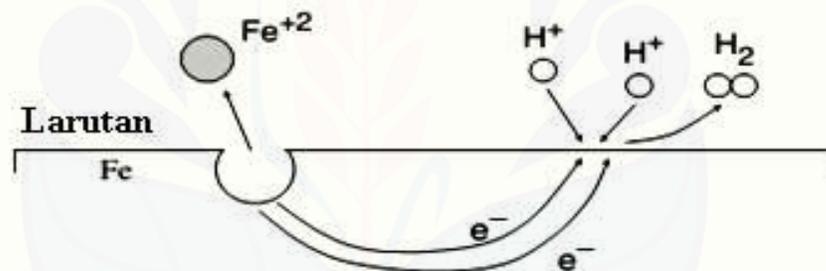
Gambar 2.1 Korosi pada Kerangka Bangunan

Korosi berasal dari bahasa latin *corrodere*. Definisi umum korosi yaitu kerusakan yang terjadi secara bertahap. Korosi dapat didefinisikan juga sebagai reaksi kimia atau reaksi elektrokimia antara material logam dan lingkungan yang menyebabkan kerusakan material dan sifat-sifatnya (Davis, 2000). Menurut Revie dan Uhlig (2008), pengertian korosi dikhususkan pada material logam. Reaksi bahan

nonlogam seperti rusaknya bahan plastik dan pelapukan kayu tidak termasuk dalam pengertian korosi. Degradasi logam akibat reaksi fisik seperti erosi juga tidak digolongkan sebagai reaksi korosi.

## 2.2 Reaksi Korosi

Korosi merupakan proses elektrokimia yang dihasilkan dari gabungan reaksi setengah sel. Reaksi setengah sel terjadi pada anoda dan katoda yang merupakan reaksi oksidasi reduksi. Reaksi oksidasi anoda pada sistem korosi disebut dengan reaksi anodik dan reaksi reduksi katoda disebut dengan reaksi katodik (McCafferty, 2009). Menurut Davis (2000), korosi aktif terjadi dalam larutan dikarenakan produk korosi akan larut dan tidak menghalangi reaksi korosi selanjutnya.



Gambar 2.2 Reaksi Korosi Besi pada Permukaan Logam dalam Larutan Asam

Pada permukaan logam korosi, reaksi anodik dan katodik berlangsung pada tempat atau sisi yang berbeda membentuk gabungan reaksi setengah sel di permukaan logam. Gambar. 2.2 merupakan contoh reaksi korosi dalam larutan asam dan reaksi gabungan setengah sel anoda katoda. Di lokasi tertentu pada permukaan besi, atom besi larut ke dalam larutan sebagai ion  $\text{Fe}^{2+}$  melalui reaksi anodik. Kedua elektron yang dihasilkan oleh reaksi anodik digunakan di permukaan lain suatu logam untuk

mereduksi dua ion hidrogen. Gas  $H_2$  terbentuk sebagai hasil reaksi katodik. Diperlukan empat kondisi untuk terjadinya reaksi korosi. Korosi terjadi karena adanya reaksi anodik, reaksi katodik, sebuah jalur logam yang menghubungkan reaksi anodik dan katodik, serta adanya elektrolit. Selain kondisi tersebut ada faktor-faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi reaksi korosi (McCafferty, 2009).

### 2.3 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Korosi

Berdasarkan lingkungannya korosi dapat diklasifikasikan menjadi korosi atmosferik, dalam air, dalam tanah atau kombinasi dari lingkungan tersebut (Cicek dan Al-numan, 2011). Beberapa faktor yang menyebabkan korosi dalam lingkungan misalnya, laju aliran fluida, pH, temperatur, dan hadirnya senyawa lain. Faktor-faktor tersebut berpengaruh signifikan terhadap korosifitas logam dalam lingkungan. Kombinasi lingkungan alam dengan faktor-faktor tersebut berkontribusi terhadap meningkatnya laju korosi logam (Davis, 2000).

Laju aliran fluida atau kecepatan cairan berpengaruh pada korosi logam. Perpindahan massa senyawa pengoksidasi terjadi karena laju aliran fluida dalam larutan. Lingkungan dengan aliran fluida rendah dapat menyebabkan terakumulasinya senyawa pengoksidasi yang akan meningkatkan laju korosi logam. Sebaliknya jika logam berada pada lingkungan dengan laju aliran yang tinggi, senyawa pengoksidasi tidak akan terakumulasi dan lapisan pasif pada logam tetap terlindungi (Davis, 2000).

