

**EKSTRAK DAUN PANDAN SEBAGAI INHIBITOR KOROSI BAJA St37
DALAM LARUTAN NaCl 3% DENGAN SUHU PERENDAMAN
27 DAN 40 °C**

Skripsi

Oleh

SITI FATKHUL ULUM



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

ABSTRAK

EKSTRAK DAUN PANDAN SEBAGAI INHIBITOR KOROSI BAJA St37 DALAM LARUTAN NaCl 3% DENGAN SUHU PERENDAMAN 27 DAN 40 °C

Oleh

SITI FATKHUL ULUM

Ekstrak daun pandan digunakan sebagai inhibitor korosi pada baja St37 direndam dalam medium karosif NaCl 3%. Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi inhibitor dan suhu perendaman terhadap korosi baja dilakukan dengan variasi konsentrasi inhibitor yaitu 0, 1,8, 1,2, dan 1,6% dan variasi suhu yaitu 27 dan 40 °C. Pengujian laju korosi dilakukan dengan metode kehilangan berat. Peningkatan laju korosi seiring dengan meningkatnya kehilangan berat sampel. Laju korosi pada suhu perendaman 27 °C lebih rendah daripada laju korosi pada suhu perendaman 40 °C. Inhibitor ekstrak daun pandan yang paling efisien yaitu pada konsentrasi 1,2% dengan suhu perendaman 27 dan 40 °C. Sampel juga di karaktersasi XRD dan SEM-EDS. Hasil XRD menunjukkan bahwa terbentuk puncak Fe tertinggi pada sampel yang menggunakan konsentrasi inhibitor 1,2% dan puncak Fe terendah pada sampel tanpa inhibitor. Hasil karakterisasi SEM juga menunjukkan bahwa pada sampel tanpa inhibitor terlihat lebih terkorosi, dan pada sampel yang menggunakan konsentrasi inhibitor 1,2% terlihat sedikit terkorosi. Hasil ini diperkuat dengan persentase produk korosi yang ditunjukkan pada hasil EDS.

Kata kunci: Inhibitor korosi, daun pandan, baja karbon St37, NaCl

ABSTRACT

THE EXTRACT OF PANDAN LEAF AS CORROSION INHIBITOR ON St37 STEEL IN NaCl 3% WITH TREATMENT TEMPERATURE AT 27 AND 40 °C

By

SITI FATKHUL ULUM

The extract of pandan leaf used as corrosion inhibitor of St37 steel in NaCl 3% solution. To determine the effect of inhibitor concentration and immersion temperature on steel corrosion was done with variation of inhibitor concentration there were 0, 1,8, 1,2, and 1,6% and temperature variation at 27 and 40 °C. Corrosion rate testing was done by weight loss method. Corrosion rate at 27 °C temperature was lower than corrosion rate at 40 °C. Increased corrosion rate along with increasing sample weight loss. Inhibitor pandan leaf extract were the most efficient at concentration of 1.2% with soaking temperature at 27 and 40 °C. Samples were also in the characterization of XRD and SEM-EDS. The XRD results showed that the highest Fe peak was formed in a sample using a 1.2% inhibitor concentration and the lowest Fe peak in the sample without inhibitor. The SEM characterization results also showed that in samples without inhibitors look more corroded, and in samples using 1.2% inhibitor concentrations look slightly corroded. These results were reinforced by the percentage of corrosion products shown in EDS results.

Keywords: *Corrosion inhibitor, extract of pandan leaf, St37 carbon steel, NaCl*

**EKSTRAK DAUN PANDAN SEBAGAI INHIBITOR KOROSI BAJA St37
DALAM LARUTAN NaCl 3% DENGAN SUHU PERENDAMAN
27 DAN 40 °C**

Oleh

SITI FATKHUL ULUM

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
2018**

Judul Skripsi : **EKSTRAK DAUN PANDAN SEBAGAI
INHIBITOR KOROSI BAJA St37
DALAM LARUTAN NaCl 3% DENGAN
SUHU PERENDAMAN 27 DAN 40 °C**

Nama Mahasiswa : **Siti Fatkhul Ulum**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1417041083**

Jurusan : **Fisika**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Drs. Ediman Ginting Suka, M.Si.

NIP 19570825 198603 1 002

Prof. Drs. Simon Sembiring, Ph.D.

NIP 19611003 199103 1 002

2. Ketua Jurusan Fisika

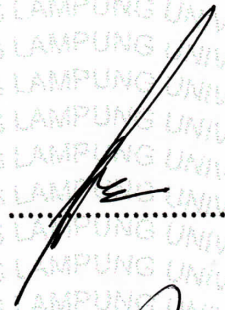
Arif Surtono, M.Si., M.Eng.

NIP 19710909 200012 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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



Sekretaris : Prof. Drs. Simon Sembiring, Ph.D.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Yanti Yulianti, S.Si., M.Si.**

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Prof. Dr. Warsito, S.Si., D.E.A.

NIP 19710212 199512 1 001



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 27 Juli 2018

PERNYATAAN

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, 27 Juli 2018



Siti Fatkhul Ulum
NPM. 1417041083

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Lampung Timur, Kelurahan Trimulyo Kecamatan Sekampung Lampung Timur pada tanggal 28 Mei 1996. Penulis merupakan anak ke dua dari pasangan Bapak Tanuri dan Ibu Samsi Rahayu. Penulis menyelesaikan pendidikan di MI Muhammadiyah Trimulyo tahun 2008, MTs Ma'arif 5 Sekampung pada tahun 2011, dan MA Ma'arif 5 Sekampung pada tahun 2014.

Selanjutnya pada tahun 2014 penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di kegiatan kampus yaitu Himpunan Mahasiswa Fisika sebagai Anggota Bidang Sains dan Teknologi pada tahun 2014-2015, PIK M Raya Unila sebagai Anggota Muda tahun 2014-2015, Badan Eksekutif Mahasiswa FMIPA sebagai Staf Kesekretariatan pada tahun 2016-2017. Penulis melakukan Praktik Kerja Lapangan di Pusat Penelitian Fisika LIPI Serpong dengan judul “Pengaruh Suhu Kalsinasi Terhadap Pembentukan Barium Heksaferit ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) dengan Metode Kopresipitasi dan Karakteristik Sifat Kemagnetannya”. Penulis juga pernah menjadi asisten praktikum Fisika Dasar. Kemudian penulis melakukan penelitian “Ekstrak Daun Pandan sebagai Inhibitor Korosi Baja St37 dalam Larutan NaCl 3% dengan Suhu Perendaman 27 Dan 40 °C” sebagai tugas akhir di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UNILA.

MOTTO

“Usaha, sabar, tawakal, dan berhati di segala tingkah”

“Man jadda wa jadda”

***“Do the best,
Kerjakan, wujudkan”***

Aku persembahkan karya kecilku ini kepada

ALLAH SWT

**ORANG TUA KU, YANG SELALU MENDO'AKANKU,
MENGASIHIKU, MENDUKUNGKU, MENYEMANGATIKU,
DAN SEBAGAI MOTIVATOR TERBESAR DALAM
HIDUPKU**

**KAKAKKU SERTA KELUARGA BESAR YANG MENJADI
PENYEMANGATKU**

TEMAN SEPERJUANGANKU DAN ANGKATAN 2014

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 **“EKSTRAK DAUN PANDAN SEBAGAI INHIBITOR KOROSI BAJA St37 DALAM LARUTAN NaCl 3% DENGAN SUHU PERENDAMAN 27 DAN 40 °C”**. 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, 27 Juli 2018

Penulis,

Siti Fatkhul Ulum

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, M.Si. sebagai Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan arahan yang mendukung dari awal sampai akhir penulisan.
2. Bapak Prof. Drs. Simon Sembiring, Ph.D. 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 Yulianti, S.Si., M.Si. sebagai Penguji yang telah mengoreksi kekurangan, memberi kritik dan saran selama penulisan skripsi.
4. Bapak Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng., selaku Ketua Jurusan Fisika yang banyak memberikan arahan kepada penulis.
5. Bapak Drs. Syafriadi, M.Si. sebagai Pembimbing Akademik, yang telah memberikan bimbingan serta nasehat dari awal perkuliahan sampai menyelesaikan tugas akhir.

6. Para dosen Jurusan Fisika yang telah memberikan ilmu selama masa kuliah sampai terselesainya skripsi.
 7. Para staf dan karyawan di Jurusan Fisika yang telah memberikan kemudahan dalam mengurus administrasi.
 8. Kedua orangtuaku bapak Tanuri (Alm) dan ibu Samsi Rahayu yang luar biasa selalu menyemangatiku serta kakakku Yasin Abidin. Terimakasih untuk kehadirannya dalam hidupku yang senantiasa memberikan dukungan, do'a dan semangat yang luar biasa, serta kebersamaan sampai penulis menyelesaikan skripsi.
 9. Teman-teman: Santi, Intan, Ario, Dhohir, Dova, Amilia, Dian, Ramon, Repangga dan tidak bisa disebutkan satu per satu. Terimakasih atas do'a, bantuan, serta dukungan.
 10. Teman-teman Merli, Kurnia, Bunga, dan keluarga Rusunawa kamar 301-306 yang tidak bisa disebutkan satu per satu. Terimakasih atas do'a, bantuan, serta dukungan, dan kebersamaan selama ini.
 11. Teman-teman fisika angkatan 2014 yang selama ini memberikan semangat.
 12. Kakak-kakak tingkat serta adik-adik tingkat dan semua teman-teman.
- Semoga Allah SWT memberikan nikmat sehat kepada kita semua. Amin.

Bandar Lampung, 27 Juli 2018

Penulis

Siti Fatkhul Ulum

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	xv
DAFTAR TABEL	xvii
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	5
C. Batasan Masalah	6
D. Tujuan Penelitian.....	6
E. Manfaat Penelitian.....	6

II. TINJUAN PUSTAKA

A. Baja Karbon	8
1. Pengertian Baja Karbon	8
2. Klasifikasi Baja Karbon.....	9
B. Korosi	10
1. Pengertian Korosi	11
2. Proses Korosi	12
3. Faktor Korosi	13
4. Tipe-Tipe Korosi	15
5. Pencegahan Korosi	21
6. Mekanisme Korosi.....	22
7. Laju Korosi	23
C. Pengendalian Korosi dengan Inhibitor	24
1. Inhibitor Organik	25
2. Mekanisme Kerja Inhibitor Korosi	26
D. Ekstrak Daun Pandan sebagai Inhibitor Korosi.....	28
1. Metode Ekstraksi	28
2. Daun Pandan.....	29
3. Taksonomi dan Kandungan Kimia Daun Pandan.....	30
E. Tanin.....	32
1. Pengertian Tanin.....	32
2. Interaksi Tanin dengan Besi	33
F. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	33
G. <i>Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy</i> (SEM-EDS)	35

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	39
B. Alat dan Bahan	39
C. Preparasi Bahan	40
D. Kode Sampel.....	42

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Laju Korosi	47
B. Hasil Analisis XRD	54
C. Hasil Analisis SEM dan EDS	59

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	70
B. Saran	71

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Korosi seragam.....	15
Gambar 2.2 Korosi sumuran	16
Gambar 2.3 Korosi retak tegang.....	16
Gambar 2.4 Korosi erosi	17
Gambar 2.5 Korosi dwi logam	17
Gambar 2.6 Korosi celah.....	18
Gambar 2.7 Korosi peluluhan selektif.....	19
Gambar 2.8 Korosi batas butir	19
Gambar 2.9 Korosi mikrobiologi	20
Gambar 2.10 Korosi lelah	21
Gambar 2.11 Efek konsentrasi terhadap inhibitor anodik pada laju korosi	27
Gambar 2.12 Daun pandan.....	31
Gambar 2.13 Skema difraksi dari Hukum Bragg	35
Gambar 2.14 Blok diagram SEM	38
Gambar 3.1 Diagram alir pembuatan ekstrak daun pandan	40
Gambar 3.2 Diagram alir pembuatan sampel baja	41
Gambar 3.3 Diagram alir pembuatan medium korosif.....	41
Gambar 3.4 Diagram alir proses korosi.....	42

