

**PENGARUH INHIBITOR EKSTRAK DAUN INAI (*Lawsonia inermis L*)
TERHADAP LAJU KOROSI BAJA St37 DALAM LARUTAN HCl 3%**

(Skripsi)

Oleh

ORICHA MUTIA RANI



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
201**

ABSTRAK

PENGARUH INHIBITOR EKSTRAK DAUN INAI (*Lawsonia inermis L*) TERHADAP LAJU KOROSI BAJA St37 DALAM LARUTAN HCl 3%

Oleh

ORICHA MUTIA RANI

Ekstrak daun inai (*Lawsonia inermis L*) digunakan sebagai inhibitor korosi pada baja St37 yang direndam dalam medium korosif HCl 3%. Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi inhibitor terhadap laju korosi baja dilakukan dengan variasi konsentrasi inhibitor yaitu 0, 3, 5, 7 dan 9%. Pengujian laju korosi dilakukan dengan metode kehilangan massa. Laju korosi diuji pada baja karbon rendah dengan dan tanpa inhibitor ekstrak daun inai selama 6 hari. Hasil penelitian menunjukkan semakin besar konsentrasi inhibitor ekstrak daun inai yang digunakan maka laju korosi semakin berkurang dan kemampuan menginhibisi korosi akan meningkat. Efisiensi korosi yang paling besar terjadi pada konsentrasi 9% dengan efisiensi sebesar 88,84%. 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 penambahan inhibitor ekstrak daun inai dibandingkan tanpa penambahan inhibitor ekstrak daun inai. Hasil ini didukung dengan persentase produk korosi yang ditunjukkan pada hasil karakterisasi *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS).

Kata kunci: Baja karbon St37, Ekstrak daun inai, HCl, SEM-EDS, XRD.

ABSTRACT

THE EFFECT OF INHIBITORY EXTRACT OF HENNA LEAVES (*Lawsonia inermis L*) ON THE CORROSION RATE OF ST37 STEEL IN HCl 3% SOLUTION

By

ORICHA MUTIA RANI

*Henna leaves extract (*Lawsonia inermis L*) is used as a corrosion inhibitor in St37 steel soaked in 3% HCl corrosive medium. The purpose of the research was to find out the effect of inhibitor concentration on the corrosion rate of steel, the variation of inhibitor concentration is 0, 3, 5, 7 and 9%. Corrosion rate testing is done by mass loss method. Corrosion rate was tested on low carbon steel with and without inhibition of henna extract for 6 days. The results showed that the greater the concentration of inhibitor of henna extract used, the corrosion rate would decrease and the ability to inhibit corrosion would increase. The greatest corrosion efficiency occurred at a concentration of 9% with an efficiency of 88.84%. The results of X-Ray Diffraction (XRD) characterization showed that the phase formed was pure iron (Fe). Scanning Electron Microscopy (SEM) characterization showed uneven clusters and smaller sizes, holes and cracks were also less with the addition of inhibitory leaves extract than without the addition of inhibitory leaves extract. This result is supported by the percentage of corrosion products shown in the results of the characterization of Energy Dispersive Spectroscopy (EDS).*

Key words: *HCl, Henna leaves extract, SEM-EDS, St37, XRD*

**PENGARUH INHIBITOR EKSTRAK DAUN INAI (*Lawsonia inermis L*)
TERHADAP LAJU KOROSI BAJA St37 DALAM LARUTAN HCl 3%**

Oleh

ORICHA MUTIA RANI

Skripsi

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

Pada

Jurusan Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

Judul Skripsi : **PENGARUH INHIBITOR EKSTRAK DAUN INAI (*Lawsonia inermis L*) TERHADAP LAJU KOROSI BAJA St37 DALAM LARUTAN HCl 3%**

Nama Mahasiswa : **Oricha Mutia Rani**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1517041045**

Jurusan : **Fisika**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Drs. Ediman Ginting Suka, M.Si.

NIP 19570825 198603 1 002

Pembimbing II

Dr. Yanti Yulianti, S.Si., M.Si.

NIP 19751219 200012 2 003

2. Ketua Jurusan Fisika

Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng.

NIP 19710909 200012 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Pengaji

Ketua

: Drs. Ediman Ginting Suka, M.Si.

Sekretaris

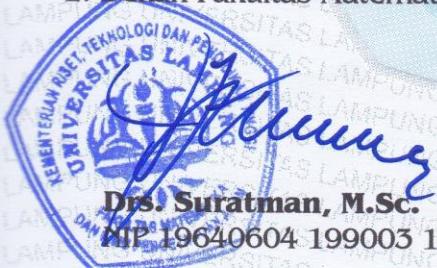
: Dr. Yanti Yulianti, S.Si., M.Si.

Pengaji

Bukan Pembimbing

: Suprihatin, S.Si., M.Si.

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Drs. Suratman, M.Sc.

NIP. 19640604 199003 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 16 Oktober 2019

PERNYATAAN

Pernyataan diataskan di Bandar Lampung pada tanggal 16 Oktober 2019.

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

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

Bandar Lampung, 16 Oktober 2019



Oricha Mutia Rani
NPM. 1517041045

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bermis, Banten, pada tanggal 17 Mei 1997. Penulis merupakan putri sulung dari pasangan Bapak Husni dan Ibu Welta. Penulis menyelesaikan pendidikan di SDN 1 Kotabatu Ranau pada tahun 2009, SMPN 1 BPR Ranau Tengah pada tahun 2012, dan SMAS Al-Azhar 3 Bandar Lampung pada tahun 2015.



Selanjutnya pada tahun 2015 penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di kegiatan kampus yaitu Himpunan Mahasiswa Fisika sebagai Sekretaris Bidang Sains dan Teknologi (SAINSTEK) pada tahun 2016-2017. Penulis melakukan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di PT. Bukit Asam Unit Tanjung Enim dengan judul “Perbedaan Analisa *Quick Test* dan *Normal Test* terhadap Nilai *Inherent Moisture* (IM), Sulfur dan Nilai Kalori Batubara Gerbong Kertapati”. Penulis juga pernah menjadi asisten praktikum Fisika Dasar, Elektronika Dasar, dan Fisika Eksperimen. Kemudian penulis melakukan penelitian “Pengaruh Inhibitor Ekstrak Daun Inai (*Lawsonia inermis L*) terhadap Laju Korosi Baja St37 dalam Larutan HCl 3%” sebagai tugas akhir di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

MOTTO

“Hasil tidak akan mengkhianati usaha, terus berusaha dan memberi yang terbaik dalam segala hal”

“Hiduplah seperti anda akan mati besok, dan berbahagialah seperti anda akan hidup selamanya”

“Bersyukur adalah cara terindah untuk menikmati hidup”

*Aku persembahkan karya kecilku ini
kepada*

ALLAH SWT

KEDUA ORANG TUAKU, YANG SELALU
MENDO'AKANKU, MENGASIHIKU, MENDUKUNGKU,
MENYEMANGATIKU, DAN SEBAGAI MOTIVATOR
TERBESAR DALAM HIDUPKU

ADIK-ADIKKU SERTA KELUARGA BESAR YANG
MENJADI PENYEMANGATKU

TEMAN SEPERJUANGANKU DAN ANGKATAN '15

ALMAMATER TERCINTA.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT, yang telah memberikan kesehatan dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“PENGARUH INHIBITOR EKSTRAK DAUN INAI (*Lawsonia inermis L*) TERHADAP LAJU KOROSI BAJA St37 DALAM LARUTAN HCl 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, 16 Oktober 2019

Penulis,

Oricha Mutia Rani

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT, karena atas kuasa-Nya penulis masih diberikan kesempatan untuk mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah banyak membantu dalam penyelesaian 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. Ibu Dr. Yanti Yulianti, S.Si., 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 Suprihatin, S.Si., M.Si, sebagai Pengaji yang telah mengoreksi kekurangan, memberi kritik dan saran selama penulisan skripsi.
4. Kedua orang tuaku Bapak Husni dan Ibu Welta yang luar biasa selalu menyemangatiku serta adik-adikku, Melani dan Kholil. Terimakasih untuk kehadirannya dalam hidupku yang senantiasa memberikan dukungan, do'a dan semangat yang luar biasa, serta kebersamaan sampai penulis menyelesaikan skripsi.

5. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T., sebagai Pembimbing Akademik, yang telah memberikan bimbingan serta nasehat dari awal perkuliahan sampai menyelesaikan tugas akhir.
6. Bapak Arif Surtono, S.Si., 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 tersayangku Nada, Wara dan Rianggi yang tak pernah lelah menemani dari semester awal kuliah hingga saat ini.
8. Seseorang yang mengasihi dan yang ‘ku kasihi, Fahrur Rozi terimakasih atas dukungan, doa, serta semangatnya.
9. Teman seperjuangan tugas akhir, Ani dan Putri yang telah banyak membantu menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Teman–teman Fisika angkatan 2015 yang selama ini memberikan semangat.
11. Kakak-kakak tingkat serta adik-adik tingkat dan semua teman-teman.

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

Bandar Lampung, 16 Oktober 2019

Penulis

Oricha Mutia Rani

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
HALAMAN JUDUL	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
PERNYATAAN.....	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	viii
PERSEMBAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL	xviii
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Batasan Masalah	6
D. Tujuan Penelitian.....	6
E. Manfaat Penelitian.....	7

II. TINJAUAN PUSTAKA

A.	Baja.....	8
1.	Baja Karbon.....	8
2.	Baja Paduan	10
3.	Baja Karbon St37	10
B.	Korosi	11
1.	Faktor Korosi.....	11
2.	Jenis-jenis Korosi	13
3.	Pencegahan Korosi	19
C.	Inhibitor	23
1.	Jenis-jenis Inhibitor	23
D.	Daun Inai (<i>Lawsonia inermis</i> L).....	25
1.	Klasifikasi Tumbuhan Inai	25
2.	Botani Tumbuhan Inai.....	26
E.	Tanin.....	26
F.	Asam Klorida.....	28
G.	<i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	30
H.	<i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM).....	33
1.	Sejarah SEM.....	34
2.	Prinsip Kerja SEM.....	35
3.	SEM yang Dilengkapi EDS	37

III. METODE PENELITIAN

A.	Tempat dan Waktu Penelitian	39
B.	Alat dan Bahan	39
C.	Preparasi Bahan	40
1.	Pembuatan larutan Inhibitor dari ekstrak daun inai	43
2.	Preparasi sampel baja (Pemotongan dan Pembersihan)	43
3.	Pembuatan medium korosif	44
4.	Penimbangan Massa Awal Sampel.....	44
5.	Perendaman	44
6.	Pembersihan dan Penimbangan Massa Akhir Sampel	45
7.	Perhitungan Laju Korosi.....	45
8.	Uji <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	46
9.	Uji <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) dan <i>Energy Dispersive Spectroscopy</i> (EDS)	46
D.	Kode Sampel	46

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A.	Perhitungan Laju Korosi.....	48
B.	Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	53
C.	Analisis <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) dan <i>Energy Dispersive Spectroscopy</i> (EDS)	59

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A.	Kesimpulan.....	68
----	-----------------	----