Kondisi asam atau basa dinyatakan dengan nilai pH. Lingkungan yang berbeda memiliki nilai pH yang berbeda. Berdasarkan nilai pH dapat dibagi menjadi lingkungan asam, netral dan basa. Konsentrasi asam atau basa suatu lingkungan dapat berpengaruh terhadap laju korosi. Keasaman atau kebasaan dari lingkungan mempengaruhi daya oksidasi dan reduksi yang merupakan karakteristik penting dalam reaksi korosi. Logam memiliki ketahanan berbeda terhadap lingkungan asam atau basa. Beberapa logam dapat membentuk lapisan pasif dari produk korosi yang membuatnya tahan dalam lingkungan tersebut. Besi lebih aktif pada pH asam, laju

korosi besi meningkat dalam larutan HCl dan HNO<sub>3</sub>. Produk korosi besi dalam larutan asam akan larut dan reaksi korosi akan terus berlangsung (Davis, 2000).

Korosi dapat dipengaruhi oleh temperatur. Laju korosi meningkat secara signifikan dengan meningkatnya temperatur. Berdasarkan penelitian, laju korosi berlipat ganda setiap kenaikan temperatur 10°C (18°F). Temperatur dapat meningkatkan energi aktivasi, difusi, dan transportasi elektrolit, sehingga dapat meningkatkan laju korosi (Davis, 2000).

Hadirnya senyawa lain dalam suatu lingkungan dapat memiliki dampak besar terhadap korosifitas logam. Senyawa lain dapat mempercepat laju korosi seperti hadirnya senyawa ammonia yang dapat mengoksidasi lapisan pasif logam. Namun, ada senyawa yang dapat mencegah atau menghambat korosi. Senyawa yang menguntungkan hadir dalam bentuk inhibitor korosi yang sengaja ditambahkan ke lingkungan atau terbentuk alami. Senyawa menguntungkan dapat menjadi lapisan pelindung pada permukaan logam atau dapat berinteraksi dengan senyawa merugikan untuk mencegah korosi logam (Davis, 2000).

#### 2.4 Metode Pencegahan Korosi

Berbagai metode diaplikasikan untuk melindungi logam dari faktor-faktor yang mempengaruhi korosi dan mengurangi dampak negatif dari korosi. Beberapa metode pengendalian korosi diantaranya pemilihan material logam, proteksi katodik, pelapisan (*coatings*), dan inhibitor (Davis, 2000).

Pemilihan material didasarkan pada ketahanan logam terhadap korosifitas lingkungan. Laju korosi logam memiliki hubungan terhadap persamaan berikut:

$$\frac{\text{Korosifitas lingkungan}}{\text{Ketahanan logam}} = \text{Laju korosi}$$

Korosifitas lingkungan berbanding lurus dengan laju korosi sementara ketahanan logam berbanding terbalik dengan laju korosi. Masing-masing logam atau paduan logam memiliki sifat dan ketahanan yang berbeda terhadap korosifitas lingkungan. Misalnya, golongan logam mulia lebih tahan korosi dibandingkan logam lainnya.

Proses pemilihan material menjadi salah satu solusi yang paling ekonomis mencegah pengaruh korosi (Davis, 2000).

Proteksi katodik bekerja dengan prinsip mengubah potensial logam untuk mengurangi laju korosi. Contoh penerapan proteksi katodik adalah metode logam tumbal. Misalnya, penggunaan logam Mg dan Zn yang memiliki potensial reduksi lebih rendah dibandingkan besi. Perbedaan potensial tersebut akan menggeser reaksi elektrokimia korosi besi. Besi yang dihubungkan dengan logam tumbal akan terlindungi karena berperan sebagai katoda, sementara logam tumbal akan terkorosi karena lebih mudah mengalami oksidasi (Davis, 2000).

*Coating* atau pelapisan bertujuan mengisolasi logam dari media korosif. Pelapisan dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu pelapisan logam dan pelapisan bahan organik. Pelapisan dengan logam menerapkan lapisan logam yang lebih resisten terhadap korosi seperti logam mulia untuk ketahanan korosi yang lebih besar. Pelapisan bahan organik bertujuan untuk mengisolasi logam dari lingkungan korosif. Selain membentuk lapisan pelindung untuk mencegah korosi, pelapisan bahan organik dapat berbentuk inhibitor korosi yang bereaksi dengan kontaminan (Davis, 2000).

Inhibitor memiliki fungsi yang sama seperti beberapa bahan kimia yang digunakan untuk menghambat reaksi korosi. Inhibitor dapat berasal dari senyawa anorganik dan organik. Inhibitor organik yang melimpah dan ramah lingkungan lebih banyak dikembangkan penggunaannya. Penggunaan inhibitor lebih diterapkan dalam sistem tertutup yang mana perlakuan konsentrasi inhibitor dapat lebih mudah dikelola. Inhibitor dapat dimasukkan dalam lapisan pelindung atau lapisan primer logam serta aplikasinya dapat disesuaikan dengan pengaruh lingkungan (Davis, 2000).