Gambar 4.1	Grafik hubungan kehilangan berat sampel dan konsentrasi inhibitor	48
Gambar 4.2	Pengaruh konsentrasi inhibitor dan suhu perendaman terhadap laju korosi baja St37 dalam larutan NaCl 3%	50
Gambar 4.3	Pengaruh konsentrasi inhibitor dan suhu perendaman terhadap efisiensi inhibitor dalam larutan NaCl 3%.....	53
Gambar 4.4	Difragtogram sampel St37 raw, St37-40-0, St37-40-1,2.....	55
Gambar 4.5	Difragtogram sampel St37-27-1,2 dan St37-40-1,2	57
Gambar 4.6	Hasil SEM sampel St37-Z (a) perbesaran 1000x, (b) perbesaran 3000x , (c) perbesaran 5000x	59
Gambar 4.7	Hasil SEM baja karbon St37 pada perendaman suhu 40 °C dengan inhibitor 0% (a) perbesaran 1000x (b) perbesaran 3000x (c) perbesaran 5000x dan dengan inhibitor 1,2% (d) perbesaran 1000x (e) perbesaran 3000x (f) perbesaran 5000x	60
Gambar 4.8	Hasil SEM baja karbon St37 pada perendaman suhu 27 °C dengan inhibitor 1,2% (a) perbesaran 1000x (b) perbesaran 3000x (c) perbesaran 5000x dan perendaman suhu 40 °C dengan inhibitor 1,2% (d) perbesaran 1000x (e) perbesaran 3000x (f) perbesaran 5000x.....	63
Gambar 4.9	Hasil uji EDS sampel St37-Z	64
Gambar 4.10	Hasil uji EDS sampel St37-40-0.....	65
Gambar 4.11	Hasil uji EDS sampel St37-40-1,2.....	67
Gambar 4.12	Hasil uji EDS sampel St37-27-1,2.....	68

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1	Komposisi kimia baja St37..... 10
Tabel 2.2	Taksonomi daun pandan..... 31
Tabel 3.1	Kode Sampel 43
Tabel 4.1	Kehilangan berat baja karbon St37 dalam larutan NaCl 3% 47
Tabel 4.2	Laju korosi baja St37 dalam larutan NaCl 3% 49
Tabel 4.3	Efisiensi inhibitor daun pandan 52
Tabel 4.4	Perbandingan hasil penelitian sampel St37-Z dengan data PCPDFWIN 56
Tabel 4.5	Perbandingan hasil penelitian tanpa inhibitor pada perendaman suhu 40 °C dengan data PCPDFWIN..... 56
Tabel 4.6	Perbandingan hasil penelitian dengan inhibitor 1,2% pada perendaman suhu 40 °C dengan data PCPDFWIN..... 56
Tabel 4.7	Perbandingan hasil penelitian dengan inhibitor 1,2% pada perendaman suhu 27 °C dengan data PCPDFWIN..... 58

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Baja merupakan jenis logam paduan yang banyak digunakan oleh masyarakat. Sebagian besar kebutuhan material untuk keperluan pembuatan alat, konstruksi, dan peralatan produksi menggunakan baja. Sifat baja sangat tergantung pada kadar karbon, sehingga baja karbon dikelompokkan berdasarkan kadar karbonnya. (Saputra dkk, 2014). Material baja dengan unsur paduan utama karbon, sering dinamakan baja karbon. Baja jenis ini dibedakan menjadi tiga, yaitu baja karbon rendah, baja karbon medium dan baja karbon tinggi (Maulana, 2016). Baja karbon rendah pemakaiannya untuk konstruksi lebih banyak dibandingkan baja karbon medium dan baja karbon tinggi. Baja karbon rendah umumnya mempunyai kemampuan untuk menahan beban tarik setara ataupun sama dengan baja St 37.

Baja St37 merupakan bahan bangunan yang sangat kuat dengan struktur butir yang halus. St adalah singkatan dari *steel* (baja). Baja St 37 adalah baja yang mempunyai kekuatan tarik antara 37 Kg/mm² sampai 45 Kg/mm². Kekuatan tarik ini adalah maksimum kemampuan sebelum material mengalami patah. Kekuatan tarik yield (σ_y) baja harganya dibawah kekuatan tarik maksimum. Baja ini juga memiliki harga yang lebih murah. Tetapi, logam jenis ini memiliki kelemahan yaitu mudah terkorosi (Udianto *et al*, 2009).

Korosi terjadi karena adanya reaksi dari suatu logam dengan senyawa lain yang berada di sekitarnya yang menghasilkan senyawa yang tidak dikehendaki. Korosi yang terjadi pada logam sangat dipengaruhi oleh lingkungan yang mengandung gas limbah (sulfur dioksida, sulfat, hidrogen sulfida, klorida), kandungan O_2 , pH larutan, temperatur, kelembaban, kecepatan alir, dan aktifitas mikroba (Turnip dkk, 2015). Bahan-bahan korosif (yang dapat menyebabkan korosi) terdiri atas asam dan garam, seperti asam klorida (HCl) dan natrium klorida (NaCl) yang digunakan sebagai medium korosif (Sari *et al*, 2013). Peristiwa korosi mengakibatkan degradasi atau penurunan mutu material, sehingga logam menjadi material yang kurang bermanfaat (Turnip dkk, 2015). Hampir semua logam dan baja yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari mengalami serangan korosi, seperti struktur jembatan, rangka mobil, peralatan rumah tangga, alat-alat kesehatan, peralatan di lingkungan pabrik petrokimia dan kapal-kapal laut (Ali dkk, 2014). Pada umumnya, serangan korosi berbeda-beda dan dalam kasus tertentu sangat membahayakan dan merugikan manusia.

Akibat yang ditimbulkan oleh kerusakan korosi akan sangat besar pengaruhnya terhadap kehidupan manusia, antara lain dari segi ekonomi, segi keamanan, dan segi lingkungan. Dari segi ekonomi misalnya tingginya biaya perawatan, tingginya biaya bahan bakar dan energi akibat kebocoran uap, kerugian produksi pada suatu industri akibat adanya pekerjaan yang terhenti pada waktu perbaikan bahan yang terserang korosi, dari segi keamanan misalnya robohnya bangunan atau jembatan, dan dari lingkungan misalnya adanya proses pengkaratan besi yang berasal dari berbagai konstruksi yang dapat mencemarkan lingkungan (Bahri, 2007; Rizky dkk, 2012). Tidak heran bahwa tidak sedikit anggaran yang

dikeluarkan untuk perawatan dan perbaikan permasalahan yang timbul akibat korosi (Kayadoe dan Turalely, 2016). Selain itu, korosi sangat memboroskan sumber daya alam (Udianto *et al*, 2009).

Peristiwa korosi pada logam pasti terjadi dan tidak dapat dicegah. Namun, peristiwa korosi tersebut dapat diperlambat. Beberapa cara untuk menghambat laju korosi yaitu dengan menggunakan baja tahan karat (Udianto *et al*, 2009), dengan cara pelapisan permukaan logam agar terpisah dari medium korosif (Bahri, 2007), proteksi katodik (Turnip *et al*, 2015), dan dengan pemakaian inhibitor (Sari *et al*, 2013; Kayadoe dkk, 2015). Sampai saat ini, penggunaan inhibitor merupakan salah satu cara yang paling efektif untuk mencegah korosi, karena biayanya yang relatif murah dan prosesnya yang sederhana (Sari *et al*, 2013; Ali dkk., 2014). Kinerja inhibitor dipengaruhi oleh beberapa faktor yakni, pH, suhu, dan beberapa faktor yang khas untuk masing-masing inhibitor (Restiawan dan Harmami, 2013). Inhibitor biasanya ditambahkan dalam jumlah sedikit, baik secara kontinu maupun periodik menurut suatu selang waktu tertentu.

Inhibitor korosi berasal dari senyawa-senyawa organik dan anorganik (Handani dan Megi, 2012). Inhibitor korosi pada awalnya menggunakan senyawa anorganik. Namun, senyawa anorganik harganya mahal, tidak ramah lingkungan, dan memiliki toksisitas yang tinggi dan berbahaya bagi lingkungan, inhibitor anorganik memiliki karakteristik yang dapat mempercepat laju korosi jika digunakan dalam jumlah berlebihan (Mardhani dan Harmami, 2013; Sari *et al*, 2013), sehingga lebih banyak digunakan inhibitor organik. Inhibitor organik banyak digunakan karena memiliki aktivitas anti korosi yang lebih besar dan lebih

ramah lingkungan dari pada inhibitor anorganik (Restiawan dan Harmami, 2013). Selain itu, inhibitor organik dari ekstrak bahan alam merupakan solusi yang aman dan lebih tepat karena mudah didapatkan, *biodegradable*, biaya murah, dan ramah lingkungan (Irianty dan Sembiring, 2012).

Penelitian tentang inhibitor organik dari ekstrak bahan alam telah dilakukan. Sari *et al*, (2013) melakukan penelitian tentang pengendalian penurunan laju korosi baja St37 dalam medium korosif NaCl 3% dan asam HCl 3% menggunakan ekstrak daun teh. Metode ekstraksi yang digunakan yaitu metode maserasi. Hasil yang diperoleh yaitu terjadi kenaikan nilai efisiensi inhibisi seiring dengan penambahan ekstrak daun teh dari 1% hingga 10% yang direndam selama 4 hari.

Kayadoe dkk, (2015) melakukan penelitian tentang inhibitor korosi dari ekstrak daun pandan pada baja SS-304 dalam larutan H₂SO₄ dengan variasi konsentrasi ekstrak dan suhu inhibisi untuk mengetahui pengaruhnya terhadap efisiensi inhibisi dan laju korosi. Metode ekstraksi yang digunakan yaitu metode maserasi. Konsentrasi ekstrak daun pandan yang digunakan yaitu 0-0,8 % dan suhu yang diberikan pada larutan korosif yaitu 27, 35, 40, 45, dan 50 °C. Ekstrak daun pandan menghasilkan efisiensi optimum pada konsentrasi 0,8 %. Semakin tinggi suhu efisiensi inhibisi semakin menurun.

Turnip dkk, (2015) melakukan penelitian tentang pengaruh ekstrak buah manggis terhadap korosi baja St37 dalam larutan korosif NaCl 3%. Metode ekstraksi yang digunakan yaitu metode maserasi. Konsentrasi inhibitor yang digunakan yaitu 0, 2, 4, 6, 8, dan 10 % direndam dalam larutan korosif selama 10 hari. Hasil yang

diperoleh yaitu nilai efisiensi inhibitor yang paling besar terjadi pada konsentrasi 2% sebesar 26,05%.

Pradityana *et al*, (2016) melakukan penelitian tentang pembuatan inhibitor korosi menggunakan ekstrak sarang semut untuk pengendalian laju korosi, baja yang digunakan adalah baja API 5L dengan media korosif NaCl 3.5%. Metode percobaan untuk mengekstrak daun pandan menggunakan metode meserasi. Konsentrasi inhibitor yaitu 0-500 mg/L. Hasil yang didapatkan adalah efisiensi laju korosi tertinggi sebesar 91,41 % pada konsentrasi 400mg/L.

Pada penelitian ini, dimanfaatkan daun pandan sebagai inhibitor korosi pada baja St37 yang direndam dalam larutan NaCl 3% selama 7 jam dengan suhu 27 dan 40 °C. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi ekstrak daun pandan dan suhu terhadap laju korosi pada baja karbon St37 dalam larutan NaCl 3% serta mengetahui efisiensi inhibisi dari ekstrak daun pandan pada baja karbon St37. Laju korosi dihitung dengan menggunakan metode kehilangan berat. Hasil proses korosi dikarakterisasi dengan XRD (*X-Ray Diffraction*), SEM (*Scanning Electron Microscopy*), dan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) untuk melihat produk korosi.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh penambahan inhibitor ekstrak daun pandan terhadap laju korosi, efisiensi, dan mikro struktur baja karbon St37 ?
2. Bagaimana pengaruh suhu terhadap laju korosi, efisiensi, dan mikro struktur baja karbon St37 ?

C. Batasan Masalah

Pada penelitian ini, batasan masalah yang digunakan adalah:

1. Sampel yang digunakan adalah baja St37
2. Medium korosif yang digunakan adalah NaCl dengan konsentrasi 3%.
3. Perendaman baja pada medium korosif menggunakan inhibitor dan tanpa inhibitor ekstrak daun pandan dengan dengan suhu 27 dan 40 °C yang direndam selama 7 jam.
4. Laju korosi dihitung dengan metode kehilangan berat.
5. Karakterisasi dilakukan menggunakan XRD dan SEM-EDS.

D. Tujuan Penelitian

Penelitian yang akan dilaksanakan bertujuan untuk:

1. Mengetahui pengaruh suhu terhadap laju korosi, efisiensi, dan mikro struktur baja karbon St37 yang dihasilkan pada baja St37 dengan inhibitor dan tanpa inhibitor ekstrak daun pandan pada medium korosif NaCl 3%.
2. Mengetahui pengaruh inhibitor ekstrak daun pandan terhadap laju korosi, efisiensi, dan mikro struktur baja karbon St37 yang dihasilkan pada baja St37 dengan inhibitor dan tanpa inhibitor ekstrak daun pandan pada medium korosif NaCl 3%.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dari hasil penelitian ini yaitu:

1. Untuk memberikan informasi mengenai pengaruh konsentrasi larutan inhibitor ekstrak daun pandan dan pengaruh suhu pada baja St37 pada medium korosif.