B. Saran 69

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Korosi seragam (Priyotomo, 2008)	14
2.2. Korosi dwi logam (Priyotomo, 2008)	14
2.3. Korosi celah (<i>crevise corrosion</i>) (Priyotomo, 2008)	15
2.4. Korosi sumuran (<i>pitting corrosion</i>) (Priyotomo, 2008)	15
2.5. Korosi erosi (Priyotomo, 2008)	16
2.6. Korosi retak tegang (Priyotomo, 2008)	16
2.7. Korosi batas butir (Priyotomo, 2008)	17
2.8. Peluluhan selektif (Priyotomo, 2008)	17
2.9. <i>Freeting corrosion</i> (Priyotomo, 2008)	18
2.10. Peronggaan (<i>cavitation</i>) (Priyotomo, 2008)	18
2.11. <i>Lawsonia inermis</i> L	25
2.12. Struktur Tanin	27
2.13. Sinar-X yang dihamburkan oleh atom-atom kristal yang berjarak d (Richman, 1967)	31
2.14. Skema SEM (Reed, 1993)	35
2.15. Sinyal hasil interaksi berkas elektron dengan sampel (Reed, 1993)	37
3.1. Diagram alir pembuatan ekstrak daun inai	40
3.2. Diagram alir pembuatan sampel baja	41
3.3. Diagram alir pembuatan medium korosif	41

3.4. Diagram alir proses korosi	42
4.1 Pengaruh konsentrasi inhibitor ekstrak daun inai terhadap laju korosi baja St37.....	50
4.2. Grafik hubungan konsentrasi inhibitor dengan efisiensi inhibitor ekstrak daun inai (<i>Lawsonia inermis L</i>).....	52
4.3. Difaktogram dari (a) St37 <i>raw</i> , (b) St37-In-9, (c) St37-Pb-2, (d) St37-In-5-M dan (e) St37-In-9-M	53
4.4. Hasil <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) (a) St37 <i>raw</i> , (b) St37-In-9, (c) St37-Pb-2, (d) St37-In-5-M dan (e) St37-In-9-M.....	60

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Komposisi kimia baja St37	11
2.2. Perbandingan nilai batas resolusi alat SEM	34
3.1. Konstanta laju korosi pada baja karbon	45
3.2. Kode Sampel	47
4.1. Data Penelitian Baja Karbon St37 dalam Larutan HCl 3%	49
4.2. Hasil perhitungan laju korosi baja karbon rendah St37	49
4.3. Efisiensi inhibitor ekstrak daun inai (<i>Lawsonia inermis L</i>)	51
4.4. Perbandingan hasil sampel ST37 <i>raw</i> dengan data <i>High Score Plus</i>	54
4.5. Perbandingan hasil sampel St37-In-9 dengan data <i>High Score Plus</i>	55
4.6. Perbandingan hasil sampel St37-In-5-M dengan data <i>High Score Plus</i>	56
4.7. Perbandingan hasil sampel St37-In-9-M dengan data <i>High Score Plus</i>	57
4.8. Perbandingan hasil sampel St37-Pb-2 dengan data <i>High Score Plus</i>	58
4.9. Hasil analisis EDS sampel St37 <i>raw</i>	63
4.10. Hasil analisis EDS sampel St37-In-9	64
4.11. Hasil analisis EDS sampel St37-In-5-M	65
4.12. Hasil analisis EDS sampel St37-In-9-M	66
4.13. Hasil analisis EDS sampel St37-Pb-2	67

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Baja dan besi banyak digunakan di masyarakat, mulai dari peralatan rumah tangga, sekolah, gedung, mobil, motor, dan lain-lain. Tidak hanya dalam masyarakat, penggunaan baja dan besi dalam suatu industri memegang peranan penting. Alat dan mesin serta instalasi dalam industri hampir 90% berasal dari bahan logam. Akan tetapi logam memiliki kelemahan yaitu mudah terkorosi, sehingga dapat mengakibatkan kegagalan produksi pada komponen industri (Budianto, 2009).

Kata korosi berasal dari bahasa latin yaitu *corrodere* yang artinya perusakan logam atau berkarat. Korosi adalah salah satu proses perusakan material khususnya logam, akibat terjadinya reaksi logam tersebut dengan lingkungannya oleh karena itu bahan-bahan yang terbuat dari logam atau paduannya dapat mengalami kerusakan akibat terserang korosi (Pattireuw, 2013).

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). Dampak yang dapat ditimbulkan akibat kerusakan oleh 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, perlindungan katodik, 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. Inhibitor korosi dapat didefinisikan sebagai suatu zat yang apabila ditambahkan dalam jumlah sedikit ke dalam lingkungan akan menurunkan serangan korosi lingkungan terhadap logam (Handayani, 2010).

Umumnya inhibitor korosi berasal dari senyawa-senyawa organik dan anorganik (Aidil, 1972). Inhibitor anorganik adalah inhibitor yang diperoleh dari mineral-mineral yang tidak mengandung unsur karbon dalam senyawanya (Haryono dan Sugiarto, 2010). Penggunaan inhibitor dari senyawa anorganik seperti nitrit (NO_2), kromat (CrO_4), fosfat (PO_4) telah banyak digunakan. Tetapi penggunaan inhibitor tersebut tidak ramah lingkungan (Ameer, 2000), sehingga untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan inhibitor korosi yang ramah lingkungan. Inhibitor organik adalah inhibitor yang berasal dari bagian tumbuhan yang mengandung tanin.

Tanin merupakan zat kimia yang terdapat pada daun, akar, kulit, buah dan batang tumbuhan (Haryati, 2008). Senyawa ekstrak bahan alam yang dijadikan inhibitor harus 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). Salah satu jenis tumbuhan yang mengandung tanin pada bagian daunnya adalah tumbuhan inai atau *Lawsonia inermis L* (Zubardiah, 2008).

Tumbuhan inai atau yang lebih dikenal dengan tanaman pacar kuku mempunyai banyak khasiat seperti antimikroba, antioksidan, anti-iritan, anti karsinogenik, anti inflamasi, analgetik, dan antipiretik. Selain itu tanaman inai juga berfungsi sebagai antirheumatic, anti *neuralgic agent* dan juga sebagai anti *diabetic agent*. Tanaman ini memiliki kandungan utama senyawa aktif, seperti alkaloid, glikosida, flavonoid, fenol, saponin, tanin, dan minyak atsiri. Fenol dan flavonoid merupakan senyawa aktif yang paling banyak ditemukan. Beberapa penelitian tentang tanaman inai telah dilakukan, salah satunya oleh Wiem tentang fenolat total yang terdapat pada daun inai atau pacar kuku. Dilaporkan juga bahwa komponen fenol yang terdapat pada daun inai memiliki daya antioksidan. Antioksidan adalah senyawa kimia pemberi elektron yang dapat meredam radikal bebas (Husni, 2018).

Literatur ilmiah mengenai korosi telah mencatat sejumlah penelitian tentang ekstrak tumbuhan yang memiliki sifat inhibisi korosi baja karbon (*mild steel*) dalam larutan asam. Ekstrak tumbuhan yang dimaksud adalah dari bagian daun, batang, buah, ataupun akar tumbuhan. Telah dilaporkan bahwa ekstrak daun

Lawsonia inermis L. atau inai dengan efisiensi inhibisi mencapai 81,96% (Handayani, 2010), ekstrak daun *Camellia sinensis* atau teh dengan efisiensi inhibisi mencapai 66,03% (Pakpahan, 2015), ekstrak daun *Pandanus amaryllifolius* atau pandan dengan efisiensi inhibisi mencapai 79,83% (Ulum, 2018), ekstrak daun *Annona squamosa* atau srikaya dengan efisiensi inhibisi mencapai 92% (Lebrini, 2010), ekstrak kulit *Aegle marmelos* atau buah maja dengan efisiensi inhibisi mencapai 85,71% (Rasitiani, 2018) dan ekstrak kulit *Theobroma cacao* atau kakao dengan efisiensi inhibisi mencapai 73,60% (Mardova, 2018) merupakan diantara inhibitor korosi bahan alam yang efektif pada korosi baja karbon dalam larutan asam.

Penelitian sebelumnya oleh Handayani (2010) mengenai pengaruh inhibitor ekstrak daun inai (*Lawsonia inermis L*) terhadap laju korosi baja St37 diukur dengan metode pengurangan massa dengan medium korosif HNO_3 dalam konsentrasi 0 N ; 0,1 N ; 0,2 N ; 0,3 N ; 0,4 N dan 0,5 N serta waktu perendaman selama 1 hari sampai dengan 10 hari. Pada variasi waktu perendaman konsentrasi HNO_3 adalah 0,5 N. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini laju korosi baja karbon St.37 yang sudah dilapisi oleh ekstrak daun inai 50g/1000mL lebih kecil dibandingkan tanpa dilapisi ekstrak daun inai dengan efisiensi inhibisinya berturut turut dari konsentrasi HNO_3 0 N sampai dengan 0,5 N adalah 81,96 % ; 78,92% ; 53,74% ; 44,85% ; 44,45% dan 39,65%. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak daun inai mampu menghalangi serangan nitrat terhadap baja karbon St37 sehingga proses korosi berlangsung lambat. Berdasarkan hasil pengujian pada baja St37 diperoleh bahwa laju korosi tertinggi untuk sampel yang dikorosikan dalam HNO_3

adalah $0,0112 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{hari}$ pada konsentrasi 0,5 N. Disamping itu penambahan ekstrak daun inai sebanyak 50g/1000ml kedalam larutan HNO_3 dapat menurunkan laju korosi. Kesimpulan yang didapat berdasarkan hasil pengujian korosi pada baja karbon St37 bahwa penambahan ekstrak daun inai sebanyak 50g/1000ml ke dalam larutan HNO_3 terbukti dapat menurunkan laju korosi baja karbon tersebut.

Pada penelitian kali ini, ekstrak daun inai (*Lawsonia inermis L*) dimanfaatkan sebagai inhibitor korosi baja karbon St37 yang direndam dalam larutan HCl 3%. Penelitian ini bertujuan untuk melihat laju korosi pada baja karbon St37 dalam medium korosif HCl 3% dengan penambahan inhibitor 0%, 3%, 5%, 7% dan 9% dengan lama perendaman selama 6 hari. Selain itu pada penelitian ini juga digunakan inhibitor pabrikan (air radiator anti karat mobil) sebagai inhibitor lain. Sampel baja hasil korosi dikarakterisasi dengan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk melihat fasa pada baja, *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk melihat struktur mikro dan *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) untuk melihat produk-produk korosi yang terjadi serta menentukan laju korosi menggunakan metode pengurangan massa.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh penambahan konsentrasi inhibitor ekstrak daun inai (*Lawsonia inermis L*) dalam medium korosif HCl 3% terhadap laju korosi pada baja karbon St37?

2. Apakah ekstrak daun inai (*Lawsonia inermis L*) efisien dalam menghambat korosi pada baja karbon St37?
3. Bagaimana struktur mikro, fasa, dan produk-produk korosi yang dihasilkan pada baja karbon St37 setelah direndam dalam larutan HCl 3% ?

C. Batasan Masalah

Pada penelitian ini, batasan masalah yang digunakan adalah:

1. Sampel yang digunakan adalah baja karbon rendah St37.
2. Medium korosif yang digunakan adalah larutan HCl dengan konsentrasi 3%.
3. Perendaman baja pada medium korosif ditambah inhibitor ekstrak daun inai (*Lawsonia inermis L*) dengan konsentrasi 0%, 3%, 5%, 7% dan 9% selama 6 hari.
4. Inhibitor pabrikan yang digunakan adalah air radiator anti karat mesin mobil dengan nama dagang “*TOP ONE*”.
5. Laju korosi dihitung dengan metode pengurangan massa.
6. Karakterisasi yang dilakukan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Energi Dispersive Spectroscopy* (EDS).

