



ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TL 141584

**STUDI PENGARUH PENAMBAHAN KALIUM
IODIDA (KI) DALAM INHIBITOR ORGANIK
EKSTRAK SARANG SEMUT TERHADAP LAJU
KOROSI BAJA API 5 L *GRADE* B DALAM
LARUTAN HCL 1 M DENGAN VARIASI
TEMPERATUR**

ALIP DWI SULISTIAWAN
NRP. 02511440000127

Dosen Pembimbing:
Prof. Dr. Ir. Sulistijono, DEA
Tubagus Noor R., ST., M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya



TUGAS AKHIR - TL 141584

**STUDI PENGARUH PENAMBAHAN KALIUM
IODIDA (KI) DALAM INHIBITOR ORGANIK
EKSTRAK SARANG SEMUT TERHADAP LAJU
KOROSI BAJA API 5 L *GRADE B* DALAM
LARUTAN HCL 1 M DENGAN VARIASI
TEMPERATUR**

**ALIP DWI SULISTIAWAN
NRP. 0251144000127**

**Dosen Pembimbing:
Prof. Dr. Ir. Sulistijono, DEA
Tubagus Noor R., ST., M.Sc**

**DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018**

(Halaman Ini Sengaja dikosongkan)



FINAL PROJECT - TL 141584

**STUDY OF EFFECT OF ADDITION OF
POTASSIUM IODIDE (KI) IN ORGANIC
INHIBITOR OF SARANG SEMUT ON
CORROSION RATE OF API 5 L *GRADE B* STEEL
IN 1 M HCl SOLUTION WITH TEMPERATURE
VARIATION**

ALIP DWI SULISTIAWAN
NRP. 0251144000127

Advisor:
Prof. Dr. Ir. Sulistijono, DEA
Tubagus Noor R., ST., M.Sc

Department of Material Engineering
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2018

(Halaman Ini Sengaja dikosongkan)

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI PENGARUH PENAMBAHAN KALIUM IODIDA (KI) DALAM INHIBITOR ORGANIK EKSTRAK SARANG SEMUT TERHADAP LAJU KOROSI BAJA API 5 L GRADE B DALAM LARUTAN HCL 1 M DENGAN VARIASI TEMPERATUR

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Material
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Alip Dwi Sulistiawan

NRP. 02511440000127

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir

1. Prof. Dr. Ir. Sulistijono, DEA (Pembimbing I)
2. Tubagus Noor R., ST., M.Sc. (Pembimbing II)



(Halaman Ini Sengaja dikosongkan)



ABSTRAK

STUDI PENGARUH PENAMBAHAN KALIUM IODIDA (KI) DALAM INHIBITOR ORGANIK EKSTRAK SARANG SEMUT TERHADAP LAJU KOROSI BAJA API 5 L GRADE B DI LARUTAN HCL 1 M DENGAN VARIASI TEMPERATUR

Nama : Alip Dwi Sulistiawan
NRP : 02511440000127
Departemen : Teknik Material FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Sulistijono, DEA
Co-Pembimbing : Tubagus Noor R., ST., M.Sc.

Abstrak

Baja API 5 L adalah salah satu jenis baja karbon yang sering digunakan dalam industri minyak dan gas. Permasalahan yang umum terjadi pada industri migas salah satunya adalah korosi. Upaya untuk mengendalikan korosi pada pipa dalam industri migas adalah dengan menambahkan inhibitor. Inhibitor organik adalah inhibitor yang murah dan ramah lingkungan. Tetapi kelemahannya adalah tidak bekerja secara maksimal pada temperatur tinggi, sehingga tidak digunakan pada aplikasi industri migas. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh penambahan kalium iodide dalam inhibitor sarang semut terhadap laju korosi baja API 5 L Grade B dengan variasi temperature 30, 50 dan 70°C di larutan HCl 1 M. Untuk mempelajari pengaruh penambahan Kalium Iodida dalam inhibitor Sarang Semut tersebut maka dilakukan serangkaian pengujian diantaranya adalah FTIR, weight loss, polarisasi tafel, dan EIS. Dari hasil uji weight loss diperoleh laju korosi terendah adalah saat penambahan campuran inhibitor sarang semut dengan kalium iodida pada konsentrasi masing-masing sebanyak 5gr/L di temperatur 30, 50 dan 70°C yaitu sebesar 0,014 mpy, 0,056 mpy dan 0,125 mpy. Dengan efisiensi secara berurutan yaitu 92,15%,