2. Dapat menjadi tambahan referensi di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, terutama di Jurusan Fisika.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Baja Karbon

1. Pengertian Baja Karbon

Baja (*Steel*) adalah suatu produksi besi yang mengandung kadar karbon berkisar sekitar 1,7%. Produk ini secara teknik dinyatakan sebagai baja karbon (*Carbon Steel*) (Darmanto, 2006). Baja karbon adalah logam paduan yang merupakan kombinasi dari besi dan karbon serta paduan elemen lain yang jumlahnya tidak terlalu banyak yang akan mempengaruhi sifat akhir dari baja karbon. Komposisi baja karbon biasanya mengandung tidak lebih dari 1,0% karbon (C) serta sejumlah kecil paduan seperti mangan (Mn) dengan kadar maksimal 1,65%, silikon (Si) dengan kadar maksimal 0,6%, tembaga (Cu) dengan kadar maksimal 0,6%, Fosfor (P) dengan kadar kurang dari 0,6%, dan Sulfur (S) dengan kadar kurang dari 0,06% (Sumarji, 2012; Wulandari, 2011).

Pada baja fungsi karbon (C) yaitu sebagai unsur penguat pada logam paduan dengan mencegah dan menghalangi dislokasi bergeser pada kisi kristal. Karbon merupakan suatu elemen yang menstabilkan austenit dan meningkatkan rentang pembentukan austenit pada baja (Wulandari, 2011). Kandungan karbon dari unsur paduan lainnya akan mempengaruhi sifat-sifat baja yang didapatkan. Kandungan baja karbon tanpa paduan berkisar dari 0,03% - 1,7% namun biasanya tidak

melebihi 1,5% (Darmanto, 2006). Penambahan kandungan karbon pada baja dapat meningkatkan kekerasan (*hardness*) dan kekuatan tariknya (*tensile strength*). Namun, disisi lain baja akan menjadi getas dan sulit untuk dilas. Penambahan karbon juga menghasilkan beberapa perubahan penting terhadap fasa (Pusaka, 2016).

2. Klasifikasi Baja Karbon

Baja karbon menurut komposisi kimianya dibedakan menjadi sebagai berikut: penggunaannya sangat luas, bisa untuk konstruksi kapal, konstruksi kendaraan, plat, pipa serta mur baut dan lain sebagainya.

- a. Baja karbon rendah dengan kadar karbon 0,05-0,3% (*low carbon steel*). Sifatnya mudah ditempa dan mudah dimesin. Biasanya digunakan untuk bodi mobil, bus, konstruksi kapal, plat, pipa, serta mur baut dan lain-lain.
- b. Baja karbon menengah dengan kadar karbon 0,3-0,5% (*medium carbon steel*). Kekuatannya lebih tinggi daripada baja karbon rendah. Sifatnya sulit dibengkokkan, dilas, dan dipotong. Penggunaannya untuk konstruksi bangunan, bahan pada komponen mesin, golok, pisau dan lain-lain.
- c. Baja karbon tinggi dengan kadar karbon 0,5-1,5% (*high carbon steel*). Sifatnya sulit dibengkokkan, dilas dan dipotong. Penggunaannya seperti pada baja kawat, kabel tarik dan angkat, kikir, pahat, dan gergaji.

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 dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Komposisi kimia baja St37

No	Unsur	Komposisi (%)
1	Karbon (C)	0,134
2	Mangan (Mn)	1,19
3	Silikon (Si)	0,247
4	Fosfor (P)	0,022
5	Sulfur (S)	0,002
6	Tembaga (Cu)	0,011
7	Nikel (Ni)	0,019
8	Molibden (Mo)	0,003
9	Krom (Cr)	0,025
10	Vanadium (V)	0,0004
11	Titanium (Ti)	0,009
12	Besi (Fe)	98,2

Sumber: LIPI Laboratory, 2016

B. Korosi

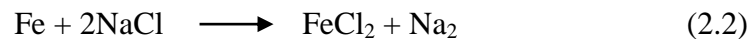
1. Pengertian Korosi

Korosi adalah suatu proses elektrokimia dimana atom-atom akan bereaksi dengan zat asam dan membentuk ion-ion positif (kation). Hal ini akan menyebabkan timbulnya aliran-aliran elektron dari suatu tempat ke tempat yang lain pada permukaan metal (Fariadhie, 2010). Korosi berasal dari bahasa latin “*Corrodere*” yang artinya merusak material atau berkarat. Korosi dapat didefinisikan sebagai proses degradasi/erusakan material yang disebabkan oleh pengaruh lingkungan sekelilingnya. Lingkungan sekelilingnya dapat berupa udara, air tawar, air laut, larutan dan tanah yang bersifat elektrolit (Ali dkk, 2014). Korosi terjadi pada saat adanya reaksi pelarutan (*dissolution*) logam menjadi ion pada permukaan logam yang berkontak dengan lingkungan yang mengandung cairan/air dan oksigen melalui reaksi kimia. Diawali dengan pelepasan elektron oleh atom-atom logam sehingga atom-atom logam menjadi ion-ion (+) yang larut dalam lingkungannya.



M = logam, M^{Z+} = ion logam, dan Ze^- = muatan negatif elektron. Bilangan bulat Z , biasanya mempunyai nilai 1,2 atau 3. Nilai Z yang lebih tinggi juga ada tetapi jarang. Dari nilai Z yang dimungkinkan, 2 merupakan yang paling lazim. Nilai Z ini disebut valensi, dan logam dapat mempunyai valensi lebih dari satu (Budianto dkk, 2009).

Korosi dalam larutan berair adalah yang paling umum dari semua proses korosi. Dalam semua kasus ini, air jarang hadir dalam bentuk murni. Sebaliknya, berbagai garam dan gas dilarutkan di dalamnya yang bertindak sebagai elektrolit. Sifat kimia dari elektrolit ini dapat bersifat asam, basa, atau netral. Salah satu reaksi korosi yang paling dasar melibatkan oksidasi logam murni bila terkena natrium klorida. Reaksi dapat dinyatakan sebagai berikut:



Pengalihan elektron terjadi pada permukaan logam. Lokasi-lokasi di mana elektron-elektron tersebut diturunkan diidentifikasi sebagai anoda. Tempat elektron diserap dinotasikan sebagai katoda. Dalam proses korosi, reaksi oksidasi disebut reaksi anodik sedangkan reaksi reduksi disebut reaksi katodik.

2. Proses Korosi

Proses korosi hanya akan terjadi jika ada tiga komponen utama dalam sel korosi, yaitu:

a. Logam

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

1. Anoda

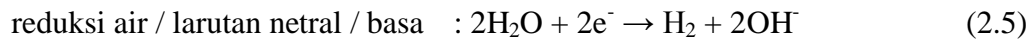
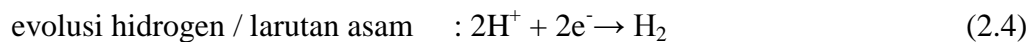
Anoda adalah bagian permukaan yang mengalami reaksi oksidasi atau terkorosi. Pada anoda ini logam terlarut dalam larutan dan melepaskan elektron untuk membentuk ion logam yang bermuatan positif. Reaksi korosi suatu logam M dinyatakan dalam persamaan berikut:



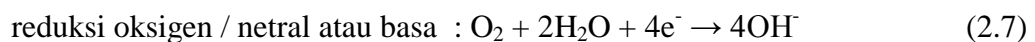
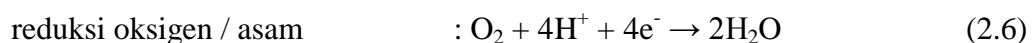
2. Katoda

Katoda adalah elektroda yang mengalami reaksi reduksi menggunakan elektron yang dilepaskan oleh anoda. Pada lingkungan air alam, proses yang sering terjadi adalah pelepasan H₂ dan reduksi O₂.

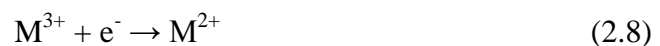
a). Pelepasan H₂ dalam larutan asam dan netral



b). Reduksi oksigen terlarut dalam larutan asam dan netral



c). Reduksi ion logam yang lebih elektronegatif



b. Elektrolit

Untuk mendukung suatu reaksi reduksi dan oksidasi, serta melengkapi rangkaian elektrik, antara anoda dan katoda harus dilengkapi dengan elektrolit. Elektrolit adalah larutan yang dapat menghantarkan arus listrik akibat adanya ion-ion yang terurai di dalam larutan. Dalam peristiwa korosi terdapat anoda, katoda, elektrolit dan konduktor, yang pada dasarnya sama dengan sel elektrokimia (Ali dkk.,

2014). 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, asam mineral, tanah, dan minyak.

c. Rangkaian listrik

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

3. Faktor Korosi

Laju korosi maksimum yang diizinkan dalam lapangan minyak adalah 5 mpy (mils per year, 1 mpy = 0,001 in/year), sedangkan normalnya adalah 1 mpy atau kurang. Umumnya problem korosi disebabkan oleh air. tetapi ada beberapa faktor selain air yang mempengaruhi laju korosi) diantaranya:

a. Faktor Gas Terlarut.

Oksigen (O₂), adanya oksigen yang terlarut akan menyebabkan korosi pada metal seperti laju korosi pada *mild stell alloys* akan bertambah dengan meningkatnya kandungan oksigen. Kelarutan oksigen dalam air merupakan fungsi dari tekanan, temperatur dan kandungan klorida. Untuk tekanan 1 atm dan temperatur kamar, kelarutan oksigen adalah 10 ppm dan kelarutannya akan berkurang dengan bertambahnya temperatur dan konsentrasi garam. Sedangkan kandungan oksigen dalam kandungan minyak-air yang dapat menghambat timbulnya korosi adalah 0,05 ppm atau kurang.

b. Faktor Temperatur

Penambahan temperatur umumnya menambah laju korosi walaupun kenyataannya kelarutan oksigen berkurang dengan meningkatnya temperatur. Apabila metal pada temperatur yang tidak uniform, maka akan besar kemungkinan terbentuk korosi.

c. Faktor pH

pH netral adalah 7, sedangkan $pH < 7$ bersifat asam dan korosif, sedangkan untuk $pH > 7$ bersifat basa juga korosif. Tetapi untuk besi, laju korosi rendah pada pH antara 7 sampai 13. Laju korosi akan meningkat pada $pH < 7$ dan pada $pH > 13$.

d. Faktor Bakteri Pereduksi atau *Sulfat Reducing Bacteria* (SRB)

Adanya bakteri pereduksi sulfat akan mereduksi ion sulfat menjadi gas H_2S , yang mana jika gas tersebut kontak dengan besi akan menyebabkan terjadinya korosi.

e. Faktor Padatan Terlarut

Klorida (Cl), klorida menyerang lapisan mild steel dan lapisan *stainless steel*. Padatan ini menyebabkan terjadinya *pitting*, *crevice corrosion*, dan juga menyebabkan pecahnya *alloys*. Klorida biasanya ditemukan pada campuran minyak-air dalam konsentrasi tinggi yang akan menyebabkan proses korosi. Proses korosi juga dapat disebabkan oleh kenaikan konduktiviti larutan garam, dimana larutan garam yang lebih konduktif, laju korosinya juga akan lebih tinggi. Karbonat (CO_3), kalsium karbonat sering digunakan sebagai pengontrol korosi dimana film karbonat diendapkan sebagai lapisan pelindung permukaan metal, tetapi dalam produksi minyak hal ini cenderung menimbulkan masalah *scale*.

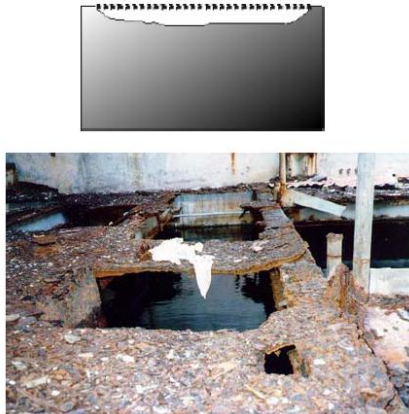
Sulfat (SO_4), ion sulfat ini biasanya terdapat dalam minyak. Dalam air, ion sulfat juga ditemukan dalam konsentrasi yang cukup tinggi dan bersifat kontaminan, dan oleh bakteri SRB sulfat diubah menjadi sulfida yang korosif (Fariadhie, 2010).

4. Tipe-Tipe Korosi

Tipe-tipe korosi pada umumnya diklasifikasikan sebagai berikut:

a. *Uniform Corrosion* (Korosi Seragam),

Korosi seragam yaitu korosi yang terjadi pada permukaan logam yang berbentuk pengikisan permukaan logam secara merata sehingga ketebalan logam berkurang sebagai akibat permukaan terkonversi oleh produk karat yang biasanya terjadi pada peralatan-peralatan terbuka. misalnya permukaan luar pipa.



Gambar 2.1. Korosi seragam.

b. *Pitting Corrosion* (Korosi Sumuran)

Korosi sumuran yaitu korosi yang berbentuk lubang-lubang pada permukaan logam karena hancurnya film dari proteksi logam yang disebabkan oleh *rate* korosi yang berbeda antara satu tempat dengan tempat yang lainnya pada permukaan logam tersebut. Korosi sumuran merupakan jenis korosi yang

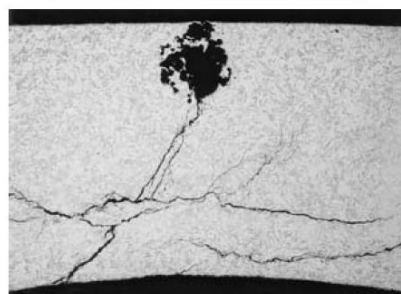
menyerang secara lokal selektif yang menghasilkan bentuk-bentuk permukaan lubang-lubang di logam.



