



**TUGAS AKHIR – TM145502**

**PEMANFAATAN EKSTRAK DAUN PEPAYA  
(*CARICA PAPAYA*) SEBAGAI INHIBITOR ORGANIK  
PADA BAJA API 5 L *GRADE* B DALAM MEDIA HCl  
1 M**

Fransiskus Tommi Putrandi  
NRP. 2114 030 114

Dosen Pembimbing  
Dr. Atria Pradityana, ST. MT.

Departemen Teknik Mesin Industri  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017





**FINAL PROJECT – TM145502**

**APPLICATION OF PAPAYA (*CARICA PAPAYA*)  
LEAF EXTRACT AS ORGANIC INHIBITOR ON API  
5L GRADE B STEEL IN HCl 1M SOLUTION MEDIA**

Fransiskus Tommi Putrandi  
NRP. 2114 030 114

Advisor  
Dr. Atria Pradityana, ST. MT.

Industrial Mechanical Engineering Department  
Faculty Of Vocational  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



## LEMBAR PENGESAHAN

### PEMANFAATAN EKSTRAK DAUN PEPAYA (*CARICA PAPAYA*) SEBAGAI INHIBITOR ORGANIK PADA BAJA API 5L GRADE B DALAM MEDIA HCI 1M

#### TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Ahli Madya  
pada  
Bidang Studi Manufaktur  
Program Studi Departemen Teknik Mesin Industri  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**FRANSISKUS TOMMI PUTRANDI**  
**NRP. 2114 030 114**

Mengetahui dan Menyetujui

**Dosen Pembimbing**

Dr. Atria Pradityana, ST. MT.  
NIP. 19851124 200912 2 008

**SURABAYA, 17 JULI 2017**



**PEMANFAATAN EKSTRAK DAUN PEPAYA (*CARICA PAPAYA*) SEBAGAI INHIBITOR ORGANIK PADA BAJA API 5L GRADE B DALAM MEDIA HCl 1M**

**Nama Mahasiswa** : Fransiskus Tommi Putrandi  
**NRP** : 2114030114  
**Jurusan** : Teknik Mesin Industri  
**Dosen Pembimbing** : Dr. Atria Pradityana, ST. MT.

**Abstrak**

Korosi adalah perubahan sifat material khususnya logam akibat reaksi dengan lingkungan sekitarnya. Korosi cenderung bersifat menurunkan kualitas sifat mekanik material. Salah satu cara untuk menghambat korosi adalah dengan penambahan inhibitor. Inhibitor organik merupakan inhibitor yang dianggap ramah lingkungan

Dalam penelitian ini digunakan ekstrak daun pepaya sebagai inhibitor organik. Material yang digunakan adalah baja API 5L Grade B dalam larutan HCl 1M sebagai media korosif dengan konsentrasi ekstrak yang digunakan pada penelitian ini sebesar 0,5 – 2,5% dari jumlah larutan HCl yang digunakan dalam pengujian. Jenis pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah EIS (*Electrochemical Impedance Spectroscopy*), PDP (*Potentiodynamic Polarization*), FTIR (*Fourier Transform Infra Red*), dan pengurangan berat (*weight loss*).

Hasil pengujian menunjukkan adanya penurunan laju korosi pada baja API 5L Grade B dalam larutan HCl 1M ketika ditambahkan inhibitor ekstrak daun pepaya. Pada pengujian polarisasi potensiodinamik didapatkan laju korosi pada *sample* tanpa inhibitor sebesar 21,43 mm/year. Sedangkan pada pengujian dengan penambahan inhibitor paling besar sebesar 2,5% laju korosi turun menjadi 0,4 mm/year dengan nilai efisiensi 97%. Ini merupakan efisiensi tertinggi dari semua variabel konsentrasi

**Kata Kunci:** *daun pepaya, carica papaya, inhibitor organik, API 5L*



# **APPLICATION OF PAPAYA (*CARICA PAPAYA*) LEAF EXTRACT AS ORGANIC INHIBITOR ON API 5L GRADE B STEEL IN HCl 1M SOLUTION MEDIA**

**Student Name** : Fransiskus Tommi Putrandi  
**Student ID** : 2114030114  
**Department** : Industrial Mechanical Engineering  
**Counselour Lecturer** : Dr. Atria Pradityana, ST. MT.

## **Abstract**

Corrosion is a change of material properties especially metals due to reaction with it's surrounding environment. Corrosion tends to degrade the quality of material's mechanical properties. One way to inhibit corrosion is by adding an inhibitor. Organic inhibitors are inhibitors that are considered environmentally friendly

This study using papaya leaf extract as an organic inhibitor. The material is API 5L Grade B steel in 1M HCl solution as corrosive medium with 0.5 - 2.5% of the amount of HCl solution extract concentration used in the test. The type of testing method that used in this study is EIS (Electrochemical Impedance Spectroscopy), PDP (Potentiodynamic Polarization), FTIR (Fourier Transform Infra Red), and weight loss

The test results showed a decrease in corrosion rate in API 5L Grade B steel in 1M HCl solution when papaya leaf extract inhibitor has been added. In potentiodynamic polarization testing, the corrosion rate of a sample without inhibitor addition was 21.43 mm/year. While the test with the addition of the largest amount of inhibitor of 2.5% the corrosion rate decreased to 0,4 mm/year with 97% efficiency. That was the highest efficiency among all of the concentration variable

***Keywords:*** *papaya leaf, carica papaya, organic inhibitor, API 5L*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Penggunaan Ekstrak Daun Pepaya Sebagai Inhibitor Organik pada Baja API 5L Grade B dalam Media HCl 1M”. Tugas akhir ini merupakan bagian dari kurikulum dan syarat kelulusan untuk jenjang diploma pada Program Studi Teknik Mesin Industri ITS, yang harus ditempuh oleh mahasiswa. Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk mengaplikasikan dan mengembangkan pengetahuan yang didapatkan selama perkuliahan. Penulisan laporan tugas akhir ini didasarkan pada penelitian di laboratorium serta didukung oleh teori, literatur, dan bimbingan dosen yang ada di Program Studi Teknik Mesin Industri ITS.

Dengan terselesaikannya laporan Kerja Praktek ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua penulis yang tercinta atas segala dukungan dan doa sehingga penulis bisa melanjutkan studi di Teknik Mesin Industri - ITS.
2. Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT selaku Kepala Departemen Teknik Mesin Industri - ITS.
3. Bapak Ir. Suhariyanto, MT selaku koordinator tugas akhir dan ketua Program Studi D3 Teknik Mesin Industri.
4. Dr. Atria Pradityana, ST. MT selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah membimbing penulis sehingga laporan ini dapat terselesaikan.
5. Kartika Anoraga M. yang telah membantu dalam pembelajaran dan selama proses pengujian.
6. Seluruh dosen Departemen Teknik Mesin Industri yang telah membimbing penulis hingga terciptanya laporan ini.
7. Pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas segala bantuannya sehingga laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan.

Terlepas dari itu semua, penulis juga menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan laporan tugas akhir ini, sehingga penulis sangat menerima kritik dan saran dari para pembaca yang dapat membangun demi kesempurnaan laporan tugas akhir ini. Akhir kata, semoga laporan ini dapat bermanfaat sebagai wacana bagi mahasiswa Teknik Mesin Industri - ITS.

Surabaya, 3 Juli 2017

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	v
ABSTRAK .....	vii
KATA PENGANTAR .....	xi
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
BAB II DASAR TEORI	
2.1 Pipa Baja .....	5
2.1.1 Baja API 5L .....	5
2.2 Pengertian dan Mekanisme Korosi .....	7
2.2.1 Mekanisme Korosi .....	8
2.2.2 Korosi Pada Asam Klorida (HCl) .....	11
2.3 Jenis-Jenis Korosi pada Lingkungan Industri <i>Oil and Gas</i> .....	11
2.3.1 Crevice Corrosion .....	11
2.3.2 Stress Corrosion Cracking .....	12
2.3.3 Galvanic Corrosion .....	12
2.3.4 Erosion-Corrosional Fretting .....	13
2.4 Faktor Penyebab Korosi .....	14
2.4.1 Faktor yang Mempercepat Korosi .....	14
2.5 Cara Menghambat Korosi .....	16
2.6 Inhibitor .....	19
2.6.1 Mekanisme Kerja Inhibitor .....	19
2.6.2 Klasifikasi Inhibitor Berdasarkan Bahannya .....	20
2.6.2.1 Organik .....	20
2.6.2.2 Anorganik .....	21

2.7 Pepaya ( <i>carica papaya</i> ) .....	21
2.8 Maserasi .....	22
2.9 Pengujian Korosi .....	23
2.9.1 Polarisasi Potensiodinamik .....	23
2.9.2 EIS ( <i>Electrochemical Impedance Spectroscopy</i> ).....	25
2.9.3 FTIR ( <i>Fourier Transform Infra Red</i> ) .....	27
2.9.4 Weight Loss .....	29
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Diagram Alir .....	31
3.2 Metode Penelitian .....	32
3.3 Alat Penelitian .....	32
3.4 Bahan Penelitian .....	32
3.5 Prosedur Penelitian .....	33
3.5.1 Persiapan Benda Kerja .....	34
3.5.2 Persiapan Larutan Korosif .....	35
3.5.3 Persiapan Inhibitor .....	36
3.6 Pengujian .....	37
3.6.1 Pengurangan Berat .....	37
3.6.2 <i>Fourier Transform Infra Red</i> .....	39
3.6.3 <i>Electrochemical Impedance Spectroscopy</i> .....	39
3.6.4 <i>Potentiodynamic Polarization</i> .....	41
<b>BAB IV HASIL DAN ANALISA</b>	
4.1 Hasil Ekstraksi .....	43
4.2 Hasil Penelitian .....	43
4.2.1 Hasil Pengujian Polarisasi Potensiodinamik .....	43
4.2.2 Hasil Pengujian <i>Electrochemical Impedance Spectroscopy</i> .....	46
4.2.3 Hasil Pengujian <i>weight loss</i> .....	49
4.2.4 Hasil Pengujian <i>Fourier Transform Infra Red</i> .....	51
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	55
5.2 Saran .....	56
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Pipa Baja API 5L Grade B .....	6
<b>Gambar 2.2</b>	Mekanisme Korosi .....	8
<b>Gambar 2.3</b>	Korosi Celah .....	12
<b>Gambar 2.4</b>	Korosi Akibat Tegangan .....	12
<b>Gambar 2.5</b>	Korosi Galvanis .....	13
<b>Gambar 2.6</b>	Korosi Akibat Erosi .....	18
<b>Gambar 2.7</b>	Coating .....	18
<b>Gambar 2.8</b>	Proteksi Katodik .....	22
<b>Gambar 2.9</b>	Pohon Pepaya .....	23
<b>Gambar 2.10</b>	Kurva polarisasi pada korosi baja .....	25
<b>Gambar 2.11</b>	Perbandingan Kurva polarisasi Dengan dan Tanpa Inhibitor .....	25
<b>Gambar 2.12</b>	kurva Nyquist Z .....	26
<b>Gambar 2.13</b>	Equivalent Circuit .....	27
<b>Gambar 2.14</b>	Spektra Hasil Pengujian FTIR .....	29
<b>Gambar 3.1</b>	Diagram Alir Penelitian .....	31
<b>Gambar 3.2</b>	Daun Pepaya .....	33
<b>Gambar 3.3</b>	Pelat API 5L Grade B .....	34
<b>Gambar 3.4</b>	Benda Kerja Pengujian EIS dan Polarisasi .....	34
<b>Gambar 3.5</b>	Permukaan Benda Kerja EIS dan Polarisasi .....	35
<b>Gambar 3.6</b>	HCl .....	35
<b>Gambar 3.7</b>	Daun Pepaya Kering .....	36
<b>Gambar 3.8</b>	Proses Maserasi .....	37
<b>Gambar 3.9</b>	Pengujian Weight Loss .....	39
<b>Gambar 3.10</b>	Proses Pengujian EIS dan Polarisasi .....	41
<b>Gambar 3.11</b>	Alat Pengujian EIS dan Polarisasi .....	41
<b>Gambar 4.1</b>	Hasil Maserasi .....	43
<b>Gambar 4.2</b>	Grafik Perbandingan Laju Korosi dan Efisiensi Inhibisi .....	45
<b>Gambar 4.3</b>	Hasil Pengujian Polarisasi .....	46
<b>Gambar 4.4</b>	Grafik Nyquist Tiap Sample .....	47
<b>Gambar 4.5</b>	Equivalent Circuit .....	48
<b>Gambar 4.6</b>	Grafik Efisiensi Impedansi .....	49
<b>Gambar 4.7</b>	Efisiensi Weight Loss.....	50

<b>Gambar 4.8</b> Spektra FTIR Tanpa Inhibitor .....	51
<b>Gambar 4.9</b> Spektra FTIR Ekstrak Daun Pepaya .....	52
<b>Gambar 4.10</b> Spektra FTIR Dengan Konsentrasi Inhibitor 2,5% .....	52

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Kandungan Baja API 5L .....	6
<b>Tabel 2.2</b> Sifat Mekanik dari Jenis-Jenis Baja API 5L .....	7
<b>Tabel 2.3</b> Konstanta Laju Korosi .....	30
<b>Tabel 4.1</b> Laju Korosi dan Efisiensi Inhibisi .....	44
<b>Tabel 4.2</b> Hasil Equivalent Circuit Nilai Impedansi Dengan Penambahan Inhibitor Ekstrak Daun Pepaya .....	48
<b>Tabel 4.3</b> Laju Korosi dan Efisiensi Weight Loss .....	50
<b>Tabel 4.4</b> Hasil Pengujian FTIR pada Ekstrak Daun Pepaya .....	53
<b>Tabel 4.5</b> Analisa FTIR Pada Baja Dengan Inhibitor .....	53
<b>Tabel 4.6</b> Analisa FTIR Pada Baja Dengan Inhibitor.....	53
<b>Tabel 4.7</b> Analisa FTIR Ekstrak Daun Pepaya dengan IR Table Reference .....	49

*halaman ini sengaja dikosongkan*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Baja merupakan salah satu material yang tidak bisa dipisahkan dari dunia industri. Jenis baja yang sering digunakan dalam dunia industri yaitu baja karbon. Baja karbon sering digunakan karena memiliki kekerasan yang tinggi dan memiliki kekuatan material yang baik. Pada industri *oil and gas*, penggunaan baja dapat diaplikasikan pada sistem perpipaan. Salah satu jenis baja yang sering digunakan dalam sistem perpipaan industri minyak dan gas diantaranya adalah baja API 5L. Namun pipa baja pada industri sering terkena kontak langsung dengan air, udara, zat-zat yang mengalir didalam pipa tersebut, atau zat lain yang terdapat pada lingkungan sekitarnya sehingga korosi pada baja sangat sulit untuk dihindari

Korosi dapat didefinisikan sebagai reaksi dari suatu material dengan lingkungannya dimana konsekuensinya adalah menyebabkan kerusakan pada material penyusunnya (L.L Shreir, 1994). Kerugian akibat korosi menimbulkan dampak bagi industri dan konstruksi baik pada sisi ekonomi dan keamanan. Korosi tidak dapat dicegah tetapi lajunya dapat dikurangi. Telah ditemukan banyak cara untuk menghambat laju korosi seperti metode coating/pelapisan, perlindungan katodik, dan penambahan inhibitor. Pada bidang industri, korosi pada pipa-pipa untuk mengalirkan minyak yang biasanya berada di dalam tanah dicegah dengan perlindungan katodik. Pipa-pipa dihubungkan dengan logam pelindung yang potensial elektrodanya lebih kecil. Namun metode perlindungan katodik memiliki kelemahan seperti memerlukan perawatan yang lebih rutin, memerlukan sumber daya listrik untuk menghidupkan transformator, membutuhkan area pemasangan luas, dll. Penambahan inhibitor dapat dijadikan salah satu alternatif untuk mengurangi laju korosi pada pipa baja. Namun zat yang biasa digunakan seperti Kromat, Nitrit, dan tannin cenderung kurang ramah lingkungan dan bersifat *toxic*. Penggunaan inhibitor organik dapat menjadi solusi dari kekurangan inhibitor anorganik karena bersifat ramah lingkungan

dan bahannya dapat diperbaharui. Karena salah satu penyebab dari korosi adalah oksidasi, maka dicarilah bahan organik yang mengandung antioksidan. Penelitian tentang inhibitor organik telah banyak dilakukan. Daun pepaya pun dapat dimanfaatkan sebagai inhibitor organik. Ekstrak daun pepaya mengandung gugus asam amino ( $\text{NH}_2$ ) dalam molekulnya yang berfungsi sebagai donor elektron sehingga dapat membentuk senyawa kompleks dengan ion Fe pada permukaan besi, yang dapat berfungsi sebagai pelindung dari reaksi korosi. Penelitian menggunakan ekstrak daun pepaya untuk inhibitor pada Baja ST37 sudah pernah dilakukan oleh Yulia Rizandi (2012). Pada penelitian tersebut menggunakan medium asam sulfat sebagai larutan pengkorosi. Pengujian yang dilakukan adalah *Potentiodynamic Polarization* (PDP) pada konsentrasi 0,5%, 1% dan 1,5%, analisa fotooptik dan weight loss dengan konsentrasi ekstrak 1,5%

Pada penelitian kali ini inhibisi akan dilakukan pada baja API 5L Grade B dengan media pengkorosi HCl 1M. Konsentrasi ekstrak yang digunakan sebesar 0,5%; 1%; 1,5%; 2,5% dan 2%. Pengujian yang dilakukan kali ini adalah *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS), *Potentiodynamic Polarization* (PDP), weight loss dan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) *Spectroscopy*. Dengan menggunakan konsentrasi ekstrak yang lebih banyak dari sebelumnya diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dari penelitian sebelumnya.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian yang telah diuraikan, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana efisiensi inhibisi dari pemanfaatan ekstrak daun pepaya (*carica papaya*) dengan konsentrasi 0,5%; 1%; 1,5%; 2% dan 2,5% pada baja API 5L Grade B dalam media HCl 1M?