## 2.5 Metode Penentuan Laju Korosi

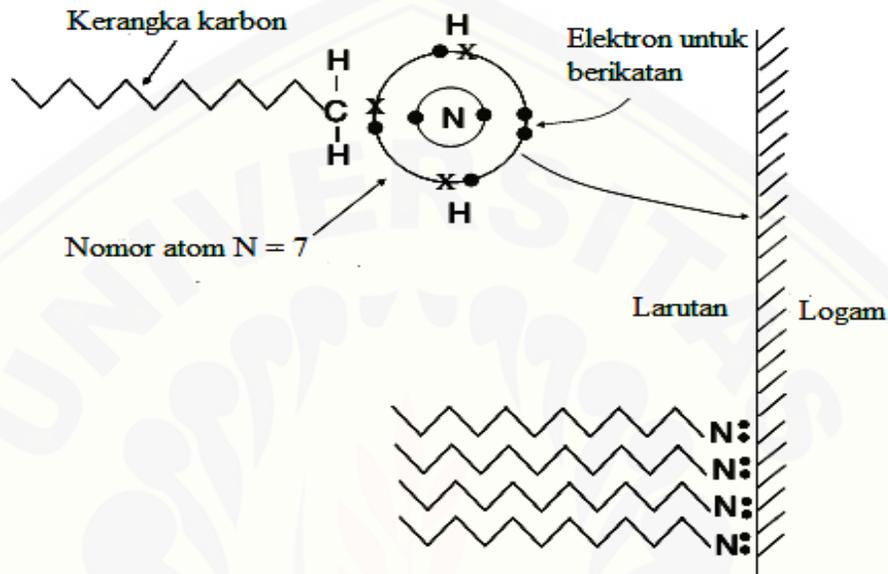
Metode untuk menentukan laju korosi merupakan hal penting mengetahui ketahanan logam terhadap pengaruh lingkungan. Metode kehilangan berat (*weight loss*), metode perolehan berat (*weight gain*), analisa kimia larutan, teknik gasometri, pengukuran ketebalan, dan teknik elektrokimia merupakan metode yang dapat digunakan untuk menghitung laju korosi (Firmansyah, 2011). Satuan yang digunakan untuk menyatakan laju reaksi korosi berbeda-beda tergantung metode yang digunakan. Tidak ada standar untuk menyatakan laju korosi dan satuan yang berbeda dapat digunakan. Metode *weight loss* menyatakan laju korosi dengan satuan  $\text{g/cm}^2 \text{ h}$ ,  $\text{g/cm}^2 \text{ day}$ ,  $\text{g/m}^2 \text{ h}$ ,  $\text{g/m}^2 \text{ day}$ ,  $\text{mg/m}^2 \text{ s}$ , atau mdd ( $\text{mg/dm}^2 \text{ day}$ ) (McCafferty, 2009).

Metode *weight loss* merupakan metode paling sederhana dengan cara menghitung hilangnya sampel logam dalam larutan atau dalam lingkungan setelah reaksi korosi. Berat yang hilang dari logam dapat diidentifikasi dengan membandingkan massa logam awal dan akhir dengan waktu reaksi yang telah ditentukan. Syarat metode *weight loss* yaitu produk korosi harus lepas dari permukaan logam untuk mendapatkan hasil pengujian yang akurat. Produk korosi yang sulit lepas dari logam dapat dihilangkan dengan cara mekanis (McCafferty, 2009). Metode penentuan laju korosi dapat digunakan untuk menentukan efek penambahan inhibitor pada logam. Perubahan laju korosi dapat diketahui dengan menganalisa perbedaan laju korosi tanpa dan menggunakan inhibitor (Sastri, 2011).

## 2.6 Inhibitor Organik Korosi

Inhibitor organik merupakan inhibitor yang berasal dari alam seperti tanaman. Inhibitor dapat menghambat korosi dengan dua cara. Inhibitor korosi dapat berinteraksi dengan lingkungan membuatnya menjadi nonkorosif atau inhibitor korosi berinteraksi dengan permukaan logam membentuk lapisan pelindung. Struktur inhibitor organik berperan penting dalam menghambat korosi logam. Inhibitor organik seperti amina dapat membentuk ikatan kovalen koordinasi dengan logam

membentuk lapisan pasif dipermukaan logam seperti tertera pada Gambar 2.3 (Sastri, 2011).



Gambar 2.3 Kemisorpsi Gugus Amina pada Permukaan Logam

(McCafferty, 2009).

Adsorpsi inhibitor pada permukaan logam dipengaruhi oleh muatan logam dan struktur kimia inhibitor. Adsorpsi inhibitor organik pada permukaan logam dapat terjadi secara fisik (fisisorpsi) atau kimia (kemisorpsi). Penambahan inhibitor korosi dapat menurunkan laju korosi, hal tersebut dipengaruhi oleh sifat dari muatan logam, pH, temperatur, dan struktur dari inhibitor (Sastri, 2011). Bahan aktif dari inhibitor organik mengandung satu atau lebih gugus fungsi yang mengandung satu atau lebih heteroatom N, O, S, P, atau Se (selenium). Tabel 2.1 merupakan gugus fungsi pada inhibitor organik. Gugus fungsi tersebut dapat meningkatkan kemampuan molekul inhibitor untuk melapisi permukaan logam (Revie, 2011).