Gambar 2.2. Korosi sumuran.

c. *Stress Corrosion Cracking* (Korosi Retak Tegang)

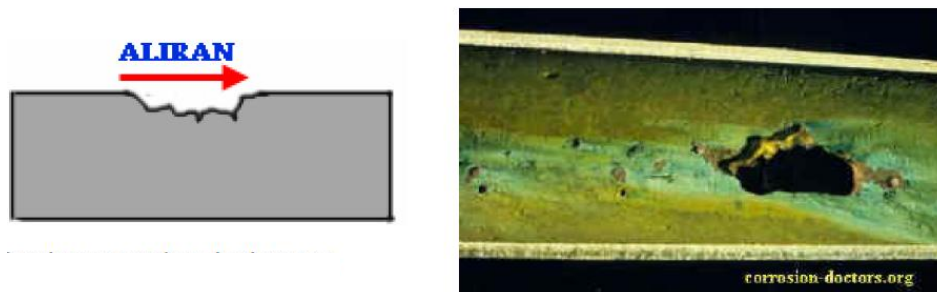
Korosi Retak Tegang yaitu korosi berbentuk retak-retak yang tidak mudah dilihat, terbentuk dipermukaan logam dan berusaha merembet ke dalam. Ini banyak terjadi pada logam-logam yang banyak mendapat tekanan. Hal ini disebabkan kombinasi dari tegangan tarik dan lingkungan yang korosif sehingga struktur logam melemah.



Gambar 2.3. Korosi retak tegang.

d. ***Errosion Corrosion*** (Korosi Erosi)

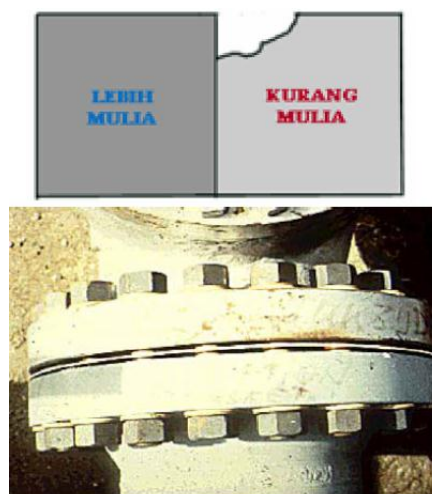
Korosi erosi yaitu korosi yang terjadi karena tercegahnya pembentukan film pelindung yang disebabkan oleh kecepatan alir fluida yang tinggi, misalnya abrasi pasir.



Gambar 2.4. Korosi erosi.

e. ***Galvanic Corrosion*** (Korosi Dwi Logam)

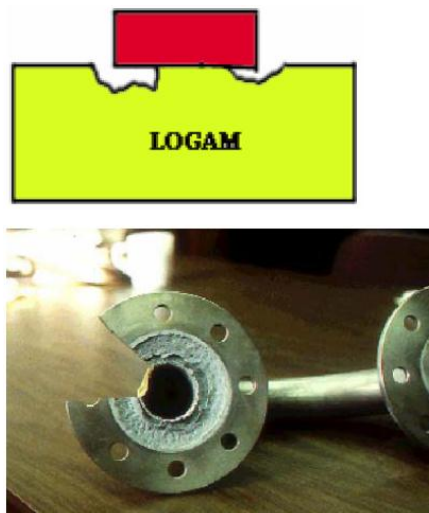
Korosi dwi logam yaitu korosi yang terjadi karena terdapat hubungan antara dua metal yang disambung dan terdapat perbedaan potensial antara keduanya saat dua buah logam bersatu dalam suatu elektrolit yang korosif.



Gambar 2.5. Korosi dwi logam.

f. *Crevice Corrosion* (Korosi Celah)

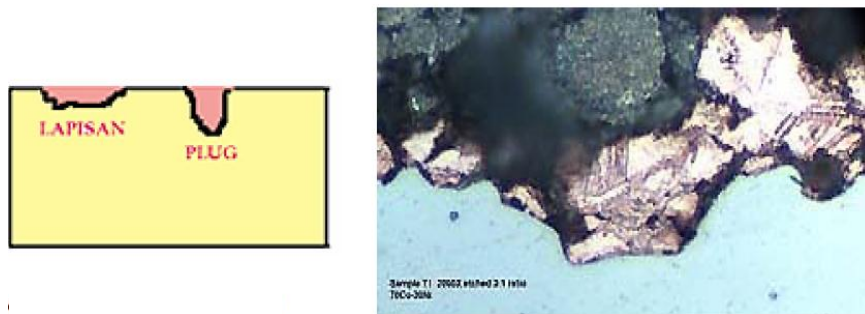
Korosi celah yaitu korosi yang terjadi di sela-sela gasket, sambungan bertindih, sekrup-sekrup atau kelingan yang terbentuk oleh kotoran-kotoran endapan atau timbul dari produk-produk karat. Jenis korosi lokal yang terjadi antara dua buah material baik logam-logam atau logam-non logam yang mempunyai celah antara keduanya yang mengakibatkan terjadinya perbedaan konsentrasi oksigen (*differential oxygen*).



Gambar 2.6. Korosi celah.

g. *Selective Leaching* (Korosi Peluluhan Selektif)

Peluluhan selektif atau *dealloying* merupakan penghilangan salah satu unsur dari paduan logam oleh proses korosi. Korosi peluluhan selektif korosi ini berhubungan dengan melepasnya satu elemen dari campuran logam. Contoh yang paling mudah adalah desinification yang melepaskan zinc dari paduan tembaga (Fariadhie, 2010).



Gambar 2.7. Korosi peluluhan selektif.

h. Intergranular Corrosion (Korosi Batas Butir)

Korosi batas butir merupakan korosi yang menyerang 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 (Gadang, 2008).



Gambar 2.8. Korosi batas butir.

i. Korosi Mikrobiologi

Korosi yang terjadi karena mikroba Mikroorganisme yang mempengaruhi korosi antara lain bakteri, jamur, alga dan *protozoa*. Korosi ini bertanggung jawab terhadap degradasi material di lingkungan. Pengaruh inisiasi atau laju korosi di suatu area, mikroorganisme umumnya berhubungan dengan permukaan korosi kemudian menempel pada permukaan logam dalam bentuk lapisan tipis atau

biodeposit. Lapisan film tipis atau biofilm. Pembentukan lapisan tipis saat 2 – 4 jam pencelupan sehingga membentuk lapisan ini terlihat hanya bintik-bintik dibandingkan menyeluruh di permukaan. Korosi jenis ini dapat dicegah dengan cara :

- Memilih logam yang tepat untuk suatu lingkungan dengan kondisi-kondisinya
- Memberi lapisan pelindung agar lapisan logam terlindung dari lingkungannya
- Memperbaiki lingkungan supaya tidak korosif.
- Perlindungan secara elektrokimia dengan anoda korban atau arus tandingan.
- Memperbaiki konstruksi agar tidak menyimpan air, lumpur dan zat korosif lainnya.



Gambar 2.9. Korosi mikrobiologi.

j. *Fatigue Corrosion* (Korosi Lelah)

Korosi ini terjadi karena logam mendapatkan beban siklus yang terus berulang sehingga semakin lama logam akan mengalami patah karena terjadi kelelahan logam. Korosi ini biasanya terjadi pada turbin uap, pengeboran minyak dan propeller kapal. Korosi jenis ini dapat dicegah dengan cara

- Menggunakan inhibitor
- Memilih bahan yang tepat atau memilih bahan yang kuat korosi.
- Memilih bahan yang tepat atau memilih bahan yang kuat korosi.



Gambar 2.10. Korosi lelah (Sumber: Utomo, 2009).

5. Pencegahan Korosi

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

a. Seleksi Material

Metode dalam pencegahan korosi umumnya yang sering digunakan yaitu pemilihan logam atau paduan dalam suatu lingkungan korosif tertentu. Beberapa contoh material yaitu baja karbon, baja *stainless*, paduan aluminium, paduan tembaga, titanium.

b. Proteksi Katodik Dan Anodik

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

c. Pelapisan (*Coating*)

Metode perlindungan logam terhadap serangan korosi adalah dengan pelapisan. Prinsip umum dari pelapisan yaitu melapiskan logam induk dengan suatu bahan

atau material pelindung. Jenis-jenis pelapisan sebagai pelindung proses korosi dapat dibagi secara umum tiga bagian yaitu pelapisan organik, non organik dan logam.

d. Perubahan Media Dan Inhibitor

- Perubahan Media

Perubahan media lingkungan bertujuan untuk mengurangi dampak korosi. Parameter-parameter umum yaitu penurunan temperatur, penurunan laju alir larutan elektrolit, menghilangkan unsur oksigen, perubahan konsentrasi.

- Inhibitor

Inhibitor adalah suatu substansi senyawa yang dimana ditambah dengan konsentrasi kecil ke lingkungan sehingga mengurangi laju korosi yang ada. Inhibitor dapat dikatakan sebagai katalis (Gadang, 2008).

6. Mekanisme Korosi

Menurut Trethewey (1991), mekanisme reaksi korosi pada besi dalam baja adalah:

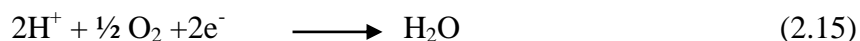
Pada anoda terjadi pelarutan besi (Fe) menjadi ion Fe^{2+} :



sedangkan pada katoda terjadi reaksi :



untuk lingkungan (larutan) netral maka reaksi yang terjadi sebagai berikut :



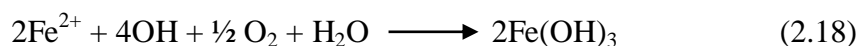
dan untuk lingkungan (larutan) asam maka reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Reaksi di atas terjadi secara bertahap dan sebenarnya terjadi juga berbagai reaksi lanjutan dalam larutan. Pada peristiwa korosi, ion ferro yang terbentuk di anoda akan teroksidasi membentuk ferrokksida (*gamma iron oxide*) berbentuk lapisan sangat tipis menempel pada permukaan logam dan mencegah terlarutnya besi lebih lanjut :



Ion hidroksil yang terbentuk juga dapat terserap pada permukaan membentuk lapisan yang menghalangi penyerapan oksigen. Pada keadaan ini terjadi polarisasi katoda dan proses korosi berjalan lambat. Pada peristiwa korosi yang cepat, lapisan penghambat (pelindung) tersebut tidak sempat terbentuk, ion Fe bereaksi dengan ion hidroksil :



Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa proses korosi dilingkungan basah dapat terjadi apabila empat syarat terpenuhi yaitu ;

1. Ada anoda tempat reaksi anodik terjadi.
2. Ada katoda tempat reaksi katodik terjadi.
3. Ada media untuk transfer elektron/arus.
4. Ada lingkungan yang bersifat elektrolit (Sumarji, 2012).

7. Laju Korosi

Logam dikatakan mengalami korosi ketika terserang secara kimiawi, serangan ini akan terjadi secara spesifik. Laju korosi adalah kecepatan penembusan logam atau kehilangan berat persatuan luas tergantung pada teknik pengukuran yang digunakan dan dinyatakan dalam satuan *mmpy* (*millimeter per year*) dan besarnya laju dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$CR = \frac{KW}{AT\rho} \quad (2.19)$$

dimana CR = Laju korosi (mm/y)

K = Konstanta laju korosi (87,6)

W = Selisih massa (mg)

T = Waktu perendaman (*year*)

A = Luas permukaan (mm²)

ρ = Massa jenis baja karbon (7,85 mg/mm²)

(Callister and Rethwitsch, 2008)

Efisiensi inhibitor mengindikasikan sejauh mana laju korosi diperlambat oleh kehadiran inhibitor. Efisiensi inhibitor dapat ditulis dalam persamaan berikut:

$$\eta(\%) = \frac{(CR_{uninhibited} - CR_{inhibited})}{CR_{uninhibited}} 100\% \quad (2.20)$$

dimana η = Efisiensi inhibitor (%)

$CR_{uninhibited}$ = Laju korosi tanpa inhibitor (mmpy)

$CR_{inhibited}$ = Laju korosi dengan inhibitor (mmpy)

(Roberge, 2000)

C. Pengendalian Korosi dengan Inhibitor

Salah satu cara untuk meminimalkan efek degradasi material yang sering digunakan adalah dengan penggunaan inhibitor. Inhibitor berfungsi untuk memperlambat reaksi korosi yang bekerja dengan cara membentuk lapisan pelindung pada permukaan logam. Lapisan molekul pertama yang terbentuk mempunyai ikatan yang sangat kuat yang disebut *chemist option*. Inhibitor umumnya berbentuk cairan yang diinjeksikan pada *production line*. Karena inhibitor tersebut merupakan masalah yang penting dalam menangani korosi maka

perlu dilakukan pemilihan inhibitor yang sesuai dengan kondisinya. Inhibitor digunakan untuk melindungi bagian dalam struktur dari serangan korosi yang diakibatkan oleh fluida yang mengalir atau tersimpan di dalamnya. Inhibitor biasanya ditambahkan sedikit dalam lingkungan asam, air pendingin, uap, maupun lingkungan lain. Keuntungan menggunakan inhibitor yaitu menaikkan umur struktur atau bahan, mencegah berhentinya suatu proses produksi, mencegah kecelakaan akibat korosi, menghindari kontaminasi produk dan lain sebagainya (Nugroho, 2015).