2. Bagaimana mekanisme inhibisi ekstrak daun pepaya terhadap laju korosi pada baja API 5L Grade B dalam media HCl 1M?

### **1.3 Batasan Masalah**

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang terarah, maka diperlukan adanya batasan masalah dari penelitian yang dilakukan, antara lain :

1. Benda kerja yang terbuat dari baja API 5L grade B dianggap bersifat homogen dan bebas dari produk korosi
2. Konsentrasi ekstrak daun pepaya yang digunakan 0,5%; 1%; 1,5%; 2% dan 2,5%
3. Dimensi tiap benda kerja yang diuji dianggap sama
4. Tingkat kekasaran permukaan tiap benda kerja dianggap sama.
5. Daun Pepaya yang digunakan diasumsikan seragam.
6. Tidak ada perubahan pada temperatur, tekanan, volume larutan, dan pH larutan selama dilakukan pengujian.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui efisiensi ekstrak daun sebagai inhibitor organik pada baja API 5L Grade B dengan konsentrasi 0,5%; 1%; 1,5%; 2% dan 2,5%
2. Menganalisa mekanisme inhibisi ekstrak daun pepaya pada baja API 5L Grade B dalam media HCl 1M

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat penelitian antara lain sebagai berikut:

1. Mempelajari korosi yang sering terjadi pada industri *oil and gas*
2. Memanfaatkan daun pepaya sebagai *green inhibitor* yang digunakan pada baja yang umumnya digunakan oleh industri khususnya industri *oil and gas*

3. Mampu memberi inovasi dan motivasi bagi masyarakat dan pelaku industri untuk menggunakan inhibitor organik yang cenderung lebih aman dan ramah lingkungan

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 Pipa Baja**

Baja adalah logam paduan, logam besi sebagai unsur dasar dengan beberapa elemen lainnya, termasuk karbon. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur penguat dengan mencegah dislokasi bergeser pada kisi kristal (crystal lattice) atom besi. Penambahan kandungan karbon pada baja dapat meningkatkan kekerasan (hardness) dan kekuatan tariknya (tensile strength), namun di sisi lain membuatnya menjadi getas (brittle) serta menurunkan keuletannya (ductility).

Pada industri *oil and gas* baja dapat digunakan pada sistem perpipaan. Komponen utama penyusun pipa terdiri dari berbagai jenis material yang disesuaikan dengan kebutuhan proses, seperti material kaca, timah, plastik, tembaga, aluminium, baja tuang, baja karbon dan baja alloy. Pemilihan jenis pipa dengan material tersebut disesuaikan dengan sistem perpipaan dan jenis liquid. Pada dasarnya jenis pipa yang banyak digunakan pada sektor industri terutama pada unit pengolahan minyak dan gas ialah pipa yang terbuat dari *carbon steel* (baja karbon).

##### **2.1.1 Baja API 5L**

Proses pemilihan material untuk sistem perpipaan khususnya pipa minyak dan gas memerlukan pertimbangan yang tepat agar mencapai hasil yang maksimal. Bahan yang dipilih harus benar-benar aman, tahan terhadap kondisi lingkungan pertambangan, suhu, dan tekanan selama umur yang telah direncanakan ketika konstruksi. Kekuatan mekanik suatu material harus memadai agar tidak terjadi kegagalan dalam konstruksi, tahan lama, dan juga mampu menahan perubahan atau deformasi saat proses operasi. Seperti pengaruh erosi, suhu, korosi, dll. Perubahan sifat mekanik bahan ataupun berkurangnya beban efektif yang dapat merubah luas penampang dapat terjadi karena proses korosi, maupun erosi. Kelayakan pemilihan bahan dapat dinilai dari kemampuan bahan untuk dibentuk, kecocokan

untuk pengelasan, kemudahan perlakuan panas, keseragaman dan kestabilan truktur mikro dan sifat-sifat dari bahan

Baja yang biasa digunakan dalam perpipaan industri *oil and gas* adalah API 5L, baja API (*American Petroleum Institute*) 5L tersedia dalam berbagai grade, grade tersebut berpengaruh pada kekuatan mekanik dan komposisi kimianya. Pipa baja API 5L termasuk jenis pipa tanpa las (*Seamless pipe*) dan jenis pipa las (*Welded pipe*).



**Gambar 2.1** Pipa Baja API 5L Grade B

**Tabel 2.1** Kandungan Baja API 5L

Elemen	Kadar (%)
Carbon	0,22
Mangan	1,2
Phospor	0,025
Sulfur	0,015
Titanium	0,04

Berikut ini adalah tabel yang menunjukkan jenis-jenis pipa API 5L dimana semakin tinggi grade-nya maka semakin baik sifat mekaniknya

**Tabel 2.2** Sifat Mekanik dari Jenis-Jenis Baja API 5L

Grade	Yield Strength (Mpa)	Mechanical Strength (Mpa)
A25	172	310
A	207	331
B	241	414
X42	290	414
X46	317	434
X52	359	455
X56	386	490
X60	414	517
X65	448	531
X70	483	565
X80	551	620
X100	690	760

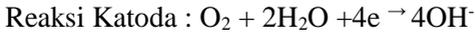
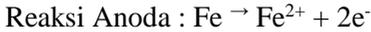
## 2.2 Pengertian dan Mekanisme Korosi

Korosi merupakan suatu kerusakan yang dihasilkan dari reaksi kimia antara sebuah logam paduan dalam suatu lingkungan (Jones, 1992). Hasil dari reaksi korosi ini menyebabkan suatu material atau logam akan mengalami perubahan (baik berupa fisik maupun kimia) yang sifatnya ke arah yang lebih rendah atau bisa dikatakan kemampuan dari material tersebut akan berkurang. Proses korosi ini merupakan suatu fenomena yang alami. Peristiwa korosi dapat dipandang sebagai suatu peristiwa atau reaksi senyawa kembali ke bentuk asalnya atau bisa disebut sebagai kebalikan dari proses metalurgi ekstraksi (Pierre, 2008).

Proses korosi ini melibatkan dua reaksi simultan yakni oksidasi dan reduksi (redoks). Ketika spesimen logam murni ditempatkan pada medium cairan (elektrolit) yang tidak mengandung ion-ion spesimen, maka ion logam akan cenderung larut ke dalam medium dan permukaan logam yang hilang ionnya akan memulai proses redeposisi untuk mempertahankan sifat logam tersebut, transfer ion logam ke medium cairan disebut proses oksidasi (hilangnya elektron) dan redeposisi yang menyebabkan reduksi. Contoh dari reaksi oksidasi (anoda) pada logam di dalam asam menyebabkan disolusi logam sebagai ion elektron ( $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2e^-$ ), sedangkan reaksi reduksi terjadi pada permukaan katoda yang akan mengambil elektron bebas yang diproduksi oleh anoda dengan pengurangan ion hidrogen menjadi gas hidrogen ( $2\text{H}^+ + 2e^- \rightarrow \text{H}_2$ ). Proses ini terus berlanjut sampai

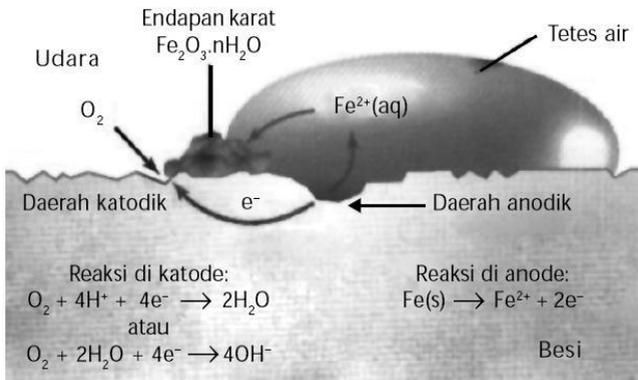
logam tersebut habis, kecuali logam itu dapat membentuk lapisan permukaan protektif, atau sampai reaktan katoda habis.

Reaksi korosi secara umum pada besi karena adanya kelarutan oksigen adalah sebagai berikut :



### 2.2.1 Mekanisme Korosi

Secara umum mekanisme korosi yang terjadi di dalam suatu larutan berawal dari logam yang teroksidasi dan melepaskan elektron untuk membentuk ion logam yang bermuatan positif. Larutan akan bertindak sebagai katoda dengan reaksi yang umum terjadi adalah pelepasan H<sub>2</sub> dan reduksi O<sub>2</sub>, akibat ion H<sup>+</sup> dan H<sub>2</sub>O yang tereduksi. Reaksi ini terjadi di permukaan logam yang akan menyebabkan pengelupasan akibat pelarutan logam ke dalam larutan secara berulang-ulang (Nurdin dkk, 1998).



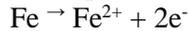
**Gambar 2.2** Mekanisme Korosi

Mekanisme terjadinya korosi membutuhkan beberapa komponen sebagai syarat terjadinya korosi, antar lain 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 H<sub>2</sub> dan reduksi O<sub>2</sub>.

- Pelepasan H<sub>2</sub> dalam larutan asam dan netral evolusi hidrogen / larutan asam:  
 $2\text{H}^{+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{H}_2$   
Reduksi air / larutan netral / basa:  
 $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^{-}$
- Reduksi oksigen terlarut dalam larutan asam dan netral :  
Reduksi oksigen / asam:  
 $\text{O}_2 + 4\text{H}^{+} + 4\text{e}^{-} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$   
Reduksi oksigen / netral atau basa  
 $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^{-} \rightarrow 4\text{OH}^{-}$
- Reduksi ion logam yang lebih elektronegatif  
 $\text{M}^{3+} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{M}^{2+}$

## 3. Elektrolit

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

## 4. Hubungan arus listrik

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

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi laju korosi yaitu:

- a. Jenis logam dan struktur mikroskopis logam
  1. Semakin inert suatu logam, maka semakin tahan logam tersebut terhadap korosi.
  2. Tidak homogenya susunan dari logam, maka akan menimbulkan sel korosi pada logam itu sendiri.

- b. Komposisi dan konsentrasi larutan elektrolit

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

1. Konduktivitas

Naiknya konduktivitas suatu larutan, maka daya hantar listrik larutan tersebut akan semakin baik, akibatnya laju korosi lebih cepat terjadi.

2. pH

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

3. Gas terlarut

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

- a. Temperatur

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

penurunan kelarutan gas O<sub>2</sub>, dan akan menurunkan laju korosi pada titik tertentu.

b. Tekanan

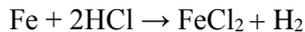
Kenaikan tekanan menyebabkan kenaikan gas terlarut dengan konsekuensi akan menaikkan laju korosi pada sistem.

c. Kecepatan alir fluida

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

### **2.2.2 Korosi Pada Asam Klorida (HCl)**

Reaksi korosi yang terjadi pada asam klorida disederhanakan, karena pada setiap reaksi katodik adalah evolusi dari gas hydrogen. Semua reaksi korosi melibatkan pengurangan ion hydrogen dan hanya berbeda pada reaksi oksidasinya atau reaksi anodiknya. Reaksi yang terjadi selama proses korosi dalam media HCl adalah sebagai berikut



## **2.3 Jenis-Jenis Korosi pada Lingkungan Industri *Oil and Gas***

### **2.3.1 Crevice Corrosion**

Korosi celah (*crevice corrosion*) adalah korosi lokal yang terjadi pada celah di antara dua komponen. Mekanisme terjadinya korosi celah ini diawali dengan terjadi korosi merata di luar dan di dalam celah, sehingga terjadi oksidasi logam dan reduksi oksigen. Apabila oksigen (O<sub>2</sub>) di dalam celah telah habis sedangkan oksigen(O<sub>2</sub>) di luar celah masih banyak, maka akibatnya permukaan logam yang berhubungan dengan bagian luar menjadi katode dan permukaan logam di dalam celah menjadi anode sehingga terbentuk celah yang terkorosi. Korosi ini tidak tampak dari luar dan sangat merusak konstruksi sering terjadi pada sambungan kurang kedap. Penyebabnya antara adalah

adanya lubang, kotoran atau endapan. Korosi ini umumnya terjadi pada celah-celah sambungan seperti pada ulir.



**Gambar 2.3** Korosi Celah

### **2.3.2 Stress Corrosion Cracking**

Bentuk korosi dimana korosi terjadi akibat adanya tegangan akibat beban tarik pada suatu logam di lingkungan korosif. Hal ini sewaktu-waktu akan menyebabkan material tersebut akan terkena korosi pada satu titik yang menyebabkan crack yang menjalar dan diawali di bagian titik yang terkena korosi.



**Gambar 2.4** Korosi Akibat Tegangan

### **2.3.3 Galvanic Corrosion**

Korosi galvanik adalah korosi yang terjadi pada dua logam yang berbeda jenis jika di hubungkan. Korosi ini juga terjadi kontak atau secara listrik kedua logam yang berbeda potensial tersebut akan menimbulkan aliran elektron/listrik diantar kedua logam. Sehingga salah satu dari logam tersebut akan mengalami korosi, sedangkan logam lainnya akan

terlindungi dari serangan korosi. Logam yang lebih anodik akan terkorosi sementara logam lainnya yang lebih katodik akan terlindungi. Posisi logam pada deret volta akan menentukan apakah suatu logam lebih anodik atau katodik. Logam yang mengalami korosi adalah logam yang memiliki potensial lebih rendah dan logam yang tidak mengalami korosi adalah logam yang memiliki potensial yang lebih tinggi.



**Gambar 2.5** Korosi Galvanis

#### **2.3.4 Erosion-Corrosional Fretting**

Merupakan bentuk korosi dimana korosi terjadi karena fluida korosif yang mengalir, baik fluida liquid (Erosion Corrosion) maupun vapor (Fretting Corrosion) dengan kecepatan tinggi. Karena kecepatan tinggi dari fluida korosif yang mengalir, lapisan proteksi korosif akan tererosi dan menghilang. Oleh sebab itu, kemungkinan terjadinya korosi semakin besar. Korosi jenis ini umumnya terjadi pada bagian internal pipa, dimana fluida gas mengalir dengan tekanan tinggi. Untuk itu bagian internal pipa sebaiknya diberikan coating internal.



**Gambar 2.6** Korosi Akibat Erosi

## **2.4 Faktor Penyebab Korosi**

Dilihat dari reaksi yang terjadi pada korosi, air merupakan salah satu faktor penting untuk berlangsungnya proses korosi. Udara yang banyak mengandung uap air (lembab) akan mempercepat berlangsungnya proses korosi.

