

**PENGARUH KONSENTRASI EKSTRAK KULIT BUAH MAJA (*AEGLE MARMELLOS (L.) COREA*) TERHADAP LAJU KOROSI BAJA KARBON API 5L PADA MEDIUM NaCl 3% DAN H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3%**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**AMILIA RASITIANI**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2018**

## ABSTRAK

### **PENGARUH KONSENTRASI EKSTRAK KULIT BUAH MAJA (*AEGLE MARMELOS (L.) COREA*) TERHADAP LAJU KOROSI BAJA KARBON API 5L PADA MEDIUM NaCl 3% DAN H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3%**

Oleh

**AMILIA RASITIANI**

Telah dilakukan penelitian mengenai pengaruh konsentrasi ekstrak kulit buah maja sebagai inhibitor pada baja karbon API 5L dalam medium korosif NaCl 3% dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3%. Perendaman baja karbon API 5L dilakukan selama 35 hari dengan variasi konsentrasi penambahan inhibitor ekstrak kulit buah maja 0%, 0,4%, 0,5%, 0,6%, 0,7%, dan 0,8%. Pengujian laju korosi dilakukan dengan metode kehilangan berat. Hasil penelitian menunjukkan laju korosi terbesar pada medium korosif NaCl 3% dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3% adalah pada konsentrasi inhibitor 0% , yaitu sebesar  $0,06 \times 10^4$  mm/y dan  $16,55 \times 10^4$  mm/y. Sementara, laju korosi terendah yaitu pada konsentrasi inhibitor 0,8% untuk medium korosif NaCl 3% dan 0,5% untuk medium korosif H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3%. Sehingga efektivitas korosi yang paling besar terjadi pada konsentrasi 0,8% pada medium korosif NaCl 3% dengan efektivitas sebesar 85,71%, dan 0,5% pada medium korosif H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3% dengan efektivitas sebesar 79,35%. Hasil karakterisasi *X-Ray Diffraction* (XRD) memperlihatkan bahwa fasa yang terbentuk adalah Fe murni. Karakterisasi *Scanning Electron Microscopy* (SEM) memperlihatkan *cluster* (gumpulan) tidak merata dan ukuran lebih kecil, lubang (*hole*) dan retakan (*crack*) juga lebih sedikit dengan inhibitor 0,8% untuk medium korosif NaCl 3% dan 0,5% untuk medium korosif H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3% dibandingkan dengan inhibitor 0% ekstrak kulit buah maja pada medium korosif NaCl 3% dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3%. Karakterisasi *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) pada sampel dengan medium korosif H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3% didapatkan unsur S (Sulfat).

**Kata kunci:** Baja karbon API 5L, ekstrak kulit buah maja, inhibitor korosi, NaCl, dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

## ABSTRACT

### THE EXTRACT CONCENTRATION EFFECT OF MAJA PEEL (*AEGLE MARMELLOS (L.) COREA*) TO THE CORROSION RATE OF LOW CARBON API 5L ON MEDIUM NaCl 3% AND H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3%

By

AMILIA RASITIANI

A study has been conducted on the extract concentration effect of Maja Peel as an inhibitor of low carbon API 5L in corrosive medium of NaCl 3% and H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3%. The soaking process of low carbon API 5L was done for 35 days with variation of addition inhibitor concentrations at 0%, 0,4%, 0,5%, 0,6%, 0,7%, and 0,8%. The testing of Corrosion rate is done by weight loss method. The results showed that the highest corrosive rate in corrosive medium of NaCl 3% and H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3% was at 0% which is inhibitor concentration,  $0,06 \times 10^4$  mm/y and  $16,55 \times 10^4$  mm/y concentration. Meanwhile, the lowest corrosion rate at 0.8% inhibitor concentration for corrosive medium of NaCl 3% and 0.5% for H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3% corrosive medium. Hence, the greatest effectiveness of corrosion occurs at the concentration of 0.8% in a corrosive medium of NaCl 3% with effectiveness of 85,71% and 0.5% in corrosive medium of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3% with the effectiveness of 79.35%. The characterization result of *X-Ray Diffraction* (XRD) shows that the phase formed is pure Fe. Characterization of *Scanning Electron Microscopy* (SEM) showed uneven clusters and smaller sizes, holes and cracks also with less than 0.8% inhibitors for corrosive medium of NaCl 3% and 0.5% for corrosive medium of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3% compared with 0% inhibitor of maja peel extract on corrosive medium of NaCl 3% and H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3%. Characterization of *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) in samples with corrosive medium of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3% obtained the element S (Sulfate).

**Keywords:** low carbon API 5L, the extract of maja peel, corrosion inhibitor, NaCl, and H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

**PENGARUH KONSENTRASI EKSTRAK KULIT BUAH MAJA (*AEGLE MARMELLOS (L.) COREA*) TERHADAP LAJU KOROSI BAJA KARBON API 5L PADA MEDIUM NaCl 3% DAN H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3%**

**Oleh**

**AMILIA RASITIANI**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA SAINS**

**Pada**

**Jurusan Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2018**

**Judul Skripsi** : **PENGARUH KONSENTRASI EKSTRAK  
KULIT BUAH MAJA (*Aegle marmelos* (L.)  
Corea) TERHADAP LAJU KOROSI BAJA  
KARBON API 5L PADA MEDIUM NaCl 3%  
DAN H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3%**

**Nama Mahasiswa** : **Amilia Rasitiani**

**Nomor Pokok Mahasiswa** : 1417041009

**Jurusan** : Fisika

**Fakultas** : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**MENYETUJUI**

**1. Komisi Pembimbing**

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

**Drs. Edman Ginting, M.Si.**  
NIP. 19570825 198603 1 002

**Drs. Pulung Karo-Karo, M.Si.**  
NIP. 19610723 198603 1 003

**2. Ketua Jurusan Fisika**

**Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng**  
NIP. 19710909 200012 1 001

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

**Ketua : Drs. Ediman Ginting, M.Si**

**Sekretaris : Drs. Pulung Karo-Karo, M.Si.**

**Penguji Utama : Dr. Yanti Yulianti, M.Si.**

**2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

**Prof. Warsito, D.E.A, Ph.D.**  
**NIP. 197102121995121001**



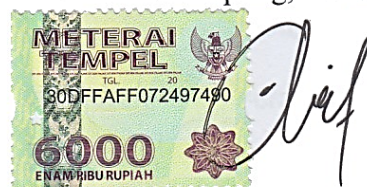
**Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 07 Juni 2018**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepengetahuan saya tidak ada karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila ada pernyataan saya yang tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Juni 2018



**Amilia Rasitiani**  
NPM. 1417041009

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Sukadana Baru, Kecamatan Marga Tiga Lampung Timur pada tanggal 19 Februari 1997. Penulis merupakan anak pertama dari pasangan Bapak Abdul Rasyid dan Ibu Aminah Subing. Penulis menyelesaikan pendidikan di SDN 6 Pakuan Aji tahun 2008, SMP PGRI 2 Sukadana tahun 2011, dan MAN 1 Metro tahun 2014.

Selanjutnya pada tahun 2014 penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam melalui Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di kegiatan kampus yaitu Himpunan Mahasiswa Fisika sebagai anggota bidang SOSMAS dari tahun 2015-2016. Penulis melakukan Praktik Kerja Lapangan (PKL) Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Serepong dengan judul “Sintesis Superkonduktor  $\text{Bi}_{1,4}\text{Pb}_{0,6}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{(10+x)}$  untuk Peraga Uji Meissner Menggunakan Metode Reaksi Padatan”. Penulis juga pernah menjadi asisten praktikum Fisika Dasar dan Sains Dasar Fisika. Kemudian penulis melakukan penelitian berjudul “Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Kulit Buah Maja (*Aegle Marmelos* (L.) *Corea*) Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Api 5L Pada Medium NaCl 3% Dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  3%” sebagai tugas akhir di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UNILA.



## MOTTO

*“Barang siapa bertaqwa kepada Allah, maka Allah memberikan jalan keluar kepadanya dan memberi rezeki dari arah yang tidak disangka-sangka.*

*Barang siapa yang bertaqwa kepada Allah, maka Allah jadikan urusannya mejadi mudah”*

*(QS. Ath-Thalaq:2-3)*

**“Kesedihan itu untuk disimpan sendiri, sedangkan kebahagiaan itu untuk dibagi dengan orang lain”**

*“Lakukan yang terbaik, lakukan semaksimal mungkin, dan kamu pasti akan mendapatkan hasil yang terbaik”*

*Aku persembahkan karya kecilku ini kepada*

**ALLAH SWT**

**KEDUA ORANG TUAKU, YANG SELALU  
MENDO'AKANKU, MENGASIHIKU, Mendukungku,  
MENYEMANGATIKU DAN MOTIVATOR TERHEBATKU**

**KAKAK KU SERTA KELUARGA BESAR YANG MENJADI  
PENYEMANGATKU**

**TEMAN SEPERJUANGANKU DAN ANGKATAN '14**

**ALMAMATER TERCINTA.**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan kesehatan dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“PENGARUH KONSENTRASI EKSTRAK KULIT BUAH MAJA (*AEGLE MARMELOS (L.) COREA*) TERHADAP LAJU KOROSI BAJA KARBON API 5L PADA MEDIUM NaCl 3% DAN H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3%”**. Tujuan penulisan skripsi ini adalah sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar S1 dan melatih mahasiswa untuk berpikir cerdas dan kreatif dalam menulis karya ilmiah. Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua. Aamiin.

Bandar Lampung, Juni 2018

Penulis,

**Amilia Rasitiani**

## SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena atas kuasa-Nya penulis masih diberikan kesempatan untuk mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah banyak membantu dalam penyelesaian penelitian dan skripsi ini, terutama kepada:

1. Bapak Drs. Ediman Ginting Suka, M.Si, sebagai Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan arahan yang mendukung dari awal sampai akhir penulisan.
2. Bapak Pulung Karo Karo, M.Si, sebagai Pembimbing II yang senantiasa sabar dalam mengoreksi skripsi dan memberikan masukan-masukan serta nasehat untuk menyelesaikan skripsi ini dari awal sampai akhir penulisan.
3. Ibu Dr Yanti Yuliati, M.Si, sebagai Penguji yang telah mengoreksi kekurangan, memberi kritik dan saran selama penulisan skripsi.
4. Kedua orangtuaku bapak Abdul Rasyid dan ibu Aminah Subing, Eng Ardiansyah, Mulia Desma Lia, serta kakak-ku Aris Kurniawan, Kakak Ipar ku Denty dan seluruh keluarga besarku yang luar biasa selalu menyemangatiku. Terimakasih untuk kehadirannya dalam hidupku yang senantiasa memberikan dukungan, do'a dan semangat yang luar biasa, serta kebersamaan sampai penulis menyelesaikan skripsi.