Proses korosi yang terjadi di lingkungan udara maupun lingkungan elektrolit dapat dikendalikan dengan menggunakan zat kimia yang disebut dengan inhibitor. Apabila inhibitor ditambahkan kedalam lingkungan korosif, maka laju serangan zat agresif akan berlangsung sampai tingkat tertentu. Ada dua jenis larutan yang dapat mengalami perlakuan inhibisi yaitu larutan netral dengan inhibitor anoda dan larutan asam dengan inhibitor katoda. Inhibitor dapat membentuk lapisan tipis di permukaan logam, yang kemudian akan teradsorpsi pada permukaan logam tersebut (Bahri, 2007).

1. Inhibitor Organik

Inhibitor organik membentuk suatu lapisan/film protektif molekul-molekul teradsorpsi pada permukaan logam, yang menjadi suatu penghalang pada pelarutan logam di dalam larutan elektrolit. Karena permukaan logam yang tertutupi sebanding dengan konsentrasi inhibitor, konsentrasi inhibitor di dalam larutan/medium adalah kritis (Roberge, 2000). Keefektifannya bergantung pada susunan kimia, struktur molekul dan afinitasnya terhadap permukaan logam.

Karena pembentukan lapisan/film adalah suatu proses adsorpsi, suhu dan tekanan merupakan faktor yang penting. Inhibitor organik akan diadsorpsi berdasarkan muatan ion inhibitor tersebut dan muatan pada permukaan logam.

2. Mekanisme Kerja Inhibitor Korosi

Suatu inhibitor kimia adalah suatu zat kimia yang dapat menghambat atau memperlambat suatu reaksi kimia. Secara khusus, inhibitor korosi merupakan suatu zat kimia yang bila ditambahkan kedalam suatu lingkungan tertentu, dapat menurunkan laju penyerangan lingkungan itu terhadap suatu logam.

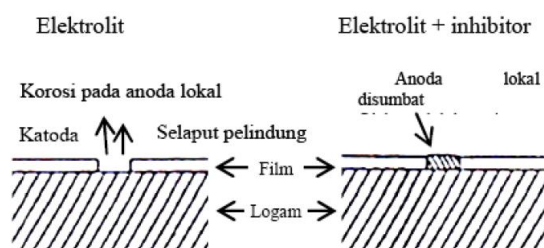
Pada prakteknya, jumlah yang di tambahkan adalah sedikit, baik secara kontinu maupun periodik menurut suatu selang waktu tertentu.

Adapun mekanisme kerjanya dapat dibedakan sebagai berikut :

- a. 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.
- b. 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.
- c. 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.
- d. Inhibitor menghilangkan kontituen yang agresif dari lingkungannya.

Berdasarkan sifat korosi logam secara elektrokimia, inhibitor dapat mempengaruhi polarisasi anodik dan katodik. Bila suatu sel korosi dapat dianggap terdiri dari empat komponen yaitu: anoda, katoda, elektrolit dan penghantar elektronik, maka inhibitor korosi memberikan kemungkinan menaikkan polarisasi anodik, atau menaikkan polarisasi katodik atau menaikkan tahanan listrik dari rangkaian melalui pembentukan endapan tipis pada permukaan logam (Revie dan Uhlig, 1907).

Sejumlah inhibitor menghambat korosi melalui cara adsorpsi. Proses ini untuk membentuk suatu lapisan tipis yang tidak nampak dengan ketebalan beberapa molekul saja, ada pula yang karena pengaruh lingkungan membentuk endapan yang nampak dan melindungi logam dari serangan yang mengkorosi logamnya dan menghasilkan produk yang membentuk lapisan pasif, dan ada pula yang menghilangkan konstituen yang agresif. Sementara itu, mekanisme inhibitor anodik dalam mempertahankan lapisan pasif dapat dilihat pada Gambar 2.11. Pada Gambar 2.11. terlihat korosi terjadi pada bagian selaput oksida yang terkelupas. Selaput pelindung kemudian akan bertindak sebagai katoda, sedangkan logam yang tersingkap sebagai anoda. Kemudian anion dalam inhibitor anodik bereaksi dengan ion logam dalam larutan dan menutup bagian yang bersifat anodik, sehingga laju korosi menjadi terhenti kembali.



Gambar 2.11. Efek konsentrasi terhadap inhibitor anodik pada laju korosi (Sumber: Nugroho, 2015).

D. Ekstrak Daun Pandan sebagai Inhibitor Korosi

1. Metode Ekstraksi

Ekstraksi adalah proses penarikan komponen aktif dari suatu campuran padatan dan/atau cairan dengan menggunakan pelarut tertentu. Proses ini merupakan langkah awal yang penting dalam penelitian tanaman obat, karena preparasi ekstrak kasar tanaman merupakan titik awal untuk isolasi dan pemurnian komponen kimia yang terdapat dalam tanaman. Ekstraksi senyawa aktif dari tanaman obat adalah pemisahan secara fisik atau kimiawi dengan menggunakan cairan atau padatan dari bahan padat (Fauzana, 2010).

Perlakuan pendahuluan sebelum ekstraksi sangat penting untuk mempermudah proses ekstraksi. Perlakuan pendahuluan ini tergantung dari sifat senyawa yang terdapat dalam bahan yang akan. Perlakuan pendahuluan untuk bahan yang mengandung minyak adalah dengan pengeringan dan pengecilan ukuran bahan. Pengeringan dilakukan sampai kadar air tertentu lalu dilanjutkan dengan penggilingan untuk mempermudah proses ekstraksi, serta mempermudah kontak antar bahan dengan pelarut sehingga ekstraksi berlangsung dengan baik (Fauzana, 2010).

Metode ekstraksi dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu ekstraksi sederhana dan ekstraksi khusus. Ekstraksi sederhana meliputi maserasi, perkolasi, reperkolasi, evakolasi, dan dialokasi. Ekstraksi khusus meliputi sokletasi, arus balik dan ultrasonik. Maserasi merupakan proses perendaman sampel menggunakan pelarut organik pada temperatur ruangan. Proses ini sangat menguntungkan dalam isolasi senyawa bahan alam karena dengan perendaman sampel tumbuhan akan terjadi

pemecahan dinding dan membran sel akibat perbedaan tekanan antara di dalam dan di luar sel, sehingga metabolit sekunder yang ada dalam sitoplasma akan terlarut dalam pelarut organik dan ekstraksi senyawa akan sempurna karena dapat diatur lama perendaman yang dilakukan (Rizky dkk, 2012). Secara teoritis, pada suatu maserasi tidak memungkinkan terjadinya ekstraksi absolut. Semakin besar perbandingan simplisia terhadap cairan pengestraksi, akan semakin banyak hasil yang diperoleh. Keuntungan metode ekstraksi ini adalah metode ini lebih mudah dikerjakan dan biaya yang lebih relatif murah (Aprilia, 2016).

2. Daun Pandan

Nama botani daun pandan wangi adalah *Pandanus amaryllifolius* Roxb (Dumaol *et al*, 2010). Tanaman tidak menghasilkan buah dan disebarkan oleh bagian vegetatif (Faras *et al*, 2014). Pandan (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) adalah tanaman tropis keluarga Pandanaceae dalam genus pinus sekrup. Daun pandan sering dikenal sebagai pinus sekrup karena menyerupai nanas dengan susunan spiral daun hijau yang panjang, sempit dan berbentuk strap. Meskipun keluarga Pandanaceae terdiri dari sekitar 600 spesies, hanya ada *pandanus amaryllifolius* Roxb. dan *Pandanus odoratissimus* Linn. yang memiliki daun harum dan bunga. Genus *Pandanus* dari famili Pandanaceae terdiri dari sekitar 600 spesies yang tersebar luas di daerah tropis dan subtropis (Ghasemzadeh dan Jaafar, 2013) Tumbuhan ini mudah dijumpai di pekarangan atau tumbuh liar di tepi-tepi selokan yang teduh. Pandan wangi mempunyai kandungan kimia alkaloid, flavonoid, saponin, tanin, polifenol yang berfungsi sebagai zat antioksidan alami. Polifenol merupakan senyawa turunan fenol yang mempunyai aktivitas sebagai antioksidan.

Kandungan senyawa polifenol ini dapat diambil dari daun pandan menggunakan proses ekstraksi pelarut dengan pelarut etanol 96% (Margaretta dkk, 2011).

Pandan wangi merupakan tumbuhan berupa perdu dan rendah, tingginya sekitar dua meter. Batangnya menjalar, pada pangkal keluar berupa akar. Daun berwarna hijau kekuningan, diujung daun berduri kecil, kalau diremas daun ini berbau wangi. Tumbuhan ini mudah dijumpai di pekarangan atau tumbuh liar di tepi-tepi selokan yang teduh. Daun tunggal, duduk, dengan pangkal memeluk batang, tersusun berbaris tiga dalam garis spiral. Helai daun berbentuk pita, tipis, licin, ujung runcing, tepi rata, bertulang sejajar, panjang 40 - 80 cm, lebar 3 - 5 cm, berduri tempel pada ibu tulang daun permukaan bawah bagian ujung-ujungnya, warna hijau dan berbau wangi. Beberapa varietas memiliki tepi daun yang bergerigi. Bunga majemuk, bentuk bongkol, warnanya putih. Berakar gantung, dengan akar tinggal dan akar gantungnya, tumbuh menjalar, hingga dalam waktu singkat akan merupakan rumpun yang lebat. Perdu tahunan, tinggi 1-2 m. Batang bulat dengan bekas duduk daun, bercabang, menjalar, akar tunjang keluar di sekitar pangkal batang dan cabang. Buahnya buah batu, menggantung, bentuk bola, diameter 4 - 7,5 cm, dinding buah berambut, warnanya jingga. Perbanyakkan dengan pemisahan tunas-tunas muda, yang tumbuh di antara akar-akarnya

3. Taksonomi dan Kandungan Kimia Daun Pandan

Sistematika taksonomi daun pandan yang disajikan pada Tabel 2.2. (Margaretta dkk, 2011) dan bentuk daun pandan ditunjukkan pada Gambar 2.12.

Tabel 2.2. Tasksonomi daun pandan

<i>Kingdom</i>	<i>Plantae</i>
Divisi	<i>Magnoliophyta</i>
Kelas	<i>Liliopsida</i>
Ordo	<i>Pandanales</i>
Famili	<i>Pandanaceae</i>
Genus	<i>Pandanus</i>
Spesies	<i>Pandanus amaryllifolius Roxb.</i>



Gambar 2.12. Daun pandan

Hasil uji fitokimia terhadap kandungan senyawa kimia dalam daun pandan telah dilaporkan Prameswari dan Widjanarko (2014) bahwa ekstrak air, etanol dan air:etanol dari daun pandan wangi positif mengandung alkaloid, tanin, flavonoid, dan polifenol. Polifenol merupakan senyawa turunan fenol yang mempunyai aktivitas sebagai antioksidan. Kandungan senyawa polifenol ini dapat diambil dari daun pandan menggunakan proses ekstraksi pelarut dengan pelarut etanol 96%. Kadar flavonoid total dan fenolik total dalam ekstrak daun pandan yang maksimum diperoleh pada ekstrak etanol 96%, masing-masing sebesar 478,7629 dan 99,4086 mg/g (Kayadoe dkk., 2015).

E. Tanin

1. Pengertian Tanin

Tanin merupakan komponen zat organik derivat polimer glikosida yang terdapat dalam bermacam-macam tumbuhan, terutama tumbuhan berkeping dua (dikotil). Monomer tanin adalah digallic acid dan D-glukosa dan memiliki rumus molekul $C_{76}H_{52}O_{46}$. Ekstrak tanin terdiri dari campuran senyawa polifenol yang sangat kompleks dan biasanya tergabung dengan karbohidrat rendah. Oleh karena adanya gugus fenol, maka tanin akan dapat berkondensasi dengan formaldehida. Tanin terkondensasi sangat reaktif terhadap formaldehida dan mampu membentuk produk kondensasi, berguna untuk bahan perekat termosetting yang tahan air dan panas (Rizky dkk, 2012).