Udara yang banyak mengandung gas oksigen akan menyebabkan terjadinya korosi. Korosi pada permukaan logam merupakan proses yang mengandung reaksi redoks. Sebagai contoh, korosi besi terjadi apabila ada oksigen ( $O_2$ ) dan air ( $H_2O$ ). Oksigen dari udara yang larut dalam air akan tereduksi, sedangkan air sendiri berfungsi sebagai media tempat berlangsungnya reaksi redoks pada peristiwa korosi.

Jika jumlah  $O_2$  dan  $H_2O$  yang mengalami kontak dengan permukaan logam semakin banyak, maka semakin cepat berlangsungnya korosi pada permukaan logam tersebut. Semakin banyak air dan oksigen maka akan semakin cepat terjadinya korosi

### **2.4.1 Faktor yang Mempercepat korosi**

#### **1. Larutan Elektrolit (asam atau garam)**

Elektrolit merupakan media yang baik untuk melangsungkan transfer muatan. Hal itu mengakibatkan elektron lebih mudah untuk dapat diikat oleh oksigen di udara. Air hujan banyak mengandung asam, dan air laut

banyak mengandung garam, maka air hujan dan air laut merupakan faktor yang dapat mempercepat korosi. Proses ini disebabkan oleh kenaikan konduktivitas larutan garam dimana larutan garam lebih konduktif sehingga menyebabkan laju korosi juga akan lebih tinggi. Konsentrasi elektrolit yang besar dapat meningkatkan laju aliran elektron sehingga laju korosi meningkat.

## **2. Permukaan logam yang tidak rata**

Permukaan logam yang tidak rata memudahkan terjadinya kutub-kutub muatan, yang akhirnya akan berperan sebagai anode dan katode. Permukaan logam yang licin dan bersih akan menyebabkan korosi sukar terjadi, sebab sukar terjadi kutub-kutub yang akan bertindak sebagai anode dan katode. Permukaan logam yang lebih kasar akan menimbulkan beda potensial dan memiliki kecenderungan untuk menjadi anode yang terkorosi. Korosi akan sangat cepat terjadi pada logam yang potensialnya rendah.

## **3. Pengaruh Logam lain**

Bila dua logam yang berbeda potensial bersinggungan dan terjadi pada lingkungan berair atau lembap maka akan dapat terjadi sel elektrokimia secara langsung, sehingga logam yang potensialnya rendah akan segera melepas elektron (oksidasi) bila bersentuhan dengan logam yang potensialnya lebih tinggi dan akan mengalami oksidasi oleh oksigen dari udara. Jika dilihat dari deret sel volta, dari kiri ke kanan makin mudah mengalami reduksi, sedangkan dari kanan kekiri makin mudah mengalami oksidasi. Adapun deret sel volta nya sebagai berikut:

Li, K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, C, Fe, Cd, Ca, Ni, Sn, Pb, (H), Sb, Bi, Cu, Hg, Ag, Pt dan Au.

## **4. Bakteri**

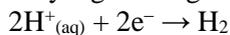
Tipe bakteri tertentu dapat mempercepat korosi, karena mereka akan menghasilkan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ), selama masa putaran hidupnya.  $\text{CO}_2$  akan menurunkan pH secara berarti sehingga menaikkan kecepatan korosi.

## 5. Temperatur

Temperatur mempengaruhi kecepatan reaksi redoks pada peristiwa korosi. Secara umum, semakin tinggi temperatur maka semakin cepat terjadinya korosi. Hal ini disebabkan dengan meningkatnya temperatur maka meningkat pula energi kinetik partikel sehingga kemungkinan terjadinya tumbukan efektif pada reaksi redoks semakin besar. Efek korosi yang disebabkan oleh pengaruh temperatur dapat dilihat pada perkakas-perkakas atau mesin-mesin yang dalam pemakaiannya menimbulkan panas akibat gesekan (seperti cutting tools) atau dikenai panas secara langsung (seperti mesin kendaraan bermotor).

## 6. pH

Peristiwa korosi dapat terjadi pada kondisi asam, yakni pada kondisi pH di bawah 7, karena adanya reaksi reduksi tambahan yang berlangsung pada katode yaitu:



Adanya reaksi reduksi tambahan pada katode menyebabkan lebih banyak atom logam yang teroksidasi sehingga laju korosi pada permukaan logam semakin besar

### 2.5 Cara Menghambat Korosi

Korosi logam tidak dapat dicegah, tetapi dapat dikendalikan seminimal mungkin. Ada tiga metode umum untuk mengendalikan korosi, yaitu pelapisan (coating), proteksi katodik, dan penambahan zat inhibitor korosi.

### a. Metode Pelapisan (Coating)

Metode pelapisan adalah suatu upaya mengendalikan korosi dengan menerapkan suatu lapisan pada permukaan logam besi. Misalnya, dengan pengecatan atau penyepuhan logam. Penyepuhan besi biasanya menggunakan logam krom atau timah. Kedua logam ini dapat membentuk lapisan oksida yang tahan terhadap karat (pasivasi) sehingga besi terlindung dari korosi. Pasivasi adalah pembentukan lapisan film permukaan dari oksida logam hasil oksidasi yang tahan terhadap korosi sehingga dapat mencegah korosi lebih lanjut.

Logam seng juga digunakan untuk melapisi besi (galvanisir), tetapi seng tidak membentuk lapisan oksida seperti pada krom atau timah, melainkan berkorban demi besi. Seng adalah logam yang lebih reaktif dari besi, seperti dapat dilihat dari potensial setengah reaksi oksidasinya:



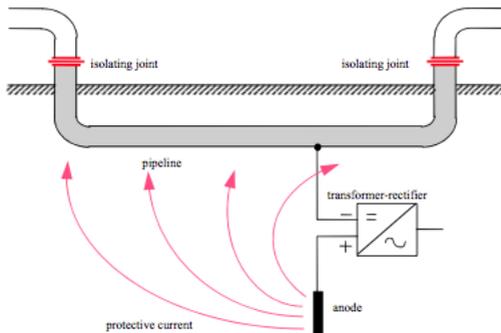
Oleh karena itu, seng akan terkorosi terlebih dahulu daripada besi. Jika pelapis seng habis maka besi akan terkorosi bahkan lebih cepat dari keadaan normal (tanpa seng). Paduan logam juga merupakan metode untuk mengendalikan korosi. Baja stainless steel terdiri atas baja karbon yang mengandung sejumlah kecil krom dan nikel. Kedua logam tersebut membentuk lapisan oksida yang mengubah potensial reduksi baja menyerupai sifat logam mulia sehingga tidak terkorosi.



**Gambar 2.7** Coating

**b. Proteksi Katodik**

Proteksi katodik adalah metode yang sering diterapkan untuk mengendalikan korosi besi yang dipendam dalam tanah, seperti pipa ledeng, pipa Pertamina, dan tanki penyimpanan BBM. Logam reaktif seperti magnesium dihubungkan dengan pipa besi. Oleh karena logam Mg merupakan reduktor yang lebih reaktif dari besi, Mg akan teroksidasi terlebih dahulu. Jika semua logam Mg sudah menjadi oksida maka besi akan terkorosi.



**Gambar 2.8** Proteksi Katodik

**c. Penambahan Inhibitor**

Inhibitor adalah zat kimia yang ditambahkan ke dalam suatu lingkungan korosif dengan kadar sangat kecil (ukuran ppm) guna

mengendalikan korosi. Inhibitor korosi dapat dikelompokkan berdasarkan mekanisme pengendaliannya, yaitu inhibitor anodik, inhibitor katodik, inhibitor campuran, dan inhibitor teradsorpsi.

## **2.6 Inhibitor**

Inhibitor korosi adalah suatu zat kimia yang bila ditambahkan ke dalam suatu lingkungan, dapat menurunkan laju penyerangan korosi lingkungan itu terhadap suatu logam. (Dalimunthe, 2000). Umumnya inhibitor korosi berasal dari senyawa senyawa organik dan anorganik yang mengandung gugus-gugus yang memiliki pasangan elektron bebas, seperti nitrit, kromat, fospat, urea, fenilalanin, imidazolin, dan senyawa senyawa amina. Namun demikian, pada kenyataannya bahwa bahan kimia sintesis ini merupakan bahan kimia yang berbahaya, harganya lumayan mahal, dan tidak ramah lingkungan

### **2.6.1 Mekanisme Kerja Inhibitor**

#### **1) Inhibitor anodik**

Inhibitor anodik adalah senyawa kimia yang mengendalikan korosi dengan cara menghambat transfer ion-ion logam ke dalam air. Contoh inhibitor anodik yang banyak digunakan adalah senyawa kromat dan senyawa molibdat.

#### **2) Inhibitor katodik**

Inhibitor katodik adalah senyawa kimia yang mengendalikan korosi dengan cara menghambat salah satu tahap dari proses katodik, misalnya penangkapan gas oksigen (oxygen scavenger) atau pengikatan ion-ion hidrogen. Contoh inhibitor katodik adalah hidrazin, tannin, dan garam sulfid.

#### **3) Inhibitor campuran**

Inhibitor campuran mengendalikan korosi dengan cara menghambat proses di katodik dan anodik secara bersamaan. Pada umumnya inhibitor komersial berfungsi ganda, yaitu

sebagai inhibitor katodik dan anodik. Contoh inhibitor jenis ini adalah senyawa silikat, molibdat, dan fosfat.

#### 4) **Inhibitor teradsorpsi**

Inhibitor teradsorpsi umumnya senyawa organik yang dapat mengisolasi permukaan logam dari lingkungan korosif dengan cara membentuk film tipis yang teradsorpsi pada permukaan logam. Contoh jenis inhibitor ini adalah merkaptobenzotiazol

### **2.6.2 Klasifikasi Inhibitor Berdasarkan Bahannya**

#### **2.6.2.1 Organik**

Inhibitor organik terbuat dari bahan organik yang berada di alam dan ramah lingkungan. Biasanya berupa ekstrak dari bahan organik yang diolah menjadi inhibitor. Salah satu syarat bahan alam dapat menjadi inhibitor korosi adalah jika mengandung unsur S, P, O, N. Inhibitor organik biasanya dirancang sebagai pembentuk lapisan atau film, melindungi logam dengan membentuk suatu lapisan atau film hidrofobik pada permukaan logam. (Roberge, 2000). Keefektifannya bergantung pada susunan kimia, struktur molekul dan afinitasnya terhadap permukaan logam. Karena pembentukan lapisan atau film adalah suatu proses adsorpsi, suhu, dan tekanan merupakan faktor yang penting. Inhibitor organik menghambat korosi dengan cara teradsorpsi kimiawi pada permukaan logam, melalui ikatan logam heteroatom. Contohnya seperti gugus amine yang biasa dipakai di sistem boiler.

Inhibitor organik akan diadsorpsi berdasarkan muatan ion inhibitor tersebut dan muatan pada permukaan logam. Inhibitor kationik, seperti amina-amina, atau inhibitor anionik, seperti sulfonat-sulfonat, akan diadsorpsi lebih dahulu bergantung pada apakah logam bermuatan negatif atau positif. Kekuatan ikatan adsorpsi adalah faktor yang dominan untuk inhibitor organik yang larut dalam air. Umumnya berbentuk rantai panjang

hidrogen dan nitrogen yang mengandung senyawa organik. Inhibitor organik bisa berupa anodik maupun katodik, dan menghambat korosi baik reaksi anodik maupun katodiknya. Efisiensi inhibisi senyawa-senyawa organik adalah berkaitan dengan sifat-sifat adsorpsinya. Untuk senyawa-senyawa organik, makin rendah potensial ionisasi, makin kuat adsorpsinya dan makin tinggi efisiensi inhibisinya (IE).

### **2.6.2.2 Anorganik**

Inhibitor anorganik adalah inhibitor yang diperoleh dari mineral-mineral yang tidak mengandung unsur karbon dalam senyawanya. Material dasar dari inhibitor anorganik antara lain kromat, nitrit, silikat, dan pospat. Inhibitor anorganik bersifat sebagai inhibitor anodik karena inhibitor ini memiliki gugus aktif, yaitu anion negatif yang berguna untuk mengurangi korosi. Inhibitor anorganik yang saat ini biasa digunakan adalah sodium nitrit, kromat, fosfat, dan garam seng (Hatch, 1984). Senyawa-senyawa ini jugasangat berguna dalam aplikasi pelapisan antikoroosi, tetapi mempunyai kelemahan utama yaitu bersifat toksik (Haryono, 2010).

## **2.7 Pepaya (*carrica papaya*)**

Pepaya (*Carica papaya L.*) adalah tanaman herbal besar dengan batang tunggal yang tegak. Ketinggiannya dapat mencapai hingga 9 m. Batang pepaya berongga, beruas-ruas, dan semi kayu. Ruas-ruas batang merupakan tempat melekatnya tangkai daun yang panjang, berbentuk bulat, dan berlubang. Daun pepaya bertulang menjari dengan warna permukaan atas hijau tua, sedangkan warna permukaan bagian bawah hijau muda.

Kedudukan tanaman daun pepaya secara botanis dapat dilihat pada sistemika berikut in:

Kerajaan : Plantae  
Divisi : Spermatophyta  
Subdivisi : Angiosperma  
Kelas : Dicotyledoneae

Ordo : Brassicales  
Famili : Caricaceae  
Genus : *Carica*  
Species : *Carica papaya*



**Gambar 2.9** Pohon Pepaya

Daun pepaya mengandung metabolit sekunder alkaloid, flavonoid yang cukup banyak. Ekstrak daun pepaya merupakan inhibitor yang baik dan berpotensi sebagai inhibitor karena mengandung gugus fungsi  $-COOH$ ,  $-OH$ , dan  $-NH_2$  dalam molekulnya yang kaya akan pasangan elektron bebas. Daun pepaya mengandung senyawa alkaloid, carpaine, caricaksantin, violaksantin, papain, saponin, flavonoid dan tanin.

## **2.8 Maserasi**

Maserasi merupakan salah satu cara ekstraksi. Istilah *maseration* berasal dari bahasa latin *macere*, yang artinya merendam. Jadi maserasi dapat diartikan sebagai proses dimana obat yang sudah halus dapat memungkinkan untuk direndam dalam pelarut sampai meresap dan melunakkan susunan sel, sehingga zat-zat yang mudah larut akan melarut (ansel, 1989).

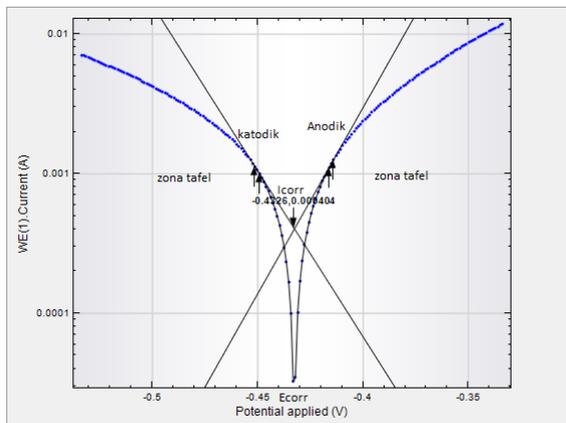
Prinsip maserasi adalah pengikatan/pelarutan zat aktif berdasarkan sifat kelarutannya dalam suatu pelarut, penyarian zat aktif yang dilakukan dengan cara merendam serbuk simplisia dalam cairan penyari yang sesuai selama tiga hari pada temperatur kamar, terlindung dari cahaya, cairan penyari akan masuk ke dalam sel melewati dinding sel. Isi sel akan larut karena adanya perbedaan konsentrasi antara larutan di dalam sel dengan

di luar sel. Larutan yang konsentrasinya tinggi akan terdesak keluar dan diganti oleh cairan penyari dengan konsentrasi rendah (proses difusi). Peristiwa tersebut berulang sampai terjadi keseimbangan konsentrasi antara larutan di luar sel dan di dalam sel. Selama proses maserasi dilakukan pengadukan dan penggantian cairan penyari setiap hari. Endapan yang diperoleh dipisahkan dan filtratnya dipekatkan. Maserasi merupakan cara penyarian sederhana yang dilakukan dengan cara merendam serbuk simplisia dalam cairan penyari selama beberapa hari pada temperatur kamar dan terlindung dari cahaya.