Tabel 2.1 Gugus Fungsi Inhibitor Organik

Struktur	Nama	Struktur	Nama
—OH	Hidrosksi	—CONH <sub>2</sub>	Amida
—C=C—	Alkena	—SH	Thiol
—C—O—C—	Epoksi	—S—	Sulfida
—COOH	Karboksi	—S=O	Sulfoksida
—C—N—C—	Amina	—C=S—	Tio
—NH <sub>2</sub>	Amino	—P=O	Fosfonium
—NH	Imino	—P—	Fosfo
—NO <sub>2</sub>	Nitro	—As—	Arsano
—N=N—N—	Triazol	—Se—	Seleno

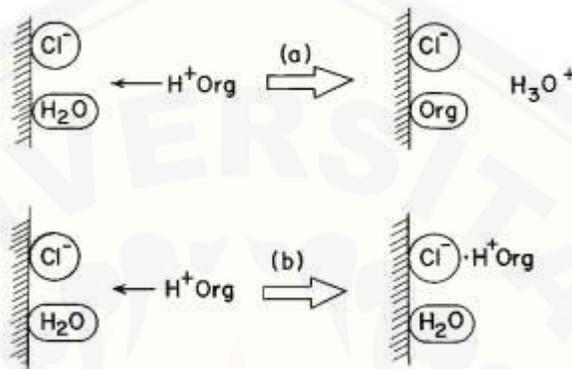
(Revie, 2011).

Inhibitor organik digunakan dan dikembangkan dengan alasan lebih ramah lingkungan serta sifatnya yang tidak beracun. Aplikasi inhibitor ramah lingkungan dikenal dengan istilah *green inhibitor* atau *eco-friendly inhibitor*. Inhibitor organik dapat berupa senyawa flavonoid, alkaloid, atau produk alam lain yang diperoleh dari sumber-sumber alam seperti tanaman (Kesavan *et al.*, 2012). Sumber tanaman yang digunakan sebagai inhibitor misalnya kopi yang dimanfaatkan kandungan kafeinnya sebagai bahan inhibitor (Sastri, 2011).

## 2.7 Adsorpsi Isoterm Inhibitor Organik

Adsorpsi isoterm merupakan hubungan antara konsentrasi inhibitor dalam larutan yang melekat pada permukaan logam. Banyak tipe adsorpsi isoterm yang digunakan misalnya Langmuir, Temkin, Freudlich, Frumkin, dan Flory-Huggin. Namun, dua persamaan yang sering digunakan dalam adsorpsi molekul inhibitor organik yaitu persamaan Langmuir dan Temkin. Persamaan Langmuir diasumsikan pada permukaan homogen dan tak ada interaksi molekul antar molekul adsorbat atau disebut adsorpsi kompetitif yang ditunjukkan Gambar 2.7 (a). Persamaan Temkin

diasumsikan pada permukaan heterogen dan ada interaksi dengan molekul adsorbat atau disebut adsorpsi ko-operatif seperti digambarkan pada Gambar 2.7 (b) (McCafferty, 2009).



Gambar 2.4 (a).Proses Adsorpsi Kompetitif Inhibitor Organik; (b). Proses Adsorpsi Ko-operatif Inhibitor Organik

Berbagai inhibitor dapat mengikuti berbagai persamaan tersebut. Kecocokan nilai adsorpsi isotherm suatu inhibitor dapat ditentukan dengan besar nilai regresi ( $R^2$ ). Semakin besar nilai  $R^2$  maka proses adsorpsi inhibitor sesuai atau mengikuti salah satu dari persamaan adsorpsi isotherm tersebut (Helen *et al.*, 2011).

## 2.8 Kopi

Kopi merupakan tanaman bergenus *coffea*. Kopi dapat tumbuh subur di daerah tropis dengan ketinggian 600-1200 mpdl yang memiliki temperatur rata-rata 15-25 °C. Bentuk dan bagian buah kopi digambarkan pada Gambar 2.4. Spesies kopi yang umumnya dibudidayakan diantaranya robusta dan arabika (Belitz, 2009). Menurut Chu (2012), perbedaan kopi robusta dan arabika diantaranya dari bentuk fisik tanaman, iklim ideal untuk tumbuh, dan komposisi kimia. Perbedaan signifikan komposisi kimia pada kedua jenis kopi tersebut terletak pada komposisi gula, kafein, dan kandungan asam.