D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah:

1. Mengetahui perbandingan pengaruh penambahan konsentrasi inhibitor ekstrak daun inai (*Lawsonia inermis L*) dalam medium korosif HCl 3% terhadap laju korosi pada baja karbon St37.

2. Mengetahui efisiensi dari ekstrak daun inai (*Lawsonia inermis L*) pada baja karbon St37 dengan perlakuan yang diberikan.
3. Mengetahui struktur mikro, fasa, dan produk-produk korosi yang dihasilkan pada baja karbon St37 setelah direndam dalam larutan HCl 3%.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi tentang manfaat daun inai (*Lawsonia inermis L*) sebagai inhibitor korosi pada baja karbon.
2. Memberikan informasi mengenai pengaruh konsentrasi larutan inhibitor ekstrak daun inai (*Lawsonia inermis L*) pada baja St37 dengan medium korosif HCl 3%.
3. Dapat menjadi tambahan referensi di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, terutama di Jurusan Fisika.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Baja

Baja adalah logam paduan antara besi (Fe) dan karbon (C), dimana besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,2% hingga 17% berat sesuai *grade*-nya. Dalam proses pembuatan baja terdapat unsur-unsur lain selain karbon yang tertinggal di dalam baja seperti mangan (Mn), silikon (Si), kromium (Cr), vanadium (V) dan unsur lainnya (Surdia, 1999).

Menurut ASM handbook, baja dapat diklasifikasikan berdasarkan komposisi kimianya yaitu baja karbon dan baja paduan.

1. Baja Karbon

Baja karbon hanya terdiri dari besi dan karbon. Karbon merupakan unsur pengeras besi yang efektif dan murah. Oleh karena itu, pada umumnya sebagian besar baja hanya mengandung karbon dengan sedikit unsur paduan lainnya. Perbedaan persentase kandungan karbon dalam campuran logam baja menjadi salah satu pengklasifikasian baja. Berdasarkan kandungan karbon, baja dibagi menjadi tiga macam yaitu:

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

Baja karbon rendah adalah baja yang mengandung karbon kurang dari 0,3%.

Baja karbon rendah merupakan baja yang paling murah diproduksi diantara semua karbon, mudah di *machining* dan dilas, serta keuletan dan ketangguhannya yang sangat tinggi, tetapi kekerasannya rendah dan tahan aus. Sehingga baja jenis ini dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan komponen bodi mobil, struktur bangunan, pipa gedung, jembatan, kaleng, pagar dan lain-lain.

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

Baja karbon menengah adalah baja yang mengandung karbon 0,3%-0,6%. Baja ini memiliki kelebihan jika dibandingkan dengan baja karbon rendah yaitu kekerasannya lebih tinggi, kekuatan tarik dan batas renggang yang lebih tinggi, tidak mudah dibentuk oleh mesin, lebih sulit digunakan untuk pengelasan, dan dapat dikeraskan (*quenching*) dengan baik. Baja karbon menengah dapat digunakan untuk poros, rel kereta api, roda gigi, pegas, baut, komponen mesin yang membutuhkan kekuatan tinggi dan lain-lain.

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

Baja karbon tinggi adalah baja yang mengandung kandungan karbon 0,6%-1,7% dan memiliki ketahanan panas yang tinggi, namun keuletannya lebih rendah. Baja karbon tinggi mempunyai kuat tarik yang paling tinggi dan banyak digunakan untuk material *tools*. Salah satu aplikasi dari baja ini adalah dalam pembuatan kawat baja dan kabel baja. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung di dalam baja, maka baja karbon ini banyak

digunakan dalam pembuatan pegas dan alat-alat perkakas seperti palu, gergaji dan lain-lain (ASM handbook, 1993).

2. Baja Paduan

Baja paduan adalah baja yang dicampur dengan satu atau lebih unsur campuran, seperti nikel, mangan, kromium dan wolfram, 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 Ni dan Cr akan menghasilkan baja yang mempunyai sifat keras dan ulet.

Berdasarkan kadar paduannya, baja paduan dibagi menjadi tiga macam yaitu:

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

Baja paduan rendah merupakan baja paduan yang elemen paduannya kurang dari 2,5% wt misalnya unsur Cr, Mn, S, Si, P dan lain-lain.

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

Baja paduan menengah merupakan baja paduan yang elemen paduannya 2,5%-10% wt, misalnya unsur Cr, Mn, Ni, S, Si, P dan lain-lain.

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

Baja paduan tinggi merupakan baja paduan yang elemen paduannya lebih dari 10% wt, misalnya unsur Cr, Mn, Ni, S, Si, P dll (Amanto dan Daryanto, 1999).

3. Baja Karbon St37

Baja St37 adalah baja yang digunakan untuk konstruksi dan industri perpipaan dan diproduksi berdasarkan standar DIN (Jerman) dengan kekuatan tarik sebesar

37 MPa. Baja St37 mempunyai kadar karbon sebesar 0,13% dan tergolong dalam baja karbon rendah. Komposisi kimia baja St37 yang bersumber dari Laboratorium LIPI pada tahun 2016 dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Komposisi kimia baja St37

No.	Unsur	Komposisi (%)
1	Karbon (C)	0,1340
2	Mangan (Mn)	1,1900
3	Silikon (Si)	0,2470
4	Fosfor (P)	0,0220
5	Sulfur (S)	0,0020
6	Tembaga (Cu)	0,0110
7	Nikel (Ni)	0,0190
8	Molibden (Mo)	0,0030
9	Krom (Cr)	0,0250
10	Vanadium (V)	0,0004
11	Titanium (Ti)	0,0090
12	Besi (Fe)	98,200

B. Korosi

Korosi merupakan suatu peristiwa kerusakan atau penurunan kualitas suatu logam akibat bereaksi dengan lingkungannya yang terjadi secara elektrokimia. Kondisi lingkungan yang sering menyebabkan terjadinya korosi pada logam adalah udara dan air (Fontana dan Greene, 1986).

1. Faktor Korosi

Menurut Trethewey dan Chamberlin (1991), ada beberapa faktor penyebab terjadinya korosi antara lain adalah udara, air, tanah dan zat-zat kimia.

a. Udara

Udara adalah suatu campuran gas yang terdapat pada lapisan bumi dan komposisi campuran gas tersebut tidak selalu konsisten. Adanya oksigen yang terdapat di dalam udara dapat bersentuhan dengan permukaan logam yang lembab sehingga kemungkinan terjadi korosi lebih besar.

b. Air

Air dapat dibedakan atas air laut dan air tawar. Air laut merupakan larutan yang mengandung berbagai macam unsur yang bersifat korosif. Jumlah garam dapat dinyatakan dengan salinitas, yaitu jumlah bahan-bahan padat yang terlarut dalam satu kilogram air laut. Karena banyaknya bahan-bahan padat yang terdapat dalam air laut maka akan mempengaruhi laju korosi suatu bahan logam.

Air laut sangat mempengaruhi laju korosi dari logam yang dilalui atau yang kontak langsung dengannya. Hal ini dikarenakan air laut mempunyai konduktivitas yang tinggi dan memiliki ion klorida yang dapat menembus permukaan logam (Kirk dan Othmer, 1965).

Air tawar seperti air sungai, air danau atau air tanah dapat mengandung berbagai macam garam alami, asam, oksigen, dan zat-zat kimia lain yang berasal dari susunan geologi dan mineral dari daerah yang bersangkutan. Biasanya zat terlarut yang membentuk asam, misalnya belerang dioksida, karbon dioksida dan sebagainya akan mempercepat laju korosi (Sulaiman, 1978).

c. Tanah

Di dalam tanah, korosi terjadi pada pipa, kabel, dan pada pondasi logam yang terendam di dalamnya. Tiang baja yang dikubur jauh di dalam tanah yang sudah lama tidak digali akan terkena korosi karena kurangnya oksigen dalam tanah. Pada pemasangan pipa di dalam tanah, tanah yang digali dan kemudian ditutup lagi memungkinkan adanya oksigen terkurung di dalam tanah, sehingga dapat menyebabkan korosi. Korosi elektrokimia dapat terjadi dalam tanah akibat adanya arus listrik yang disebabkan oleh kebocoran arus listrik dari kabel jalan rel kereta api atau sumber-sumber lain. Tanah harus dianalisis terlebih dahulu sebelum logam-logam dimasukkan ke dalamnya, karena tanah dapat mengandung berbagai macam zat kimia dan mineral yang korosif. Setelah dianalisis, kita dapat menentukan usaha perlindungan yang tepat terhadap logam-logam tersebut dari serangan korosi di dalam tanah.

d. Zat-zat kimia

Zat kimia yang dapat menyebabkan korosi antara lain asam, basa dan garam, baik dalam bentuk cair, padat maupun gas. Pada umumnya, korosi oleh zat kimia pada suatu material dapat terjadi bila material mengalami kontak langsung dengan zat kimia tersebut (Trethewey dan Chamberlin, 1991).

2. Jenis-jenis Korosi

Jenis-jenis korosi sangatlah banyak. Secara umum jenis-jenis korosi dibedakan menjadi:

a. Korosi seragam

Korosi seragam merupakan jenis korosi yang dikarakterisasikan oleh reaksi kimia atau elektrokimia dengan penampakan produk korosi dan peronggaan skala besar dan merata, dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Korosi seragam.

Korosi merata merupakan bentuk korosi yang sering terjadi dan banyak dijumpai pada besi yang terendam dalam larutan asam. Jenis korosi ini terlihat secara merata pada permukaan logam dengan intensitas sama, yang akan menjadi tipis secara merata pada permukaannya dengan kecepatan yang hampir sama, sehingga daerah-daerah anoda dan katoda tersebar pada seluruh permukaan. Contohnya sebatang besi (Fe) atau seng (Zn) direndam dalam larutan H_2SO_4 , keduanya akan larut dengan laju yang merata pada permukaan logam (Fontana dan Greene, 1986).

b. Korosi Dwi Logam (*galvanic corrosion*)

Korosi jenis ini merupakan hal yang umum terjadi pada kehidupan sehari-hari. Untuk contoh korosi dwi logam dapat dilihat pada Gambar 2.2.

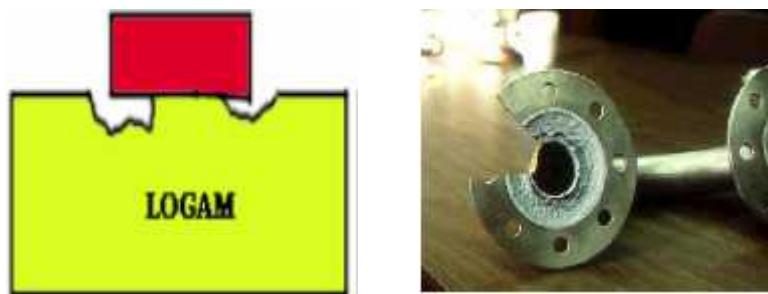


Gambar 2.2. Korosi dwi logam.

Korosi galvanik adalah jenis korosi yang terjadi antara dua buah logam dengan nilai potensial berbeda saat dua buah logam bersatu dalam suatu elektrolit yang korosif.

c. Korosi celah (*crevicle corrosion*)

Untuk lebih jelas mengenai korosi jenis ini, penampakan korosi celah (*crevicle corrosion*) dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Korosi celah (*crevicle corrosion*).