## 2.9 Pengujian Korosi

### 2.9.1 Polarisasi Potensiodinamik

Metode polarisasi potenciodinamik adalah suatu metode untuk menentukan perilaku korosi logam berdasarkan hubungan potensial dan arus anodik atau katodik, jika logam berada kontak dengan larutan yang bersifat korosif (Rastogi, 2005). Potensiostat digunakan untuk mengukur laju korosi berdasarkan perubahan potensial listrik terhadap perubahan arus yang dideteksi selama proses korosi pada saat pengukuran berlangsung menggunakan kurva ekstrapolasi tafel



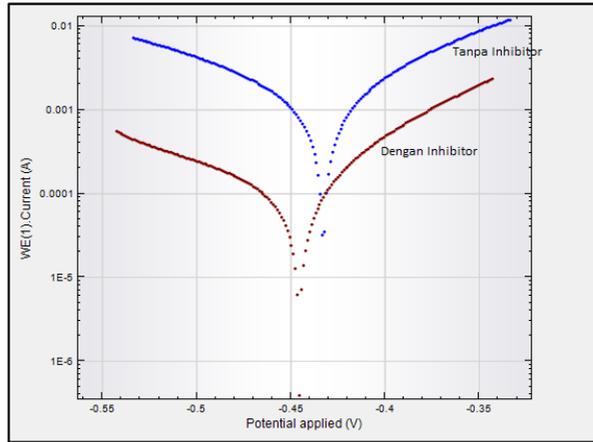
**Gambar 2.10** Kurva polarisasi pada korosi baja.

Kurva polarisasi yang dihasilkan dapat diukur potensial korosi dan arus korosi yang terjadi dengan bantuan metode ekstrapolasi Tafel. Terjadinya korosi pada baja lunak juga dapat diketahui dari polar kurva yang dihasilkan. Penerapan potensial dari luar yang melebihi potensial ini disebut potensial lebih (*over potential*). Peningkatan potensial lebih yang diterapkan tidak diikuti dengan peningkatan arus, maka pada potensial tersebut telah terjadi polarisasi seperti pada pola kurva yang terbentuk setelah zona Tafel (Fadli, 2011).

Pada awal pengujian terjadi kompetisi antara proses anodik dan katodik. Data tegangan dan arus yang langsung didapat dari pengujian yang diolah dengan Microsoft Excel. Setelah dibuat grafik antara arus dan *over potential*, maka diperoleh dua garis melengkung yaitu daerah anodik dan daerah katodik. Pada kedua daerah ini dibuat trendline untuk mengetahui persamaan garisnya. Trendline daerah anodik ditentukan pada daerah dimana arus turun tanpa naik lagi untuk selang *over potential* tertentu, sehingga Tafel slope positif. Sedangkan trendline daerah katodik ditentukan pada daerah dimana arus naik tanpa turun lagi untuk selang *over potential* tertentu, sehingga Tafel slope negatif. Oleh karena laju oksidasi dan laju reduksi sama maka persamaan garis ini adalah ekuivalen. Perpotongan garis terhadap sumbu X dinyatakan sebagai *Icorr* (Butarbutar dan Febrianto, 2009).

Penggunaan senyawa antikorosi atau inhibitor mampu mengubah *Icorr* menjadi lebih kecil seperti. Pada kurva ekstrapolasi menunjukkan perbandingan pola ekstrapolasi Tafel dari diagram polarisasi logam baja dalam larutan asam yang mengandung inhibitor dan tanpa inhibitor. Kurva ekstrapolasi Tafel menunjukkan bahwa sebelum dan sesudah diberikan inhibitor atau antikorosi, terjadi penurunan arus korosi (Fadli, 2011). Arus korosi dan laju korosi memiliki hubungan yang linear. Pada saat benda uji dimasukkan pada larutan elektrolit maka akan terjadi aliran elektron dari anoda ke katoda. Semakin banyak aliran elektron dari anoda ke katoda maka arus yang dihasilkan menjadi lebih tinggi.

Semakin tinggi arus yang dihasilkan maka laju korosi juga semakin tinggi (Butarbutar dan Febrianto, 2009).



**Gambar 2.11** Perbandingan Kurva polarisasi Dengan dan Tanpa Inhibitor

Polarisasi atau potensial lebih, adalah perubahan potensial elektroda setengah sel dari posisi kesetimbangan dengan lingkungannya pada suatu proses elektrodik. Hubungan potensial lebih dan arus dapat digunakan untuk mengungkapkan laju korosi. Untuk menghitung persentase inhibisi pada metode ini digunakan Persamaan:

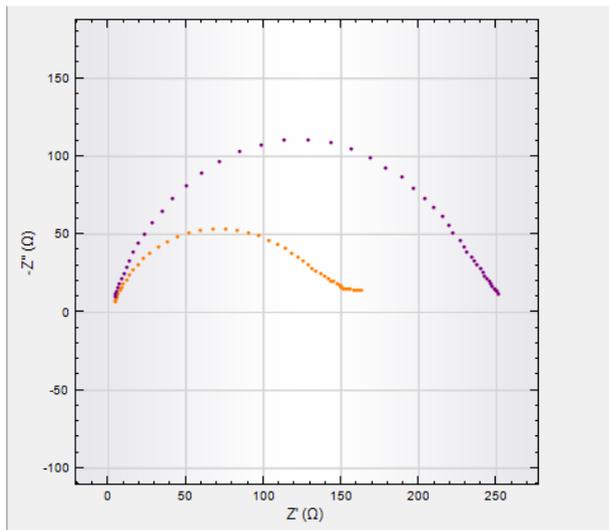
$$\% \text{proteksi (\%EI)} = \frac{I_{corr0} - I_{corri}}{I_{corri}} \times 100\% \quad (2.1)$$

dengan %EI adalah persentase efektivitas penghambatan,  $I_{corr0}$  adalah arus sebelum ditambahkan inhibitor,  $I_{corri}$  adalah arus sesudah ditambahkan inhibitor (Rastogi et al., 2005).

### 2.9.2 EIS

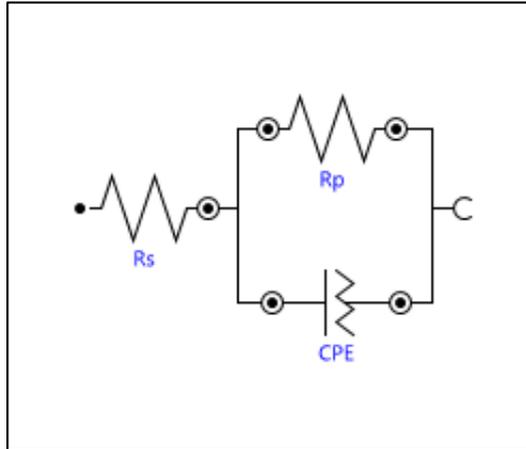
EIS atau electrochemical impedance spectroscopy adalah metode pengukuran untuk mengkarakterisasi suatu sistem

elektrokimia. Teknik ini mengukur impedansi dari sistem dalam suatu rentang frekuensi tertentu yang akan direspon oleh sistem. Seringkali, data yang dimunculkan oleh EIS ini berupa plot bode atau Nyquist. Impedansi berkebalikan dengan aliran AC dalam suatu sistem kompleks. Sistem elektronik sistem pasif meliputi elemen energi yang hilang (resistor) dan energi yang tersimpan (kapasitor). Hampir semua sistem fisikomia, seperti sel elektrokimia, penyimpanan dan tahanan energi yang terjadi dalam jaringan biologis dapat dianalisis dengan EIS. Salah satu penggunaan EIS adalah untuk mengetahui sistem yang terbentuk jika suatu inhibitor korosi dimasukkan ke dalam suatu sistem. Jika suatu inhibitor korosi ditambahkan kedalam suatu sistem terkorosi, maka ion ataupun elektron yang dapat menyebabkan teroksidasinya besi akan terhalangi oleh lapisan tipis yang dibentuk oleh inhibitor tersebut. Akibatnya, terdapat suatu bacaan tahanan yang terbaca oleh detektor. Penggambaran dari data tersebut berupa kurva Nyquist Z, seperti digambarkan oleh gambar 2.11



**Gambar 2.12** kurva Nyquist Z

Dan dari data kurva tersebut, secara sederhana dapat digambarkan menjadi suatu rangkaian elektronik sederhana seperti berikut:



**Gambar 2.13** Equivalent Circuit

Dari tahanan yang diberikan oleh EIS dapat disimulasikan dalam suatu rangkaian elektronik pada gambar 2.12 ,  $R_p$  adalah tahanan yang diberikan oleh larutan atau sistem luar, sedangkan  $R_s$  adalah tahanan yang diberikan oleh suatu senyawa dalam suatu sistem.

### 2.9.3 FTIR

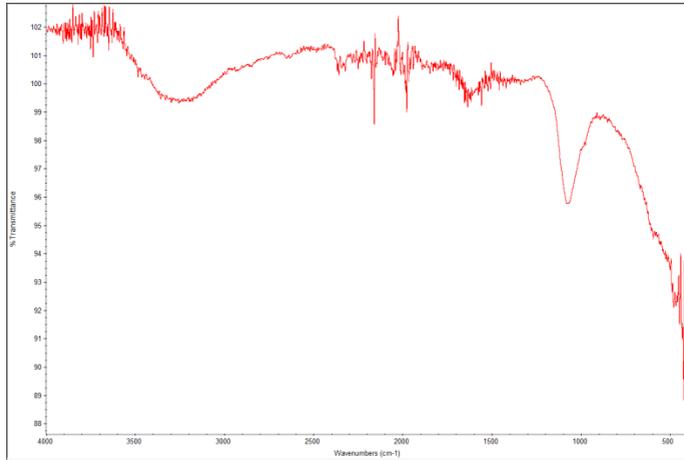
Spektroskopi FTIR adalah teknik pengukuran untuk mengumpulkan spektrum inframerah. Energi yang diserap sampel pada berbagai frekuensi sinar inframerah direkam, kemudian diteruskan ke interferometer. Kemudian sinar akan dirubah menjadi interferogram. FTIR terdiri dari 4 bagian utama, yaitu (Griffith, 1975) :

1. Sumber sinar yang terbuat dari filamen Nerst yang dipanaskan menggunakan listrik hingga temperatur 1000-1800 oC *Beam Splitter*, berupa material transparan dengan indeks relatif, sehingga menghasilkan 50%

radiasi akan direfleksikan dan 50% radiasi akan diteruskan.

2. *Interferometer*, adalah bagian utama FTIR yang mempunyai fungsi yaitu membentuk interferogram yang akan diteruskan menuju detektor.
3. Daerah cuplikan merupakan daerah dimana berkas acuan dan cuplikan masuk ke daerah cuplikan dan daerah masing-masing menembus sel acuan dan cuplikan secara bersesuaian.
4. Detektor berfungsi mengukur energi pancaran yang lewat akibat panas yang dihasilkan.

Mekanisme kerja dari FTIR yaitu sinar datang dari sumber sinar akan diteruskan, kemudian akan dipecah oleh pemecah sinar menjadi dua sinar yang saling tegak lurus. Sinar ini akan dipantulkan oleh dua cermin yaitu cermin diam dan cermin bergerak. Sinar hasil pantulan kedua cermin akan dipantulkan kembali menuju pemecah sinar untuk saling berinteraksi. Dari pemecah sinar, sebagian sinar akan diarahkan menuju cuplikan dan sebagian menuju sumber. Gerakan cermin yang maju mundur akan menyebabkan sinar yang sampai pada detektor akan berfluktuasi. Sinar akan saling menguatkan ketika kedua cermin memiliki jarak yang sama terhadap detektor dan akan saling melemahkan jika kedua cermin memiliki jarak yang berbeda. Fluktuasi sinar yang sampai pada detektor ini akan menghasilkan sinyal pada detektor yang disebut interferogram. Interferogram ini kan diubah menjadi spektra IR dengan bantuan komputer berdasarkan operasi matematika. (Tahid, 1994). Berikut contoh hasil pengujian FTIR pada sampel.



**Gambar 2.14** Spektra Hasil Pengujian FTIR

#### **2.9.4 Weight Loss**

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

Perhitungan laju korosi dilakukan menggunakan metode kehilangan berat sampel tiap satuan luas dan waktu dengan konstanta laju korosi yang dapat dilihat pada tabel 2.3

**Tabel 2.3** Konstanta Laju Korosi

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

Berikut ini adalah rumus perhitungan dari laju korosi

$$MPY = \frac{K \times W}{\rho \times A \times T} \quad (2.2)$$

Keterangan

W : weight loss (mg)

K : konstanta laju korosi

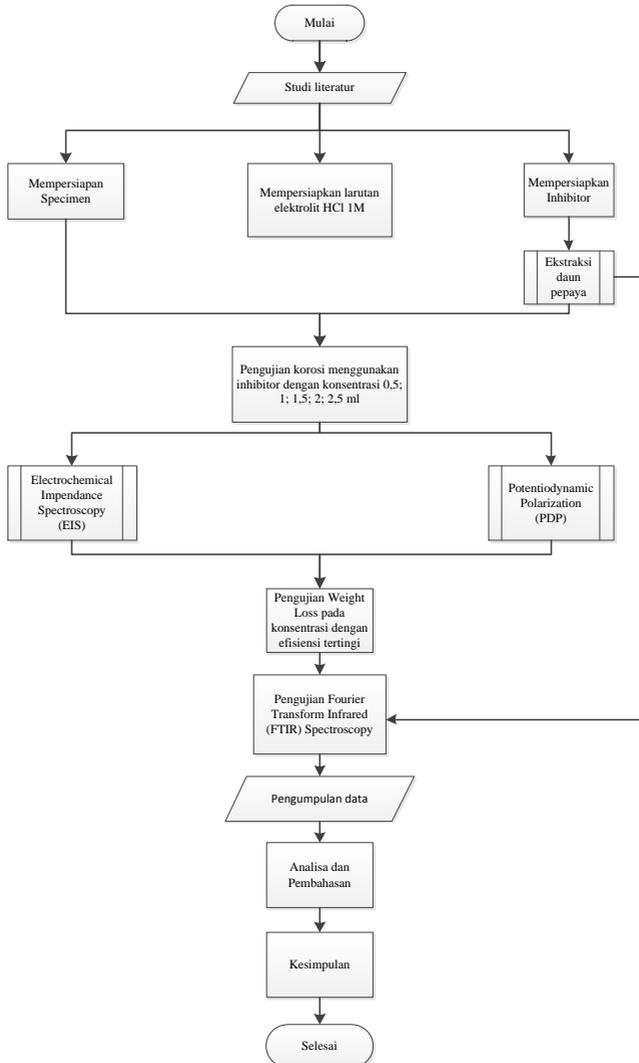
P : massa jenis ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

A : luas ( $\text{cm}^2$ )

T : waktu perendaman (jam)

# BAB III METODOLOGI PENELITIAN

## 3.1 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

### 3.2 Metode Penelitian

Pada penelitian ini digunakan dua metode penelitian adalah sebagai berikut :

1. Study Literatur

Study literatur dilakukan dengan referensi berdasarkan jurnal, tugas akhir, dan *textbook* yang mempelajari tentang korosi, inhibitor organik, penggunaan material pada industri *oil and gas*, dan metode pengujian yang menggunakan EIS, PDP, dan FTIR

2. Eksperimental

Eksperimen yang dilakukan pada penelitian ini adalah Pengujian EIS (*Electrochemical Impedance Spectroscopy*), PDP (*Potensiodynamic Polarisazation*), FTIR (*Fourier Transform Infra Red*), dan pengurangan berat (*weight loss*)

### 3.3 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah sebagai berikut :

- Gelas ukur
- Wadah plastik
- Timbangan analitik
- Gerinda potong presisi
- Solder
- Mesin AUTOLAB untuk pengujian EIS (*Electrochemical Impedance Spectroscopy*) dan PDP (*Potensiodynamic Polarisazation*)
- Mesin FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)

### 3.4 Bahan Penelitian

1. Material

Spesimen yang akan digunakan pada penelitian ini menggunakan baja API 5L Grade B yang telah dipotong dengan dimensi 10 x 10 x 6 mm untuk pengujian polarisasi dan EIS sedangkan untuk pengujian weght loss dan FTIR spesimen dipotong dengan dimensi 30 x 30 x 6 mm.

## 2. Larutan Media Korosif

Larutan elektrolit yang digunakan untuk media korosi pada penelitian ini adalah larutan HCL 1M ml yang dilarutkan dengan Aquades ml melalui proses pengenceran.