5. Bapak Arif Surtono, M.Si., M.Eng, sebagai Pembimbing Akademik, yang telah memberikan bimbingan serta nasehat dari awal perkuliahan sampai menyelesaikan tugas akhir.
6. Bapak Arif Surtono, M.Si., M.Eng, selaku Ketua Jurusan dan para dosen serta karyawan di Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
7. Sahabat-sahabat ku tersayang Liyana Mardova, Adeliya Ayu Anggraini, Nola Fricilia, Rizki Putri Surahman, Ismi Nurhayati, Oktavia Dwi Sakti, Ana May Susanti, dan Almh. Keke Buana Tisanayu, teman seperjuangan tugas akhir Titan Nurahman, Dian Mardina, Siti Fathul Ulum, Repangga Yugi Aditama, dan Ramon Sanjaya. Terima kasih untuk semangat, bantuan dan Do'anya.
8. Teman-teman fisika angkatan 2014 yang selama ini memberikan semangat.
9. Kakak-kakak tingkat serta adik-adik tingkat dan semua teman-teman.

Semoga Allah SWT memberikan nikmat sehat kepada kita semua. Aamiin.

Bandar Lampung, Juni 2018

Penulis

Amilia Rasitiani

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	v
<b>PERNYATAAN</b> .....	vi
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	vii
<b>MOTTO</b> .....	viii
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	ix
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	x
<b>SANWACANA</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	4
C. Tujuan Penelitian .....	4
D. Batasan Masalah .....	5
E. Manfaat Penelitian .....	5

<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Korosi .....	6
B. Laju Korosi .....	9
C. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Laju Korosi.....	9
D. Inhibitor Korosi .....	11
E. Pengaruh Konsentrasi NaCl terhadap Laju Korosi.....	12
F. Baja .....	14
G. Klasifikasi Inhibitor .....	17
H. Tanin .....	19
I. Ekstrak Kulit Buah Maja sebagai Inhibitor Korosi .....	21
J. XRD ( <i>X-Ray Diffraction</i> ) .....	23
K. SEM ( <i>Scanning Elektron Microscopy</i> ) yang Dilengkapi dengan <i>Energy Dispersive Spectroscopy</i> (EDS).....	26
L. Metode Kehilangan Berat .....	29
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN</b>	
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	30
B. Alat dan Bahan .....	30
C. Preparasi Bahan .....	31
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Perhitungan Laju Korosi.....	37
B. Analisis XRD ( <i>X-Ray Diffraction</i> ) .....	42
C. Analisa SEM ( <i>Scanning Electron Microscopy</i> ) dan EDS ( <i>Energy Dispersive Spectroscopy</i> ).....	48
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
A. Kesimpulan.....	60
B. Saran .....	61
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	62
<b>LAMPIRAN</b> .....	65

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1. Syarat terjadinya korosi.....	9
Gambar 2.2. Pengaruh Konsentrasi NaCl Terhadap Laju Korosi.....	13
Gambar 2.3. Struktur dasar tanin terkondensasi .....	20
Gambar 2.4. Struktur asam galat.....	21
Gambar 2.5. Tanaman buah maja ( <i>Aegle marmelos (L.) Corea</i> .....	23
Gambar 2.6. Sinar-X yang dihamburkan oleh atom-atom kristal yang berjarak d .....	24
Gambar 2.9. Skema SEM.....	27
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian.....	31
Gambar 4.1. Laju korosi API 5L dengan konsentrasi inhibitor dalam medium korosif NaCl.....	38
Gambar 4.2. Laju korosi API 5L dengan konsentrasi inhibitor dalam medium korosif H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	39
Gambar 4.3. Grafik hubungan konsentrasi inhibitor dengan efisiensi inhibitor ekstrak kulit buah maja pada medium NaCl dan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	41
Gambar 4.4. Difraktogram sampel pada medium NaCl dengan konsentrasi inhibitor 0% dan 0,8% .....	43
Gambar 4.5. Difraktogram sampel pada medium H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> dengan konsentrasi 0% dan 0,5% .....	46
Gambar 4.6. Hasil SEM baja karbon API 5L pada medium korosif NaCl dengan (a) inhibitor 0% dan (b) dengan inhibitor 0,8% .....	49
Gambar 4.7. Hasil SEM baja karbon API 5L pada medium korosif H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> dengan (a) tanpa inhibitor dan (b) dengan inhibitor 0,5% .....	50



Gambar 4.8. Grafik hasil analisis EDS sampel baja raw API 5L .....	51
Gambar 4.9. Hasil EDS sampel tanpa menggunakan inhibitor pada medium korosif NaCl.....	53
Gambar 4.10. Hasil EDS sampel dengan inhibitor 0,8% pada medium korosif NaCl.....	54
Gambar 4.11. Hasil EDS sampel tanpa inhibitor pada medium korosif H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	56
Gambar 4.12. Hasil EDS sampel dengan inhibitor 0,5% pada medium korosif H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	57

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 2.1. Klasifikasi baja karbon.....	15
Tabel 2.2. Komposisi kimia untuk baja API 5L .....	17
Tabel 3.1. Konstanta laju korosi pada baja karbon .....	35
Tabel 4.1. Data penelitian baja karbon API 5L dalam larutan NaCl 3% dan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 3% .....	37
Tabel 4.2. Hasil perhitungan laju korosi baja karbon API 5L .....	38
Tabel 4.3. Perhitungan efektivitas inhibitor ekstrak kulit buah maja ( <i>Aegle Marmelos (L.) Coreia</i> ) .....	41
Tabel 4.4. Perbandingan hasil penelitian tanpa inhibitor medium NaCl dengan data PCPDFWIN.....	44
Tabel 4.5. Perbandingan hasil dengan inhibitor 0,8% medium NaCl menggunakan data PCPDFWIN .....	45
Tabel 4.6. Perbandingan hasil penelitian dengan inhibitor 0,5% medium H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> menggunakan data PCPDFWIN .....	47
Tabel 4.7. Unsur dan senyawa baja raw API 5L dengan EDS.....	52
Tabel 4.8. Perbandingan unsur dan senyawa baja karbon API 5L pada medium NaCl tanpa inhibitor dan dengan inhibitor 0,8% .....	55
Tabel 4.9. Perbandingan unsur dan senyawa baja karbon API 5L pada medium H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> tanpa inhibitor dan dengan inhibitor 0,5%.....	58

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Korosi adalah suatu proses degradasi material atau hilangnya suatu material baik secara kualitas maupun kuantitas akibat adanya proses reaksi kimia dengan lingkungannya. Lingkungannya dapat berupa air, udara, larutan, tanah, dan biologikal yang sering disebut sebagai media korosif. Secara termodinamika peristiwa korosi terjadi ketika lingkungannya memiliki potensial elektroda standar lebih positif dari suatu logam (Trethewey and Chamberlain, 1991). Korosi pada logam sangat dipengaruhi oleh lingkungan yang mengandung gas limbah (sulfur dioksida, sulfat, hidrogen sulfida, klorida), kandungan O<sub>2</sub>, pH larutan, temperatur, kelembaban, kecepatan alir, dan aktifitas mikroba (Asdim, 2007).

Korosi merupakan masalah besar bagi bangunan dan peralatan yang menggunakan material dasar logam seperti gedung, jembatan, mesin, pipa, mobil, kapal, dan lain sebagainya (Rieger, 1992). Kerusakan yang ditimbulkan akibat korosi akan sangat besar pengaruhnya terhadap kehidupan manusia. Dari segi ekonomi akan mengakibatkan tingginya biaya perawatan, dari segi keamanan akan menyebabkan robohnya bangunan atau jembatan, dan dari segi lingkungan akan menimbulkan adanya proses pengkaratan besi yang berasal dari berbagai konstruksi sehingga dapat mencemarkan lingkungan (Trethewey and Chamberlain, 1991).

Proses korosi merupakan fenomena alam yang tidak dapat dihentikan, namun dapat dicegah dengan banyak cara yaitu pelapisan pada permukaan logam dengan suatu lapisan tak tembus, seperti cat, penambahan inhibitor dan lain-lain. Sejauh ini, penambahan inhibitor merupakan salah satu cara yang paling efektif untuk mencegah korosi karena dalam penggunaannya memerlukan biaya relatif murah dan prosesnya sederhana (Ilim dan Hermawan, 2008).

Inhibitor korosi dapat didefinisikan sebagai suatu zat yang apabila ditambahkan ke dalam lingkungan akan menurunkan serangan korosi lingkungan terhadap logam. Umumnya inhibitor korosi berasal dari senyawa-senyawa organik dan anorganik (Aidil, 1972). Penggunaan inhibitor dari senyawa anorganik seperti nitrit ( $\text{NO}_2$ ), kromat ( $\text{CrO}_4$ ), fosfat ( $\text{PO}_4$ ) telah banyak digunakan. Tetapi penggunaan inhibitor tersebut tidak ramah lingkungan, karena dapat menyebabkan pencemaran pada lingkungan yang digunakan sebagai inhibitor, seperti pencemaran pada air laut jika inhibitor digunakan pada baja perkapalan seperti baja API 5L (Ameer dkk, 2000), Sehingga untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan inhibitor korosi yang ramah lingkungan. Inhibitor organik yaitu inhibitor yang berasal dari bagian tumbuhan yang mengandung tanin, karena merupakan zat kimia mengandung atom N, O, P, S dan atom-atom yang memiliki pasangan elektron bebas yang dapat berfungsi sebagai ligan yang akan membentuk senyawa kompleks dengan logam (Ilim dan Hermawan, 2008). Tanin biasanya terdapat pada daun, akar, kulit, buah dan batang tumbuhan (Haryati, 2008).

Salah satu bahan alam yang banyak mengandung tanin dan berpotensi digunakan sebagai inhibitor korosi adalah kulit buah maja. Selain harganya yang murah dan jumlahnya yang berlimpah di Indonesia, banyaknya kandungan tanin pada daun gambir ini membuatnya berpotensi digunakan untuk menghambat laju korosi pada logam. Kadar tanin pada kulit buah maja mencapai 20% (Chavsa et al, 2012).