Tanin adalah campuran polifenol yang terdapat dalam tumbuhan dalam bentuk glikosida yang jika terhidrolisis akan menghasilkan glikon dan aglikon. Sebagai glikosida, tannin larut dalam pelarut dan dalam air dalam bentuk sedikit asam. Dalam keadaan bebas, tanin bersifat asam karena adanya gugus fenol. Tanin terdapat luas dalam tanaman pembuluh karena tanin memiliki rasa yang sepat, maka umumnya tannin dihindari oleh hewan pemakan tumbuhan.

Tanin adalah senyawa organik non toksik yang tergolong polifenol yang bisa diperoleh dari ekstrak tumbuh-tumbuhan seperti gambir, kacang-kacangan, teh, anggur dan lain-lain. Tanin dapat berfungsi sebagai zat anti korosi yang dapat menggantikan fungsi kromat dan timbale merah dalam zat dasar. Dalam senyawa tannin, terdapat gugus fungsi hidroksi yang melekat pada cincin aromatis

sehingga tannin dapat membentuk kompleks khelat dengan kation besi dan logam lainnya (Ali dkk., 2014).

2. Interaksi Tanin dengan Besi

Besi merupakan salah satu unsur transisi deret pertama yang dalam bentuk aliansinya mempunyai banyak manfaat bagi kehidupan manusia. Agar mempunyai ketahanan yang lebih baik biasanya besi sering dicampur dengan bahan-bahan lain seperti karbon dan unsur transisi lain sesuai dengan kebutuhan. Senyawa tanin dapat membentuk kompleks dengan besi (II) dan besi (III). Kompleks besi (II)-tanin tidak berwarna dan sangat mudah larut dan teroksidasi. Dengan adanya oksigen, kompleks ini berubah menjadi kompleks besi(III)-tanin yang disebut tanat. Kompleks inilah yang akan melekat pada permukaan besi yang akan menghalangi terjadinya proses korosi lebih lanjut karena kompleks tersebut akan terserap pada permukaan besi dan melindungi permukaan besi (Ali dkk, 2014).

F. X-Ray Diffraction (XRD)

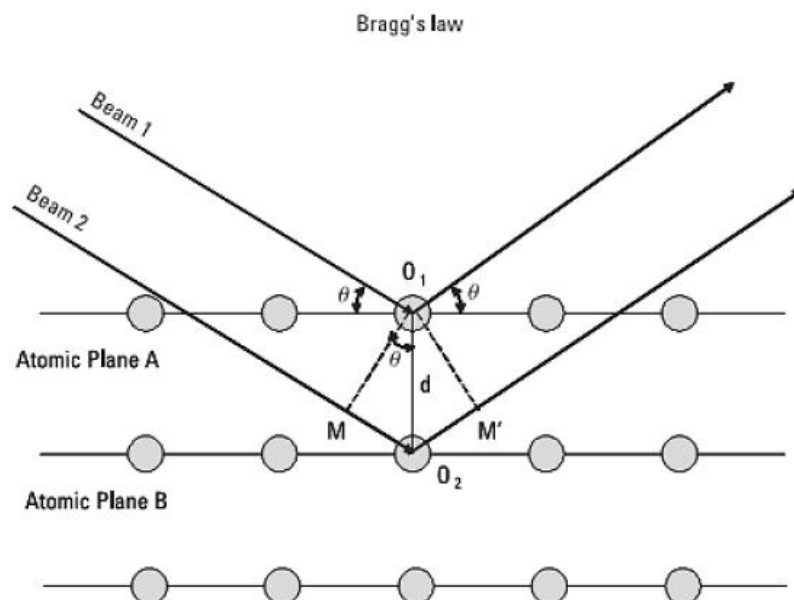
Sinar x memiliki energi mulai dari sekitar 200 sampai 1 MeV yang ditempatkan diantara sinar γ dan sinar ultraviolet (UV) dalam spektrum elektromagnetik. Seperti yang diketahui, sinar x dihasilkan oleh interaksi antara sinar elektron dan elektron eksternal sebuah atom. Panjang gelombang sinar-x bervariasi yaitu antara 10 nm sampai 1 pm. Kisaran gelombang yang berguna untuk studi difraksi sinar-x adalah antara 0,05 sampai 0,25 nm. Jarak interatomik dalam kristal biasanya 0,2 nm (Norton and Suryanarayana, 1998). Difraksi sinar-X dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan mengkarakterisasi beragam bahan, seperti logam, mineral,

polimer, katalis, plastik, farmasi, protein, lapisan tipis, keramik dan semikonduktor (McMahon, 2007).

Dalam skema difraksi sinar- x dari Hukum Bragg seperti yang ditunjukkan Gambar 2.13. berkas yang masuk ke dalam material merupakan gelombang bidang. Sinar 1 direfleksikan oleh permukaan bidang A, dan sinar 2 direfleksikan oleh bidang B. Dalam kedua kasus tersebut (sinar 1 dan 2), besarnya sudut sinar pantul sama dengan sudut sinar datang θ . Karena berkas yang masuk merupakan gelombang bidang sehingga berkas 1 dan 2 merupakan gelombang sefase sebelum mencapai sampel. Setelah terjadinya refleksi, berkas 2 akan menempuh jarak tambahan yang direpresentasikan dari penjumlahan $MO_2 + M'O_2$. Dari ilustrasi tersebut, dapat diperoleh jarak $MO_2 + M'O_2 = 2d \sin \theta$. Untuk mempertahankan hubungan sefase antara berkas 1 dan 2, serta untuk menghasilkan difraksi konstruktif, jarak tambahan yang dilalui berkas 2 harus berupa bilangan integer dari panjang gelombang atau dapat dituliskan sebagai $n\lambda$. Hubungan ini dikenal sebagai hukum Bragg,

$$2d \sin \theta = n\lambda \quad (2.21)$$

dengan d adalah jarak antar bidang, λ adalah panjang gelombang dari berkas (sinar) datang, θ adalah sudut datang, dan n adalah bilangan integer (1, 2, 3,). Agar menghasilkan difraksi konstruktif, jarak antar struktur harus memiliki orde yang sama dengan panjang gelombang λ (Guo and Tan, 2009).



Gambar 2.13. Skema difraksi dari Hukum Bragg (Sumber: Guo *and* Tan, 2009).

Bidang kristal yang memiliki jarak antar atom yang berbeda (d) maka difraksi konstruktif hanya akan terjadi pada sudut tertentu dari θ . Oleh karena itu, jika diketahui intensitas sinar-x pada sudut θ dan diketahui panjang gelombang dari sinar datang (λ), maka dapat dihitung jarak antar bidang atom, yang menyatakan informasi fasa dan kimia dari material. Metode ini diperoleh dari hukum Bragg, yang banyak digunakan pada difraktometer sinar-x (Guo *and* Tan, 2009).

G. *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS)*

SEM adalah sebuah mikroskop elektron yang di desain untuk menyelidiki permukaan dari objek solid secara langsung, yang memiliki perbesaran 10 – 3000000x, *depth of field* 4 – 0.4 mm dan resolusi sebesar 1 – 10 nm. Prinsip kerja dari SEM adalah sebagai berikut:

1. Sebuah pistol elektron memproduksi sinar elektron dan dipercepat dengan anoda.

2. Lensa magnetik memfokuskan elektron menuju ke sampel.
3. Sinar elektron yang terfokus memindai (scan) keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai.
4. Ketika elektron mengenai sampel maka sampel akan mengeluarkan elektron baru yang akan diterima oleh detektor dan dikirim ke monitor (CRT).

Teknik SEM memiliki kelemahan antara lain:

1. Memerlukan kondisi vakum.
2. Hanya mampu menganalisa permukaan saja.
3. Memiliki resolusi yang lebih rendah dari TEM.
4. Sampel yang digunakan harus bahan yang konduktif, jika tidak konduktor maka sampel perlu dilapisi dengan logam seperti emas.

Prosedur menggunakan SEM :

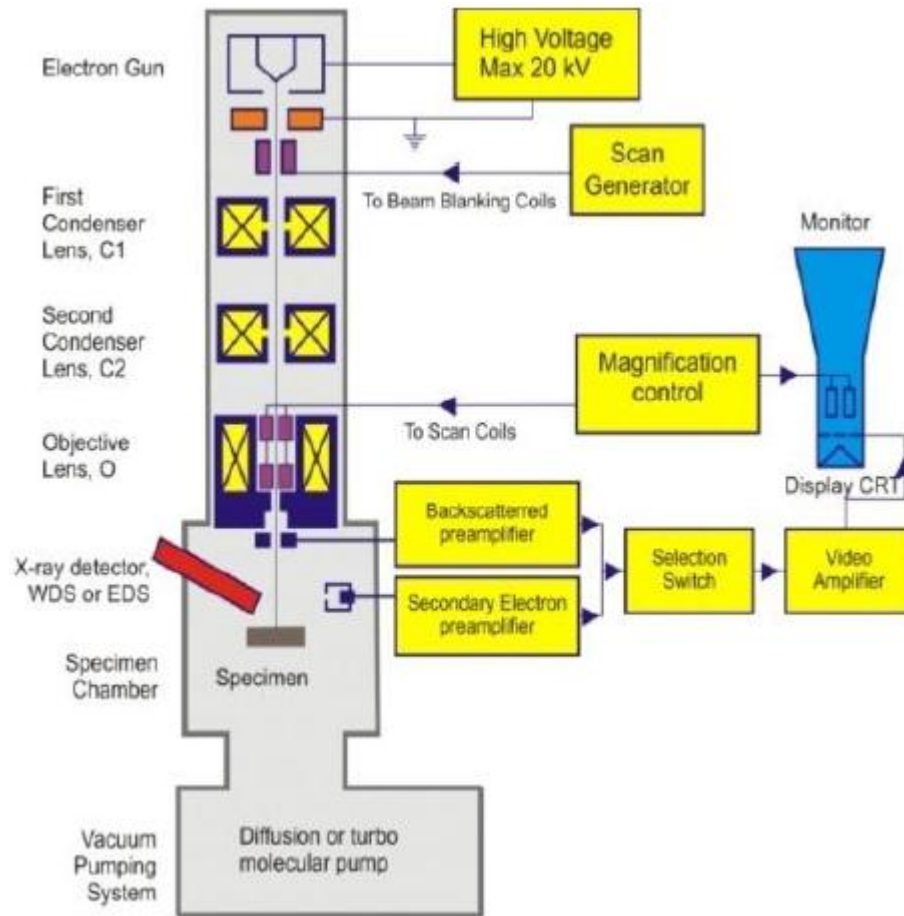
1. Persiapkan sampel dengan cara: sampel disuspensikan ke dalam EtOH. Kemudian teteskan sampel pada pita karbon, menempel dan kering. Selanjutnya dilapisi dengan emas.
2. Nyalakan alat SEM. Letakkan sampel pada alat tersebut.
3. Tunggu sampai alat menunjukkan *ready*.
4. Mengatur lensa sehingga sampel terlihat fokus.
5. Mencetak hasil.

(Lubis, 2015).

Pada Gambar 2.14. adalah skema diagram standar SEM JSM-6510LA dari fabrik JEOL yang digunakan dalam penelitian ini dengan fasilitas analisis komposisi kimia berupa detektor sinar X. Komponen utama alat SEM ini pertama adalah tiga pasang lensa elektromagnetik yang berfungsi memfokuskan

berkas elektron menjadi sebuah titik kecil, lalu oleh dua pasang scan coil discan-kan dengan frekuensi variabel pada permukaan sampel. Semakin kecil berkas difokuskan semakin besar resolusi lateral yang dicapai. Kesalahan fisika pada lensa-lensa elektromagnetik berupa astigmatismus dikoreksi oleh perangkat stigmator. SEM tidak memiliki sistem koreksi untuk kesalahan aberasi lainnya. Kedua adalah sumber elektron, biasanya berupa filamen dari bahan kawat tungsten atau berupa jarum dari paduan Lantanum Hexaboride LaB₆ atau Cerium Hexaboride CeB₆, yang dapat menyediakan berkas elektron yang teoretis memiliki energi tunggal (monokromatik), Ketiga adalah imaging detector, yang berfungsi mengubah sinyal elektron menjadi gambar/image. Sesuai dengan jenis elektronnya, terdapat dua jenis detektor dalam SEM ini, yaitu detektor SE dan detektor BSE (Sujatno dkk., 2015).

Pada alat ini, untuk menghindari gangguan dari molekul udara terhadap berkas elektron, seluruh jalur elektron (*column*) divakum hingga 10⁻⁶torr. Tetapi, kevakuman yang tinggi menyebabkan naiknya sensitifitas pendeteksian alat terhadap non-konduktifitas, yang menyulitkan analisis pada bahan-bahan non-konduktif, seperti keramik dan oksida. Untuk mengatasi hal tersebut SEM ini memiliki opsi untuk dapat dioperasikan dengan vakum rendah, yang disebut *Low-Vacuum Mode*. Dengan teknik *low vacuum* kita dapat menganalisis bahan yang non konduktif sekalipun. Tekanan pada mode ini berkisar antara 30 hingga 70Pa.