## 3. Inhibitor

Inhibitor yang digunakan adalah ekstrak daun pepaya (*carica papaya*) di daerah Sukolilo, Surabaya yang diambil dari dua pedagang sayur di pasar dengan jenis pepaya yang sama yaitu pepaya calina (california)



**Gambar 3.2** Daun Pepaya

### 3.5 Prosedur Penelitian

Terdapat dua jenis prosedur penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pengujian pengaruh konsentrasi inhibitor dan mekanisme inhibisi pada inhibitor daun pepaya. Pada penelitian ini dilakukan dengan beberapa variasi konsentrasi diantaranya 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, 2,5% dan 2% dengan media korosi HCL 1M. Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi inhibitor pada material baja dilakukan pengujian EIS (*Electrochemical Impedance Spectroscopy*) dan PDP (*Potensiodynamic Polarization*), untuk mengetahui laju korosi dilakukan dengan menggunakan metode pengujian *Weight Loss* dan untuk mengetahui mekanisme inhibisi inhibitor dapat dilakukan dengan pengujian FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)

### 3.5.1 Persiapan Benda Kerja

Material yang akan digunakan pada pengujian ini adalah baja API 5L (ASTM A53) Grade B yang berbentuk pipa silindris dengan schedule 40. Pipa dipotong dan di pres sehingga menjadi pelat.



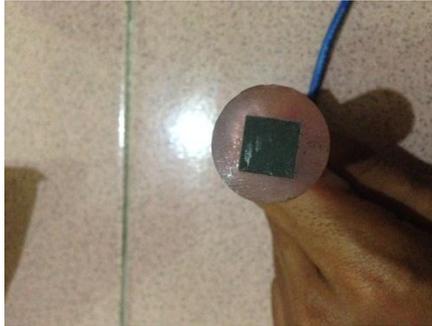
**Gambar 3.3** Pelat API 5L Grade B

Lalu dipotong menjadi bagian-bagian kecil dengan dimensi 10x10x6 mm. Untuk pengujian EIS dan PDP, baja yang telah dipotong dihubungkan dengan kawat tembaga dengan *soldering*. Setelah itu balok baja yang sudah terhubung dengan tembaga dilapisi resin agar hanya bagian permukaan dari benda kerja yang *ter-expose* saat dilakukan pengujian.



**Gambar 3.4** Benda Kerja Pengujian EIS dan Polarisasi

Lalu permukaan benda kerja dihaluskan dan dibersihkan dari berbagai produk korosi.



**Gambar 3.5** Permukaan Benda Kerja EIS dan Polarisasi

Sedangkan untuk pengujian *weight loss* dan FTIR baja tidak disambungkan dengan kawat tembaga dan tidak dilapisi resin.

### **3.5.2 Persiapan Larutan Korosif**

Larutan yang digunakan adalah HCl 1M 1liter yang telah dilakukan pengenceran dengan menambahkan aquades. Untuk mendapatkan HCl 1M sebanyak 1liter dibutuhkan HCl 37% 73ml dan dicampurkan dengan aquades hingga mencapai volume larutan 1liter



**Gambar 3.6** HCl

### **3.5.3 Persiapan Inhibitor**

Pembuatan inhibitor dari daun pepaya menggunakan metode ekstraksi maserasi. Daun pepaya yang telah didapat dipisahkan dari batangnya, dicuci dan dipotong kecil-kecil. Lalu daun pepaya dikeringkan di bawah sinar matahari selama dua sampai tiga hari sehingga daun menjadi kering seperti daun kering yang gugur.



**Gambar 3.7** Daun Pepaya Kering

Haluskan daun pepaya kering dengan blender sampai menjadi bubuk. Setelah itu daun ditimbang dan menunjukkan berat 175 mg. Bungkus bubuk daun pepaya dengan kertas saring lalu masukkan ke dalam wadah untuk di maserasi dengan methanol selama 3x24 jam.

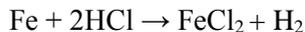


**Gambar 3.8** Proses Maserasi

Setelah itu saring metanol yang telah direndami daun pepaya dengan kertas saring dan uapkan sampai semua metanol menguap dan sari yang umumnya berbentuk minyak mengendap.

### **3.6 Pengujian**

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah EIS (*Electrochemical Impedance Spectroscopy*), PDP (*Potensiodynamic Polarisation*), FTIR (*Fourier Transform Infra Red*), dan pengurangan berat (*weight loss*) dengan menggunakan inhibitor dengan konsentrasi yang menghasikan efisiensi tertinggi. Pada pengujian kali ini yang melibatkan baja API 5L Grade B dan larutan HCl 1M, akan terjadi korosi dengan reaksi sebagai berikut :



#### **3.6.1 Pengurangan berat (*weight loss*)**

Pengujian *weight loss* dilakukan untuk mengetahui laju korosi (mpy) pada baja API 5L grade B berdasarkan pengurangan berat awal dan berat akhir setelah terkorosi dengan variasi penambahan inhibitor ekstrak daun pepaya pada larutan HCl 1M. Konsentrasi inhibitor yang digunakan

sebesar konsentrasi 0,5%; 1%; 1,5%; 2% dan 2,5% dengan waktu perendaman kelipatan yang sama. Pengujian dilakukan dengan dan tanpa penambahan inhibitor pada material.

a. Pengujian *weight loss* tanpa inhibitor

1. Menyiapkan wadah plastik untuk tempat perendaman spesimen.
2. Menyiapkan 15 spesimen baja API 5L grade B dengan dimensi 10x10x6 mm.
3. Melakukan penimbangan awal pada masing-masing spesimen.
4. Memasukkan larutan elektrolit ke dalam wadah plastik.
5. Merendam baja API 5L grade B ke dalam elektrolit.
6. Tiap 3 spesimen direndam selama 1 - 5 jam kemudian dilakukan penimbangan.
9. Melakukan pengambilan gambar dan uji FTIR.

b. Pengujian *weight loss* dengan inhibitor

1. Menyiapkan wadah plastik untuk tempat perendaman spesimen.
2. Menyiapkan 15 spesimen baja API 5L grade B dengan dimensi 30x30x6 mm.
3. Melakukan penimbangan awal pada masing-masing spesimen.
4. Memasukkan larutan elektrolit ke dalam wadah plastik.
5. Memasukkan inhibitor dengan konsentrasi yang sudah ditentukan.
6. Merendam baja API 5L grade B ke dalam campuran elektrolit dan inhibitor.
7. Tiap 3 spesimen direndam selama 1 - 5 jam kemudian dilakukan penimbangan.
8. Melakukan pengambilan gambar dan uji FTIR



**Gambar 3.9** Pengujian Weight Loss

### **3.6.2 *Fourier Transform Infra Red***

Metode spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infrared*) adalah metode spektroskopi inframerah modern yang dilengkapi dengan teknik transformasi fourier untuk deteksi dan analisis hasil spektrumnya kemudian mengkarakterisasi terhadap gugus fungsi pelapis dan mendukung adhesi antara pelapis dengan substrat.

Pengujian ini digunakan untuk mengetahui apakah inhibitor dari daun pepaya dapat teradsorpsi pada permukaan logam untuk memberikan perlindungan terhadap korosi. Dengan melakukan pengujian FTIR akan dihasilkan kurva *peak* atau gelombang dengan intensitas yang berbeda-beda dan dapat ditentukan gugus fungsinya sehingga diketahui kandungan (tipe senyawa) yang terkandung dalam masing masing sampel. Pengujian FTIR dilakukan setelah pengujian *weight loss* untuk mengetahui karakteristik dari pelapis dilakukan uji FTIR yang selanjutnya dilakukan pengujian Electrochemical Impedance Spectroscopy dalam larutan HCl 1 M.

### **3.6.3 *Electrochemical Impedance Spectroscopy***

Electrochemical impedance spectroscopy (EIS) merupakan salah satu metode yang berkembang sangat cepat. Hal ini dikarenakan *Electrochemical impedance spectroscopy* (EIS) merupakan metode analisa yang penting,

dimana dapat memberikan informasi berupa ketahanan terhadap korosi, massa transport dan elemen–elemen listrik yang ada pada pelapis. Teknik EIS adalah salah satu teknik non-stationary yang bersifat non desktruktif. Interpretasi hasil pengukuran EIS biasanya dilakukan dengan cara menyesuaikan (fitting) data impedansi terhadap ekuivalen sirkuit listrik yang merupakan representatif dari proses fisik yang terjadi pada sistem. Kualitas fitting dinilai oleh seberapa baik korelasi antara kurva dengan spektrum asli. Dari hasil penyesuaian (fitting) akan dihasilkan ekuivalen sirkuit listrik yang akan menghasilkan satu set parameter yang dapat dikorelasikan dengan kondisi lapisan dan korosi dari substrat baja.

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui inhibisi pada logam dengan inhibitor apakah secara kinetika dikontrol oleh transfer muatan atau transfer masa. Sebelum dilakukan pengukuran secara elektrokimia, sel elektrokimia dibiarkan selama beberapa waktu agar interaksi antarmuka spesimen dengan larutan mencapai *steady state*. Pengujian ini mengacu paca standard ASTM G 106 – 89.

Pengujian elektrokimia Tafel dan EIS memiliki langkah–langkah pengujian yang sama, yaitu sebagai berikut:

1. Mempersiapkan alat dan bahan yaitu spesimen baja API 5L grade B dengan *surface* kontak sebesar 10 mm x 10 mm dan larutan elektrolit HCl dan penambahan inhibitor.
2. Memasukkan larutan elektrolit kedalam gelas sebanyak 100 ml.
3. Memasang elektroda kerja pada rangkaian alat polarisasi.



**Gambar 3.10** Proses Pengujian EIS dan Polarisasi

4. Menjalankan pengujian polarisasi dengan bantuan mesin AUTOLAB dan *software* Nova 1.11



**Gambar 3.11** Alat Pengujian EIS dan Polarisasi

#### **3.6.4 Potensiodynamic Polarization**

Polarisasi potensiodinamik adalah metode untuk menentukan perilaku korosi logam berdasarkan hubungan

potensial dan arus anodik atau katodik jika logam berada kontak dengan larutan yang bersifat korosif. Dalam pengujian korosi digunakan potensiodinamik karena dengan ini dapat dilakukan analisis tafel untuk mendapatkan data data tentang arus korosi ( $I_{corr}$ ) dan laju korosi ( $Corr Rate$ ). Metode pengujian ini mengacu pada standard ASTM G 5 -94 dan perhitungan dari *corr. rate* mengacu pada standard ASTM G 102 - 89.

Prosedur pengujian polarisasi potensiodinamik adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan alat dan bahan yaitu spesimen baja API 5L grade B dengan *surface* kontak sebesar 10 mm x 10 mm dan larutan elektrolit HCl dan penambahan inhibitor.
2. Memasukkan larutan elektrolit kedalam gelas sebanyak 100 ml.
3. Memasang elektroda kerja pada rangkaian alat polarisasi.
4. Menjalankan pengujian polarisasi dengan bantuan mesin AUTOLAB dan *software* Nova 1.11.

## **BAB IV HASIL DAN ANALISA**

### **4.1 Hasil Ekstraksi**

Hasil dari ekstraksi menggunakan metode maserasi pada daun pepaya menghasilkan minyak dengan yang mengandung senyawa yang dapat menghambat laju korosi. Minyak yang dihasilkan cair dengan kepekatan yang rendah dan berwarna hijau tua. Minyak yang dihasilkan sebanyak 250 ml dari 175g bubuk daun pepaya kering yang di maserasi



**Gambar 4.1** Hasil Maserasi

### **4.2 Hasil Penelitian**

#### **4.2.1 Hasil Pengujian Polarisasi potensiodinamik**

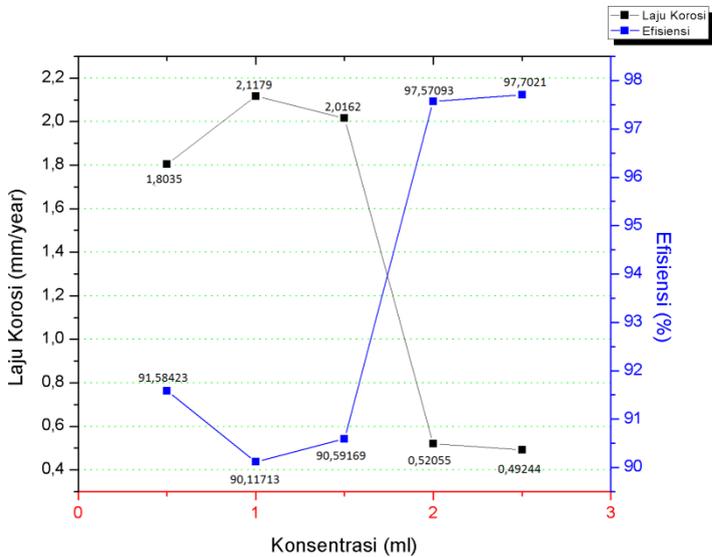
Dari pengujian polarisasi dapat diketahui laju korosi dan efisiensi inhibisi dari inhibitor yang digunakan. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada enam *sample* dengan variasi konsentrasi larutan inhibitor sebesar 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, 2%, dan 2,5% menggunakan mesin AUTOLAB dan diolah dengan *software* Nova 1.11 didapatkan data yang dapat dilihat pada tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Laju Korosi dan Efisiensi Inhibisi

SAMPLE	$\beta_a$ (V/dec)	$\beta_c$ (V/dec)	$E_{corr}$ , Calc (V)	$j_{corr}$ (A/cm <sup>2</sup> )	$i_{corr}$ (A)	Corrosion rate (mm/year)	%IE
tanpa inhibitor	0,16439	0,11428	-0,4326	0,0018419	0,0018419	21,43	
0.5 ml	0,24594	0,07623	-0,44527	0,00015501	0,00015501	1,8035	91,58423
1 ml	0,68163	0,089558	-0,43316	0,00018203	0,00018203	2,1179	90,11713
1.5 ml	0,31168	0,10073	-0,44945	0,00017329	0,00017329	2,0162	90,59169
2 ml	0,13511	0,10575	-0,47296	0,000044741	0,000044741	0,52055	97,57093
2.5 ml	0,11348	0,093408	-0,4587	0,000042325	0,000042325	0,49244	97,7021

Laju korosi tertinggi didapat pada *sample* tanpa larutan inhibitor (0%) sebesar 21,43 mm/year. Sedangkan laju korosi terendah didapat pada *sample* dengan konsentrasi larutan inhibitor 2,5% sebesar 0,49244 mm/year. Sehingga didapat efisiensi inhibisi tertinggi pada larutan inhibitor 2,5% sebesar 97,7021%. Efisiensi terendah pada *sample* dengan penambahan inhibitor didapat pada larutan inhibitor 1% sebesar 90,11713% dengan laju korosi 2,1179 mm/year.

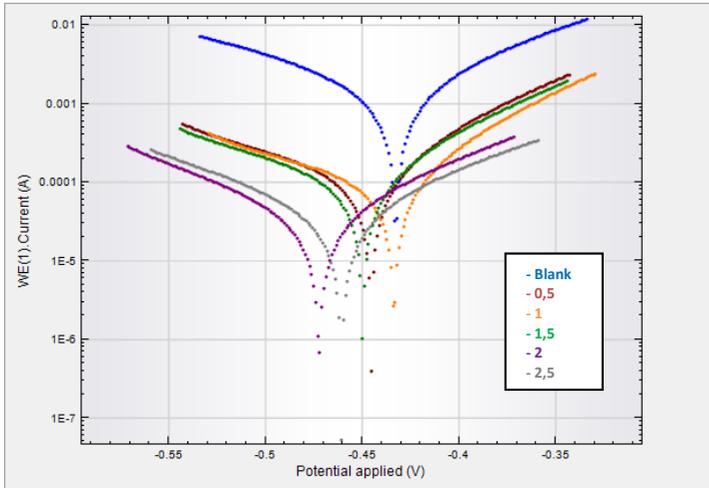
Tren dari efisiensi inhibisi dapat dilihat pada gambar 4.1. Grafik membentuk seperti huruf U dengan titik terendah pada konsentrasi larutan inhibitor 1% dan titik tertinggi pada konsentrasi 2,5%. Dari grafik ini dapat dilihat bahwa tidak bisa didapat titik konsentrasi kritis karena belum ditemukannya efisiensi yang lebih tinggi dengan larutan inhibitor lebih dari 2,5% dan belum ditemukannya penurunan efisiensi pada penambahan konsentrasi larutan inhibitor dari konsentrasi tertinggi



**Gambar 4.2** Grafik Perbandingan Laju Korosi dan Efisiensi Inhibisi

Tren dari laju korosi dapat dilihat pada gambar 4.3. Grafik membentuk seperti huruf L dengan titik terendah pada konsentrasi larutan inhibitor 2% dan titik tertinggi pada konsentrasi 0% (tanpa inhibitor).