Penelitian tentang inhibitor korosi dilakukan oleh Hidayat dan Sumarji (2016), pada penelitian ini menjelaskan tentang pengendalian laju korosi pada baja ringan dengan menggunakan inhibitor ekstrak kulit buah maja, dengan media air laut. Pada proses penelitian kulit buah maja diekstrak dengan metode maserasi dan untuk laju korosi dihitung dengan metode kehilangan berat, kemudian perendaman dilakukan selama 5, 15, 25, 35 dan 45 hari dengan konsentrasi inhibitor 0 %, 0,1%, 0,2%, 0,3% dan 0,4%. Dari hasil penelitian didapatkan hasil efisiensi laju korosi pada konsentrasi inhibitor sebesar 0,4% dengan efektivitas sebesar 80,46% dan waktu perendaman optimum selama 35 hari.

Pada penelitian kali ini, baja yang digunakan adalah baja karbon sedang yang dipakai pada industri penghasil minyak bumi dan gas yaitu baja karbon API 5L. Baja karbon API 5L direndam dalam medium korosi NaCl 3% dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3% dengan konsentrasi inhibitor yang digunakan sebesar 0%, 0,4%, 0,5%, 0,6%, 0,7%, dan 0,8% dengan lama perendaman selama 35 hari. Sampel baja hasil korosi akan dikarakterisasi dengan XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk melihat fasa pada baja, SEM (*Scanning Electron Microscopy*) untuk melihat struktur mikro, dan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) untuk melihat produk-produk korosi yang terjadi dan menentukan laju korosi menggunakan metode kehilangan berat.

## **B. Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh penambahan konsentrasi inhibitor ekstrak kulit buah maja (*Aegle marmelos (L.) Coreia*) dalam medium korosif NaCl 3 % dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3% terhadap laju korosi pada baja karbon API 5L?
2. Apakah ekstrak kulit maja (*Aegle marmelos (L.) Coreia*) efisien dalam menghambat korosi pada baja karbon API 5L?
3. Bagaimana struktur mikro, fasa, dan produk-produk korosi yang dihasilkan pada baja karbon API 5L setelah direndam dalam medium korosif NaCl 3% dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3%?

## **C. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian yang akan dilaksanakan ini adalah:

1. Mengetahui laju korosi yang dihasilkan pada baja karbon API 5L dengan penambahan inhibitor ekstrak kulit buah maja pada medium korosif NaCl 3% dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3%.
2. Mengetahui efisiensi dari ekstrak kulit buah maja (*Aegle marmelos (L.) Coreia*) pada baja karbon API 5L dengan perlakuan yang diberikan.
3. Mengetahui struktur mikro, fasa, dan produk-produk korosi yang dihasilkan pada baja setelah direndam dalam medium korosif dengan penambahan inhibitor.

#### **D. Batasan Masalah**

Pada penelitian ini, batasan masalah yang digunakan adalah:

1. Sampel yang digunakan adalah baja karbon API 5L.
2. Medium korosif menggunakan konsentrasi NaCl 3% dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3%.
3. Perendaman baja pada medium korosif menggunakan inhibitor ekstrak kulit buah maja dengan konsentrasi 0%, 0,4%, 0,5%, 0,6%, 0,7%, 0,8% dan lama perendaman selama 35 hari.
4. Laju korosi dihitung dengan metode kehilangan berat.
5. Karakterisasi yang dilakukan menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*), SEM (*Scanning Electron Microscopy*), dan EDS (*Energi Dispersive Spectroscopy*).

#### **E. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi tentang manfaat kulit buah maja (*Aegle marmelos (L.) Coreia*) sebagai inhibitor korosi pada baja karbon.
2. Memberikan informasi mengenai pengaruh konsentrasi larutan inhibitor ekstrak kulit buah maja (*Aegle marmelos (L.) Coreia*) pada baja API 5L pada medium korosif NaCl 3% dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3%.
3. Menjadi tambahan referensi tentang inhibitor korosi di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, terutama di Jurusan Fisika.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Korosi

Korosi adalah salah satu proses perusakan material khususnya logam karena adanya suatu reaksi antara logam tersebut dengan lingkungan (Yanuar dkk, 2016). Proses perusakan material yang terjadi menyebabkan turunnya kualitas material logam tersebut. Korosi yang terjadi pada benda logam merupakan sebuah hal yang akan selalu terjadi dan tidak dapat dihindarkan. Korosi merupakan proses yang terjadi secara alami dan tidak akan bisa berhenti selama logam tersebut masih berada di lingkungan yang bersifat korosif. Proses ini akan merusak logam dengan cara mengikis logam yang kemudian akan menurunkan sifat-sifat mekanis yang dimiliki oleh logam tersebut. Pada umumnya reaksi korosi yang terjadi merupakan reaksi elektrokimia.

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi laju korosi dalam sistem elektrolit larutan diantaranya adalah (Yanuar dkk, 2016):

1. Komponen ion larutan dan konsentrasinya

Konsentrasi larutan menyatakan jumlah zat terlarut dalam setiap satuan larutan atau pelarut. Dalam sebuah larutan dengan konsentrasi tertentu, zat penyusun larutan tersebut akan terurai menjadi ion-ion (baik berupa kation maupun anion) pembentuknya.



## 2. Kadar oksigen

Oksigen terlarut akan meningkatkan reaksi katoda sehingga logam akan semakin teroksidasi (terkorosi).

## 3. Kecepatan (pergerakan fluida)

Kecepatan aliran fluida yang tinggi di atas kecepatan kritisnya di dalam pipa berpotensi menimbulkan korosi.

Fenomena korosi merupakan reaksi kimia yang dihasilkan dari dua reaksi setengah sel yang melibatkan electron sehingga menghasilkan suatu reaksi elektrokimia (Jones, 1992). Dari dua reaksi setengah sel ini terdapat reaksi oksidasi pada anoda dan reaksi reduksi pada katoda. Proses korosi hanya akan terjadi jika ada tiga komponen utama dalam sel korosi, yaitu:

### 1. Logam dan bahan

Didalam logam atau bahan itu sendiri terdapat dua komponen penting dalam penentuan terjadinya reaksi korosi, yaitu:

#### a. Anoda

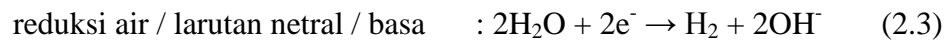
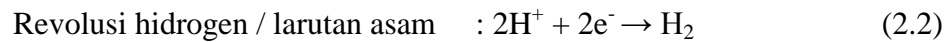
Anoda adalah bagian permukaan yang mengalami reaksi oksidasi atau terkorosi. Pada anoda ini logam terlarut dalam larutan dan melepaskan elektron untuk membentuk ion logam yang bermuatan positif. Reaksi korosi suatu logam M dinyatakan dalam persamaan berikut:



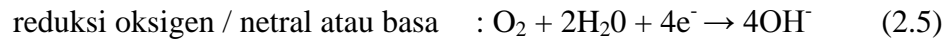
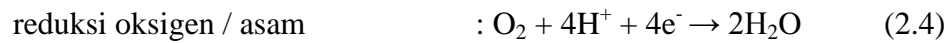
#### b. Katoda

Katoda adalah elektroda yang mengalami reaksi reduksi menggunakan elektron yang dilepaskan oleh anoda. Pada lingkungan air alam, proses yang sering terjadi adalah pelepasan H<sub>2</sub> dan reduksi O<sub>2</sub>.

1. Pelepasan H<sub>2</sub> dalam larutan asam dan netral



2. Reduksi oksigen terlarut dalam larutan asam dan netral



3. Reduksi ion logam yang lebih elektronegatif

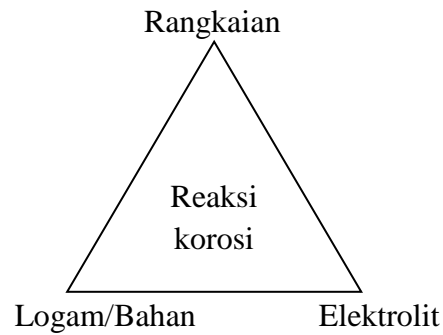


2. Elektrolit

Untuk mendukung suatu reaksi reduksi dan oksidasi dan melengkapi rangkaian elektrik, antara anoda dan katoda harus dilengkapi dengan elektrolit. Elektrolit menghantarkan arus listrik karena mengandung ion-ion yang mampu menghantarkan *elektroequivalen force* sehingga reaksi dapat berlangsung. Semakin banyak kandungan ion-ion dalam elektrolit maka semakin cepat elektrolit menghantarkan arus listrik. Elektrolit ini sendiri terdapat pada lingkungan dari suatu rangkaian elektrik. Beberapa lingkungan yang dapat bersifat katoda adalah lingkungan air, atmosfer, gas, mineral *acid*, tanah, dan minyak.

3. Rangkaian listrik

Antara anoda dan katoda haruslah terdapat suatu hubungan atau kontak agar elektron dapat mengalir dari anoda menuju katoda.



Gambar 2.1. Syarat terjadinya korosi

## B. Laju Korosi

Laju korosi didefinisikan sebagai banyaknya logam yang dilepas tiap satuan waktu pada permukaan tertentu. Laju korosi umumnya dinyatakan dengan satuan *mili meter per year* (mm/y) (Fontana, 1986). Laju korosi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$CR = \frac{KW}{AT\rho} \quad (2.7)$$

Dimana:  $CR$  = Laju korosi (mm/y)

$K$  = Konstanta laju korosi

$W$  = Selisih massa (mg)

$T$  = Waktu perendaman (tahun)

$A$  = Luas permukaan (mm<sup>2</sup>)

$\rho$  = Massa jenis (mg/mm<sup>2</sup>)

## C. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Laju Korosi

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi laju korosi yaitu:

- a. Jenis logam dan struktur mikroskopis logam

1. Semakin inert suatu logam, maka semakin tahan logam tersebut terhadap korosi.
  2. Tidak homogenya susunan dari logam, maka akan menimbulkan sel korosi pada logam itu sendiri.
- b. Komposisi dan konsentrasi larutan elektrolit

Larutan elektrolit adalah air yang mengandung anion dan kation (Piere R, 2008). Beberapa faktor yang mempengaruhi korosifitas suatu larutan antara lain:

1. Konduktivitas

Naiknya konduktivitas suatu larutan, maka daya hantar listrik larutan tersebut akan semakin baik, akibatnya laju korosi lebih cepat terjadi. Adanya ion klorida ( $\text{Cl}^-$ ) dalam elektrolit akan meningkatkan konduktivitas larutan tersebut, sehingga aliran arus korosi akan lebih meningkat.