Jenis korosi lokal yang terjadi antara dua buah material baik logam-logam atau logam-non logam yang mempunyai celah antara keduanya, sehingga mengakibatkan terjadinya perbedaan konsentrasi oksigen (*differential oxygen*).

d. Korosi sumuran (*pitting corrosion*)

Untuk mempermudah memahami korosi sumuran (*pitting corrosion*) dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Korosi sumuran (*pitting corrosion*).

Korosi sumuran merupakan jenis korosi yang menyerang secara lokal selektif yang menghasilkan bentuk-bentuk permukaan lubang-lubang di logam.

e. Korosi erosi

Jenis korosi ini terjadi pada industri yang mengalirkan minyak memakai pipa.

Contoh dari korosi ini dapat dilihat pada Gambar 2.5.

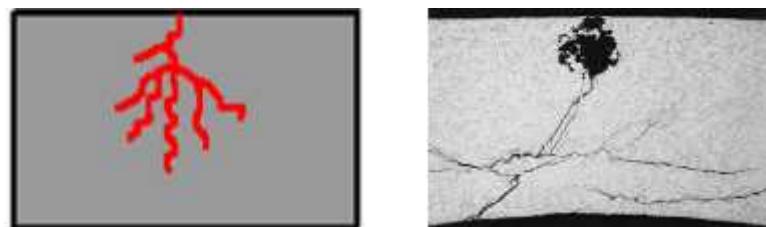


Gambar 2.5. Korosi erosi.

Korosi erosi merupakan jenis korosi yang menggunakan proses mekanik melalui pergerakan relatif antara aliran gas atau cairan korosif dengan logam.

f. Korosi retak tegang (*stress corrosion cracking*)

Korosi jenis ini sering terjadi dalam logam yang mengalami keretakan. Untuk mempermudah memahami korosi jenis ini dapat dilihat pada Gambar 2.6.

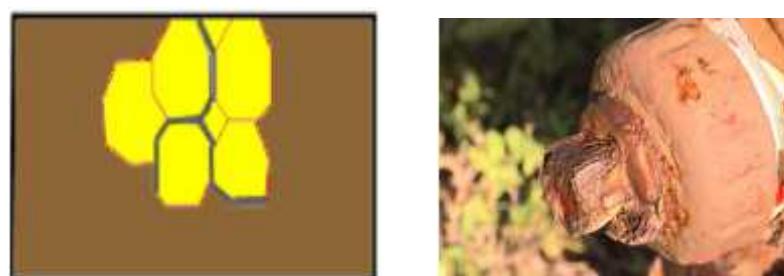


Gambar 2.6. Korosi retak tegang.

Korosi retak tegang merupakan jenis korosi yang disebabkan kehadiran secara simultan tegangan tarik (*tensile stress*) dan media korosif yang menyebabkan terjadi penampakan retak di dalam logam.

g. Korosi batas butir (*intergranular corrosion*)

Untuk mempermudah dalam memahami korosi batas butir, dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Korosi batas butir.

Korosi batas butir merupakan korosi yang secara lokal menyerang batas butir-butir logam sehingga butir-butir logam akan hilang atau kekuatan mekanik dari logam akan berkurang, Korosi ini disebabkan adanya kotoran (*impurity*)

batas butir, adanya unsur yang berlebih pada sistem perpaduan atau penghilangan salah satu unsur pada daerah batas butir.

h. Peluluhan selektif (*selective leaching/dealloying*)

Korosi jenis ini secara visual dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Peluluhan selektif.

Peluluhan selektif atau *dealloying* merupakan penghilangan salah satu unsur dari paduan logam oleh proses korosi.

i. *Fretting corrosion*

Fretting corrosion terjadi karena ada pergerakan oleh beban, secara visual dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9. *Fretting corrosion*.

Fretting corrosion merupakan jenis korosi yang terjadi pada dua permukaan kontak logam dengan beban yang besar bergerak dengan gerak vibrasi pada permukaan logam dasar di lingkungan korosif.

j. Peronggaan (*Cavitation*)

Peronggaan (*cavitation*) terjadi saat tekanan operasional cairan turun di bawah tekanan uap gelembung-gelembung gas yang dapat merusak permukaan logam dasar. Secara visual dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10. Peronggaan (*cavitation*).

3. Pencegahan Korosi

Proses korosi dapat dicegah dengan melihat berbagai aspek yang mempengaruhi proses korosi tersebut. Aspek-aspek dalam pencegahannya yaitu:

a. Seleksi Material

Metode yang sering digunakan dalam pencegahan korosi yaitu seleksi material dengan pemilihan logam atau paduan yang ditempatkan dalam suatu lingkungan korosif tertentu. Beberapa contoh material yaitu:

1. Baja Karbon

Logam struktur sering menggunakan baja karbon karena baja karbon secara ekonomis relatif murah, banyak sekali variasi jenis baja karbon dan dapat dikerjakan untuk permesinan, pengelasan dan pembuatan dalam berbagai bentuk. Beberapa jenis baja karbon dapat terjadi korosi perapuhan hidrogen

(*hydrogen embrittlement*, korosi seragam, *stress corrosion*, korosi galvanik dan sebagainya.

2. Baja Stainless

Baja stainless umumnya sebagai alternatif pengganti baja karbon. Banyak jenis baja stainless yaitu *martensitic stainless steel*, *ferritic stainless steel*, *austenitic stainless steel* dan *precipitation-hardening stainless steel*. Umumnya *austenitic stainless steel* (seri 300) terdiri dari unsur pembentuk utama besi dan unsur krom 18% dan nikel 8%. Secara umum baja jenis ini tahan terhadap korosi, tetapi kurang tahan terhadap korosi sumuran, korosi celah dan korosi retak tegang pada beberapa lingkungan.

3. Paduan Aluminium

Paduan aluminium umumnya digunakan di bidang penerbangan, otomotif dan sebagainya karena mempunyai ketahanan terhadap korosi atmosfer, sayangnya sifat protektif dari lapisan film oksida aluminium yang membentuk paduan dapat pecah secara lokal dan akan mengakibatkan kegagalan korosi pada lokasi pecahnya lapisan protektif itu. Lapisan protektif atau lapisan pasif yang pecah akan mengakibatkan jenis korosi batas butir (*intergranular corrosion*) sehingga akan terjadi pelepasan butir-butir logam dari logam ke lingkungan (*exfoliation corrosion*).

4. Paduan Tembaga

Perunggu dan kuningan umumnya digunakan untuk material perpipaan, katup-katup dan perkakas (perabotan). Material tersebut rentan terhadap korosi retak tegang (*stress corrosion cracking*) saat di lingkungan bersenyawa amonia, *dealloying* dan menyebabkan korosi dwi logam saat

dipasangkan dengan baja atau struktur logam lainnya. Umumnya paduan-paduan tembaga relatif lunak sehingga rentan terjadi korosi erosi.

5. Titanium

Titanium merupakan salah satu logam yang ada di alam dalam jumlah terbatas, sehingga relatif mahal saat pembuatannya. Aplikasi logam ini umumnya sebagai bahan industri antariksa dan industri proses kimia. Dua jenis paduan titanium secara umum yaitu paduan ruang angkasa (*aerospace alloy*) dan paduan tahan korosi. Walaupun mempunyai ketahanan lebih dari material logam lainnya, korosi celah masih dapat terjadi.

b. Proteksi katodik

Proteksi katodik adalah jenis perlindungan korosi dengan menghubungkan logam yang mempunyai potensial lebih tinggi ke struktur logam sehingga tercipta suatu sel elektrokimia dengan logam berpotensial rendah bersifat katodik dan terproteksi.

c. Pelapisan (*coating*)

Prinsip umum dari pelapisan (*coating*) yaitu melapisi logam induk dengan suatu bahan atau material pelindung. Jenis-jenis pelapisan sebagai pelindung proses korosi dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu pelapisan organik, anorganik dan logam.

1. Pelapisan logam dan anorganik

Pelapisan logam dan anorganik dengan ketebalan tertentu dapat memberikan pembatas antara logam dan lingkungannya.

Metode pelapisan dengan logam:

a. *Electroplating* (Penyepuhan listrik)

Komponen yang akan dilapisi dan batangan atau pelat logam direndam dalam suatu larutan elektrolit yang mengandung garam-garam logam bahan penyepuh. Kemudian suatu potensial diberikan, sehingga komponen sebagai katoda dan batangan logam penyepuh menjadi anoda. Ion-ion logam penyepuh dari larutan akan mengendap ke permukaan komponen sementara dari anoda ion-ion akan terlarut.

b. *Hot dipping* (Pencelupan panas)

Komponen dicelupkan ke dalam wadah besar berisi logam pelapis yang meleleh (dalam keadaan cair). Antara logam pelapis dan logam yang dilindungi terbentuk ikatan secara metallurgi yang baik karena terjadinya proses perpaduan antarmuka (*interface alloying*).

c. *Flame spraying* (Penyemprotan dengan semburan api)

Logam pelapis berbentuk kawat diumpulkan pada bagian depan penyembur api hingga meleleh, kemudian segera dihembuskan dengan tekanan yang tinggi menjadi butiran-butiran halus. Butiran-butiran halus dengan kecepatan 100-150 m/s menjadi pipih saat menumbuk permukaan logam dan melekat.

2. Pelapisan Organik

Pelapisan ini memberikan batasan-batasan antara material dasar dan lingkungan. Pelapis organik antara lain: cat, vernis, enamel, selaput organik dan sebagainya.

d. Perubahan media dan inhibitor

Perubahan media lingkungan bertujuan untuk mengurangi dampak korosi.

Parameter-parameter umum yaitu:

- Penurunan temperatur
- Penurunan laju alir larutan elektrolit
- Menghilangkan unsur oksigen atau oksidiser
- Perubahan konsentrasi
- Inhibitor (Priyotomo, 2008).

C. Inhibitor

Inhibitor korosi adalah suatu senyawa organik atau anorganik yang apabila ditambahkan dalam jumlah relatif sedikit ke dalam sistem logam akan efektif menurunkan laju korosi logam. Syarat umum suatu senyawa yang dapat digunakan sebagai inhibitor korosi adalah senyawa-senyawa yang mampu membentuk senyawa kompleks atau memiliki gugus fungsi yang mampu membentuk ikatan kovalen koordinasi (Dalimunthe, 2004).

1. Jenis-jenis Inhibitor

Berdasarkan materialnya, inhibitor korosi terbagi menjadi dua, yaitu inhibitor organik dan anorganik.

a. Inhibitor anorganik

Inhibitor anorganik dapat menginhibisi material logam secara anodik atau katodik karena memiliki gugus aktif (Wiston, 2000). Inhibitor ini terdiri dari beberapa senyawa anorganik seperti fosfat, kromat, dikromat, silikat, borat,

molibdat dan arsenat. Senyawa-senyawa tersebut sangat berguna dalam aplikasi pelapisan korosi, namun inhibitor ini memiliki kelemahan yaitu bersifat toksik (Ameer, 2000).

b. Inhibitor organik

Inhibitor organik berperan sebagai inhibitor anodik dan katodik karena dapat menginhibisi reaksi anodik dan katodik, sehingga akan terjadi penurunan laju korosi yang ditandai dengan melambatnya reaksi anodik, reaksi katodik atau bahkan kedua reaksi tersebut (Argrawal, 2004). Senyawa yang digunakan sebagai inhibitor organik adalah senyawa heterosiklik yang mengandung atom nitrogen, sulfur atau oksigen yang mempunyai elektron bebas (Stupnisek, 2002).