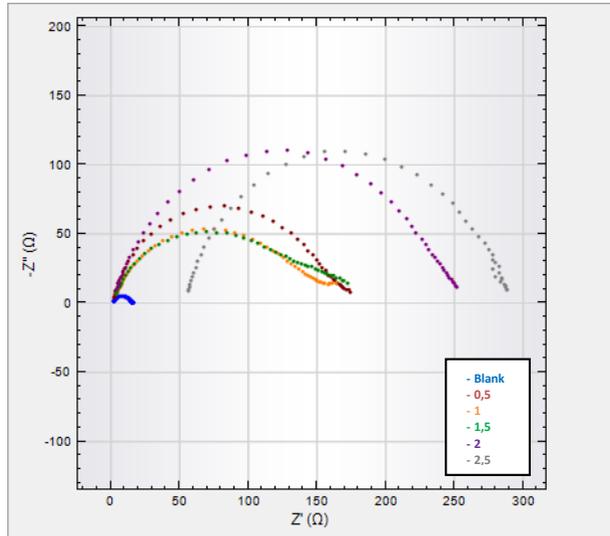
Dari *software* Nova 1.11 didapatkan data yang dapat dilihat pada gambar . Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa inhibitor daun pepaya bersifat campuran (anodik dan katodik), karena dari semua konsentrasi memiliki selisih  $E_{corr}$  dengan tanpa inhibitor kurang dari 85 mV. *Sample* tanpa inhibitor pada grafik yang berwarna biru terletak paling tinggi menunjukkan memiliki laju korosi paling tinggi. Sedangkan *Sample* dengan konsentrasi inhibitor 2,5% pada grafik yang berwarna abu-abu terletak paling rendah menunjukkan memiliki laju korosi paling rendah



**Gambar 4.3** Hasil Pengujian Polarisasi

#### 4.2.2 Hasil Pengujian Electrochemical Impedance Spectroscopy

Pengujian dari *Electrochemical Impedance Spectroscopy* atau EIS dengan menambahkan inhibitor dari ekstrak daun pepaya menghasilkan gambar grafik sebagai berikut

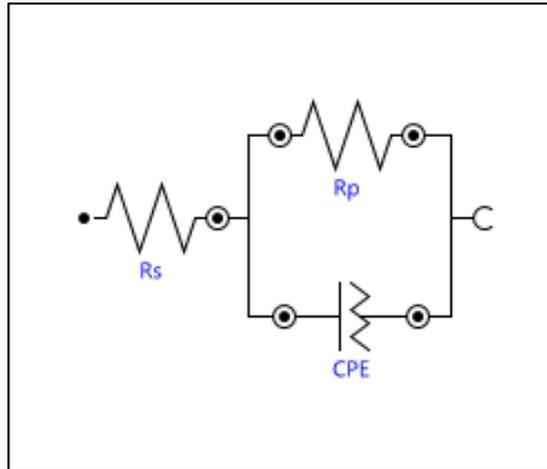


**Gambar 4.4** Grafik Nyquist Tiap Sample

Pengujian yang menghasilkan grafik Nyquist ini dapat digunakan untuk menentukan parameter yang memiliki keterkaitan dengan tahanan polarisasi, tahanan larutan, dan kapasitansi lapis rangkap listrik. Pada grafik dapat dilihat bahwa pada konsentrasi 0% atau tanpa inhibitor (terlihat pada lengkungan berwarna biru paling bawah) memiliki nilai impedansi yang kecil antara permukaan baja dengan larutannya. Setelah ditambahkan inhibitor ekstrak daun pepaya dengan konsentrasi 0,5% - 2,5% menunjukkan perubahan nilai impedansi. Nilai impedansi akan meningkat, ini menunjukkan bahwa inhibitor dari ekstrak daun pepaya dapat menghambat laju korosi yang mengalir dari permukaan elektroda menuju larutan elektrolitnya. Pada kondisi ini nilai impedansi antar permukaan baja dengan larutan merupakan impedansi kapasitif yang berarti proses korosi dikontrol oleh proses *charge transfer* (perpindahan muatan)

Mekanisme inhibisi dari inhibitor daun pepaya dapat dilihat dari nilai impedansi yang dihasilkan grafik nyquist dari *software* Nova 1.11. Dengan menggunakan rangkaian listrik

yang disebut *equivalent circuit* maka dapat terbaca nilai impedansi atau tahanannya. Sirkuit yang digunakan dapat dilihat pada gambar



**Gambar 4.5** Equivalent Circuit

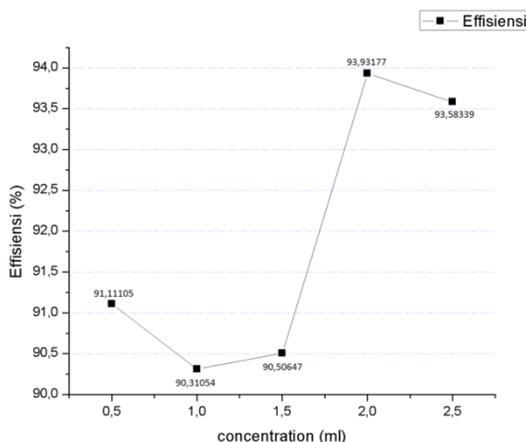
Dari hasil rangkain elemen sirkuit diatas kemudian dapat dilihat hasil dari plot grafik nyquist serta nilai tahanannya. Setelah dilakukan pengujian, didapatkan hasil yang dapat dilihat pada tabel

**Tabel 4.2** Hasil Equivalent Circuit Nilai Impedansi Dengan Penambahan Inhibitor Ekstrak Daun Pepaya

SAMPLE	CPE	$R_p$	$R_s$	%IE
Tanpa inhibitor	195,57	14,977	1,5274	-
0.5 ml	61,034	168,49	378,93	91,11105
1 ml	46,473	154,57	305,53	90,31054
1.5 ml	44,018	157,76	-1,1735	90,50647
2 ml	32,004	246,81	1,9383	93,93177
2.5 ml	35,952	233,41	55,543	93,58339

*Sample* tanpa inhibitor memiliki tahanan yang jauh lebih kecil dibandingkan *sample* dengan penambahan inhibitor. Tahanan tertinggi didapat pada konsentrasi 2% dengan efisiensi sebesar 93,93177%. Sedangkan tahanan terkecil pada *sample* dengan inhibitor didapat pada konsentrasi 1% dengan efisiensi 90,50647%.

Tren efisiensi dari penambahan inhibitor dari konsentrasi 0,5% - 2,5% dapat dilihat pada gambar sebagai berikut



**Gambar 4.6** Grafik Efisiensi Impedansi

Grafik membentuk pola seperti huruf S dengan titik terendah pada konsentrasi 1% dan menanjak sampai konsentrasi 2% lalu kembali turun pada konsentrasi 2,5%

### 4.2.3 Hasil Pengujian Weigh Loss

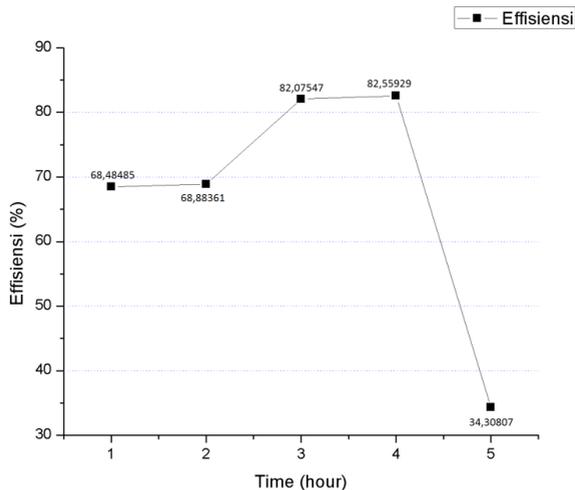
Pada pengujian weight loss dapat diketahui nilai dari laju korosi dan efisiensi inhibisi. Pengujian weigh loss pada penelitian ini menggunakan konsentrasi inhibitor dengan efisiensi tertinggi berdasarkan hasil pengujian polarisasi. Sehingga digunakanlah konsentrasi inhibitor 2,5% untuk pengujian weight loss. Pengujian dilakukan dengan variabel

waktu 1-5 jam dengan dan tanpa inhibitor. Hasil dari pengujian weight loss dapat dilihat pada tabel sebagai berikut

**Tabel 4.3** Efisiensi Weight Loss

	Tanpa Inhibitor	Dengan Inhibitor	
Waktu	Corr. Rate	Corr. Rate	Efficiency
1	0,073066	0,023027	68,48485
2	0,046608	0,014503	68,88361
3	0,073017	0,013088	82,07547
4	0,07469	0,013026	82,55929
5	0,071679	0,047087	34,30807

Dari tabel dapat dilihat bahwa efisiensi inhibisi tertinggi didapat pada variabel waktu 4 jam dengan efisiensi sebesar 82,55929%. Efisiensi inhibisi meningkat dari variabel waktu 1 jam sampai 4 jam lalu menurun pada 5 jam. Tren dari efisiensi pengujian weight loss dapat dilihat pada gambar



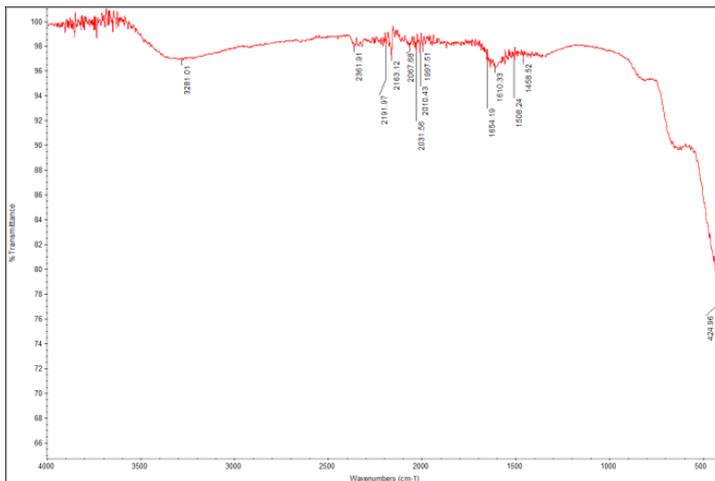
**Gambar 4.7** Grafik Laju Korosi Weight Loss

Dari hasil pengujian ini dapat dilanjutkan untuk pengujian *Fourier Transform Infrared* untuk dapat mengetahui mekanisme inhibisi dari ekstrak daun pepaya

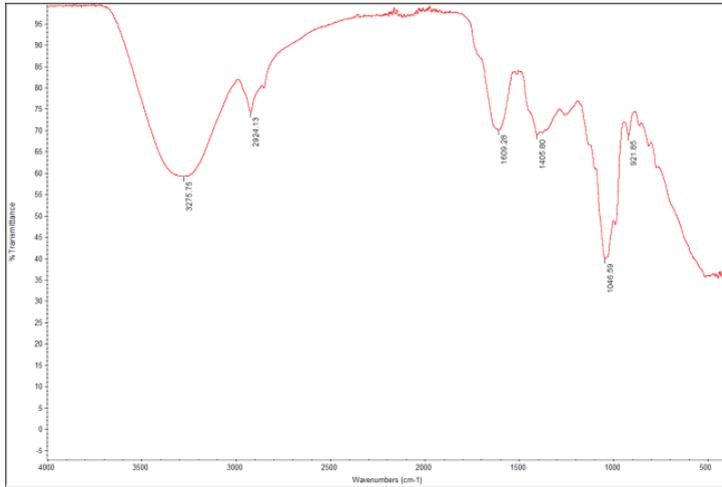
#### 4.2.4 Hasil Pengujian Fourier Transform Infrared (FTIR)

FTIR adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengidentifikasi jenis ikatan gugus fungsi. Ekstrak tumbuhan yang digunakan sebagai inhibitor mengandung senyawa organik yang dapat melindungi baja dari korosi.

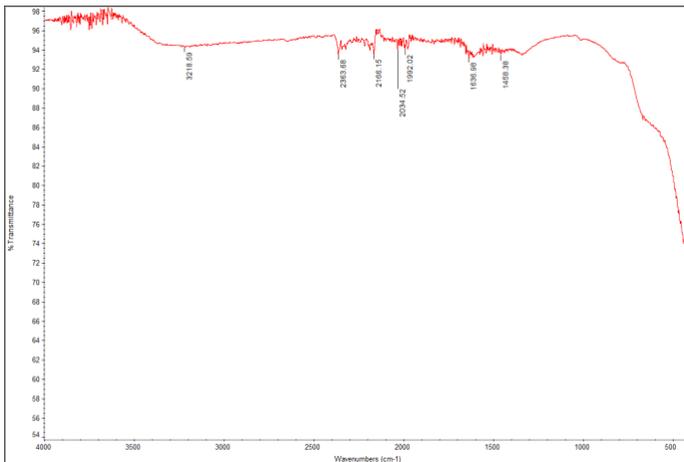
Pengujian FTIR dilakukan untuk mendapatkan gugus fungsi dari ekstrak daun pepaya, spesimen tanpa inhibitor, dan spesimen dengan inhibitor. Spesimen berupa baja API 5L grade B direndam pada media HCl 1 M dengan dan tanpa inhibitor dengan konsentrasi 2,5 ml selama 4 jam. Penentuan konsentrasi berdasarkan efisiensi tertinggi pada pengujian polarisasi. Sedangkan penentuan waktu berdasarkan efisiensi tertinggi pada pengujian weight loss. Berikut ini adalah hasil dari pengujian FTIR



**Gambar 4.8** Spektra FTIR Tanpa Inhibitor



**Gambar 4.9** Spektra FTIR Ekstrak Daun Pepaya



**Gambar 4.10** Spektra FTIR Dengan Konsentrasi Inhibitor 2,5%

Untuk mendapatkan gugus fungsi pada ekstrak daun pepaya yang lebih akurat maka dianalisa dengan menggunakan Infrared (IR) Spetstroskopy Tabel Reference. Gambar

menunjukkan hasil analisa FTIR ekstrak daun pepaya dengan IR Spetroscopy Table.