2. pH

Kenaikan laju korosi pada logam besi terjadi pada pH di bawah 4 dan diatas 12, hal ini disebabkan karena lapisan pelindung pada besi tidak terbentuk.

3. Gas terlarut

Oksigen terlarut akan meningkatkan reaksi katoda sehingga logam akan semakin teroksidasi (terkorosi). Laju korosi dipengaruhi oleh bermacam-macam kondisi fisik yang terdapat dalam suatu sistem, seperti:

a. Temperatur

Temperatur yang tinggi akan mempengaruhi laju korosi. Pada sistem tertutup laju korosi akan terus bertambah, sedangkan pada sistem

terbuka kenaikan temperatur akan mengakibatkan penurunan kelarutan gas  $O_2$ , dan akan menurunkan laju korosi pada titik tertentu.

b. Tekanan

Kenaikan tekanan menyebabkan kenaikan gas terlarut, dengan konsekuensi akan menaikkan laju korosi pada sistem.

c. Kecepatan alir fluida

Adanya kecepatan alir fluida yang berbeda-beda akan menentukan jenis korosi yang dapat terjadi. Korosi yang sering ditimbulkan akibat faktor ini adalah korosi erosi.

#### **D. Inhibitor Korosi**

Suatu inhibitor kimia adalah suatu zat kimia yang dapat menghambat atau memperlambat suatu reaksi kimia (Dalimuthe, 2004). Bekerja secara khusus, inhibitor korosi merupakan suatu zat kimia yang mana bila ditambahkan ke dalam suatu lingkungan tertentu dan dapat menurunkan laju korosi dari logam terhadap lingkungan sekitar. Penambahan inhibitor dilakukan dengan jumlah yang sedikit, baik secara kontinu maupun periodik menurut suatu selang waktu tertentu dan laju korosi akan menurun secara drastis atau memberikan efek yang cepat dan baik.

Adapun mekanisme kerjanya dapat dibedakan sebagai berikut (Dalimuthe, 2004):

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

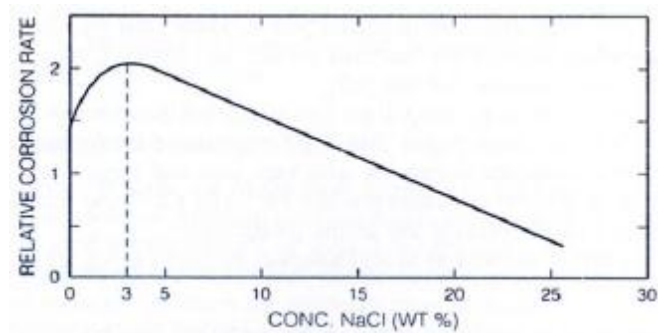
- 2) Melalui pengaruh lingkungan (misal pH) menyebabkan inhibitor dapat mengendap dan selanjutnya teradsorpsi pada permukaan logam serta melindunginya terhadap korosi. Endapan yang terjadi cukup banyak, sehingga lapisan yang terjadi dapat teramati oleh mata.
- 3) Inhibitor lebih dulu mengkorosi logamnya,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

#### **E. Pengaruh Konsentrasi NaCl terhadap Laju Korosi**

Didalam sebuah larutan, suatu garam akan terurai menjadi ion-ion (baik berupa kation maupun anion) pembentuknya. Ion-ion ini akan menjadikan larutan garam mampu menghantarkan muatan listrik yang terdistribusi didalam larutan tersebut (Piere R, 2008). Sehingga didalam larutan garam ini akan menghasilkan nilai konduktivitas yang dimana nilai konduktivitas ini sebanding dengan konsentrasi dari garam yang terlarut didalam larutan.

Proses korosi merupakan suatu reaksi elektrokimia antara logam sebagai anoda dengan lingkungan yang bertindak sebagai katoda (Jones, 1992). Sehingga konduktivitas dari suatu larutan elektrolit yang menghubungkan antara anoda dan katoda ini akan menentukan kecepatan dari reaksi elektrokimia tersebut. Larutan dengan konduktivitas yang baik akan mengakibatkan reaksi korosi berlangsung cepat sehingga akan meningkatkan laju korosi.

Dengan adanya ion-ion tersebut didalam larutan garam akan bisa menurunkan agen pereduksi yang ada pada larutan tersebut (Rustandi, 2011). Semakin besar nilai konsentrasi NaCl didalam larutan teraerasi maka akan menurunkan kelarutan Oksigen dalam larutan tersebut. Ketika konsentrasi NaCl mencapai nilai 3 hingga 3,5% maka kelarutan optimum oksigen didalam larutan NaCl teraerasi (Jones, 1992).



Gambar 2.2. Pengaruh Konsentrasi NaCl Terhadap Laju Korosi

Pada penelitian sebelumnya, telah membuktikan bahwa laju korosi optimum baja karbon berada pada konsentrasi NaCl 3-3,5%. Semakin tinggi konsentrasi NaCl didalam larutan maka akan semakin besar konduktivitas larutan sehingga meningkatkan laju korosi pada baja. Namun semakin pekat konsentrasi dari NaCl maka akan terjadi penurunan dari kelarutan agen pereduksi sehingga laju korosi akan berkurang. Hal ini disebabkan karena kejenuhan dari larutan NaCl sehingga menimbulkan endapan yang tidak mampu bereaksi lagi yang menghasilkan pengurangan dari agen pereduksi didalam larutan.

## **F. Baja**

Baja adalah material logam yang terbentuk dari paduan logam besi (Fe) dan karbon (C). Besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Sifat mekanis pada baja bergantung pada kandungan karbon. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,1% hingga 1,7% sesuai dengan tingkatannya. Berdasarkan komposisinya, baja dibedakan menjadi baja karbon dan baja paduan.

### **1. Baja Karbon**

Baja karbon adalah paduan besi (Fe) dan karbon (C) dengan 0,05% Fe dan 1 % C, serta unsur-unsur lainnya seperti mangan (Mn), silikon (Si), nikel (Ni), vanadium (V), molybdenum (Mo) dan lain sebagainya dalam presentasi yang kecil (Fontana, 1978). Baja karbon banyak digunakan dalam dunia insudtri seperti pada kapal, pipa dan tangki (Jones, 1996). Sifat mekanisme baja tergantung pada kadar karbonnya. Jika kadar karbon naik, maka kekuatan dan kekasarannya juga bertambah tinggi (Wiryosumarto, 2000). Baja karbon dibagi menjadi tiga yaitu: baja karbon rendah, baja karbon sedang dan baja karbon tinggi.

#### **a. Baja karbon rendah (*Low carbon steel*)**

Baja karbon rendah memiliki kandungan karbon di bawah 0,3%. Baja karbon rendah sering disebut dengan baja perkakas. Jenis baja yang umum dan banyak yang digunakan adalah *cold roll steel* dengan kandungan karbon 0,08%-0,3% yang biasa digunakan untuk badan kendaraan. Baja karbon rendah dalam perdagangan dibuat dalam plat baja, baja strip dan baja batangan untuk konstruksi (Sack, 1976).



b. Baja karbon sedang (*Medium steel carbon*)

Baja karbon sedang memiliki kekuatan yang lebih baik dari baja karbon rendah, tidak mudah dibentuk oleh mesin, lebih sulit dilakukan pengelasan dan dapat dikeraskan dengan perlakuan panas. Baja karbon sedang banyak digunakan untuk poros, rel kereta api, baut, komponen mesin yang membutuhkan kekuatan tinggi dan lain-lain (Sack, 1976).

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

Baja karbon tinggi memiliki karbon paling tinggi jika dibandingkan dengan baja karbon rendah dan karbon sedang, yaitu memiliki kandungan karbon 0,6%-1,7%. Pada umumnya, baja karbon tinggi sukar dibentuk dan memiliki keuletan yang rendah (Sack, 1976). Baja ini mempunyai tegangan tarik paling tinggi dan banyak digunakan untuk material *tools* seperti untuk membuat mesin bubut dan alat-alat mesin (Amanto dan Daryanto, 1999).

Klasifikasi baja dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1. Klasifikasi baja karbon (Linnert, 1994).

Kandungan Karbon (%)	Nama	Aplikasi
0,15	<i>Low carbon steel</i>	Baja strip, badan mobil, dan kawat las
0,15-0,30	<i>Mild steel</i>	Konstruksi bangunan
0,35-0,60	<i>Medium carbon steel</i>	Bagian mesin, roda gigi, dan pegas
0,60-1,00	<i>High carbon steel</i>	Rel kereta api

## 2. Baja Paduan (*Alloy Steel*)

Baja paduan adalah baja yang mempunyai unsur karbon (C) yang lebih rendah dari elemen paduannya seperti mangan (Mn), silikon (Si), nikel (Ni), kromium (Cr), molybdenum (Mo), tembaga (Cu) dan vanadium (V) (Linnert, 1994) yang berguna untuk memperoleh sifat-sifat baja yang dikehendaki, seperti sifat

kekuatan, kekerasan dan keuletannya. Paduan dari beberapa unsur yang berbeda memberikan sifat khas dari baja. Misalnya baja yang dipadu dengan nikel, mangan dan krom akan menghasilkan baja yang mempunyai sifat keras dan ulet. Berdasarkan baja paduan terbagi dalam 3 jenis yaitu:

a. Baja paduan rendah (*Low alloy steel*)

Baja paduan rendah merupakan baja paduan yang elemen paduannya 2,5% terdiri dari unsur Cr, Mn, S, Si, P dan lain-lain. Baja jenis ini biasanya digunakan untuk perkakas seperti pahat kayu, poros dan gergaji (ASM Handbook, 1993).

b. Baja paduan menengah (*Medium alloy steel*)

Baja paduan menengah adalah baja paduan yang memiliki elemen paduan 2,5%-10% wt.

c. Baja paduan tinggi (*High alloy steel*)

Baja adalah baja paduan yang memiliki elemen Cr, Ni atau Mn lebih dari 10%wt (Amanto dan Daryanto, 1999).

Elemen paduan ditambahkan ke baja mempunyai fungsi untuk meningkatkan sifat mekanik (kekuatan dan ketangguhan), menambah atau mengurangi kecenderungan untuk pengerasan selama perlakuan panas, mengubah sifat magnetik dan menghambat korosi (Linnert, 1994).