Inhibitor dapat mempengaruhi seluruh permukaan dari suatu logam yang terkorosi apabila digunakan dalam konsentrasi yang cukup. Efektifitas dari inhibitor ini bergantung pada komposisi kimia, struktur molekul, dan permukaan logam. Inhibitor organik diklasifikasikan ke dalam 2 bentuk, yaitu sintetik dan alami. Inhibitor sintetik dapat menghambat laju korosi logam, namun inhibitor ini sangat berbahaya terhadap manusia dan lingkungan karena inhibitor sintetik bersifat toksik. Sedangkan untuk inhibitor organik alami bersifat non-toksik dan ramah lingkungan karena berasal dari senyawa bahan alam seperti tumbuh-tumbuhan (Oguzie, 2007) dan hewan (Cheng, 2007) yang 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).

D. Daun Inai (*Lawsonia inermis L*)

Lawsonia inermis L adalah suatu tumbuhan berbunga, spesies tunggal dari genus *Lawsonia* dari famili Lythraceae merupakan tumbuhan asli daerah tropis dan subtropis. Di Indonesia *Lawsonia inermis L* mempunyai nama yang berbeda-beda, yaitu, pacar kuku atau pacar petok (Jawa), Inaiparasi (Sumatera), gaca ineng (Aceh), daun laka (Ambon), kacar (Gayo), ine (Batak), inae batang (Minangkabau), bunga laka (Timor), daun laka (Ambon), kayu laka (Menado), pacar kuku (Jawa Tengah dan Sunda), pacar (Madura), pacar (Dayak), tilangga tutu (Gorontalo), kolondigi (Buol), karuntigi (Ujung pandang), pacel (Bugis), bunga jari (Halmahera), laka bobudo (Ternate), dan laka kahori (Tidore).



Gambar 2.11. *Lawsonia inermis L.*

1. Klasifikasi Tumbuhan Inai

Klasifikasi tumbuhan Inai adalah sebagai berikut:

Divisio : Spermatophyta

Subdivisio : Angiospermae

Classis : Dicotyledonae

Subclassis : Dialypetalae

Ordo	: Myrtales
Famili	: Lythraceae
Genus	: <i>Lawsonia</i>
Spesies	: <i>Lawsonia inermis L.</i>

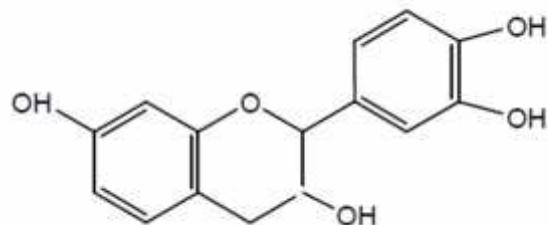
2. Botani Tumbuhan Inai

Lawsonia inermis L merupakan tumbuhan semak belukar dengan ukuran tinggi 2 sampai 6 m. Akar tunggang berwarna kuning muda, batang berkayu berbentuk bulat, berduri dan berwarna putih kotor. Daun lonjong, letaknya berhadapan, bentuk bulat telur, ujung dan pangkal runcing, tepi rata, pertulangan menyirip dan berwarna hijau. Bunga majemuk berbentuk malai, mahkota berbentuk ginjal dan berwarna kemerahan. Buah berbentuk kotak dan berwarna hitam. Pohon *Lawsonia inermis L* dapat mencapai ketinggian 8 sampai 10 kaki dan biasa digunakan untuk pagar, ada yang berduri maupun tidak berduri, memiliki bunga kecil-kecil dengan warna berbeda-beda dan beraroma wangi. Daun *Lawsonia inermis L* memiliki substansi zat warna yang bervariasi mulai dari merah, kuning tua, coklat kemerahan sampai coklat, selain itu juga mengandung *hennotannicacid* yaitu suatu bahan penyamak (Zubardiah, 2008).

E. Tanin

Tanin merupakan zat organik yang sangat kompleks dan terdiri dari senyawa fenolik. Pada tumbuh-tumbuhan, senyawa tanin terdapat pada bagian kulit kayu, batang, daun dan buah. Beberapa jenis tanaman yang dapat menghasilkan tanin, antara lain: tanaman pinang, daun sirsak, daun teh, tanaman akasia, gabus, bakau,

pinus, kulit manggis, kulit kakao dan gambir. Struktur tanin dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12. Struktur Tanin.

Dilihat dari struktur kimianya, tanin memiliki rumus empiris $C_{14}H_{14}O_{11}$ dengan berat molekul antara 500-2000 (Harborne, 1984).

Ekstraksi merupakan proses penarikan komponen/ zat aktif suatu simpliasi menggunakan pelarut tertentu. Prinsip ekstraksi didasarkan pada distribusi zat terlarut dengan perbandingan tertentu antara dua pelarut yang tidak saling bercampur (Khopar, 2002). 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 maserasi, perkolasai dan sokletasi (Harborne, 1984).

Merasasi 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).

F. Asam Klorida

Asam klorida adalah larutan akuatik dari gas hidrogen klorida (HCl). HCl merupakan asam kuat, yang merupakan komponen utama dalam asam lambung. Senyawa ini juga digunakan secara luas dalam industri. Asam klorida harus ditangani dengan hati-hati, karena merupakan cairan yang sangat korosif, berbau menyengat dan berbahaya. Asam klorida pertama kali ditemukan sekitar tahun 800 M oleh ahli kimia Jabir bin Hayyan (Geber) dengan mencampurkan natrium klorida dengan asam sulfat. Jabir menemukan banyak senyawa-senyawa kimia penting lainnya, dan mencatat penemuannya ke dalam lebih dari dua puluh buku (Van Dorst, 2004; Leicester, 1971).

Hidrogen klorida (HCl) adalah asam monoprotik, yang berarti bahwa ia dapat berdisosiasi melepaskan satu H^+ hanya sekali. Dalam larutan asam klorida, H^+ ini bergabung dengan molekul air membentuk ion hidronium, H_3O^+ .



Ion lain yang terbentuk adalah ion klorida (Cl^-). Asam klorida oleh karenanya dapat digunakan untuk membuat garam klorida, seperti natrium klorida. Asam klorida adalah asam kuat karena ia berdisosiasi penuh dalam air.

Asam klorida adalah larutan gas HCl dalam air. Kelarutan gas HCl ini dalam air dapat mencapai 450 liter per liter air pada suhu 0°C dan tekanan 1 atmosfer. Gas

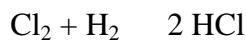
HCl tidak berwarna, membentuk kabut jika terkena udara lembab, baunya sangat menusuk dan sangat asam. Udara yang mengandung 0,004% gas tersebut dapat membunuh. Asam klorida pekat yang murni berupa cairan tidak berwarna, sedangkan yang teknis berwarna agak kuning karena mengandung feri. Asam klorida pekat memiliki massa jenis $1,19 \text{ gr/cm}^3$ dan memiliki kadar sebesar 38%. Asam klorida adalah asam yang sangat kuat, dapat melarutkan hampir semua logam, termasuk Pb pada kondisi panas, kecuali logam-logam mulia.

Cara pembuatan asam klorida adalah:

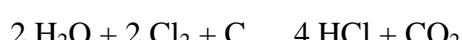
1. Menurut cara Leblanc, HCl dapat dibuat dengan memanaskan hablur NaCl dengan asam sulfat pekat.



2. Dari unsur-unsurnya pada suhu tinggi (600°C), dilakukan dalam pipa kwarsa yang dipanaskan.



3. Dari kokas yang dipijarkan dialiri gas klor dan uap air panas (900°C)



Selanjutnya, kegunaan asam klorida adalah:

1. Di laboratorium digunakan sebagai pengasam, menurunkan pH, penetralk basa, membuat gas klor, gas karbon dioksida dan membuat garam-garam klorida (FeCl_3 , CaCl_2 , KCl dan sebagainya).
2. Dalam aneka industri digunakan dalam pembuatan cat celup, hidrolisis pati menjadi glukosa, dekstrin, membersihkan logam (Anonim A, 2014).

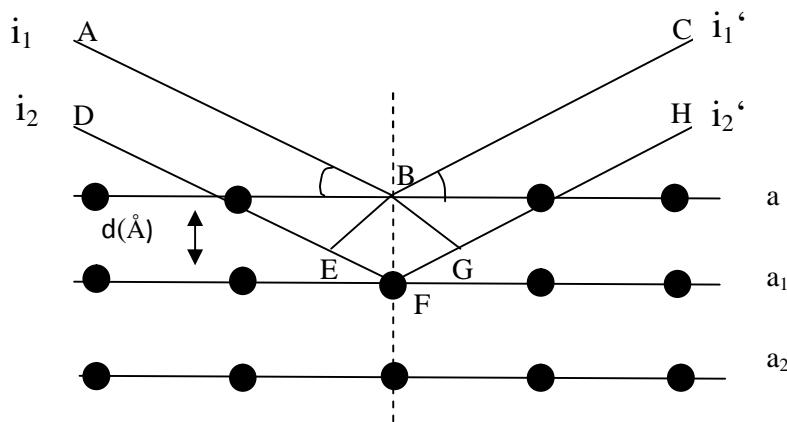
G. X-Ray Diffraction (XRD)

Suatu material dapat dipelajari kisi-kisi ruang dari intensitasnya secara cepat dan akurat menggunakan difraksi sinar-X (Brindley and Brown, 1980). Sinar-X ditemukan pertama kali oleh Wilhelm Rontgent pada tahun 1895, ketika elektron yang dipercepat dengan tegangan yang tinggi dalam tabung vakum mengenai target yang berupa logam atau gelas, kemudian dihamburkan oleh target tersebut (Giancoli, 1984). Sinar tersebut diberi nama “sinar-X” karena setelah penemuannya oleh Rontgent, sinar tersebut masih merupakan misteri. Hingga kemudian diketahui bahwa sifat sinar-X mempunyai daya penetrasi yang tinggi, dapat menghitamkan pelat film, dapat membuat mineral terfluoresensi dan tidak dapat diblokkan oleh medan listrik maupun medan magnet (Keller dkk, 1993).

Fenomena tidak dipengaruhinya sinar-X oleh medan listrik dan medan magnet, mengindikasikan bahwa sinar-X bukan partikel bermuatan, dan mempunyai panjang gelombang yang sangat pendek (Giancoli, 1984). Hal ini menyebabkan sinar-X mempunyai tingkat resolusi yang lebih baik dalam mengamati atom-atom dan molekul-molekul mikroskopik.

Sinar-X merupakan gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang sekitar 0,5-2,5 Å. Bila seberkas sinar-X dengan panjang gelombang λ diarahkan pada permukaan kristal dengan sudut datang θ , maka sinar tersebut akan dihamburkan oleh bidang atom kristal dan menghasilkan puncak-puncak difraksi yang dapat diamati dengan peralatan difraktor (Cullity, 1978).

Sistem kerja difraktometer sinar-X didasarkan pada hukum Bragg. Pola difraksi, intensitas dan sudut difraksi 2θ 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 2.13.



Gambar 2.13. Sinar-X yang dihamburkan oleh atom-atom kristal yang berjarak d .