Gambar 2.5 Bagian-Bagian Buah Kopi

Berdasarkan Gambar 2.4 bagian-bagian kopi terdiri dari kulit luar, *pulp* (daging buah), kulit tanduk, epidermis (*silver skin*) dan biji. Menurut Mutua (2000), kulit luar buah kopi disebut dengan *exocarp*. Kulit luar berupa lapisan tipis yang akan berubah warna menjadi merah jika buah kopi telah matang. *Pulp* disebut dengan *mesocarp* atau daging buah. Daging buah merupakan bagian berserat yang berlendir dan memiliki rasa manis saat kopi matang. *Parchment* atau kulit tanduk merupakan lapisan batas antara kulit dan buah dengan tekstur keras. Kulit tanduk disebut juga *endocarp*. *Silver skin* disebut juga lapisan epidermis yaitu membran tipis yang terletak di antara dua biji kopi di bawah lapisan perkamen. Biji kopi atau *endosperm* merupakan bagian penting dalam buah kopi yang pemanfaatannya lebih banyak dibanding bagian lainnya.

Pengolahan kopi dengan metode basah menghasilkan produk samping berupa *pulp* kopi, sekam kopi dihasilkan dari metode kering, dan proses pemanggangan menghasilkan kulit epidermis (*silver skin*). Pemanfaatan limbah kopi dikembangkan untuk meminimalkan dampak lingkungan. Kopi *pulp* dan sekam kopi dimanfaatkan sebagai bahan pakan ternak dan kompos. Beberapa industri memanfaatkan sekam kopi sebagai bahan biogas dan bioetanol. Kulit kopi juga dimanfaatkan sebagai bahan karbon aktif, bioadsorben, dan kandungan senyawa bioaktif seperti senyawa fenolik diekstraksi dari kulit kopi sebagai sumber antioksidan alami (Murthy dan Naidu,

2012). Komposisi kimia kulit kopi robusta ditunjukkan pada Tabel 2.2 yang dapat dikembangkan potensi dan kegunaannya.

Tabel 2.2 Kandungan Kimia Kulit Kopi Robusta

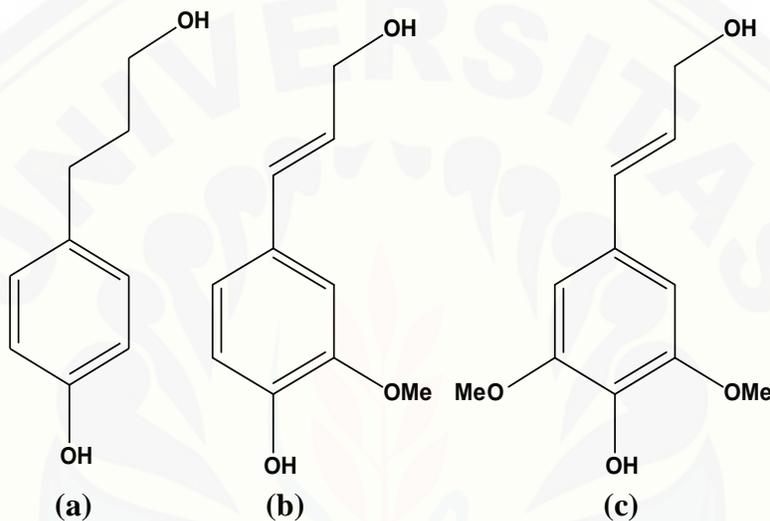
Komponen	Kadar (g/100g)
Kadar air	6,9
Kafein	1,3
<i>Clorogenic acid</i>	3,2
Lemak/Lipid	2,5
Selulosa	2,3
Hemiselulosa	17,7
Pektin	6,5
Gula reduksi	12,4
Gula non reduksi	2,0
Tanin	8,6
Lignin	17,5
protein	10,1
Kadar Abu	8,3

(Dam dan Harmsen, 2010).

Data yang tertera pada Tabel 2.2 menunjukkan kandungan kulit kopi didominasi oleh selulosa, serat, gula, dan lignin. Beberapa penelitian menyatakan bahwa lignin dapat digunakan sebagai bahan inhibitor korosi. Menurut Alaneme dan Olusegun (2012) yang telah meneliti lignin bunga matahari menyatakan bahwa lignin efektif sebagai bahan inhibitor korosi. Demikian juga Altwaiq *et al.* (2011), telah meneliti pemanfaatan lignin dari kayu sebagai bahan inhibitor korosi. Kafein kopi merupakan senyawa yang telah dimanfaatkan sebagai bahan inhibitor korosi. Kandungan lignin yang lebih melimpah dibandingkan kafein pada kulit kopi dapat dikembangkan sebagai sumber inhibitor korosi.