89,96% dan 87,36%. *Mekanisme inhibisi inhibitor cenderung bersifat fisisorpsi berdasarkan hasil perhitungan adsorpsi isothermal Langmuir.*

Kata Kunci: Baja API 5L Grade B, Inhibitor, Kalium Iodida, Tumbuhan Sarang Semut



ABSTRACT

STUDY OF EFFECT OF POTASSIUM IODIDE (KI) ADDITION IN ORGANIC INHIBITOR OF SARANG SEMUT ON CORROSION RATE OF API 5 L GRADE B STEEL IN 1 M HCl SOLUTION WITH TEMPERATURE VARIATION

Name : Alip Dwi Sulistiawan
NRP : 02511440000127
Departemen : Material Engineering FTI-ITS
Advisor : Prof. Dr. Ir. Sulistijono, DEA
Co-Advisor : Tubagus Noor R., ST., M.Sc.

Abstract

API 5L steel is one of the type of carbon steel that is often used in the oil and gas industry. The most common problems in oil and gas industry are corrosion. One of the efforts to control the corrosion of pipes in the oil and gas industry is to add inhibitors. Organic inhibitors are inhibitors that are inexpensive and environmentally friendly. The disadvantage is that inhibitors do not work maximally at high temperatures, so it not used in oil and gas industry applications. This study aims to study the effect of potassium iodide addition in sarang semut inhibitor on corrosion rate of API 5 L Grade B steel with temperature variation 30, 50 and 70°C in 1 M HCl solution. To study the effect of the addition of potassium iodide in sarang semut inhibitors, some testing performed, that are FTIR, weight loss, polarization tafel, and EIS. From the weight loss test results obtained the lowest corrosion rate is when the addition of mixture of sarang semut inhibitor with potassium iodide with concentration of each 5gr/L in temperature 30, 50 and 70°C that is equal to 0,014 mpy, 0,056 mpy and 0,125 mpy. With efficiency in sequence that is 92,15%, 89,96% and 87,36%. The mechanism of inhibition inhibitors tends to be



fisorption based on the calculation of Langmuir isotherm adsorption.

Keywords: API 5L Grade B Steel, Inhibitor, Pottasium Iodide, Sarang Semut Plant



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, anugerah, serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul **STUDI PENGARUH PENAMBAHAN KALIUM IODIDA (KI) DALAM INHIBITOR ORGANIK EKSTRAK SARANG SEMUT TERHADAP LAJU KOROSI BAJA API 5 L GRADE B DI LARUTAN HCL 1 M DENGAN VARIASI TEMPERATUR.** Laporan tugas akhir ini dibuat untuk melengkapi Mata Kuliah Tugas Akhir yang menjadi salah satu syarat kelulusan mahasiswa di Departemen Teknik Material Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, laporan tugas akhir ini tidak dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah memberi dukungan, bimbingan, dan kesempatan kepada penulis sehingga laporan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan sebagai berikut:

1. Prof. Dr. Ir. Sulistijono, DEA selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir penulis.
2. Tubagus Noor R., ST., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir Penulis.
3. Dr. Agung Purniawan, ST., M. Eng. selaku Ketua Departemen Teknik Material FTI – ITS.
4. Dr. Hosta A., S.T., M.Sc. selaku Kepala Program Studi S1 Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI – ITS.
5. Seluruh dosen Teknik Material dan Metalurgi yang telah membimbing penulis hingga terciptanya laporan ini.
6. Ayah dan ibu, Bapak M. Muin dan Ibu Wakiah Sustianingsih serta kakak dan adik-adik yang telah memberikan doa, dukungan serta motivasi kepada penulis.
7. Teman seperjuangan pembimbingan, Mochammad Alvan Mifta Chusururi



8. Seluruh anggota Laboratorium Korosi dan Analisa Kegagalan yang selalu menemani penulis dalam mengerjakan laporan tugas akhir.
9. Keluarga Besar MT 16 yang memberikan semangat selama penulis berada di kampus Departemen Teknik Material FTI-ITS.
10. Seluruh anggota Himpunan Mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi FTI ITS yang memberikan banyak pengalaman selama penulis berada di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi
11. Serta seluruh pihak yang belum bisa dituliskan satu per satu oleh penulis. Terima kasih atas dukungan dan bantuan teman-teman sekalian.

Penulis berharap laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi seluruh pihak yang membaca. 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.