Baja API 5L adalah baja yang digunakan untuk perpipaan dan diproduksi berdasarkan standar API (*American Petroleum Institute*). Baja API 5L mempunyai kadar karbon sebesar 0,3% dan tergolong dalam baja karbon sedang. Komposisi kimia untuk baja API 5L dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Komposisi kimia baja API 5L (SEAPI *Laboratory*, 2015.)

No	Unsur	Komposisi (%)
1	Karbon (C)	0,3
2	Mangan (Mn)	1,20
3	Silikon (Si)	0,40
4	Fosfor (P)	0,025
5	Sulfur (S)	0,015
6	<i>Cuprum</i> (Cu)	0,01
7	Nikel (Ni)	0,01
8	Molibden (Mo)	0,005
9	Krom (Cr)	0,02
10	Vanadium (V)	0,06
11	Titanium (Ti)	0,004
12	Niobium + Vanadium (Nb+V)	0,06

### G. Klasifikasi Inhibitor

Klasifikasi inhibitor dapat dibedakan berdasarkan aplikasi, reaksi elektrokimia dan mekanisme kerja.

#### 1. Klasifikasi inhibitor berdasarkan aplikasi.

##### a. Inhibitor pada lingkungan asam

Inhibitor pada lingkungan asam digunakan untuk mengurangi korosi selama proses *pickling* pada baja, yang merupakan proses penghilangan kerak oksida. Dalam industri minyak bumi, biasanya inhibitor dalam lingkungan asam juga digunakan untuk mencegah korosi peralatan pengeboran.

##### b. Inhibitor pada lingkungan netral

Inhibitor pada lingkungan netral digunakan untuk melindungi *cooling water circuit*, inhibitor tidak hanya mengurangi laju korosi merata,

namun juga melindungi logam dari korosi lokal dan korosi retak tegangan (Landolt, 2007).

2. Klasifikasi inhibitor berdasarkan reaksi elektrokimia.

a. Inhibitor anodik bekerja dengan mengurangi laju korosi suatu logam dengan memperlambat reaksi elektrokimia melalui pembentukan lapisan pasif di permukaan logam dan lapisan ini akan menghalangi pelarutan anoda selanjutnya. Lapisan pasif yang terbentuk mempunyai potensial korosi yang tinggi atau menaikkan polarisasi anodik. Senyawa yang biasa digunakan sebagai inhibitor anodik adalah kromat, nitrat, molibdat, silikat, fosfat, dan borat (Roberge, 2008).

b. Inhibitor katodik

Inhibitor katodik menurunkan laju korosi dengan cara memperlambat reaksi katodik. Inhibitor katodik bereaksi dengan OH untuk mengendapkan senyawa-senyawa tidak larut pada permukaan logam, sehingga dapat menghalangi masuknya oksigen. Contoh inhibitor katodik adalah Zn,  $\text{CaCO}_3$ , dan polifosfat (Dalimunthe, 2004).

3. Klasifikasi inhibitor berdasarkan mekanisme kerja.

a. Inhibitor adsorpsi

Inhibitor adsorpsi umumnya berupa senyawa organik yang dapat mengisolasi permukaan logam dari lingkungan korosif, dengan cara membentuk senyawa kompleks berupa lapisan tipis. Lapisan tipis tidak dapat dilihat oleh mata biasa, namun dapat menghambat penyerangan lingkungan terhadap logamnya. Contoh jenis inhibitor ini adalah tanin dan merkaptobenzotiazol (Dalimunthe, 2004).

b. Inhibitor passivasi

Inhibitor passivasi bekerja dengan membentuk lapisan pasif pada permukaan logam. Inhibitor passivasi bisa jadi sebagai agen pengoksidasi. Contoh inhibitor pengoksidasi adalah kromat, dimana ion kromat akan tereduksi menjadi  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  atau  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  pada permukaan logam untuk menghasilkan oksida kromat dan besi oksida yang bersifat sebagai proteksi. Passivasi adalah peristiwa dimana baja yang terkorosi akan membentuk lapisan pelindung berupa oksida besi yang menyebabkan laju korosi menurun (Murabbi dan Sulistijono, 2012).

c. Inhibitor presipitasi

Inhibitor presipitasi bekerja dengan membentuk presipitat di seluruh permukaan suatu logam yang berperan sebagai lapisan pelindung untuk menghambat reaksi anodik dan katodik logam tersebut secara tidak langsung. Contoh dari inhibitor presipitasi adalah silikat dan fosfat. Silikat dan fosfat sangat berguna pada sistem lingkungan karena bersifat aditif yang tidak beracun (Roberge, 2000).

## H. Tanin

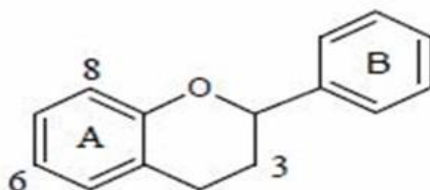
Tanin merupakan zat organik yang sangat kompleks dan terdiri dari senyawa fenolik. Tanin tergolong senyawa polifenol dengan karakteristiknya yang dapat membentuk senyawa kompleks dengan makromolekul lainnya. Pada tumbuh-tumbuhan, senyawa tanin terdapat pada kulit kayu, batang, daun, dan buah. Sebagian besar tumbuhan yang mengandung senyawa tanin dihindari oleh hewan

pemakan tumbuhan karena rasanya yang sepat. Pada umumnya tanin terdistribusi dalam kingdom tumbuhan *Gymnospermae* dan *Angiospermae* (Harborne, 1987).

Tanin dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu:

1. Tanin Terkondensasi

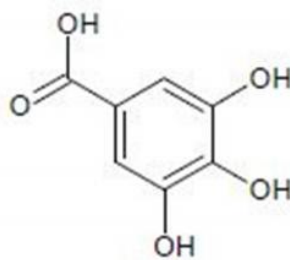
Tanin terkondensasi atau proantosianidin merupakan polimer flavonoid. Proantosianidin didasarkan pada sistem cincin heterosiklik yang diperoleh dari fenilalanin (B) dan biosintesis poliketida (A). proantosianidin adalah senyawa yang menghasilkan pigmen antosianidin melalui pemecahan secara oksidatif dalam alkohol panas. Kebanyakan proantosianidin adalah prosianidin, jika direaksikan dengan asam akan menghasilkan sianidin (Hagerman, 2002). Struktur dasar tanin ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. struktur dasar tanin terkondensasi.

2. Tanin Terhidrolisis

Tanin terhidrolisis merupakan turunan dari asam galat (asam 3,4,5-trihidroksil benzoat). Senyawa ini mengandung ikatan ester antara suatu monosakarida terutama gugus hidroksilnya. Struktur asam galat ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Struktur asam galat.

## I. Ekstrak Kulit Buah Maja sebagai Inhibitor Korosi

### 1. Ekstraksi

Alur mula untuk mendapatkan senyawa aktif dari suatu tumbuhan adalah proses ekstraksi. Ekstraksi adalah proses pemisahan suatu zat berdasarkan perbedaan kelarutannya terhadap dua cairan tidak saling larut yang berbeda. Prinsip ekstraksi adalah melarutkan senyawa polar dalam pelarut polar dan senyawa non polar. Secara umum ekstraksi dilakukan secara berturut-turut mulai dengan pelarut non polar (n-hksan) lalu pelarut yang kepolarannya menengah (diklor metan atau etil asetat) kemudian pelarut yang bersifat polar (metanol atau etanol).

Ekstraksi digolongkan ke dalam dua bagian besar berdasarkan bentuk fasa yang diekstraksi yaitu ekstraksi cair-cair dan ekstraksi cair-padat. Untuk ekstraksi cair-cair dapat menggunakan corong pisah, sedangkan ekstraksi cair-padat terdiri dari beberapa cara yaitu meserasi, perkolasi dan sokletasi (Harborne, 1984).

Perkolasi merupakan cara penyairan yang dilakukan dengan mengalirkan cairan penyari melalui simplisia yang telah dibasahi. Kekuatan yang berperan pada perkolasi antara lain gaya berat, kekentalan, daya larut, tegangan, permukaan, difusi, osmosa, adesi, gaya kapiler dan gaya geseran (friksi). Sokletasi merupakan suatu proses pemisahan suatu komponen yang terdapat dalam zat padat dengan

cara penyaringan berulang-ulang dengan menggunakan pelarut tertentu, sehingga semua komponen yang diinginkan terisolasi. Sedangkan meserasi merupakan proses ekstraksi dengan cara perendaman menggunakan pelarut organik pada suhu ruang. Proses ini sangat menguntungkan dalam proses isolasi senyawa organik bahan alam karena dengan perendaman sampel akan terjadi pemecahan dinding dan membran sel akibat perbedaan tekanan di dalam dan di luar sel, sehingga metabolit sekunder yang ada dalam sitoplasma akan terlarut dalam pelarut organik serta struktur senyawa tidak akan mudah rusak (Harborne, 1984).

## **2. Buah Maja (*Aegle marmelos* (L.) Coreia)**

Buah maja merupakan tanaman dari famili Rutaceae, yang penyebarannya tumbuh di dataran rendah hingga ketinggian 500 m dpl. Tumbuhan ini terdapat di negara Asia Selatan dan Asia Tenggara termasuk di Indonesia. Pohon maja mampu tumbuh di lahan basah seperti rawa-rawa maupun di lahan kering dan ekstrim, pada suhu 49° C pada musim kemarau hingga -7°C (Rismayani, 2013). Tanaman buah maja dapat dilihat pada Gambar 2.5.

Klasifikasi buah maja adalah (Badan POM RI, 2008).

Kingdom	: Plantae
Diviso	: Spermatopyta
Class	: Dicotyledoneae
Ordo	: Sapindales
Family	: Rutaceae
Genus	: <i>Aegle</i>
Species	: <i>Aegle marmelos</i> (L.) Coreia





Gambar 2.5. Tanaman buah maja (*Aegle marmelos* (L.) Coreia)

### **3. Kandungan Senyawa Kimia dalam Buah Maja (*Aegle marmelos* (L.) Coreia)**

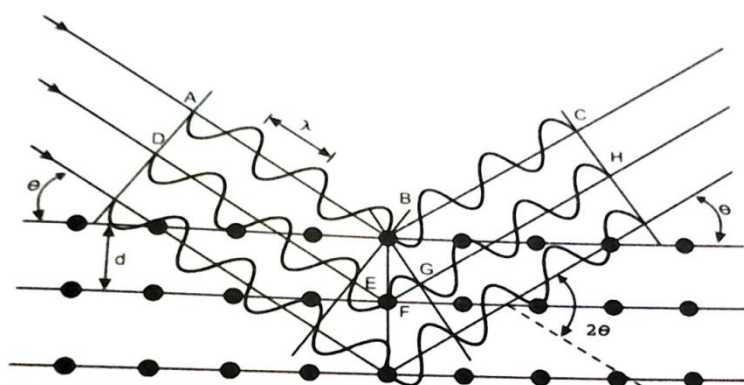
Buah maja (*Aegle marmelos* (L.) Coreia) memiliki kandungan minyak atsiri, vitamin C, gula, pati, pectin, dan tanin, sedangkan daunnya mengandung rutosin, aegelin, minyak atsiri dan alkaloid (Hasrag, 1994). Hasil uji fitokimia yang telah dilakukan menunjukkan bahwa kulit batang *A. marmelos* Linn mengandung senyawa golongan steroid (Gupta, dkk. 2006). Buah maja mengandung komponen tanin 9%, sedangkan pada kulit buah maja mencapai 20% (Chavda et al, 2012).