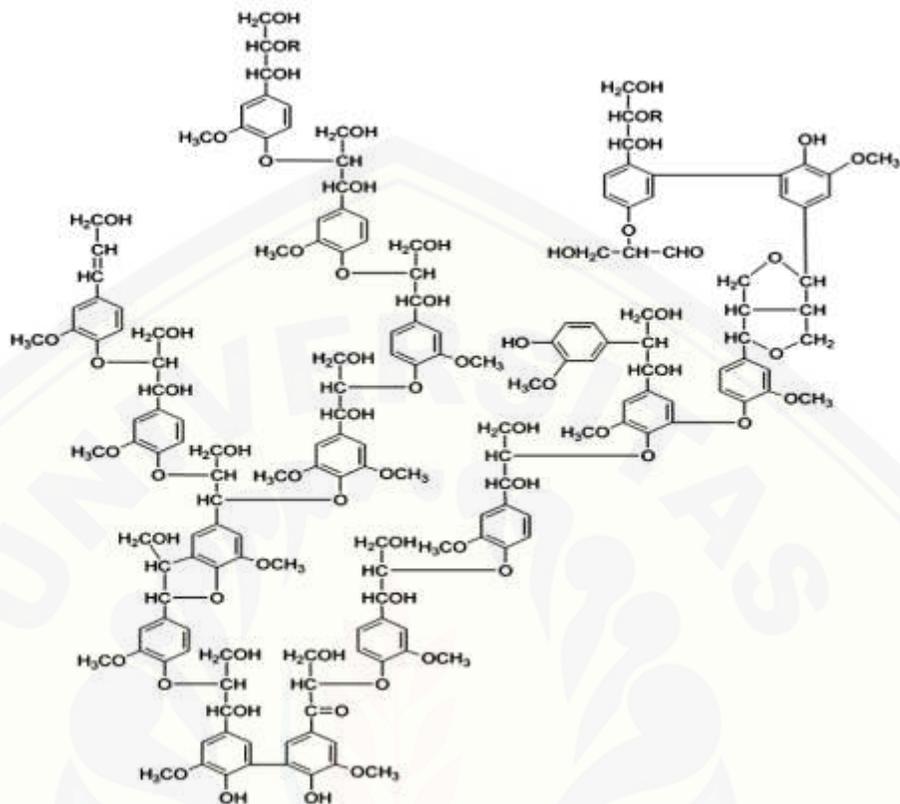
## 2.9 Lignin

Lignin adalah makromolekul fenolik terdiri dari tiga unit fenilpropana utama (monolignol) yaitu: koniferil alkohol, sinapil alkohol, dan p-kumaril alkohol (Gambar 2.5). Fungsi utama dari lignin pada tanaman adalah sebagai perekat yang mempertahankan hemiselulosa dan selulosa dalam membentuk dinding sel (Dence, 1992).



Gambar 2.6 Tiga Unit Monolignol Pembentuk Struktur Lignin: (a). p-kumaril alkohol; (b). koniferil alkohol; (c). sinapil alkohol.

Komposisi monolignol tergantung pada asal bahan yang memberikan perbedaan struktur lignin sesuai komposisinya. Gambar 2.6 menunjukkan struktur dari lignin. Polimerisasi monolignol merupakan proses penting selama lignifikasi (Adler, 1977). Polimerisasi lignin diinisiasi dari oksidasi monolignol. Perpanjangan polimer terjadi dengan terbentuknya radikal fenoksi yang dikatalis oleh enzim dehidrogenase. Setelah polimerisasi, kelompok fungsional lignin melekat pada fenil propanoid yang merupakan kerangka dasar pembentuk struktur lignin (Dence, 1992).



Gambar 2.7 Struktur Lignin

(Adler, 1977).

Struktur lignin memiliki berbagai gugus fungsi yang memiliki pusat-pusat aktif untuk interaksi fisik dan kimia. Reaktifitas lignin dipengaruhi beberapa gugus fungsional diantaranya gugus fenolik, hidroksil, karboksil, alkohol benzil, metoksil, dan aldehida. Lignin juga memiliki luas area permukaan yang tinggi yaitu 180 m<sup>2</sup>/g. Adsorpsi lignin pada logam akan membentuk lapisan penghalang antara logam dan lingkungan korosi. Berdasarkan hal tersebut lignin digunakan sebagai inhibitor yang dapat menghambat laju reaksi korosi logam (Altwaiq *et al.*, 2011).

### BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Organik dan Kimia Fisik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember dari bulan Desember 2014 hingga Juni 2015.