Dari Gambar 2.13 terlihat bahwa gelombang pertama memiliki panjang yang sama yaitu $AB+BC$, begitu pula dengan gelombang kedua $DF+FH$. Gelombang kedua berjalan lebih jauh dari gelombang pertama, dan selisihnya adalah:

$$\Delta = (DF + FH) - (AB + BC) \quad (2.1)$$

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

$$DE=AB, GH=BC \quad (2.2)$$

Perbedaan antara dua gelombang tersebut adalah:

$$\Delta = EF + FG \quad (2.3)$$

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

$$\lambda = d \sin \theta + d \sin \theta \quad (2.4)$$

$$\lambda = 2 \frac{\sin \theta + d}{d} \sin \theta \quad (2.5)$$

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

$$\lambda = n \lambda \sin \theta \quad (2.6)$$

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

$$\lambda = 2 \frac{d}{n} \sin \theta \quad (2.7)$$

Jarak antar bidang adalah $1/n$ dari jarak sebelumnya, maka ditetapkan $d = \frac{d'}{n}$

dengan demikian persamaan Bragg dapat ditulis seperti:

$$\lambda = \frac{2}{n} \sin \theta \quad (2.8)$$

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

$$\frac{n\lambda}{d} = \sin \theta < 1 \quad (2.9)$$

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

$$\lambda < \frac{2}{d} \quad (2.10)$$

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

H. Scanning Electron Microscopy (SEM)

Mikroskop elektron dikenal dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) adalah sebuah mikroskop yang mampu melakukan pembesaran objek sampai 2 juta kali dan merupakan salah satu teknik analisis untuk mengetahui struktur mikro dan morfologi dalam berbagai material seperti keramik, komposit, dan polimer. Mikroskop elektron menggunakan elektrostatik dan elektromagnetik untuk mengontrol pencahayaan dan tampilan gambar, serta memiliki kemampuan pembesaran objek dan resolusi yang jauh lebih bagus daripada mikroskop cahaya.

Secara sederhana prinsip instrumennya sama dengan mikroskop optik yang kita kenal, namun kemampuannya melebihi mikroskop optik. Mikroskop elektron memiliki resolusi dan kedalaman fokus yang sangat tinggi dibandingkan mikroskop optik, sehingga tekstur, morfologi dan topografi serta tampilan permukaan sampel dalam ukuran mikron dapat terlihat. Dengan memiliki resolusi tinggi, SEM juga mampu memberikan informasi dalam skala atomik. Tabel 2.5 menunjukkan perbandingan secara teoritis nilai resolusi untuk mata, mikroskop optik dan SEM.

Tabel 2.2. Perbandingan nilai batas resolusi alat SEM

Jenis	Panjang gelombang (nm)	Lebar celah	Resolusi	Magnifikasi
Mata	400-700	-----	0,1 mm	---
Mikroskop optik	400-700	1,4	0,2 	1000
Mikroskop elektron	0,0068	0,01	0,5 nm	500.000

Dari Tabel 2.2 dapat dilihat bahwa mikroskop elektron memiliki resolusi sampai dalam batas nanometer, sehingga mikroskop elektron dapat digunakan untuk karakterisasi material-material yang memiliki ukuran dalam skala nano (Griffin dan Riessen, 1991).

1. Sejarah SEM

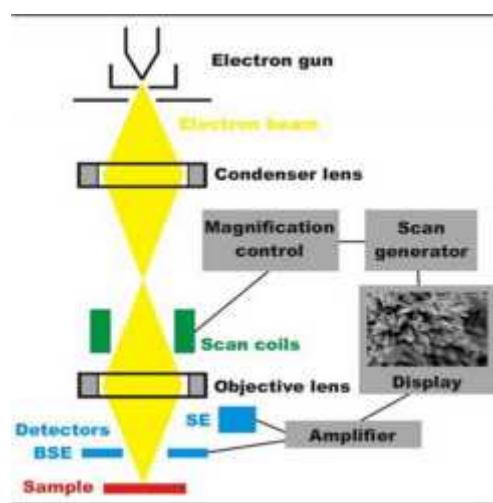
Tidak diketahui secara persis siapa sebenarnya penemu mikroskop pemindai elektron (SEM). Publikasi pertama kali yang mendeskripsikan teori SEM dilakukan oleh fisikawan Jerman Dr. Max Knoll pada tahun 1935, meskipun fisikawan Jerman lainnya Dr. Manfred Von Ardenne mengklaim dirinya telah melakukan penelitian suatu fenomena yang kemudian disebut SEM hingga tahun 1937. Sehingga, tidak satu pun dari keduanya mendapatkan hadiah nobel untuk penemuan ini.

Pada tahun 1942 tiga orang ilmuan Amerika yaitu Dr. Vladimir Kosma Zworykin, Dr. James Hillier, dan Dr. Snijder, benar-benar membangun sebuah mikroskop elektron metode pemindai (SEM) dengan resolusi hingga 50 nm dan magnifikasi 8.000 kali. Mikroskop elektron cara ini memfokuskan sinar elektron (*electron*

beam) di permukaan objek dan mengambil gambarnya dengan mendeteksi elektron yang muncul dari permukaan objek (McMullan, 1988).

2. Prinsip Kerja SEM

SEM terdiri dari penembak elektron (*electron gun*), tiga lensa elektrostatik dan kumparan pengulas elektromagnetik yang terletak antara lensa kedua dan ketiga, serta tabung foto multiplier untuk mendeteksi cahaya pada layar fosfor. Berkas elektron dihasilkan dengan memanaskan filamen, lalu diberikan tegangan tinggi antara anoda dan katoda. Tujuannya untuk mempercepat elektron hingga kecepatan yang kira-kira 1/3 kali kecepatan cahaya. Kemudian berkas elektron dikumpulkan oleh lensa kondenser elektromagnetik, dan difokuskan oleh lensa objektif. Berkas elektron menumbuk sampel menghasilkan elektron sekunder yang dipantulkan dari sampel kemudian dideteksi dan dikuatkan oleh tabung multiplier. SEM bekerja dengan mengandalkan tembakan elektron yang dihasilkan dari filamen. Selanjutnya elektron primer difokuskan untuk berinteraksi dengan atom pada sampel seperti pada Gambar 2.14.

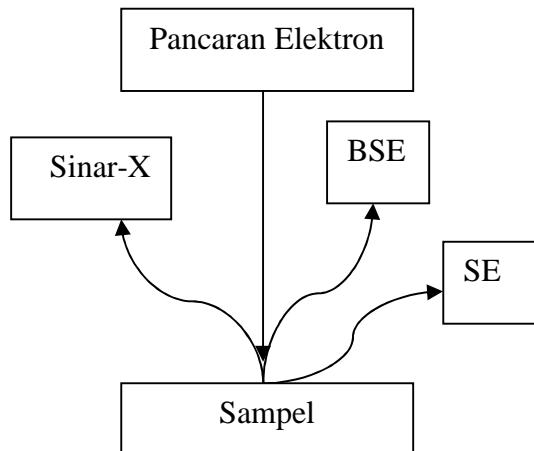


Gambar 2.14. Skema SEM.

Pada Gambar 2.14 terlihat bahwa elektron yang keluar dari pancaran elektron-elektron primer dengan energi yang sangat besar dipusatkan oleh lensa kondensor membentuk berkas cahaya dan akan terbelokkan oleh sepasang *scan coils* kemudian difokuskan kembali oleh lensa objektif sehingga elektron primer berinteraksi dengan sampel. Pada saat terjadinya interaksi antara elektron primer dan elektron terluar dari sampel, misalnya kulit K, pada saat itu juga terjadi sebuah hamburan elektron yang mengakibatkan elektron di kulit K terpental (tereksiasi) keluar karena energinya lebih kecil daripada energi elektron primer.

Dengan kenyataan tersebut, atom yang bereaksi mengakibatkan elektron yang baru datang tersebut dapat memberikan sisa energinya pada elektron-elektron di kulit K, L, M, N dan seterusnya dengan cara menjatuhkan diri hingga menuju kulit yang terdekat dengan inti dan elektron-elektron kulit-kulit di atasnya akan kelebihan energi dari sebelumnya sehingga secara beraturan elektron-elektron tersebut masing-masing akan naik menuju ke kulit terluar. Pada saat elektron kelebihan energi dan pindah ke kulit atasnya itulah akan timbul sinar-X. Dengan melihat kejadian-kejadian tersebut, mikroskop elektron tidak menggunakan sinar-X tetapi menggunakan elektron yang tereksiasi.

Elektron yang tereksiasi tersebut pada umumnya akan memiliki dua sebutan akibat energinya yang terdeteksi pada posisi tertentu oleh detektor-detektor yang di dekatnya, ditunjukkan pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15. Sinyal hasil interaksi berkas elektron dengan sampel.

Data atau tampilan gambar dari topologi permukaan atau lapisan yang tebalnya sekitar $20 \mu\text{m}$ yang berupa tonjolan dapat diperoleh dari penangkapan elektron (hamburan inelastis) yang keluar dari kulit atom yang terluar dengan *secondary electron detector* (SE). Kemudian diolah dalam bentuk tegangan-tegangan menjadi digital dan tampilan pada layar CRT (TV). Hal yang berbeda pada elektron terhambur balik *backscattered electron* (BE) yang mana akan menghasilkan suatu gambar berupa komposisi (gambar yang termaksimumkan) akibat penangkapan energi elektron yang keluar dari kulit atom yang terluar (hamburan elastis) (Smith, 1990).

3. SEM yang dilengkapi EDS

Scanning Electron Microscopy (SEM) dilengkapi dengan *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) dapat menentukan unsur dan analisis komposisi kimia. Bila suatu berkas elektron yang ditembakkan atau dikenai pada sampel akan terjadi interaksi berupa elektron yang keluar dari atomnya, maka elektron tersebut

mempunyai tingkat energi yang 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, kelebihan energi yang dilepas pada waktu transisi adalah dalam bentuk sinar-X. Karena beda tingkat energi untuk suatu atom tertentu, sehingga sinar-X yang dihasilkan oleh suatu atom tersebut juga mempunyai energi tertentu dan ini disebut sinar-X karakteristik. Energi pancaran elektron dalam bentuk sinar-X akan dideteksi dan dihitung oleh EDS dan akan dihasilkan keluaran berupa grafik puncak-puncak tertentu yang mewakili unsur yang terkandung. EDS juga memiliki kemampuan untuk melakukan elemental masing-masing elemen di permukaan bahan. EDS juga dapat digunakan untuk menganalisis secara kualitatif dari persentase masing-masing elemen (Qulub, 2011).

III. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan April 2019 sampai dengan Juli 2019. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Universitas Lampung, Laboratorium Kimia Organik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Universitas Lampung, Laboratorium Mesin SMK Negeri 2 Bandar Lampung, Laboratorium Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Universitas Negeri Padang dan Laboratorium Forensik POLDA Palembang.