**Tabel 4.4** Hasil Pengujian FTIR pada Ekstrak Daun Pepaya

Frekuensi ekstrak daun pepaya	Daerah frekuensi kolerasi (cm-1)	gugus fungsi
921,85	675 – 995	C-H
1046,59	1000 – 1300	C-O
1405,80	1340 – 1470	C-H
1609,28	1550 – 1640	N-H
2924,13	2850 – 2970	C-H
3275,75	3200 – 3600	O-H

**Tabel 4.5** Hasil Pengujian FTIR pada Baja Dengan Inhibitor

Frekuensi Baja Dengan Inhibitor	Daerah frekuensi kolerasi (cm-1)	Gugus fungsi
1458,38	1340 - 1470	C-H
1636,98	1550 - 1640	N-H
2166,15	2100 - 2260	C≡H
3275,75	3200 - 3600	O-H

**Tabel 4.6** Hasil Pengujian FTIR pada Baja Tanpa Inhibitor

Frekuensi ekstrak daun pepaya	Daerah frekuensi kolerasi (cm-1)	gugus fungsi
1458,52	1340 - 1470	C-H
1508,24	1500 - 1580	NO <sub>2</sub>
1610,33	1550 - 1640	N-H
2031,56	2210 - 2280	C≡N
3281,01	3200 - 3600	O-H

Hasil FTIR menunjukkan bahwa tidak nampak gugus fungsi yang bertanggung jawab sebagai antioksidan pada proses inhibisi. Hal ini dikarenakan dari pengujian polarisasi,

diketahui bahwa ekstrak daun pepaya merupakan inhibitor bersifat campuran (anodik dan katodik), namun cenderung pada sisi katodik. Sehingga tidak terdapat lapisan yang melindungi pada benda kerjanya. Gugus Fungsi didapat dari mencocokkan *range* frekuensi yang sama pada hasil pengujian ekstrak dan benda kerja dengan penambahan inhibitor namun tidak ada pada benda kerja tanpa inhibitor. Pada tabel hasil pengujian, tidak didapatkannya daerah frekuensi yang sama dari *sample* ekstrak dan baja dengan inhibitor, namun yang tidak ada pada baja tanpa inhibitor

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian untuk mendapat nilai dari laju korosi, efisiensi inhibisi, dan mekanisme inhibisi yang telah dilakukan terhadap baja API 5L Grade B dalam media HCl 1 molar dengan enam variable konsentrasi inhibitor yang berbeda, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan konsentrasi inhibitor ekstrak daun pepaya dengan metode polarisasi potensiostatik cukup efektif karena dapat menurunkan laju korosi pada baja API 5L Grade B dalam media HCl 1M. Terjadi penurunan laju korosi dan yang terendah didapat pada penambahan konsentrasi inhibitor 2,5% dengan nilai laju korosi sebesar 0,49244 mm/year dengan efisiensi inhibisi sebesar 97,7% jika dibandingkan dengan *sample* tanpa menggunakan tambahan inhibitor yang memiliki nilai laju korosi sebesar 21,43 mm/year. Namun belum dapat ditemukannya titik konsentrasi kritis yang paling optimum karena belum didapatkannya penurunan efisiensi dari penambahan inhibitor lebih banyak, sehingga terdapat potensi untuk dapat menaikkan efisiensi inhibisi dan menurunkan laju korosi dengan penambahan konsentrasi ekstrak lebih dari 2,5%
2. Pada pengujian EIS didapatkan tahanan yang cukup besar pada *sample* dengan penambahan inhibitor. Sehingga dapat disimpulkan bahwa ekstrak daun pepaya mampu memberi *resistance* terhadap laju korosi. Didapatkan efisiensi tahanan tertinggi pada penambahan konsentrasi inhibitor 2% sebesar 93,931%.
3. Pada pengujian weight loss didapatkan waktu inhibisi paling efisien pada perendaman 4 jam dengan inhibitor dengan efisiensi inhibisi sebesar 82,559%. Penggunaan jumlah penambahan inhibitor didasarkan pada hasil dari pengujian polarisasi yang menunjukkan efisiensi tertinggi pada konsentrasi 2,5%.

## 5.2 Saran

1. Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut dengan berbagai variasi temperatur untuk mendapat efisiensi yang lebih efektif dan dapat sesuai seperti pengaplikasian pada industri *oil and gass*
2. Perlu adanya penambahan konsentrasi inhibitor lebih banyak dari 2,5% untuk dapat mengetahui titik konsentrasi paling efisien dari ekstrak daun pepaya
3. Perlu adanya pengujian dengan metode lain seperti GCMS untuk melihat senyawa yang ada pada ekstrak daun pepaya

## DAFTAR PUSTAKA

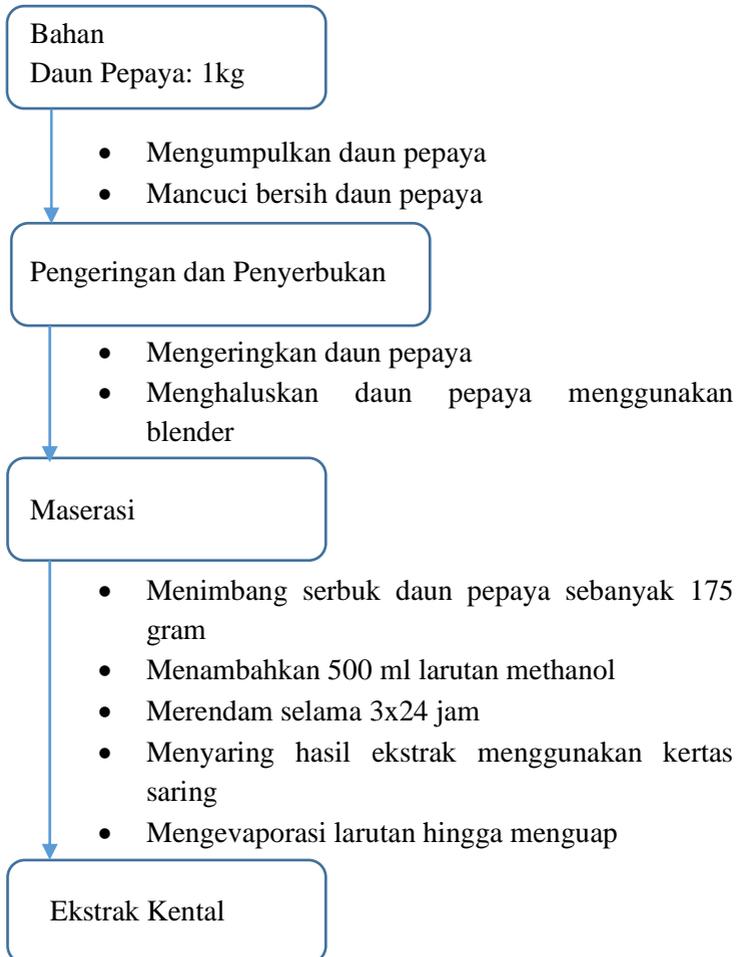
- ASM Handbook, 1992, “ *Corrosion* ”, Metal Handbook, Vol.13.
- ASTM.1990.*Annual Book of ASTM Standart : Wear and Errosion ; Metal Corrosion*.Easton USA.
- F. Kurniawan, K.A. Madurani. 2015. “*Electrochemical and optical microscopy study of red pepper seed oilcorrosion inhibition by self-assembled monolayers (SAM) on 304 SSF*”. FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- A. Pradityana, Sulistijono, A. Shahab, L. Noerochim. 2017. “*Sarang Semut (Myrmecodia Pendans) Extract as a Green Corrosion Inhibitor for Mild Steel in Acid Solution*”. Vol 8, No. 1.
- S.R. Irianty, Khairat. 2013. “*Ekstrak Daun Pepaya sebagai Inhibitor Korosi pada Baja AISI 4140 dalam Medium Air Laut*”. FT Universitas Riau, Riau
- Lisa. 2015. “*Efektifitas Ekstrak Daun Pepaya (Carica Papaya) Dalam Menghambat Laju Korosi Kawat Ortodonsi Berbahan Stainless Steel*. FKG Universitas Hasanuddin. Makassar
- G. Haryono, B. Sugiarto, H. Farid, Y. Tanoto. 2010. “*Ekstrak Bahan Alam sebagai Inhibitor Korosi*”. UPN “Veteran” Yogyakarta. Yogyakarta.
- Y. Risandi, Emriadi, Y. Stiadi . 2012. “*Ekstrak Daun Pepaya (Carica papaya) Sebagai Inhibitor Korosi Baja St.37 Dalam Medium Asam Sulfat*” FMIPA Universitas Andalas.
- Fadli. 2011.“*Studi Laju Korosi Baja API 5L GRB N di Dalam Larutan Asam Sulfat 1 M dengan Penambahan Inhibitor Anline-4-Sulfonate*”. FMIPA UI.
- Grififth, P. 1975. *Chemical Infrared Fourier Transform Spectroscopy*. New York : John Wiley & Sons.

- Nurdin, Isdiriyani dan Syahri, M., 1998. "*Inhibisi Korosi Baja Karbon di dalam Larutan Karbonat Bikarbonat*". Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik ITB; Bandung.
- Hussin MH, Kassim MJ. 2011. "*The corrosion inhibition and adsorption behavior of uncaria gambir extract on mild steel in 1 M HCl. Material Chemistry and Physics*"; 125(3) : 461 – 8. q
- Haryono, Gogot, Bambang Sugiarto, Hanima Farid dan Yudi Tanoto. 2010. "*Ekstrak Bahan Alam sebagai Inhibitor Korosi*". Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" (1): 1-6.
- Roberge, Piere R. 2000. *Handbook of Corrosion Engineering*. McGraw-Hill:New York. Hal 734
- Sulistijono. 2000. *Diktat Korosi dan Analisa Kegagalan*. ITS: Surabaya.
- Supomo, Heri. 2003. *Buku Ajar Korosi*, Jurusan Teknik Perkapalan, ITS: Surabaya.
- Supardi, R. 1997. *Korosi Edisi Pertama*. Tarsito: Bandung. P. 56-58.
- Widharto, S. 2004. *Karat dan Pencegahannya, Edisi Ketiga*. PT. Pradnya Paramita: Jakarta.
- Tahid. 1994. *Spektroskopi Inframerah Transformasi Fourier No II th VIII*. Warta Kimia Analitis: Bandung.
- Trethewey, K.R.. 1991. *Korosi untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa*. PT Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.
- Jones, Denny A. 1992. "*Principles and Prevention of Corrosion*". New York; Macmillan Publishing Company, New york.

## LAMPIRAN A

### Skema Kerja

#### 1. Pembuatan Inhibitor Ekstrak Daun Pepaya Dengan Metode Maserasi



## 2. Pembuatan Spesimen Uji Polarisasi Potensiodinamik

Baja API 5L Grade B

- Memotong dengan ukuran 10 mm x 10 mm x 6 mm
- Menyambungkan dengan kabel memakai solder
- Melapisi spesimen dengan resin
- Menghauskan permukaan

Spesimen Uji Polarisasi Potensiodinamik

## 3. Pembuatan Spesimen Uji *Weight Loss* dan FTIR

Baja API 5L Grade B

- Memotong dengan ukuran 30 mm x 30 mm x 6 mm
- Menghaluskan permukaan spesimen

Spesimen Uji *Weight Loss* dan FTIR

## 4. Pembuatan Larutan HCl 1 M

Larutan HCl 37%

- Mengambil dan mengukur 82,8 ml HCl 37%
- Memasukkan dalam labu ukur 1000 ml dan diencerkan hingga tanda batas menggunakan aquades

Larutan HCl 1M 1L

## 5. Prosedur Uji Polarisasi Potensiodinamik

Spesimen dan Larutan Elektrolit

- Memasang kabel monitor, CPU, Nova 1.11
- Menyalakan CPU, monitor, Nova 1.11
- Memasang spesimen pada rangkaian potensiostat yang dicelupkan kedalam larutan
- Memasang kabel pada tiap elektrode

Menjalankan program Nova 1.11

- Menyalakan program Nova 1.11
- Memilih program Linear Polarization sebagai program yang diinginkan
- Memasukkan parameter parameter pengujian yang diperlukan, seperti densitas, range pengujian dan lain lain.
- Melakukan pengujian dengan mengklik *run*
- Didapatkan kurva polarisasi
- Melakukan fitting pada kurva polarisasi untuk menentukan nilai  $E_{corr}$ ,  $I_{corr}$ , Laju korosi, Beta katodik, dan Beta anodik

Diperoleh data korosi yang diperlukan

## 6. Prosedur Uji Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)

Spesimen dan Larutan Elektrolit

- Memasang kabel monitor, CPU, Nova 1.11
- Menyalakan CPU, monitor, Nova 1.11
- Memasang spesimen pada rangkaian potensiostat yang dicelupkan kedalam larutan
- Memasang kabel pada tiap elektrode

Menjalankan program Nova 1.11

- Menyalakan program Nova 1.11
- Memilih program FRA Impedance Galvanostatic sebagai program yang diinginkan
- Memilih *setup view* lalu pilih *measurement impedance* untuk mengisi parameter pada EIS
- Memulai program Nova 1.11 dengan mengklik *start measurement*
- Setelah selesai klik *analysis view*, maka akan muncul grafik EIS
- Pilih Nyquist plot
- Klik kanan FRA Measurement Galvanostatic, klik *add analysis*, lalu klik *Electrochemical Circle Fit*
- Fitting di tiga titik tertentu, sehingga muncul kurva fitting. Klik kanan *Electrochemical Circle Fit*, Klik *Copy As Equivalent Circuit*.
- Klik kanan FRA Measurement Galvanostatic, klik *add analysis*, lalu klik *Fit and Simulation*, Klik edit, pada *blank page* klik kanan *Paste* maka akan didapatkan ekuivalen sirkuit dan parameter

A



elektrokimia dari analisis *Electrochemical Circle Fit*

- Klik *Fit and Simulation*, lalu klik edit, dan masukkan parameter parameter elektrokimia secara manual, lalu klik *Ok*. Sehingga didapat kan ekuivalen sirkuit dan parameter elektrokimia dari analisis *Fit and Simulation*.

Equivalent circuit dan Parameter elektrokimia

## LAMPIRAN B

### 1. Pembuatan Larutan HCl 1M sejumlah 1L

Diketahui : larutan HCl 37% :

$$\rho = 1,19$$

$$BM = 36,46$$

Rumus Pengenceran HCl 1M :

$$\begin{aligned} M &= \frac{\rho \times \% \times 10}{BM} \\ &= \frac{1,19 \times 37 \times 10}{36,46} \\ &= 12,0762479 \text{ M} \end{aligned}$$

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$12,0762479 \times V_1 = 1 \times 1000$$

$$V_1 = 82,8071772 \text{ ml}$$

### 2. Contoh Perhitungan Corrosion Rate Pada Weight Loss

Tanpa inhibitor					
Waktu	Berat Awal	Berat Akhir	Selisih	Rata - Rata	Corr rate
1	34,0367	34,0271	0,0096	0,0165	0,073066
	35,2589	35,2355	0,0234		

$$CR = \frac{K \times W}{\rho \times A \times T}$$

$$K = 87600$$

$$W = 0,0165$$

$$\rho = 7,85 \text{ g/cm}^3$$

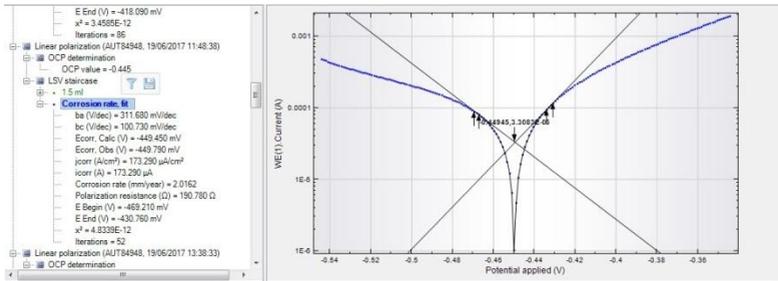
$$A = (30 \times 30 + 30 \times 6 + 30 \times 6) \times 2 = 2520 \text{ mm}^2$$

$$T = 1 \text{ jam}$$

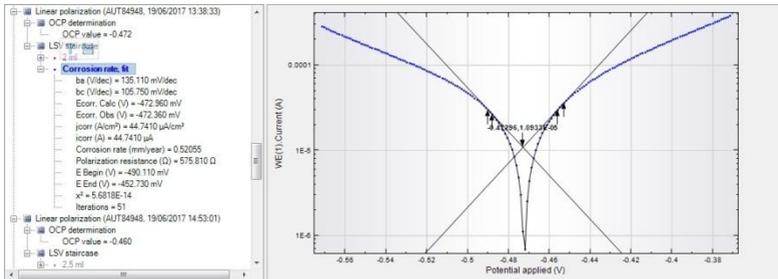
$$CR = \frac{87600 \times 0,0165}{7,85 \times 2520 \times 1}$$