#### 3.2 Alat dan Bahan

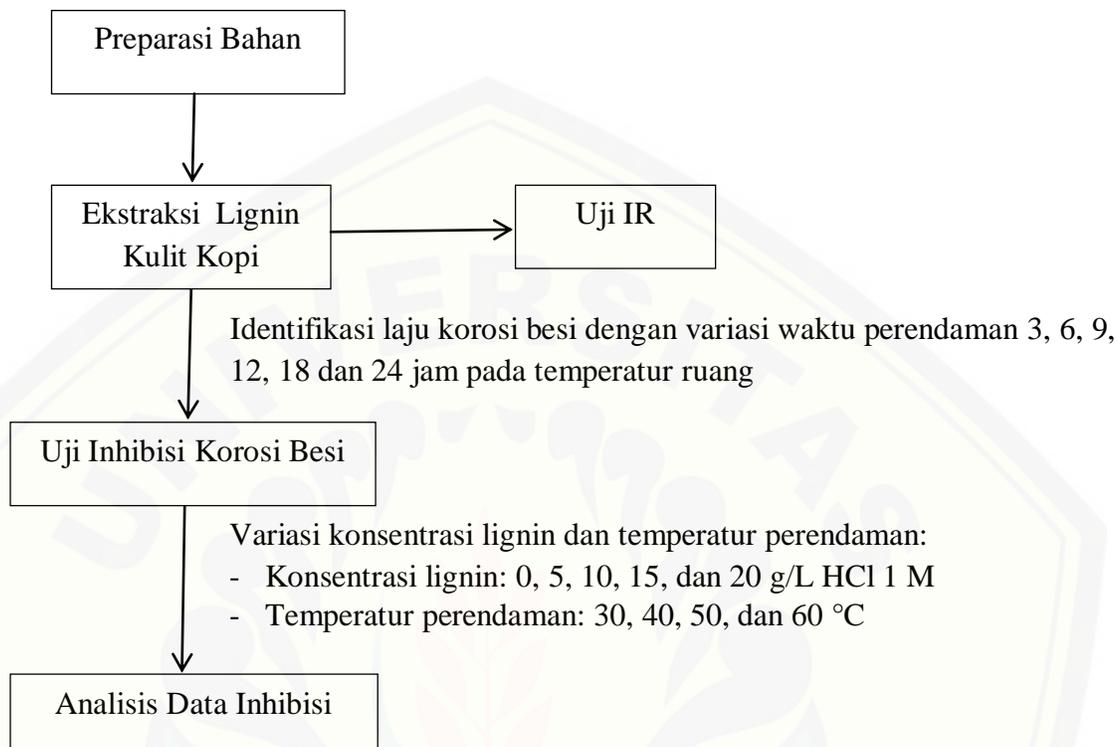
##### 3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas: amplas besi, ayakan 70 mesh, beaker glass 250 mL, 1 L, dan 2 L, desikator, erlenmeyer 250 mL, gelas ukur 100 mL, kertas saring, labu ukur 100, 250, dan 1 L, mesin giling, neraca analitik, oven, pH meter, pipet mohr 10 mL, tabung reaksi, termometer, wadah plastik, dan *water bath*.

##### 3.2.2 Bahan

Akuades, aseton ( $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ ), asam klorida (HCl *merck* 37%), asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  *merck* 98%), besi kerangka beton, kulit kopi, natrium hidroksida (NaOH).

### 3.3 Skema Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

### 3.4 Prosedur Penelitian

#### 3.4.1 Preparasi Sampel Besi

Besi kerangka beton berbentuk batangan silinder diameter (d) 1 cm dipotong masing-masing dengan ukuran panjang (p) 5 cm. Bagian tengah besi dilubangi dengan bor agar dapat digantung pada medium korosi sehingga seluruh permukaannya dapat berinteraksi dengan medium korosi. Besi dibersihkan permukaannya dengan menggunakan amplas besi dan dibilas dengan akuades. Selanjutnya dibilas aseton, dikeringkan dalam oven dengan temperatur 60 °C selama 15 menit. Sampel didinginkan dan ditimbang beratnya menggunakan neraca analitik dan dicatat sebagai berat awal.

### 3.4.2 Pembuatan Larutan

- a. NaOH 15% (w/v) dibuat dengan melarutkan 150 gram dalam 1 L akuades.
- b. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 40% (v/v) dengan mengencerkan 408,16 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 98% dengan akuades kedalam labu ukur 1 L hingga tanda batas.
- c. HCl 1 M dibuat dengan mengencerkan 83 mL HCl 37% (12 M) dengan akuades kedalam labu ukur 1 L sampai tanda batas.

### 3.4.3 Ekstraksi Lignin Kulit Kopi

Kulit kopi dipisahkan dari bijinya dan dioven hingga kering pada temperatur 60 °C selama 24 jam. Kulit kopi kering digiling dan diayak dengan ayakan 70 mesh untuk mendapatkan ukuran partikel yang sama. Kemudian 200 gram serbuk kulit kopi hasil penggilingan ditempatkan dalam wadah dan dicampur dengan 2 L NaOH 15%. Campuran dipanaskan menggunakan *water bath* pada temperatur 80 °C selama 2 jam dalam beaker glass 2 L dan diaduk. Campuran yang telah dipanaskan diangkat dari *water bath* dan didinginkan hingga terbentuk endapan. Endapan disaring dan dipisahkan filtratnya. Filtrat hasil dekantasi diasamkan menggunakan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 40% hingga ± pH 2 dan diinapkan selama 24 jam hingga terbentuk endapan. Endapan yang terbentuk (Lignin) disaring dengan kertas saring dan dikeringkan dalam oven dengan temperatur 60 °C selama 4 jam kemudian didinginkan dalam desikator (Alaneme dan Olusegun, 2012). Rendemen Lignin yang dihasilkan dari ekstraksi kulit kopi dihitung dengan rumus :

$$\text{Rendemen Lignin (\%)} = \frac{\text{Berat Lignin hasil ekstraksi}}{\text{Berat Kulit Kopi}} \times 100$$