#### **J. XRD (*X-Ray Diffraction*)**

Sinar-X pertama kali ditemukan oleh Wilhelm Rontgen pada tahun 1895. Sinar-X merupakan gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang ( $\lambda \sim 0,1$  nm) yang lebih pendek dibanding gelombang cahaya ( $\lambda = 400-800$  nm) (Smallman, 2000). Panjang gelombang sinar-X ini merupakan dasar digunakannya teknik difraksi. Metode difraksi sinar-X (*X-Ray Diffraction*, XRD) memegang peran yang sangat penting untuk analisis padat kristalin, yaitu untuk meneliti ciri utama

struktur (parameter kisi dan tipe struktur), dan untuk mengetahui rincian lain misalnya susunan berbagai jenis atom dalam kristal, keberadaan cacat, ukuran butiran, orientasi, ukuran dan kerapatan-presipitat. Oleh karena pola difraksi untuk tiap unsur pada Gambar 2.6 adalah spesifik, maka metode ini sangat akurat untuk menentukan komposisi unsur dan senyawa yang terkandung dalam suatu sampel, karena pola yang terbentuk seperti *gingerprint* dari suatu materi. Bila seberkas sinar-X dengan panjang gelombang  $\lambda$  diarahkan pada permukaan kristal dengan sudut datang  $\theta$ , maka sinar tersebut akan dihamburkan oleh bidang atom kristal dan menghasilkan puncak-puncak difraksi yang dapat diamati dengan peralatan difraksi sinar-X (Cullity, 1978).

Sistem kerja difraktometer sinar-X didasarkan pada hukum Bragg. Pola difraksi, intensitas dan sudut difraksi  $2\theta$  berbeda-beda untuk setiap bahan. Interferensi berupa puncak-puncak intensitas diperoleh sebagai hasil proses difraksi dimana terjadi interaksi antara sinar-X dengan atom-atom pada bidang kristal (Vlack, 1994). Hamburan sinar-X oleh elektron-elektron di dalam atom suatu material dapat dilihat dalam Gambar 2.15.



Gambar 2.6. Sinar-X yang dihamburkan oleh atom-atom kristal yang berjarak  $d$  (Richman, 1967).

Dari Gambar 2.6 terlihat bahwa gelombang pertama memiliki panjang yang sama yaitu  $AB+BC$ , begitu pula dengan gelombang kedua  $DF+FH$ . Gelombang kedua  $DF+FH$ . Gelombang kedua berjalan lebih jauh dari gelombang pertama, dan selisihnya adalah:

$$\Delta = (DF + FH) - (AB + BC) \quad (2.8)$$

Jika dari titik B ditarik garis ke  $DF$  dan  $FH$ , diberi tanda  $E$  dan  $G$ , maka:

$$DE=AB, GH=BC \quad (2.9)$$

Perbedaan antara dua gelombang tersebut adalah:

$$\Delta = EF + FG \quad (2.10)$$

Diketahui bahwa  $EF+FG$  merupakan  $\lambda$  (panjang gelombang) dan panjang  $EF$  sama dengan panjang  $FG$  yaitu sebesar  $d \sin \theta$ , sehingga:

$$\lambda = d \sin \theta + d \sin \theta \quad (2.11)$$

$$\lambda = 2 d \sin \theta \quad (2.12)$$

Sinar 1 dan 2 akan menjadi 1 fasa jika beda lintasan sama dengan jumlah  $n$  panjang gelombang sehingga:

$$n\lambda = 2 d \sin \theta \quad (2.13)$$

persamaan inilah yang kemudian dikenal sebagai hukum Bragg, yang pertama kali ditulis oleh W. L. Bragg. Persamaan di atas kemudian diturunkan menjadi

$$\lambda = 2 \frac{d'}{n} \sin \theta \quad (2.14)$$

Jarak antar bidang adalah  $1/n$  dari jarak sebelumnya, maka ditetapkan  $d = \frac{d'}{n}$  dengan demikian persamaan Bragg dapat ditulis seperti:

$$\lambda = 2 d \sin \theta \quad (2.15)$$

Dengan  $\lambda$  = panjang gelombang ( $m$ ),  $d$  = jarak kisi ( $m$ ), dan  $\theta$  = sudut difraksi (Richman, 1967). Karena nilai  $\sin \theta$  maksimum adalah 1, maka persamaan menjadi:

$$\frac{n\lambda}{2d} = \sin \theta < 1 \quad (2.16)$$

Dari persamaan dapat dilihat untuk memenuhi nilai  $\sin \theta$ , maka nilai  $n\lambda$  harus  $< 2d$ . Dengan demikian kondisi untuk difraksi pada sudut  $2\theta$  yang teramati adalah:

$$\lambda < 2d \quad (2.17)$$

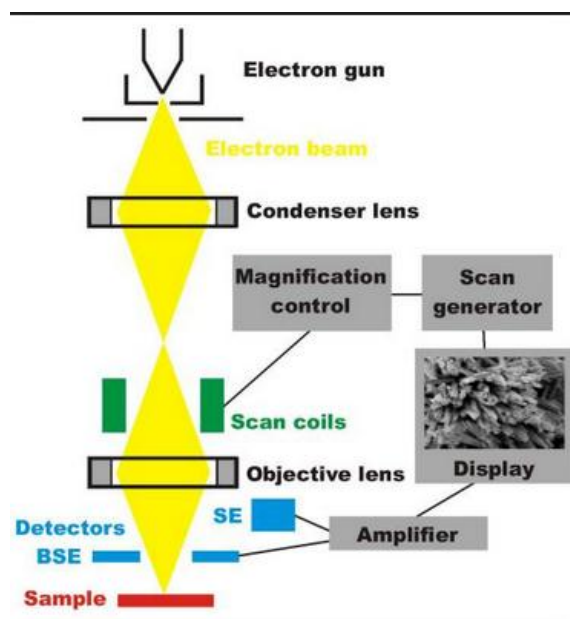
Pada kebanyakan kristal nilai  $d$  adalah dalam orde  $3 \text{ \AA}$  atau kurang, sehingga kristal tidak dapat mendifraksikan sinar ultraviolet dengan panjang gelombang kira-kira  $500 \text{ \AA}$  (Cullity, 1978).

### **K. SEM (*Scanning Elektron Microscopy*) yang dilengkapi dengan *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS)**

*Scanning Electron Microscopy* (SEM) merupakan mikroskop elektron yang banyak digunakan dalam ilmu pengetahuan material. SEM banyak digunakan karena memiliki kombinasi yang unik, mulai dari persiapan spesimen yang simpel dan mudah, kapabilitas tampilan yang bagus serta fleksibel.

SEM digunakan pada sampel yang tebal dan memungkinkan untuk analisis permukaan. Pancaran berkas yang jatuh pada sampel akan dipantulkan dan didifraksikan. Adanya elektron yang terdifraksikan dapat diamati dalam bentuk pola-pola difraksi. Pola-pola difraksi yang tampak sangat bergantung pada bentuk

dan ukuran sel satuan dari sampel. SEM juga dapat digunakan untuk menyimpulkan data-data kristalografi, sehingga hal ini dapat dikembangkan untuk menentukan elemen atau senyawa.



Gambar 2.7. Skema SEM (Reed, 1993).

Prinsip kerja SEM dapat dilihat pada Gambar 2.7. Dua sinar elektron digunakan secara simultan. Satu *strike specimen* digunakan untuk menguji dan *strike* yang lain adalah CRT (*Cathode Ray Tube*) memberi tampilan yang dapat dilihat oleh operator. Akibat tumbukan pada spesimen dihasilkan satu jenis elektron dan emisi foton. Sinyal yang terpilih dikoleksi, dideteksi dan dikuatkan untuk memodulasi tingkat keterangan dari sinar elektron yang kedua, maka sejumlah besar sinar akan menghasilkan bintik gelap. SEM menggunakan prinsip *scanning*, maksudnya berkas elektron diarahkan dari titik ke titik pada objek. Gerakan berkas elektron dari satu titik ke titik lain pada suatu daerah objek menyerupai gerakan membaca. Gerakan membaca ini disebut dengan *scanning*. Komponen utama SEM terdiri

dari dua unit, yaitu *electron column* dan *display consule*. *Electron column* merupakan model *electron beam scanning*, sedangkan *display consule* merupakan elektron sekunder yang di dalamnya terdapat CRT. Pancaran elektron energi tinggi dihasilkan oleh *electron gun* yang kedua tipenya berdasar pada pemanfaatan arus. Yang pertama pistol termionik di mana pancaran elektron tercapai dengan pemanasan tungsten atau filamen katoda pada suhu 1500 K sampai 3000 K. Katoda adalah kutub negatif yang dibutuhkan untuk mempercepat tegangan  $E_0$  kali elektron Volt (KeV). Pistol termionik sangat luas penggunaannya karena relatif aman untuk digunakan dalam tabung vakum  $10^{-9}$  Torr, atau lebih kecil dari itu.

Sumber alternatif lain dari pistol *field emission* di mana ujung kawat wolfram yang tajam dihubungkan tertutup dengan anoda ekstraksi dan diterapkan potensial sampai beberapa ribu Volt. Elektron yang keluar dari kawat wolfram tidak membutuhkan pemanasan yang dapat dilakukan pada suhu kamar, menuju tabung vakum yang dipercepat seperti pada pistol termionik ke arah anoda. Pistol *field emission* tergantung dari permukaan emitter yang secara otomatis bersih, sehingga harus bekerja pada operasi kevakuman yang ultra tinggi kira-kira  $10^{-9}$  Torr, namun jika lebih besar maka akan lebih baik. Jarak panjang emitter *electron column*. Pemancaran elektron dari elektron column pada *chamber* harus dipompa dukup vakum menggunakan *oil-difussion*, *turbo molecular*, atau pompa ion (Chan, 1993).