Gambar 2.14. Blok diagram SEM (Sumber: Sujatno dkk., 2015).

III. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Fisika Dasar Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Universitas Lampung, Laboratorium Kimia Organik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Universitas Lampung, Laboratorium Jurusan Fisika Universitas Negeri Padang (UNP), dan Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro (Undip) selama 5 bulan.

B. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelas kimia, gelas ukur, labu takar, botol sampel, spatula, pipet tetes, corong, aluminium foil, jangka sorong, *hot plate*, *stopwatch*, benang nilon, neraca digital, *rotary vacuum evaporator*, alat pemotong baja, kertas amplas, kertas saring, *blender*, *X-Ray Diffraction (XRD)*, *SEM (Scanning Electron Microscopy)*, dan *EDS (Energy Dispersive Spectroscopy)*

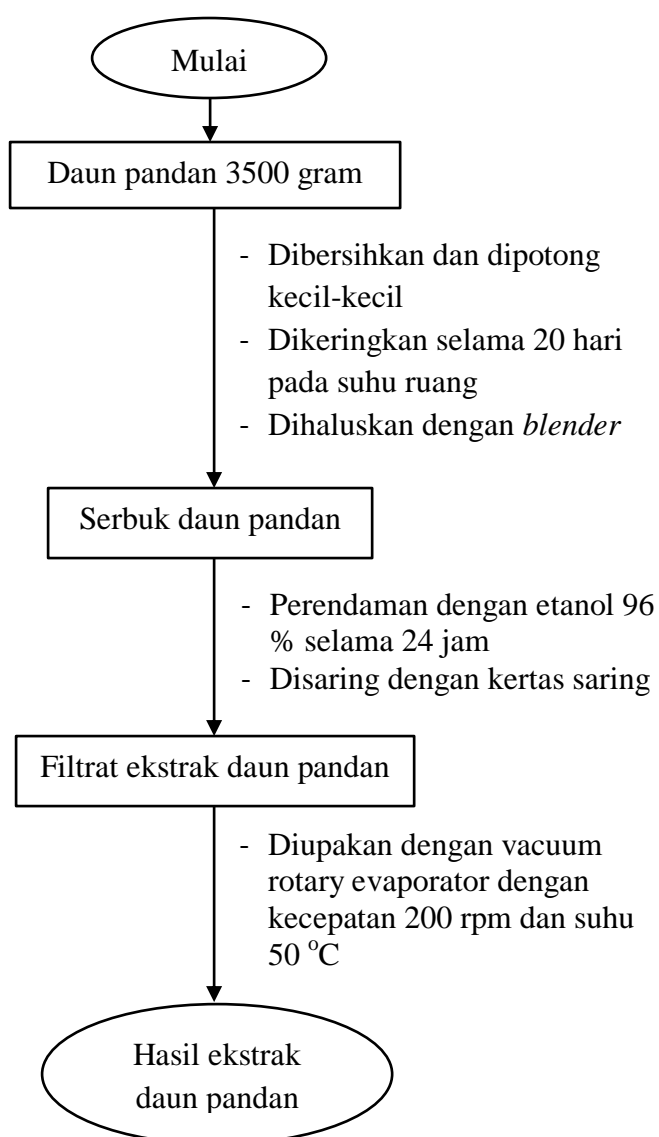
Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun pandan, baja St37, NaCl 3%, etanol 96 %, akuades, dan aseton.

C. Preparasi Bahan

Prosedur kerja penelitian di bagi menjadi 4 tahap, yaitu pembuatan ekstrak daun pandan, 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 pandan

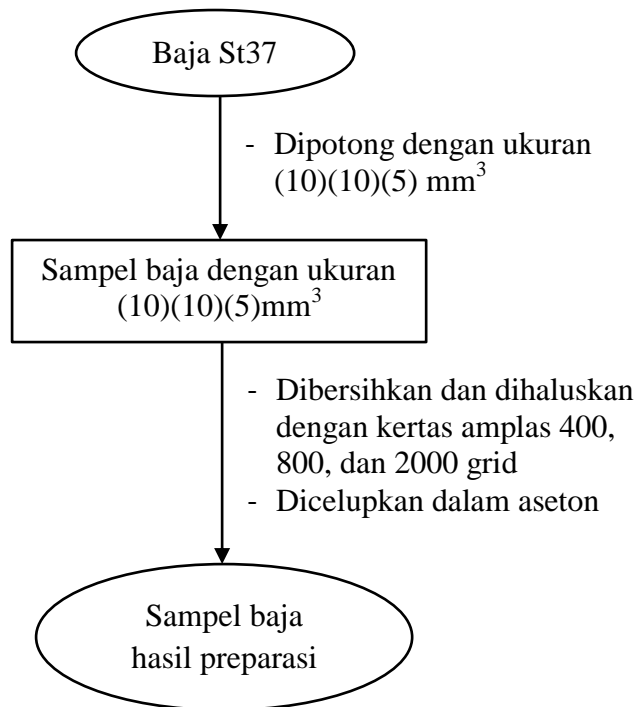
Prosedur kerja pembuatan ekstrak daun pandan dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram alir pembuatan ekstrak daun pandan

b. Prosedur preparasi pembuatan sampel baja

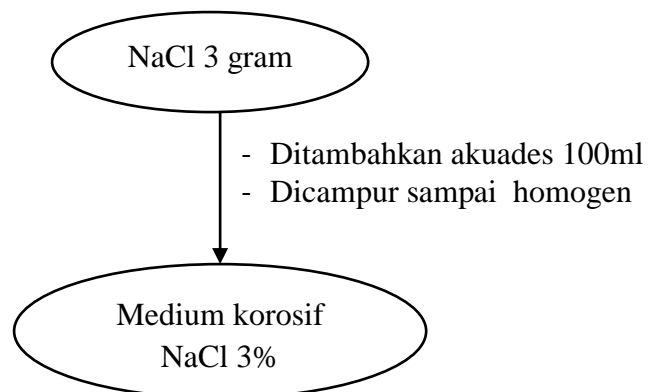
Prosedur kerja pembuatan sampel baja ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Diagram alir pembuatan sampel baja

c. Prosedur preparasi pembuatan medium korosif

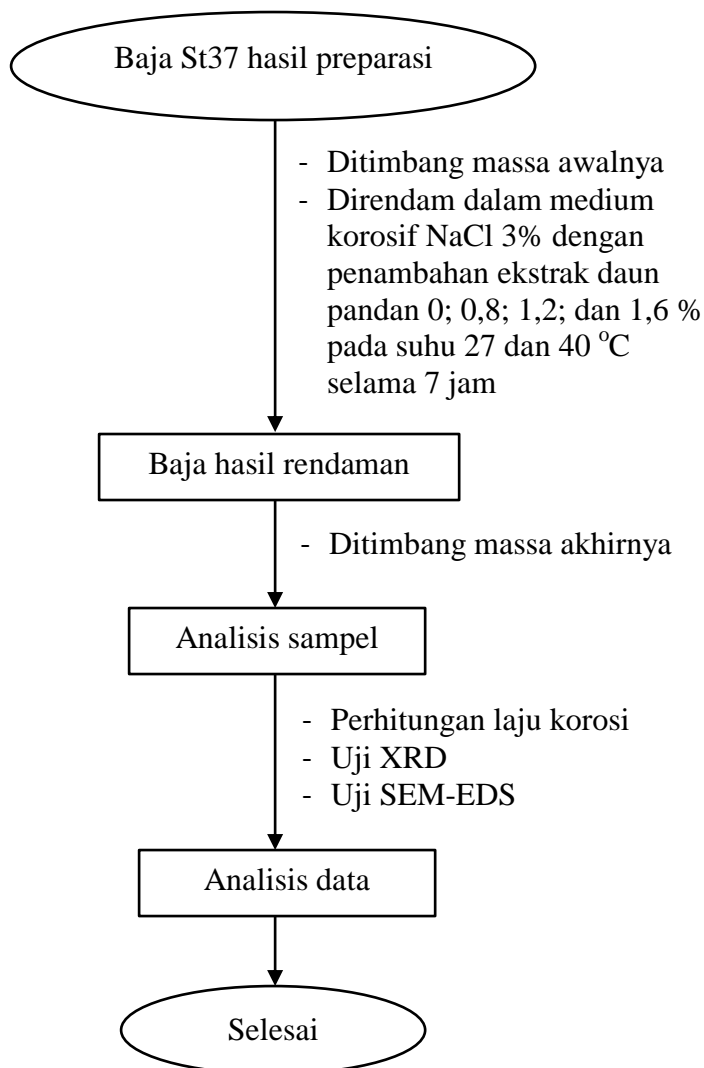
Prosedur kerja pembuatan medium korosif ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Diagram alir pembuatan medium korosif

d. Prosedur preparasi proses korosi

Prosedur kerja proses korosi ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Diagram alir proses korosi

D. Kode Sampel

Kode sampel yang digunakan untuk memudahkan penyajian dan analisis data ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Kode Sampel

No	Kode Sampel	Suhu (°C)	Konsentrasi inhibitor (%)	Keterangan
1.	St37-Z		0	<u>Sampel baja St37 murni</u>
2.	St37-27-0		0	
3.	St37-27-0,8	27	0,8	
4.	St37-27-1,2		1,2	Dengan perlakuan
5.	St37-27-1,6		1,6	
6.	St37-40-0		0	
7.	St37-40-0,8	40	0,8	
8.	St37-40-1,2		1,2	Dengan perlakuan
9.	St37-40-1,6		1,6	

1. Pembuatan Larutan Inhibitor dengan Daun Pandan

- Mengeringkan daun pandan sebanyak 3500 gram dalam suhu kamar selama 25 hari untuk menghilangkan kadar air.
- Menghaluskan daun pandan yang telah kering dengan blender untuk memudahkan dan memaksimalkan proses ekstraksi.
- Mengekstrak daun pandan dengan metode maserasi.
- Memasukkan hasil maserasi daun pandan yang telah halus ke dalam botol yang berisi etanol 96 % selama 24 jam.
- Menyaring hasil perendaman menggunakan kertas saring hingga diperoleh filtrat.
- Menguapkan filtrat dari hasil maserasi menggunakan alat penguap putar vakum (*rotary evaporator*) dengan kecepatan 200 rpm dan suhu 50 °C hingga menghasilkan ekstrak pekat.

2. Preparasi Sampel Baja

- Memotong baja St37 dengan ukuran (10)(10)(5) mm³.
- Membersihkan dan memperhalus permukaan baja menggunakan kertas amplas 400, 800 dan 2000 grid untuk menghilangkan pengotor.

- Mencelupkan baja ke dalam aseton untuk membersihkan pengotor yang menempel pada baja.

3. Penimbangan Massa Awal Sampel

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

4. Pembuatan Media Korosi

- Larutan NaCl 3%

Cara pembuatan larutan NaCl 3% yaitu mengencerkan dengan akuades.

Untuk pengenceran larutan NaCl ditentukan secara matematis berdasarkan persamaan 3.1

$$V_1 M_1 = V_2 M_2 \quad (3.1)$$

dengan:

V_1 = volume mula-mula (ml)

M_1 = konsentrasi mula-mula (%)

V_2 = volume setelah pengenceran (ml)

M_2 = konsentrasi setelah pengenceran (%)

Pembuatan larutan NaCl dengan konsentrasi 3% yaitu 3 gram NaCl ditambahkan dengan aquabides sampai volume 100 ml.

- Larutan NaCl 3% dengan variasi konsentrasi ekstrak daun pandan
Ekstrak daun pandan sebanyak 0,8 ml dimasukkan dalam gelas beker 100 ml dan ditambahkan NaCl 3% sampai tanda batas.

5. Perendaman

Dalam tahap perendaman ini sampel yang digunakan ada 8 sampel, dimana 4 sampel direndam pada suhu 27 °C dan 4 sampel direndam pada suhu 40 °C. Pada masing-masing suhu inhibitor yang digunakan yaitu 0, 0,8, 1,2, dan 1,6%.

6. Menghitung Laju Korosi

Untuk menghitung laju korosi, dilakukan menggunakan metode kehilangan berat dengan tahap-tahap sebagai berikut:

- Menimbang sampel untuk mengetahui massa awal sebelum perendaman. Dalam tahap ini sampel yang digunakan ada 6, dibagi menjadi 2 bagian untuk variasi suhu 27 dan 40 °C dalam larutan NaCl 3%. Masing-masing bagian terdiri dari 4 sampel dengan konsentrasi inhibitor 0, 0,8, 1,2, dan 1,6%.
- Membersihkan dan mengeringkan masing-masing sampel, kemudian menimbang massa setelah perendaman.
- Untuk menghitung laju korosi digunakan persamaan (2.19) dan untuk menghitung efisiensi inhibisi digunakan persamaan (2.20).