$$= 0,0703066$$

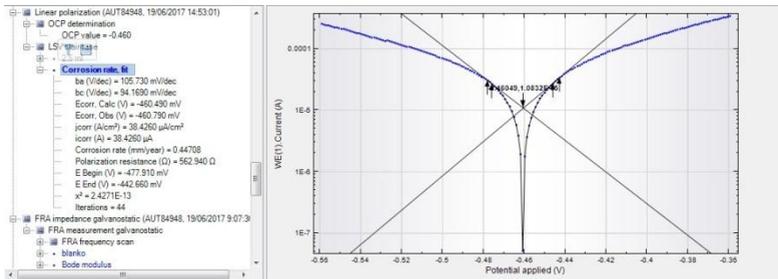




**Gambar 4.** Hasil Pengujian Polarisasi Dengan Konsentrasi Inhibitor 1,5%

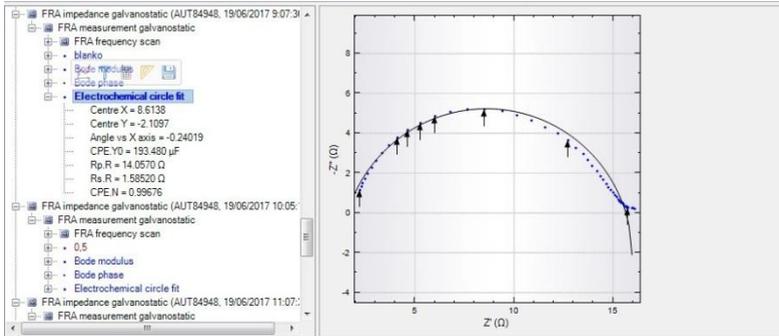


**Gambar 5.** Hasil Pengujian Polarisasi Dengan Konsentrasi Inhibitor 2%

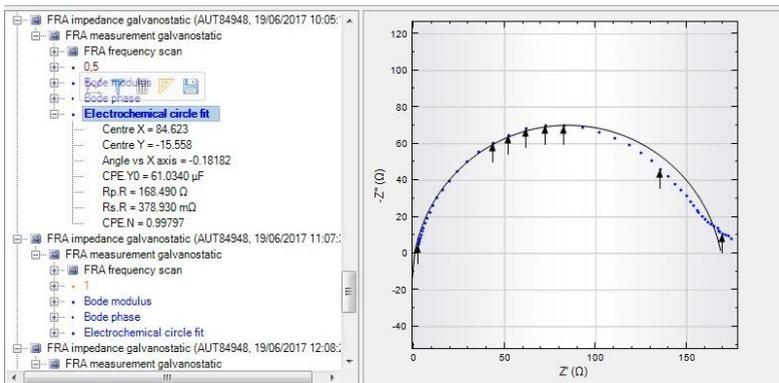


**Gambar 6.** Hasil Pengujian Polarisasi Dengan Konsentrasi Inhibitor 2,5%

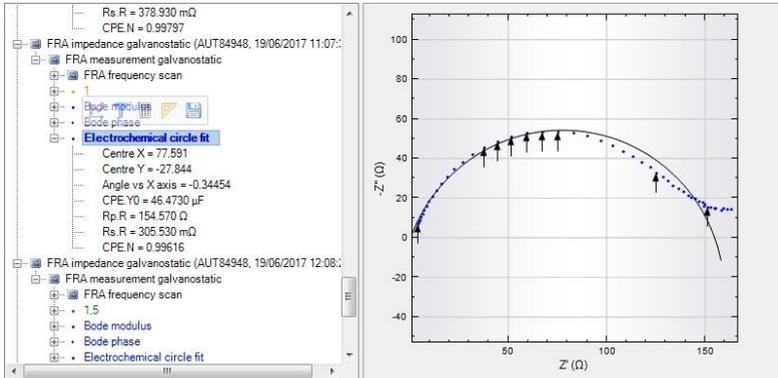
## 2. Hasil Pengujian Electrochemical Impedance Spectroscopy



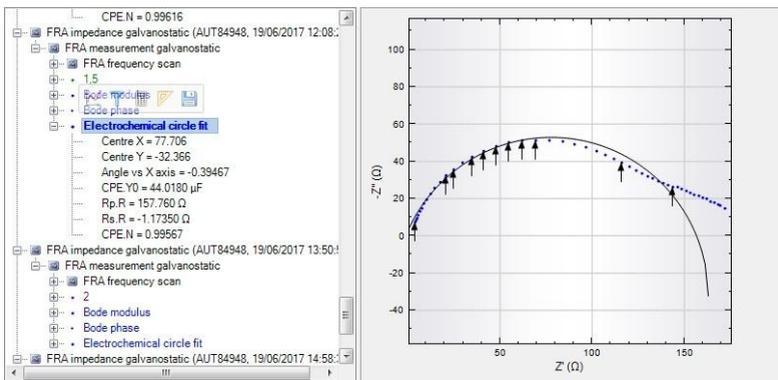
**Gambar 7.** Hasil Pengujian EIS Tanpa Inhibitor



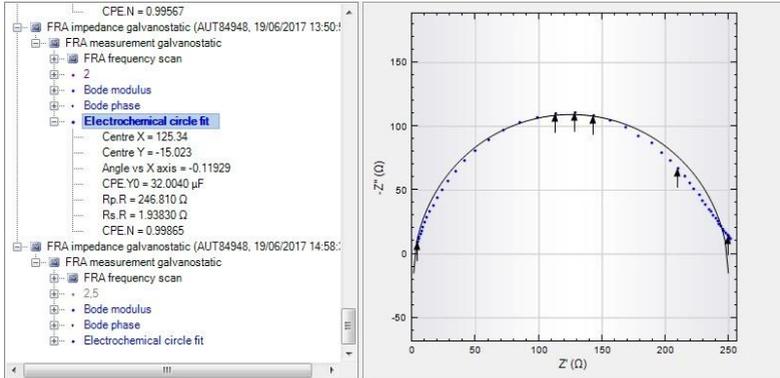
**Gambar 8.** Hasil Pengujian EIS Dengan Konsentrasi Inhibitor 0,5%



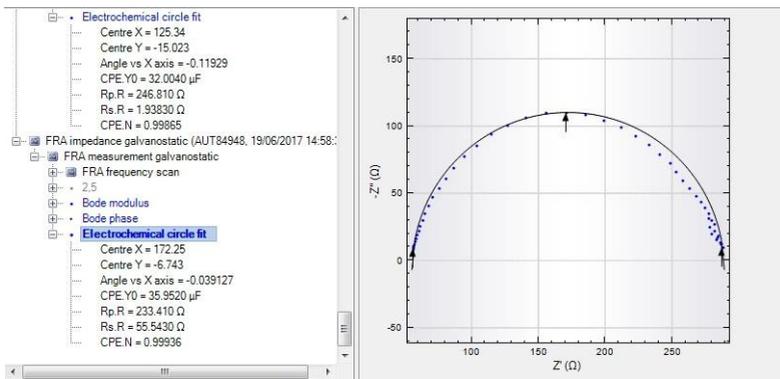
**Gambar 9.** Hasil Pengujian EIS Dengan Konsentrasi Inhibitor 1%



**Gambar 10.** Hasil Pengujian EIS Dengan Konsentrasi Inhibitor 1,5%



**Gambar 11.** Hasil Pengujian EIS Dengan Konsentrasi Inhibitor 2%



**Gambar 12.** Hasil Pengujian EIS Dengan Konsentrasi Inhibitor 2,5%

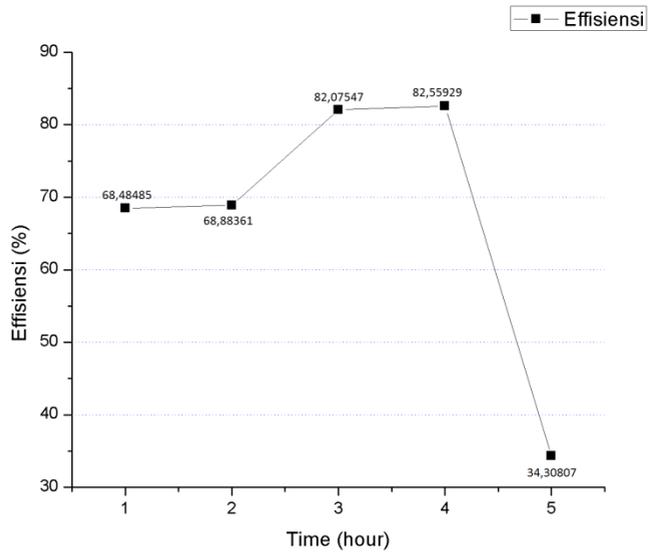
### 3. Hasil Pengujian Weight Loss

**Tabel 1.** Hasil Weight Loss Tanpa Inhibitor

Tanpa Inhibitor						
Waktu	Berat Awal	Berat Akhir	Selisih	Rata - Rata	Corr rate	Effisiensi
1	34,0367	34,0271	0,0096	0,0165	0,073066	68,48485
	35,2589	35,2355	0,0234			
	33,8152	33,7952	0,02			
2	35,9103	35,8876	0,0227	0,02105	0,046608	68,88361
	35,4584	35,439	0,0194			
	40,0199	39,9882	0,0317			
3	35,9229	35,866	0,0569	0,049466667	0,073017	82,07547
	33,859	33,8191	0,0399			
	31,6436	31,592	0,0516			
4	32,4654	32,4013	0,0641	0,067466667	0,07469	82,55929
	37,4811	37,4038	0,0773			
	38,5092	38,4482	0,061			
5	33,2581	33,1943	0,0638	0,080933333	0,071679	34,30807
	40,0758	39,9803	0,0955			
	35,3933	35,3098	0,0835			

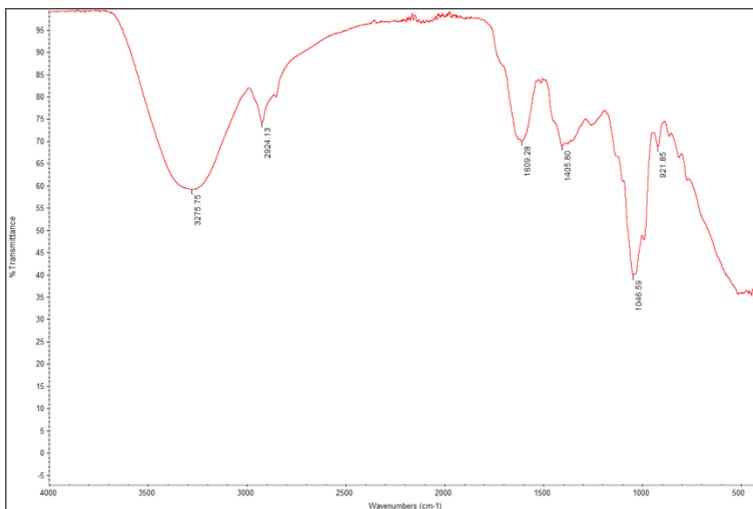
**Tabel 2.** Hasil Weight Loss Dengan Inhibitor

Dengan inhibitor					
Waktu	Berat Awal	Berat Akhir	Selisih	Rata - Rata	Corr rate
1	35,6275	35,6225	0,005	0,0052	0,023027
	34,9171	34,9117	0,0054		
2	31,9591	31,9552	0,0039	0,00655	0,014503
	30,7951	30,7859	0,0092		
3	34,2404	34,2361	0,0043	0,00886667	0,013088
	28,8042	28,7888	0,0154		
	33,7406	33,7337	0,0069		
4	38,6894	38,6772	0,0122	0,01176667	0,013026
	32,2451	32,236	0,0091		
	33,3793	33,3653	0,014		
5	35,3808	35,3525	0,0283	0,05316667	0,047087
	29,8285	29,7691	0,0594		
	35,5197	35,4479	0,0718		

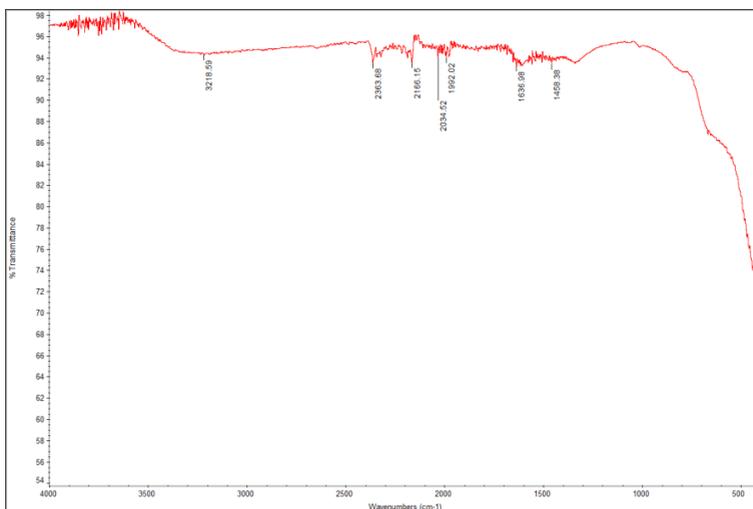


**Gambar 13.** Grafik Efisiensi Weight Loss

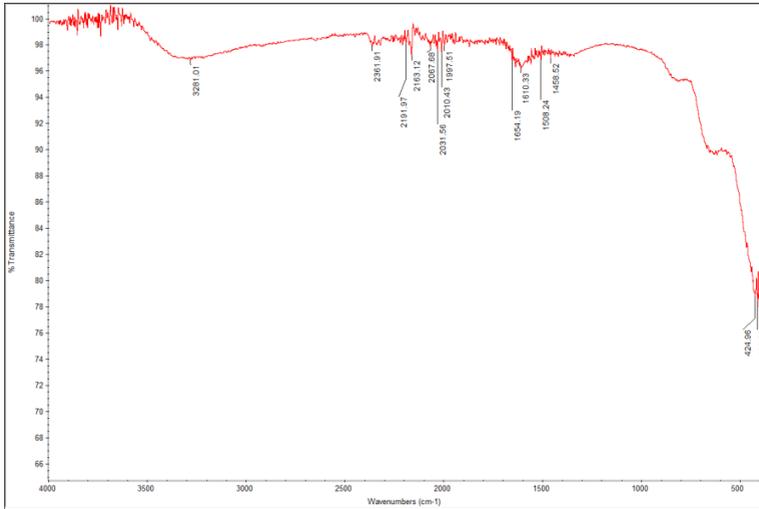
#### 4. Hasil Pengujian FTIR



**Gambar 14. Ekstrak**



**Gambar 14. Dengan Konsentrasi Inhibitor 2,5%**



**Gambar 15.** Tanpa Inhibitor

**Tabel 3. IR Table Reference**

Ikatan	Tipe Senyawa	Daerah frekuensi (cm <sup>-1</sup> )	Intensitas
C - H	Alkana	2850 - 2970 1340 - 1470	Kuat Kuat
C - H	Alkena 	3010 - 3095 675 - 995	Sedang Kuat
C - H	Alkuna $\text{—C}\equiv\text{C—}$	3300	Kuat
C - H	Cincin Aromatik	3010 - 3100 690 - 900	Sedang Kuat
O - H	Fenol, monomer alkohol, alkohol ikatan hidrogen, fenol	3590 - 3650 3200 - 3600	Berubah-ubah Berubah-ubah, terkadang melebar
	monomer asam karboksilat, ikatan hidrogen asam karboksilat	3500 - 3650 2500 - 2700	Sedang Melebar
N - H	Amina, Amida	3300 - 3500	Sedang
$\text{C}\equiv\text{C}$	Alkena	1610 - 1680	Berubah-ubah
$\text{C}\equiv\text{C}$	Cincin Aromatik	1500 - 1600	Berubah-ubah
$\text{C}\equiv\text{C}$	Alkuna	2100 - 2260	Berubah-ubah
C - N	Amina, Amida	1180 - 1360	Kuat
$\text{C}\equiv\text{N}$	Nitril	2210 - 2280	Kuat
C - O	Alkohol, Eter, Asam Karborsilat, Ester	1050 - 1300	Kuat
$\text{C}=\text{O}$	Aldehid, Keton, Asam Karboksilat, Ester	1690 - 1760	Kuat
NO <sub>2</sub>	Senyawa Nitro	1500 - 1570 1300 - 1370	Kuat Kuat

Sumber : *Principle of Instrumental Analysis*, Skoog, Holler, Nieman, 1998.

## BIODATA PENULIS



Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara yang lahir pada tanggal 4 Oktober 1996 di Surabaya, Jawa Timur. Pendidikan formal yang pernah ditempuh meliputi SDN Klampis Ngasem 1 Surabaya, SMPN 6 Surabaya dan SMAN 15 Surabaya. Setelah itu pada tahun 2014 penulis meneruskan pendidikan pada tingkat perguruan tinggi di Departemen Teknik Mesin Industri, Fakultas Vokasi – Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dan mengambil bidang studi

Manufaktur.

Selama masa pendidikan di perkuliahan penulis aktif menjadi grader laboratorium metalurgi. Penulis juga mengikuti pelatihan yang diadakan HMDM antara lain : Pelatihan Karya Tulis Ilmiah (PKTI). Selain itu, penulis juga mengikuti pelatihan di fakultas yaitu Pelatihan LKMM Pra-TD. Dan penulis juga pernah mengikuti kepanitiaan himpunan yaitu Panitia OC Sie Perlengkapan PKTI 2015. Bagi pembaca yang ingin lebih mengenal penulis dan ingin berdiskusi lebih luas lagi dapat menghubungi E-mail: [fransiskusputrandi@gmail.com](mailto:fransiskusputrandi@gmail.com)