SEM (*Scanning Elecrton Microscopy*) dilengkapi dengan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) yang dapat menentukan unsur dan analisis komposisi

kimia. Bila suatu berkas elektron ditembakkan atau dikenai pada sampel akan terjadi interaksi berupa elektron yang keluar dari atomnya, maka elektron tersebut mempunyai tingkat energi lebih rendah dari yang lain. Hal ini menyebabkan atom menjadi kurang stabil, sedangkan suatu atom mempunyai kecenderungan ingin menjadi stabil. Oleh karena itu, elektron yang mempunyai tingkat energi yang lebih tinggi akan turun (transisi) ke tingkat yang lebih rendah.

#### **L. Metode Kehilangan Berat**

Metode ini dilakukan dengan cara mencelupkan spesimen logam ke dalam media korosif. Pengujian korosi ini dilakukan untuk mengetahui laju korosi berdasarkan kehilangan berat material yang terkorosi dalam medium tertentu. Metode ini adalah mengukur kembali berat awal dari benda uji, kekurangan berat dari pada berat awal merupakan nilai kehilangan berat. Kekurangan berat dikembalikan ke dalam rumus untuk mendapatkan kehilangan berat (Supardi, 1997).

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Material Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Universitas Lampung, Laboratorium Organik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Universitas Lampung, Laboratorium Mesin SMKN 2 Bandar Lampung, Laboratorium Jurusan Fisika UNP, dan UPT Laboratorium Terpadu Undip dari Desember sampai Maret 2018.

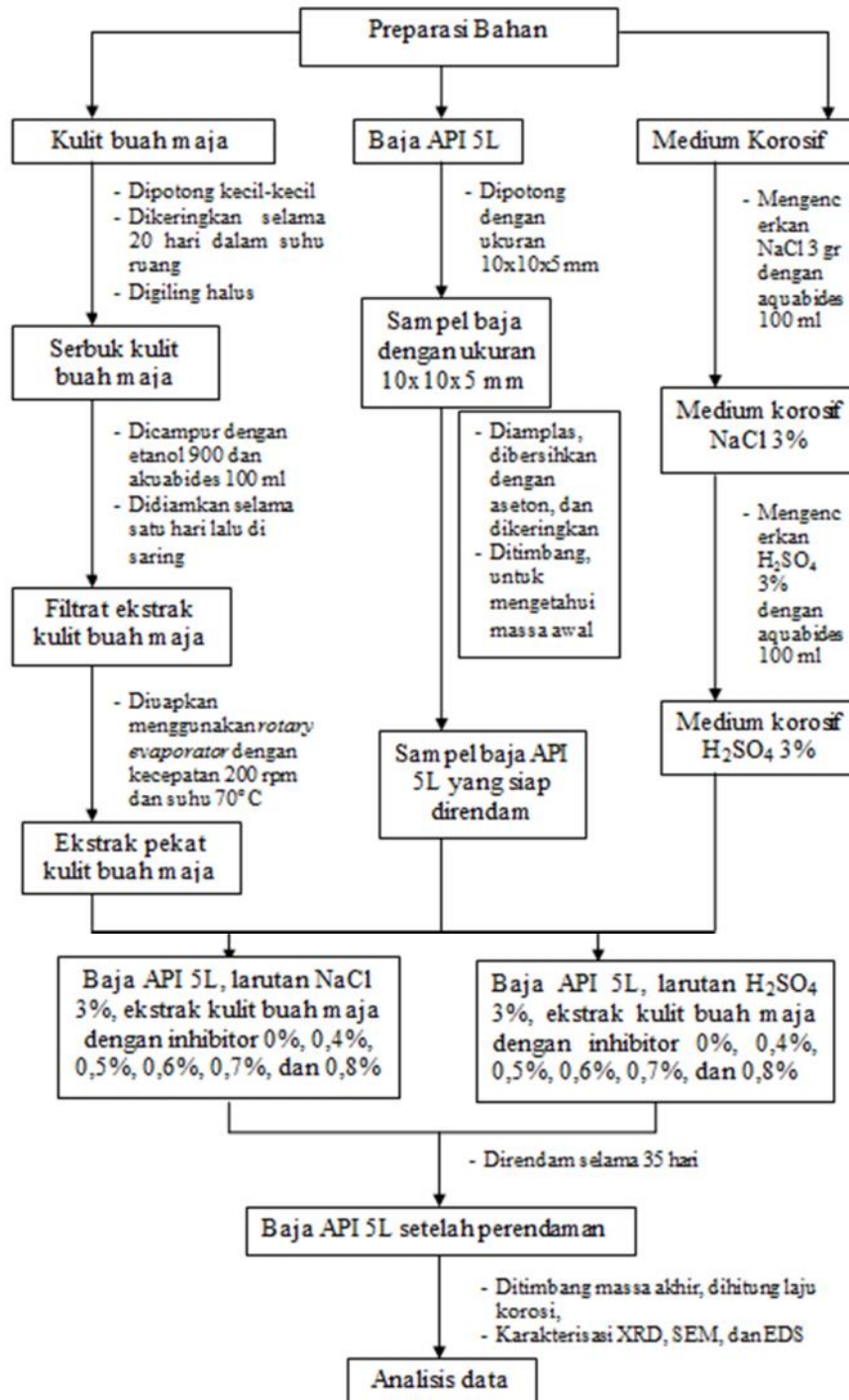
#### B. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari: penguap putar vakum (*rotary evaporator*), neraca digital, alat pemotong baja, gergaji mesin, jangka sorong digital, *polisher machine*, gelas ukur, *decicator*, plastik kecil, botol film, beaker glass, spatula, pipet tetes, benang, aluminium foil, kertas amplas, SEM (*Scanning Electron Microscopy*), XRD (*X-Ray Diffraction*), EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*). Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: kulit buah maja (*Aegle marmelos (L.) Coreia*), baja karbon sedang (API 5L), natrium klorida (NaCl), asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), etanol, dan aquabides.



### C. Preparasi Bahan

Prosedur kerja penelitian dapat dilihat pada diagram alir dalam Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian

## **1. Pembuatan Larutan Inhibitor dari Ekstrak Kulit Buah Maja**

Tahapan pembuatan larutan inhibitor ekstrak kulit buah maja (*Aegle marmelos (L.) Coreia*) adalah sebagai berikut:

1. 1 kg kulit buah maja (*Aegle marmelos (L.) Coreia*) dibersihkan dari kotoran-kotoran, kemudian dirajang kecil-kecil dan dikeringkan dalam selama 30 hari pada suhu ruang.
2. Kulit buah maja yang telah kering digiling hingga menjadi serbuk.
3. Melakukan metode maserasi dengan memasukkan kulit buah maja (*Aegle marmelos (L.) Coreia*) yang telah halus ke dalam wadah botol yang berisi etanol 70%.
4. Metode maserasi dilakukan dengan merendam kulit buah maja (*Aegle marmelos (L.) Coreia*) kering dalam pelarut selama 2 x 24 jam.
5. Hasil perendaman disaring menggunakan kertas saring sehingga diperoleh filtrat.
6. Filtrat diuapkan menggunakan mesin *rotary evaporator* dengan kecepatan 200 rpm dan suhu 49-50°C hingga menghasilkan ekstrak pekat.

## **2. Preparasi sampel baja (pemotongan dan pembersihan)**

Untuk menyiapkan baja dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Baja karbon API 5L dipotong dengan ukuran panjang 10 mm, lebar 10 mm, dan tinggi 5 mm.
2. Baja dibersihkan dan diperhalus permukaannya menggunakan *polisher machine* untuk menghilangkan pengotor.

3. Baja dicelupkan ke dalam aseton untuk membersihkan pengotor yang menempel pada baja.

### 3. Penimbangan massa awal sampel

Baja yang akan digunakan ditimbang terlebih dahulu untuk mengetahui massa sebelum pengkorosian.

### 4. Pembuatan medium korosif

Medium korosif adalah larutan yang dapat mengakibatkan terjadinya korosi. Medium korosif pada penelitian ini adalah NaCl dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan konsentrasi 3%. Cara pembuatan larutan NaCl dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> yaitu mengencerkan NaCl dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan aquabides. Untuk pengenceran larutan NaCl dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ditentukan secara matematis berdasarkan persamaan (3.1).

$$V_1 \hat{M}_1 = V_2 \hat{M}_2 \quad (3.1)$$

Dimana:

$V_1$  = Volume mula-mula

$M_1$  = Konsentrasi mula-mula

$V_2$  = Volume setelah pengenceran

$M_2$  = Konsentrasi setelah pengenceran

Pembuatan larutan NaCl dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan konsentrasi 3% yaitu 3 gram NaCl dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3 ml ditambahkan dengan aquades sampai volume 100 ml.

## **5. Perendaman**

Dalam tahap perendaman ini sampel yang digunakan ada 6 sampel direndam pada medium korosif NaCl dan 6 sampel direndam pada H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan menambahkan inhibitor ekstrak kulit buah maja (*Aegle marmelos (L.) Coreia*) selama 35 hari. Konsentrasi inhibitor yang digunakan sebesar 0%, 0,4%, 0,5%, 0,6%, 0,7%, dan 0,8%.

## **6. Pembersihan dan Penimbangan Massa Akhir Sampel**

Sampel yang telah direndam dalam medium korosif ditambah inhibitor dibiarkan hingga kering. Selanjutnya ditimbang untuk mengetahui massa akhir sampel.

## **7. Uji XRD (*X-Ray Diffraction*)**

Sampel yang telah mengalami pengkorosian kemudian diuji menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*) yang bertujuan untuk mengetahui fasa yang terbentuk pada sampel.

## **8. Uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*)**

Sampel yang telah mengalami perlakuan diuji menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) yang dilengkapi dengan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) untuk mengetahui struktur permukaan sampel dan melihat unsur-unsur kimia yang ada pada sampel.

## **9. Perhitungan Laju Korosi**

Perhitungan laju korosi dilakukan menggunakan metode kehilangan berat sampel tiap

satuan luas dan waktu menggunakan persamaan (3.2) dengan konstanta laju korosi yang dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Konstanta laju korosi pada baja karbon (Fontana, 1986).