7. Pembersihan dan Penimbangan Massa Akhir Sampel

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

8. 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. Pada pengujian XRD panjang gelombang yang digunakan yaitu 1,54060 Å, dengan sudut 2θ dari 20° sampai 90°. Untuk mengetahui fasa yang terbentuk dilakukan analisis kualitatif terhadap data hasil XRD dengan metode *search match analysis*/metode pencocokan data yang diperoleh dengan pangkalan data PDF (*Power Diffraction File data base*). *Software* yang digunakan untuk mengidentifikasi adalah PCPDFWIN versi 1.3 JCPDS-ICOD 1997. Parameter yang dibandingkan yaitu 2θ (°), d (Å) dan intensitas (%).

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

Sampel yang telah direndam kemudian dikarakterisasi 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. Pada pengujian pengujian SEM digunakan detektor SE (*Secondary Electron*). Pada pengujian EDS digunakan detektor BSE (*Back-Scattered Electron*). Pengujian SEM dilakukan dengan 3 kali perbesaran yaitu 1000, 3000, dan 5000x.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Peningkatan laju korosi seiring dengan meningkatnya kehilangan berat sampel.
2. Laju korosi pada suhu perendaman 27 °C lebih rendah daripada laju korosi pada suhu perendaman 40 °C.
3. Inhibitor ekstrak daun pandan yang paling efisien untuk suhu perendaman 27 dan 40 °C adalah konsentrasi 1,2%.
4. Hasil XRD memperlihatkan bahwa pada sampel St37-40-1,2 menunjukkan puncak Fe tertinggi lebih tinggi daripada sampel St37-40-0. Begitu juga sampel St37-27-1,2 menunjukkan puncak Fe lebih tinggi daripada sampel St37-40-1,2.
5. Berdasarkan hasil analisis SEM permukaan sampel St37-40-0 lebih terkorosi dibandingkan permukaan sampel St37-40-1,2. Begitu juga sampel St37-40-1,2 dan sampel St37-27-1,2, permukaan sampel St37-40-1,2 lebih terkorosi dibandingkan permukaan sampel St37-27-1,2. Hal ini diperkuat dengan persentase produk korosi yang dihasilkan pada analisis EDS.

B. Saran

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

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, F., D. Saputri dan R.F. Nugroho. 2014. Pengaruh Waktu Perendaman Dan Konsentrasi Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidium Guajava*, Lin) sebagai Inhibitor Terhadap Laju Korosi. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol 20. No 1. pp 28–37.
- Apriliani, Nia. 2016. Efektivitas Ekstrak Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi* L.) sebagai Inhibitor pada Baja Karbon St37 dalam Medium Korosif NaCl 3%. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- 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.
- Bahri, S. 2007. Penghambatan Korosi Baja Beton dalam Larutan Garam dan Asam dengan Menggunakan Campuran Senyawa Butilamina dan Oktilamina. *Jurnal Gradien*. Vol 3. No 1. pp 231–236.
- Budianto, A., K. Prwantini., dan B.T. Sujitno. 2009. Antar Butir Dari Material Baja Tahan Karat Austenitik Setelah Mengalami Proses Pemanasan Material Karat Structure Observation Of. *Jurnal Forum Nuklir*. Vol 3. No 2. pp 107–130.
- Bundjali, Bunbun., N.M. Surdia., B.L. Oei., dan A. Bambang. 2006. Pelarutan Besi Selektif pada Korosi Baja Karbon dalam Larutan Buffer Asetat, Natrium Bikarbonat – CO₂ Jenuh. *Jurnal PROC. ITB Sains & Tek*. Vol 38A. pp 149 – 161.
- Callister W.D., and D.V. Rethwitsch. 2008. *Fundmental of Materials Science and Engineering An Integrated Approach Third Edition*. John Wiley & Sons. United States.
- Darmanto. 2006. Pengaruh Holding Time Terhadap Sifat Kekerasan Dengan Refining The Core Pada Proses Carburizing Material Baja Karbon Rendah. *Jurnal Traksi*. Vol 4. No 2. pp 84–92.
- Dumaool., L.B. Alaras., K.G. Dahilan., A.A. Depadua., and Pulmones. 2010. In Vitro Activity of Pandan (*Pandanus amaryllifolius*) Leaves Crude Extract Against Selected Bacterial Isolates. *Multidisciplinary Journal*. Vol 4. No 1.

pp 102–124.

- Faras, A. F., S.S. Wadkar., and J.S. Ghosh. 2014. Short communication Effect of leaf extract of *Pandanus amaryllifolius* (Roxb.) on growth of *Escherichia coli* and *Micrococcus* (*Staphylococcus*) *aureus*. *International Food Journal Resarch*. Vol 2. No 1. pp 421–423.
- Fariadhie, J. 2010. Proteksi Katodik Baja Aisi 1020 Menggunakan Anoda Alumunium. *Jurnal Teknik Unisfat*. Vol 6. No 83. pp 1–9.
- Fauzana, LD. 2010. Perbandingan Metode Maserasi, Remaserasi, Perkolasi, dan Reperkolasi Terhadap Rendemen Ekstrak Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.). *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Fogler. 1992. *Element of Chemical Reaction Engineering Second Edition*. Prentice Hall International Inc. Washington D.C.
- Fontana, M. C. dan Greene, M. D. 1986. *Corrosion Engineering Hand Book*. Mc Graw Hill Book Company. New York.
- Gadang, P. 2008. *Kamus Saku Korosi Material*. Metalurgi LIPI. Tangerang.
- Ghasemzadeh, A., and H.Z.E. Jaafar. 2013. Profiling of phenolic compounds and their antioxi-dant and anticancer activities in pandan (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) extracts from different locations of Malaysia. *Research Article*. pp 13-341.
- Guo, Z., and L. Tan. 2009. *Fundamentals and Applications of Nanomaterials*. Plenum Press. New York.
- Handani, S., dan S.E. Megi. 2012. Pengaruh Inhibitor Ekstrak Daun Pepaya Terhadap Korosi Baja Karbon Schedule 40 Grade B Erw Dalam Medium Air Laut Dan Air Tawar. *Jurnal Ris. Kim*. Vol 5. No 2. pp 175–179.
- Haryono, G. dan Sugiarto, B. 2010. *Ekstrak Bahan Alam sebagai Inhibitor Korosi*. FTI UPN Veteran. Yogyakarta.
- Hasibuan, R., S. Hermawan., dan Y.R.A. Nasution. 2012. Penentuan EfisiensiInhibisi Reaksi Korosi Baja Menggunakan Ekstrak Kulit Buah Manggis (*Garcinia mangostana* L). *Jurnal Teknik Kimia*. Vol 1. No 2. pp 1-6.
- Irianty, R. S., dan M.P. Sembiring. 2012. Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Daun Gambir Dengan Pelarut Etanol-Air Terhadap Laju Korosi Besi Pada Air Laut. *Jurnal. Ris Kim*. Vol 5. No 2. pp 165–174.
- Kayadoe, V., M. Fadli., R. Hasim., dan M. Tomaso. 2015. Ekstrak Daun Pandan (*Pandanus Amaryllifous* Roxb) sebagai Inhibitor Korosi Baja SS-304 dalam Larutan H_2SO_4 . *Jurnal Molekul*. No 10. No 2. pp 88–96.

- Kayadoe, V., dan R. Turalely. 2016. Ekstrak Daun Nipah sebagai Inhibitor Korosi Baja SS-304 dalam Larutan H₂SO₄. *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya*. ISBN: 978-602-0951-12-6.
- Lipi Laboratory. 2016. Report Of Analysis.UPT. Balai Pengolahan Mineral Lampung. Lampung.
- Lubis, K. 2015. Metoda-Metoda Karakterisasi Nanopartikel Perak. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. Vol 21. No 79. pp 50–55.
- Mardhani, I., dan Harmami. 2013. Pengaruh Suhu Terhadap Korosi Baja SS 304 dalam Media 1 M HCL dengan Adanya Inhibitor Kinina. *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*. Vol 2. No 2. pp 2–4.
- Margaretta, S., S.D. Handayani., N. Indraswati., dan H. Hindarso. 2011. Ekstraksi Senyawa Phenolic Pandanus Amaryllifolius. *Jurnal Widya Teknik*. Vol 10. No 1. pp 21–30.
- Maulana, Y. 2016. Analisis Kekuatan Tarik Baja St37 Pasca Menggunakan Smaw. *Jurnal Teknik Mesin Uniska*. Vol 2. No 1. pp 1–8.
- McMahon, G. 2007. *Analytical Instrumentation: A Guide to Laboratory, Portable and Miniaturized Instruments*. School of Chemical Sciences Dublin City University Ireland. Galway.
- Nugroho, F. 2015. Penggunaan Inhibitor Untuk Meningkatkan Ketahanan Korosi Pada Baja Karbon Rendah. *Jurnal Angkasa*. Vol 7. No 1. pp 151–158.
- Pradityana, A., A. Shahab., L. Noerochim., dan D. Susanti. 2016. Inhibition of Corrosion of Carbon Steel in 3 . 5 % NaCl Solution by Myrmecodia Pendans Extract. *Journal of Corrosion*. Vol 2016. No 1. pp 1–6.
- Pusaka. Ilwan. 2016. Efektivitas Ekstrak Daun Gambir Sebagai Inhibitor pada Baja Karbon Api 5l dengan Perlakuan Panas Menggunakan Larutan NaCl 3%. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Restiawan, D., dan Harmami. 2013. Kinina sebagai Inhibitor Korosi Baja SS 304. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*. Vol 2. No 1. pp 4–7.
- Revie, R. W., dan H.H. Uhlig. 1907. *Corrosion And An Introduction to Corrosion Science and Engineering Fourth Edition* (4th ed.). John Wiley and Sons. New Jersey.
- Rizky, Y., A. Nasution., S. Hermawan., dan R. Hasibuan. 2012. Penentuan Efisiensi Inhibisi Reaksi Korosi Baja Menggunakan Ekstrak Kulit Buah Manggis (*Garcinia mangostana* L). *Jurnal Teknik Kimia USU*. Vol 1. No 2. pp 45–48.

- Roberge, P. R. 2000. *Handbook of Corrosion Engineering Library of Congress Cataloging-in-Publication Data*. McGraw-Hill. New York.
- Saputra, H., A. Syarief., Y. Maulana., dan J.L. Akhmad. 2014. Analisis Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekuatan. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unlam*. Vol 3. No 2. pp 91–98.
- Sari, D. M., S. Handani., Y. Yetri. 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 3. pp 204–211.
- Spinelli A. and F.S. De Souza. 2009. Caffeic Acid As A Green Corrosion Inhibitor For Mild Steel. *Journal Corrosion Science*. Vol 51. No 7. pp 1-6.
- Sujatno, A., R. Salam., Bandriyana, dan A. Dimiyati. 2015. Studi Scanning Electron Microscopy (SEM) untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium. *Jurnal Forum Nuklir*. Vol 9. No 2. pp 44–50.
- Suryanarayana, C and Norton M.G. 1998. *X-Ray Diffraction*. Plenum Press. New York.
- Sumarji. 2012. Evaluasi Korosi Baja Karbon Rendah Astm A36 Pada Lingkungan Atmosferik Di Kabupaten Jember. *Jurnal ROTOR*. Vol 5. No 1. pp 44–51.
- Tutu, Rais., Subaer., Usman. 2015. Studi Analisis Karakterisasi Dan Mikrostruktur Mineral Sedimen Sumber Air Panas Sulili. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*. Vol 11. No 2. pp 192 – 201.
- Trethewey, KR and J. Chamberlain. 1991. *Korosi untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Turnip, Lusiana B., S. Handani., dan S. Mulyadi. 2015. Pengaruh Penambahan Inhibitor Ekstrak Kulit Buah Manggis Terhadap Penurunan Laju Korosi Baja St-37. *Jurnal Fisika Unand*. Vol 4. No 2. pp 144–149.
- Udianto, N. B., Urwantini., Ujitno., dan J. Babarsari. 2009. Antar Butir Dari Material Baja Tahan Karat Austenitik Setelah Mengalami Proses Pemanasan Material Karat Structure Observation of. *Jurnal Forum Nuklir*. Vol 3. No 2. pp 107–130.
- Utomo, B. 2009. Jenis Korosi Dan Penanggulangannya. *Jurnal KAPAL*. Vol 6. No 2. pp 138–141.
- Wahyuningsih, A., Y. Sunarya., dan S. Aisyah., 2010. Metenamina sebagai Inhibitor Korosi Baja Karbon dalam Lingkungan Sesuai Kondisi Pertambangan Minyak Bumi. *Jurnal Sains dan Teknologi Kimia*. Vol 1. No 1. pp 17-29.

Wulandari, A. 2011. Studi Ketahanan Korosi H₂ Pada Baja Karbon Rendah yang Mengalami Canai Hangat 600°C. *Skripsi*. Universitas Indonesia. Jawa Barat.

Zulfikar, V. 2014. Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Daun Jambu Biji dan Waktu Perendaman Terhadap Laju Korosi Baja API 5L Grade B Schedule 80 dalam Media Air Laut. *Skripsi*. Universitas Brawijaya. Malang.