B. Alat dan Bahan

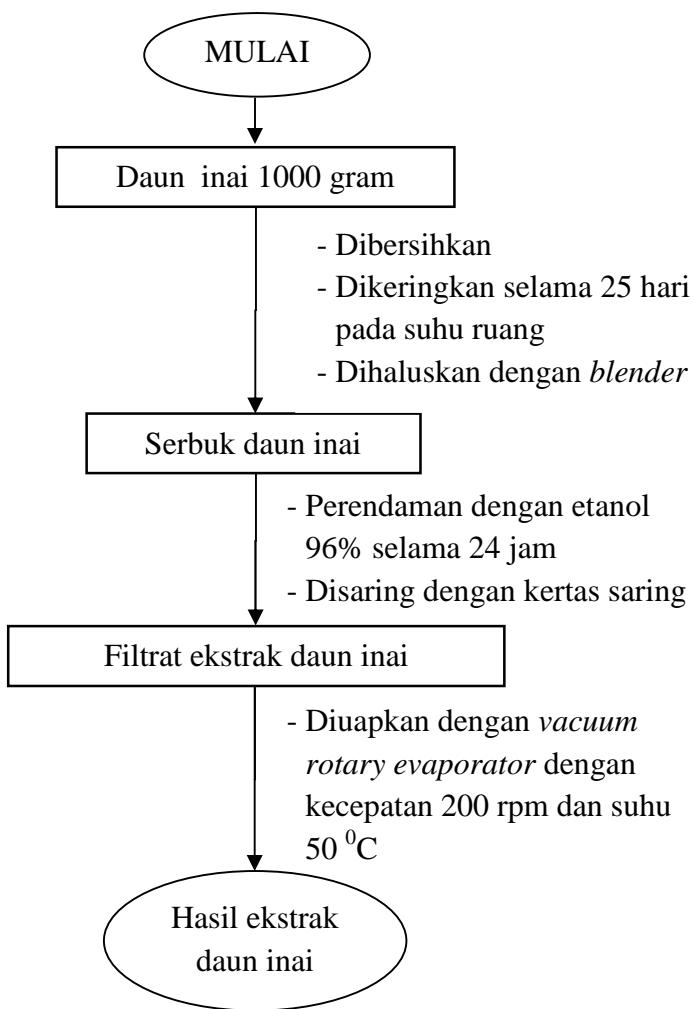
Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *blender*, gelas ukur, botol sampel, spatula, pipet tetes, corong, aluminium *foil*, jangka sorong, benang nilon, kayu kecil, *rotary vacum evaporator*, *decicator*, neraca digital, alat pemotong baja, gergaji mesin, jangka sorong digital, *polisher machine*, kertas amplas, *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning electron Microscopy* (SEM) dan *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS). Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun inai, baja karbon St37, asam klorida (HCl) 3%, etanol 96%, dan aquades.

C. Preparasi Bahan

Prosedur kerja penelitian di bagi menjadi 4 tahap, yaitu pembuatan ekstrak daun inai, pembuatan sampel baja, pembuatan medium korosif, dan prosedur percobaan untuk melihat laju korosi pada baja yang telah di preparasi.

a. Prosedur preparasi pembuatan ekstrak daun inai

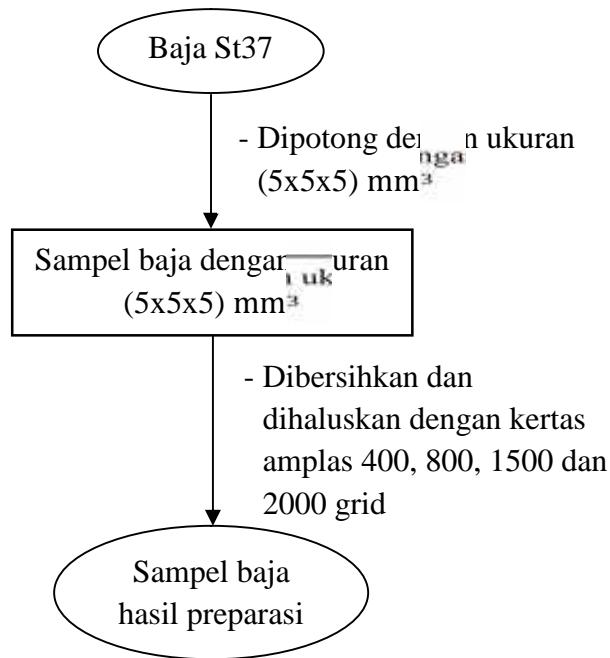
Prosedur kerja pembuatan ekstrak daun inai dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram alir pembuatan ekstrak daun inai.

b. Prosedur preparasi pembuatan sampel baja

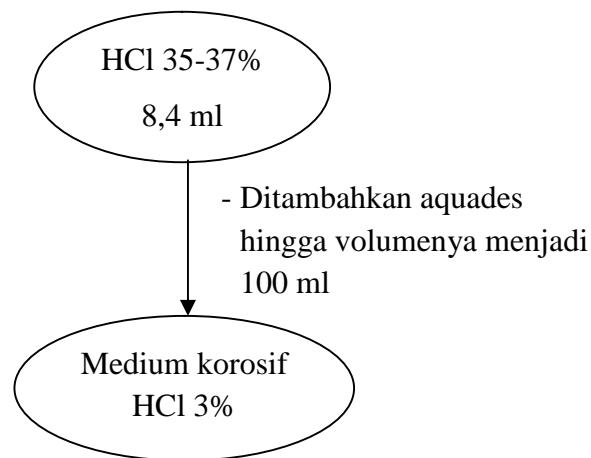
Prosedur kerja pembuatan sampel baja ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Diagram alir pembuatan sampel baja.

c. Prosedur preparasi pembuatan medium korosif

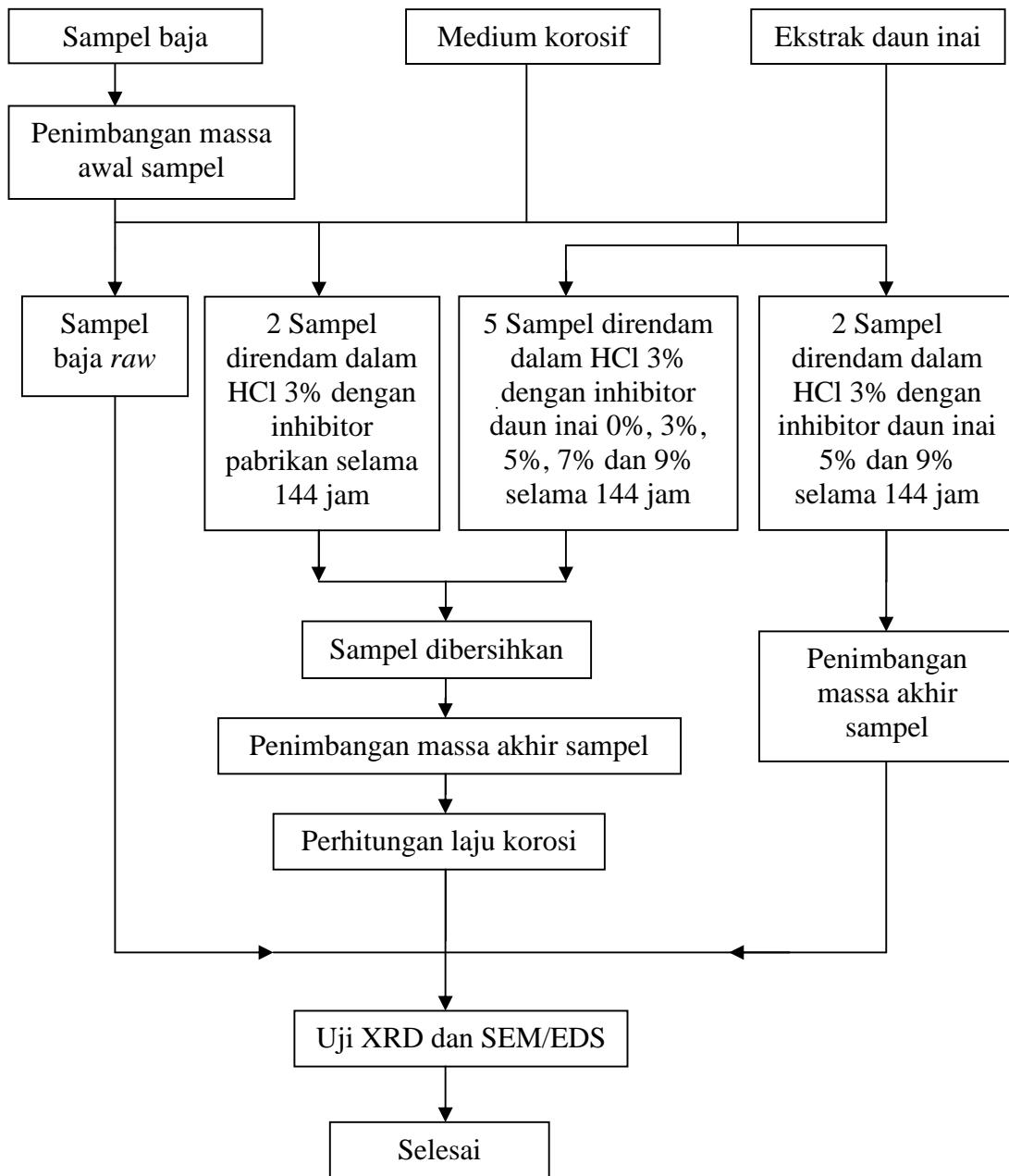
Prosedur kerja pembuatan medium korosif ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Diagram alir pembuatan medium korosif.

d. Prosedur preparasi proses korosi

Adapun prosedur kerja proses penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Diagram alir proses korosi.

1. Pembuatan Larutan Inhibitor dari Ekstrak Daun Inai

Tahapan pembuatan larutan inhibitor ekstrak daun inai adalah sebagai berikut:

1. 1 kg daun inai dibersihkan dari kotoran-kotoran, kemudian dikeringkan selama 25 hari pada suhu ruang.
2. Kemudian daun inai yang telah kering digiling hingga menjadi serbuk menggunakan *blender*.
3. Melakukan metode maserasi dengan memasukkan daun inai kering yang telah halus sebanyak 500 gram ke dalam wadah botol yang berisi etanol 96%.
4. Metode maserasi dilakukan dengan merendam serbuk daun inai kering dalam pelarut (etanol 96%) selama 24 jam.
5. Hasil perendaman kemudian disaring menggunakan kertas saring sehingga diperoleh filtrat.
6. Filtrat kemudian 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. Memotong baja karbon St37 dengan panjang 5 mm, lebar 5 mm, dan tinggi 5 mm.
2. Membersihkan baja dan memperhalus permukaannya menggunakan amplas untuk menghilangkan pengotor.
3. Mencelupkan baja ke dalam aseton untuk membersihkan pengotor yang menempel pada baja.

3. Pembuatan Medium Korosif

Medium korosif adalah medium yang dapat mengakibatkan terjadinya korosi. Medium korosif pada penelitian ini adalah HCl dengan konsentrasi 3%. Cara pembuatan medium HCl yaitu mengencerkan HCl dengan aquades. Untuk pengenceran medium HCl ditentukan secara matematis berdasarkan persamaan (3.1).

$$\frac{V_1 M_1}{V_2 M_2} = \frac{1}{M}$$
 (3.1)

Dimana:

V_1 = Volume mula-mula

M_1 = Konsentrasi mula-mula

V_2 = Volume setelah pengenceran

M_2 = Konsentrasi setelah pengenceran

Pembuatan medium HCl 3% yaitu dengan mengencerkan HCl 8,4 ml dengan konsentrasi 35%-37% ditambahkan dengan aquades sampai volume 100 ml.

4. Penimbangan Massa Awal Sampel

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

5. Perendaman

Sampel yang digunakan ada 10 sampel, dimana 1 sampel raw, 7 sampel ditambahkan inhibitor ekstrak daun inai dan 2 sampel ditambahkan inhibitor pabrikan. Kemudian masing-masing sampel direndam pada medium HCl 3% dengan waktu perendaman 144 jam (6 hari).