No	Konstanta Laju Korosi	K
1	<i>Mils per year (mpy)</i>	$3,45 \times 10^6$
2	<i>Inches per year (inches/y)</i>	$3,45 \times 10^3$
3	<i>Millimeters per year (mm/y)</i>	$8,76 \times 10^4$
4	<i>Micrometers per year (<math>\mu\text{m/y}</math>)</i>	$8,76 \times 10^7$
5	<i>Milligrams per square decimeter per day (mmd)</i>	$2,40 \times 10^6/D$

$$CR = \frac{KW}{AT\rho} \quad (3.2)$$

Dimana:  $CR$  = Laju korosi ( $\text{mm/y}$ )

$K$  = Konstanta laju korosi

$W$  = Selisih massa (mg)

$T$  = Waktu perendaman (tahun)

$A$  = Luas permukaan ( $\text{mm}^2$ )

= Massa jenis ( $\text{mg/mm}^2$ )

Sedangkan untuk menghitung efisiensi penggunaan inhibitor dihitung menggunakan persamaan (3.3).

$$\eta (\%) = \frac{(CR_{\text{uninhibited}} - CR_{\text{inhibited}})}{CR_{\text{uninhibited}}} \times 100\% \quad (3.3)$$

Dimana: = Efisiensi inhibitor (%)  $CR$

$CR_{\text{uninhibited}}$  = Laju korosi tanpa inhibitor ( $\text{mm/y}$ )

$CR_{\text{inhibited}}$  = Laju korosi dengan inhibitor ( $\text{mm/y}$ )

(Fontana, 1986).

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Efisiensi terbesar terdapat pada inhibitor 0,8% pada medium NaCl dan 0,5% pada medium H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan efisiensi masing-masing 85,71% dan 79,35%.
2. Hasil karakterisasi XRD memperlihatkan bahwa fasa yang terbentuk adalah Fe murni dengan bidang 110, 200, dan 211 pada hasil difragtogram sampel pada medium korosif NaCl 0% dan 0,8% dan pada medium korosif H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5%, sedangkan pada medium korosif H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan konsentrasi inhibitor 0% hasil XRD masih menunjukan fasa amorf.
3. Hasil karakterisasi SEM menunjukkan mikro struktur permukaan baja pada sampel NaCl dengan konsentrasi 0,8% dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan konsentrasi 0,5% lebih sedikit terbentuk produk korosi dari pada permukaan baja pada sampel NaCl dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan konsentrasi inhibitor 0%.
4. Hasil karakterisasi EDS pada sampel tanpa penambahan inhibitor didapatkan unsur S mengidentifikasi logam sudah terkontaminasi akibat interaksi antara asam sulfat dengan sampel pada medium korosif H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
5. Dari ketiga hasil karakterisasi dan perhitungan laju korosi didapatkan bahwa inhibitor ekstrak kulit buah maja efektif dalam menghambat laju korosi pada

6. baja karbon API 5L dan dari kedua medium inhibitor ekstrak kulit buah maja lebih efektif pada medium NaCl.

## **B. SARAN**

Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan perendaman dalam media korosif yang berbeda dengan konsentrasi yang lebih bervariasi dan logam yang berbeda untuk membandingkan laju korosi, produk korosi, dan jenis korosi yang dihasilkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aidil, E. and Shams, A. M. 1972. Corrosion Inhibition by Naturally Occurring substance-I. The Effect of Hibiscus Subdariffa (Karkade) Extract on the Dissolution of Al and Zn. *Corrosion Science*. Vol. 12, No. 2. Pp. 897-904.
- Amanto, H. dan Daryanto. 1999. *Ilmu Bahan*. Bumi Aksara. Jakarta. Pp.63-87.
- Ameer, M. A., Khamis, E. and Al-Senani, G. 2000. Effect of Thiosemicarbozones on Corrosion of Steel of Phoporic Acid Produced by Wet Process: Ads. *Science Technologies*. Vol. 2. Pp. 127-138.
- Asdim, 2007, penentuan Efisiensi Inhibisi Ekstrak Kulit Buah Manggis (*Garcinia mangostana L*) pada Reaksi Korosi Baja dalam Larutan Asam. *Jurnal Gradien*. Vol. 3. No. 2. Bemgkulu: Universitas Bengkulu. Hal 273-276.
- ASM handbook. 1993. Properties and Selection: Iron Stell and High Performance Alloys. *Tenth Edition*. Metals handbook. Vol 6. Pp. 249-327
- Athur, Beiser. 1992. *Konsep Fisika Modern*. Jilid 3. Terjemahan The Houw Liong Ph.D. Erlangga. Jakarta.
- Bundjali, B., N. M. Surdia, Oei Ban Liang, dan Bambang, A. 2006. *Pelarutan Besi Selektif pada Korosi Baja Karbon dalam Larutan Buffer Asetat, Natrium Bikarbonat-CO<sub>2</sub> Jenuh*. ITB. Bandung. Vol. 38A. Pp. 149-161
- Chavda N., Mujapara A., Mehta S.K and Dodia P.P. 2012. Primary Identification of Certain Phytochemical Constituents of *Aegle Marmelos* (L.) Corr. Serr Responsile for Antimivrobial Activity Againts Selected Vegetable and Clinical Phatogen. *International Journal of Physical and Social Sciences*. Vol. 2. Issue. 6. Pp. 140-147.
- Chan, S. G., Beck, T. R., 1993. *Electrochemical Tecnology Corp*. Seattle Washington. United State of America. Pp. 125-129.
- Cullity, B. D. 1978. *Elements of X-Rays Diffraction, Second Edition*. Adison-Wesley Publishing Company Inc. United State of America. Pp. 1-7.



- Dalimuthe, I. S. 2004. *Kimia dari Inhibitor Korosi*. Universitas Sumatera Utara. Medan. Pp. 45-48.
- Fontana, M. C., dan Greene, M. D. 1986. *Corrosion Engineering Hand Book*. Mc Graw Hill Book Company. New York. Pp. 144-147.
- Gupta VK. 2006. *Crystal Struktur of R-(+), X-ray Structure Analysis Online*, 22,X11-X12.
- Griffin, H dan Riessen, V. A. 1991. *Scanning Electron Microscopy Course Notes*. The University of Western Australia. Nedlands. Pp.1-8.
- Haryati. 2008. *Potensi dan Peluang Tanaman Obat*. Erlangga: Jakarta. Hal. 23-28.
- Harsah. 1994. *Pengaruh Infus Daun Maja Terhadap Fertilitas Mencit Betina*. Universitas Hasanuddin. Makasar.
- Harborne, J. B. 1984. *Metode Fotokimia*. ITB. Bandung. Pp.151-157.
- Harborne, J.B. 1987. *Metode Fotokimia Penuntun Cara Modern Menganalisa Tumbuhan*. ITB. Bandung.
- Hidayat, I. F., dan Sumarji. 2016. Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Kulit Buah Maja Terhadap Korosi Baja Karbon A53 dngan Media Air Laut. *Jurnal Rotor*. Vol. 9. No 1. Pp 24-28.
- Ilim dan Hermawan, B. 2008. Study Penggunaan Ekstrak Buah Lada, Buah Pinang dan Daun The sebagai Inhibitor Korosi Baja Lunak dalam Air Laut Buatan yang Jenuh Gas CO<sub>2</sub>. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi II*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. Pp. 257-266.
- Jones, Denny A. 1992. *Principles and Prevention of Corrosion*. Maxwell Macmillan. Singapura. Pp.12-17.
- Landolt, D. 2007. *Corosion and Surface Chemistry of Metals*. First Edition. EPFL Press. Lausanne.
- Linnert, G.E. 1994. *Welding Metallurgy: Carbon and Alloy Steels*. FourtEdition. American Welding Society. Miami.
- Murabbi, A.L dan Sulistijono. 2012. Pengaruh Konsentrasi Larutan Garam Terhadap Laju Korosi Dengan Metode Polarisasi dan Uji Kekerasan Serta Uji tekuk Pada Plat Bodi Mobil. *Jurnal Teknik Pomits*. Vol. 1. No. 1. Pp. 4-10..

- Piere R, Roberge. 2008. *Corrosion Engineering-Principles and Practice*. The McGraw-Hill Companies Inc. United State of America. Pp. 23-28.
- Richman, M. H. 1967. *An Introduction to The Science of Metals*. Blaisdell Publishing Company, USA. Pages. 78-79
- Rieger, H. P. 1992. *Electrochemistry, Second Edition*. Chapman and Hall Inc, New York. Pp. 412-421.
- Roberge, P.R. 2000. *Handbook of Corrosion Engineering*. Mc Graw-Hill. New York.
- Roberge, P.R. 2008. *Corrosion Engineerig-Principles and Practice*. The Mc Graw-Hill Companies Inc. New York. P. 23-38.
- Rustandi, Andi, Iandiono. Dito. 2011. Studi Laju Korosi Baja Karbon untuk Pipa Penyalur Proses Produksi Gas Alam yang Mengandung Gas CO<sub>2</sub> pada Lingkungan NaCl 0.5, 2.5, 2.5, dan 3.5%. *Skripsi*. Universitas Indonesia. Depok. Pp.44-46.
- Sack, R.J. 1976. *Welding Principle and Practices*. Mc Graw Hill. New York.
- Smallman, R. E. and Bishop, R. J. 2000. *Modern Physical Metallurgy and Material Engineering*. Oxford. Butterworth-Heinemann. P. 34-35.
- Sari, D. M., Handani, S., dan Yetri, Y. 2013. Pengendalian Laju Korosi Baja St-37 dalam Medium Asam Klorida dan Natrium Klorida menggunakan Inhibitor Ekstrak Daun Teh (*Camelia Sinensis*). *Jurnal Fisika Unand* . Vol. 2. P. 204-211.
- Supardi, R. 1997. *Korosi Edisi Pertama*. Tarsito. Bandung. Pp. 56-58.
- Trethewey, K. R and Chamberlain, J. 1991. *Korosi untuk Mahasiswa dan Rekayasa*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. Pp. 27-34.
- Vlack, Van L. H. 1994. *Ilmu dan Teknologi Bahan (Ilmu Logam dan Bukan Logam), Edisi kelima*. Erlangga. Jakarta. Pp. 101-104.
- Yanuar, A. P., Pratikno, Herman., Titah, Harmin S. 2016. Pengaruh Penambahan Inhibitor Alami terhadap Laju Korosi pada Material Pipa dalam Larutan Air Laut Buatan. *Jurnal Teknik ITS*. Vol. 5. No. 2. Pp. 1-7.
- Wirjosumarto, H. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Erlangga. Jakarta.