### 3.4.4 Uji Gugus Fungsi Lignin Menggunakan FTIR

Lignin hasil ekstraksi dalam bentuk serbuk diuji untuk mengetahui gugus fungsinya menggunakan FTIR. Identifikasi gugus fungsi dilakukan dengan menganalisa puncak serapan yang muncul pada panjang gelombang tertentu dan dibandingkan berdasarkan reverensi panjang gelombang serapan lignin standar.

#### 3.4.5 Identifikasi Pengaruh Waktu Perendaman Terhadap Laju Korosi Sampel Besi

Besi direndam dalam tabung reaksi yang berisi 15 mL larutan HCl 1 M pada temperatur ruang dengan variasi waktu 3, 6, 12, 18, 24 jam. Ditentukan perubahan berat besi dan ditentukan laju korosi optimum dengan metode *weight loss* sebagai acuan lama melakukan perendaman. Dilakukan tiga kali pengulangan (triplo).

#### 3.4.6 Uji Inhibisi Korosi Besi

Besi direndam dalam tabung reaksi yang berisi 15 mL larutan HCl 1 M dengan variasi konsentrasi lignin 0, 5, 10, 15, dan 20 g/L HCl 1 M sebagai medium korosi. Kemudian dipanaskan dengan variasi temperatur 30, 40, 50, dan 60 °C menggunakan *water bath* dengan waktu yang telah ditentukan pada tahap 3.4.5. Besi hasil reaksi dibersihkan dan dicuci dengan akuades kemudian dibilas aseton. Besi yang telah dibersihkan dikeringkan dalam oven dengan temperatur 60 °C selama 15 menit. Setelah kering besi didinginkan kemudian besi ditimbang dengan neraca analitik dan hasil penimbangan dinyatakan sebagai berat akhir. Pengujian diulang sebanyak tiga kali (Alaneme dan Olusegun, 2012).

#### 3.4.7 Analisa Data Inhibisi

##### a. Laju korosi besi (*weigh loss method*)

- Laju reaksi korosi dihitung dengan rumus berikut:

$$Cr = \frac{W}{A \cdot t}$$

Keterangan: Cr = Laju korosi (g/cm<sup>2</sup>jam<sup>1</sup>)

W = Berat awal – berat akhir (gram)

A = Luas area logam (cm<sup>2</sup>)

t = Waktu (jam)

- Penentuan Efisiensi Inhibisi dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{Efisiensi Inhibisi}(E_i)\% = 1 - \frac{W_1}{W_2} \cdot 100$$

Keterangan:  $W_1$  = Perubahan berat dengan proses inhibisi

$W_2$  = Perubahan berat tanpa proses inhibisi

- Besar inhibisi dihitung dengan persamaan:

$$\theta = 1 - \frac{W_1}{W_2}$$

b. Penentuan parameter adsorpsi isotherm

Adsorpsi isotherm menjelaskan proses organo elektrokimia inhibisi inhibitor organik. Perbedaan konsentrasi ekstrak tanaman memiliki perbedaan adsorpsi pada permukaan logam (Olasehinde *et al.*, 2012). Penentuan konstanta adsorpsi isotherm menggunakan persamaan Langmuir dan Temkin.

- Adsorpsi isothermal dirumuskan dengan persamaan Langmuir berikut:

$$C/\theta = \frac{1}{K_{ads}} + C$$

Keterangan:  $C$  = Konsentrasi ekstrak

$\theta$  = Besar permukaan terinhibisi

$K_{ads}$  = Konstanta adsorpsi

Nilai  $K_{ads}$  dari persamaan Langmuir diperoleh dari persamaan garis  $C$  vs  $C/\theta$ . Nilai  $K_{ads}$  diperoleh dari intersep persamaan garis (McCafferty, 2009).

- Persamaan Temkin dirumuskan sebagai berikut

$$K_{ads} C = e^{-2a\theta}$$

$$\log C = -\frac{2a}{2.303} \theta - \log K_{ads}$$

Nilai  $K_{ads}$  menggunakan persamaan Temkin dihitung dari persamaan garis  $\log C$  vs  $\theta$ , sehingga nilai  $K_{ads}$  diperoleh dari persamaan garis yang diperoleh (Fahrurrozie *et al.*, 2010).