6. Pembersihan dan Penimbangan Massa Akhir Sampel

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

7. Perhitungan Laju Korosi

Perhitungan laju korosi dilakukan menggunakan metode kehilangan berat menggunakan persamaan (3.2) dengan konstanta laju korosi yang dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Konstanta laju korosi pada baja karbon

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 ($\mu\text{m}/\text{y}$)</i>	$8,76 \times 10^7$
5	<i>Milligrams per square decimeter per day (mm/d)</i>	$2,40 \times 10^6$

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

Dimana: CR = Laju korosi (mm/y)

K = Konstanta laju korosi

W = Selisih massa (mg)

T = Waktu perendaman (tahun)

A = Luas permukaan (mm^2)

= Massa jenis (mg/mm^3)

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

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

Dimana: $\eta (\%)$ = Efisiensi inhibitor (%)

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

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

(Fontana dan Greene, 1986).

8. Uji X-Ray Diffraction (XRD)

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

9. Uji Scanning Electron Microscopy (SEM) dan Energy Dispersive Spectroscopy (EDS)

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

D. Kode Sampel

Kode sampel yang digunakan untuk memudahkan penyajian dan analisis data ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Kode Sampel

No.	Kode Sampel	Konsentrasi Inhibitor (%)	Keterangan
1	St37 raw	0	Sampel Baja St37Murni
2	St37-In-0	0	
3	St37-In-3	3	Dibersihkan sebelum ditimbang
4	St37-In-5	5	massa akhir sampel
5	St37-In-7	7	
6	St37-In-9	9	
7	St37-In-5-M	5	tanpa dibersihkan sebelum ditimbang massa akhir sampel
8	St37-In-9-M	9	
9	St37-Pb-1	0	Inhibitor Pabrikan
10	St37-Pb-2	0	

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

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

1. Pada saat konsentrasi inhibitor 3% laju korosi sebesar $12,30 \times 10^4$ mm/tahun. Ketika konsentrasi bertambah menjadi 5%, 7% dan 9% laju korosi sampel baja St37 berkurang masing-masing menjadi $8,15 \times 10^4$; $6,90 \times 10^4$ dan $6,63 \times 10^4$ mm/tahun, ini menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi inhibitor ekstrak daun inai (*Lawsonia inermis L*) yang digunakan maka laju korosi akan semakin menurun.
2. Efisiensi inhibitor akan semakin meningkat ketika laju korosi pada sampel baja St37 semakin menurun, jadi seiring dengan penambahan besar konsentrasi dari 3%, 5%, 7% hingga 9% maka efisiensi inhibitor semakin meningkat masing-masing menjadi 79,30%; 86,28%; 88,38% hingga 88,84%.
3. Efisiensi tertinggi sampel baja St37 dalam medium korosif HCl 3% terdapat pada konsentrasi inhibitor 9% dengan efisiensi sebesar 88,84 %.
4. Hasil analisis XRD memperlihatkan bahwa fasa yang terbentuk adalah besi (Fe) murni pada bidang 110, 200, dan 211 dengan struktur Kristal *Body center cubic* (BCC).

5. Hasil karakterisasi SEM sampel yang telah mengalami korosi memperlihatkan *cluster* (gumpulan) tidak merata, lubang (*hole*) dan retakan (*crack*) yang tidak ada pada baja St37 raw. *Cluster* (gumpulan), lubang (*hole*) dan retakan (*crack*) tampak jelas pada sampel baja yang telah direndam dengan inhibitor dalam medium korosif HCl 3% dan tidak dibersihkan produk korosinya yaitu sampel St37-In-5-M dan St37-In-9-M. Hal ini diperkuat dengan persentase unsur dan senyawa yang dihasilkan pada analisis EDS.

B. Saran

Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan perendaman dalam medium korosif yang berbeda dengan waktu perendaman yang lebih bervariasi dan logam yang berbeda untuk membandingkan laju korosi dan produk korosi yang dihasilkan serta dapat dilakukan dengan memberi variasi pada suhu perendaman.

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. 161 hlm.
- 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.
- Argrawal, Y. K., Talati, J. D., Desai, M. N., and Shah, N. K. 2004. Schiiff Bases of Ethylenediamine as Corrosion Inhibitors of Zinc in Sulphuric Acid. *Corrosion Science*. Vol.46. Pp 633-651.
- 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. Pp 273-276.
- Brindley, G. W., and Brown, G. 1980. *Crystal Structures of Clay Minerals and Their X-Ray Identification*. Mineralogical Society, London. 518 pp.
- Budianto, A., Purwantini, K. dan Sujitno, B. A. T. 2009. Pengamatan Struktur Mikro pada Korosi antar Butir dari Material Baja Tahan Karat Austenitik setelah Mengalami Proses Pemanasan. *Jurnal Forum Nuklir*. Vol.3. No.2. Pp 107-129.
- Cheng, S., Chen, S., Liu, T., and Yin, Y. 2007. Carboxymethyl Chitosan as An Ecofriendly Inhibitor for Mild Steel in 1 M HCl. *Material Letter*. Vol61. Pp 3276-3280.
- Cullity, B. D. 1978. *Elements of X-Rays Diffraction, Second Edition*. Adison-Wesley Publishing Company Inc, USA. 531 pp.
- Dalimunthe, I. S. 2004. *Kimia dari Inhibitor Korosi*. Universitas Sumatera Utara, Medan. 8 hlm
- Fontana, M. C. and Greene, M. D. 1986. *Corrosion Enginering Hand Book*. Mc Graw Hill Book Company, New York. 556 pp.

- Giancoli, D. C. 1984. *Physics for Scientists and Engineer, second Edition*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 946 pp.
- Giri, A.S., Ginting, E., dan Suprihatin. 2017. Efektivitas Ekstrak daun Sirsak Sebagai Inhibitor Pada Baja Karbon API 5L dalam Larutan NaCl 3 %. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*. Vol.5. No.1. Pp 43-46
- Griffin, H. and Riessen, V. A. 1991. *Scanning Electron Microscopy Course Notes*. The University of Western Australia, Nedlands. 8 pp.
- Handayani, Sri, Sri Wildani, dan Emriadi. 2010. Pengaruh Inhibitor Ekstrak Daun Inai (*lawsonia inermis*) Terhadap Laju Korosi Baja St.37 Diukur dengan Metode Pengurangan Massa. *Jurnal Riset Kimia*. Vol.4. No.1. Pp 73-78.
- Harborne, J. B. 1984. *Metode Fotokimia*. Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan. Alih Bahasa Kosasih Padmawinata, ITB Bandung. Pp 151.
- Haryono, G. dan Sugiarto, B. 2010. *Ekstrak Bahan Alam sebagai Inhibitor Korosi*. FTI UPN Veteran, Yogyakarta. 8 hlm.
- Husni, Elidahanun, Suharti Netty dan Pasella Arlyn, T., A. 2018. Karakterisasi Simplicia dan Ekstrak Daun Pacar Kuku (*Lawsonia inermis* L.) serta Penentuan Kadar Fenolat Total dan Uji Aktivitas Antioksidan. *Jurnal Sains Farmasi & Klinis*. Vol.5. No.1. Pp 12-16.
- Ilim dan Hermawan, B. 2008. Study Penggunaan Ekstrak Buah Lada, Buah Pinang dan Daun Teh Sebagai Inhibitor Korosi Baja Lunak dalam Air Laut Buatan Yang Jenuh Gas CO_2 . *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi II*. Universitas Lampung, 17-18 November 2008. Pp 257-266.
- Kayadoe, Victor dan Rachel Turalely. 2016. Ekstrak Daun Nipah sebagai Inhibitor Korosi Baja Ss-304 dalam Larutan H_2SO_4 . *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya*, ISBN : 978-602-0951-12-6 Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Surabaya. Pp 99-105.
- Keller, J. F., Gettys, E. W., and Skove, M. I. 1993. *Physics Classical and Modern, Second Edition*. McGraw-Hill Inc, USA. 1190 pp.
- Kirk, R. E and Othmer, D. F. 1965. *Encyclopedia of Chemical Technology, Second Edition*. Interscience Encyclopedia, New York. 864 pp.
- Khopar, S. M. 2002. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Alih Bahasa A. Saptorahardjo. Universitas Indonesia, Jakarta. 429 hlm.
- Lamet. 2001. ASM Handbook Properties and Selection : Irons Steel and High Performance Vol. 1. *Technology*. Vol.2. Pp 3470.

- McMullan, D. 1988. Von Ardenne and The scanning Electron Microscope. *Proc. Roy. Microsc. Soc.* Vol.23. Pp 283-288.
- Oguzie, E. E. 2007. Corrosion Inhibition of Aluminium in Acidic and Alkaline Media by Sansevieria Trifas-Ciata Extract. *Corrosion science*. Vol.49. Pp 1527-1539.
- Pattireuw, K. J., Rauf, F. A., dan Lumintang, R. 2013. Analisis Laju Korosi pada Baja Karbon dengan Menggunakan Air Laut dan H_2SO_4 . *Jurnal Teknik Industri USR*. Vol.5. No.1. Pp 1-10.
- Priyotomo, G. 2008. *Kamus Saku Korosi Material*. Metalurgi LIPI, Tangerang. 81 hlm.
- Putri, A. M., Rochani, I., dan Supomo, H. 2012. Studi Laju Korosi Dan Surface Morfologi Pipa Bawah Laut API 5L Grade X65 dengan Variasi Sudut Bending. *Jurnal Teknik ITS*. Vol.1. No.1. Pp 198-202
- Qulub, Munawirul. 2011. *Scanning Electron Microscope dan Energi Dispersive X-Ray Spectroscopy(SEM-EDS)*. <http://www.Munawirulq.blogspot.com/2011/031> . Diakses tanggal 28 Maret 2019.
- Reed, S. J. B. 1993. *Electron Microprobe Analysis and Scanning Electron Microscopy in Geology*. Cambridge University Press, Florida. 212 pp.
- Richman, M. H. 1967. *An Introduction to The Science of Metals*. Blaisdell Publishing Company, USA. 400 pp.
- Rieger, H. P. 1992. *Electrochemistry, Second Edition*. Chapman and Hall Inc, New York. 528 pp.
- 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. No.1. Pp 204-211.
- Schmieg, S. 2012. *Scanning Electron Microscopy*. <http://sebastian-schmieg.blogspot.com/2012/07/scanning-electron-microscopy.html>. Diakses pada tanggal 28 Maret 2019.
- Smith, F. W. 1990. *Principles of Material Science and Engineering, second edition*. McGraw-Hill, Inc, New York. 896 pp.
- Stupnisek, L. E., Gazioda, A., and Madzarac, M. 2002. Low Toxicity Copper Corrosion Inhibitor. *Corrosion Science*. Vol.47. 4189 pp.
- Sulaiman, A. 1978. Korosi Laut, Lingkungan dan Pengaruhnya terhadap Korosi. *Seminar Nasional Elektrokimia*. Publitbang LIPI, Serpong Tangerang.

- Surdia, T. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. PT. Pradnya Paramita, Jakarta. 375 hlm.
- Trethewey, K. R and Chamberlain, J. 1991. *Korosi untuk Mahasiswa dan Rekayasa*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta. 393 hlm.
- Vlack, Van L. H. 1994. *Ilmu dan Teknologi Bahan (Ilmu Logam dan Bukan Logam), Edisi kelima*. Erlangga, Jakarta. 626 hlm.
- Wiston, R. 2000. *Uhlig's Corrosion Handbook, 2nd edition*. John willey and sons Inc, New York. 1253 pp.
- Zubardiah, L., Dewi Nurul M., dan E. Ibrahim Auekari. 2008. Khasiat Daun *Lawsonia inermis* L. Sebagai Obat Tradisional Antibakteri. *Prosiding Kongres PDGI XXIII*. Surabaya, 19-22 Maret 2008. Pp 1-13.