Surabaya, Juli 2018

Penulis



DAFTAR ISI

JUDUL.....i

LEMBAR PENGESAHAN..... v

ABSTRAKvii

ABSTRACT.....ix

KATA PENGANTAR.....xi

DAFTAR ISI.....xiii

DAFTAR GAMBAR..... xvii

DAFTAR TABEL..... xix

BAB I. PENDAHULUAN 1

 1.1 Latar Belakang Masalah..... 1

 1.2 Perumusan Masalah2

 1.3 Batasan Masalah2

 1.4 Tujuan Penelitian 3

 1.5 Manfaat3

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA 5

 2.1 Baja API 5L 5

 2.2 Korosi 7

 2.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Laju Korosi.....8

 2.3.1 Temperatur 9

 2.3.2 Faktor pH..... 9

 2.3.3 Gas Terlarut 11

 2.4 Korosi pada Baja Karbon Rendah 12

 2.5 Pengaruh HCl Terhadap Korosi 12



2.6	Jenis-Jenis Perlindungan Korosi	13
2.7	Inhibitor Korosi.....	15
2.7.1	Klasifikasi Inhibitor Korosi	15
2.8	Penentuan Efisiensi Inhibisi	25
2.9	Pengujian Weight Loss	25
2.10	Perhitungan Adsorpsi Isothermal	26
2.11	Pengujian FTIR	27
2.12	Pengujian Tafel Polarisasi	28
2.13	Pengujian Electrochemichal Impedance Spectroscopy (EIS).....	30
2.14	Sarang Semut	31
2.15	Kalium Iodida	34
2.16	Penelitian Sebelumnya.....	35
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN		37
3.1	Diagram Alir	37
3.2	Prosedur Peneletian	38
3.3	Alat Penelitian.....	39
3.4	Bahan Penelitian	39
3.5	Preparasi dan Ekstrak Tumbuhan Sarang Semut	40
3.6	Preparasi Spesimen	41
3.7	Preparasi Larutan Elektrolit	41
3.8	Pengujian	42
3.9	Rancangan Pengambilan Data.....	46



BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	49
4.1 Hasil Penelitian	49
4.2 Pembahasan	66
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	70
5.1 Kesimpulan	71
5.2 Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	xxi
LAMPIRAN.....	xxv
BIODATA PENULIS.....	xxx

(Halaman Ini Sengaja dikosongkan)



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Pengaruh Temperatur Terhadap Laju Korosi.....	9
Gambar 2. 2	Korosi Diagram Pourbaix Fe pada 25 ⁰ C.....	10
Gambar 2. 3	Pengaruh Oksigen Terlarut Terhadap Laju Korosi (Jones, 1992)	11
Gambar 2. 4	Klasifikasi Inhibitor Korosi (Sankara, 2014).....	16
Gambar 2. 5	Diagram Polarisation Anodik Inhibitor. (a) Larutan dengan Inhibitor. (b) Larutan Tanpa Inhibitor. (Alexandre, 2010).....	17
Gambar 2. 6	Mekanisme Inhibitor Anodik (Alexandre, 2010).	18
Gambar 2. 7	Polarisation Inhibitor Katodik. (a) Larutan dengan Inhibitor. (b) Larutan Tanpa Inhibitor (Alexandre, 2010)	19
Gambar 2. 8	Mekanisme efek katodik inhibitor di sistem korosi (Alexandre, 2010).....	20
Gambar 2. 9	Diagram Polarisation Potensiostat. (a) Larutan mengandung Inhibitor Katodik dan Anodik. (b) Larutan yang sama tanpa inhibitor. (Alexandre, 2010)	21
Gambar 2. 10	Ilustrasi Mekanisme <i>Green Inhibitor</i> , berperan melalui Adsorpsi Inhibitor diatas Permukaan Logam, dimana “Inh” menunjukkan molekul inhibitor.	22
Gambar 2. 11	Skema Kurva Polarisation yang Menunjukkan Ekstrapolasi Tafel (Perez, 2004).....	29
Gambar 2. 12	Sarang Semut (Janti, 2015).....	33
Gambar 3. 1	Diagram alir penelitian.....	37
Gambar 3. 2	Alat Pengujian FTIR.....	43
Gambar 3. 3	Pengujian <i>Weight Loss</i>	44
Gambar 3. 4	Pengujian EIS.....	46
Gambar 4.1	Spektrum FTIR Ekstrak Sarang Semut.....	49
Gambar 4. 2	Spektrum FTIR Baja API 5 L <i>Grade B</i> setelah <i>Immerse</i> dengan Penambahan Inhibitor Sarang Semut dan Kalium Iodida	51



Gambar 4. 3	Gabungan Spektrum FTIR Inhibitor Ekstrak Sarang Semut, Kalium Iodida dan Baja API 5L Grade B.....	52
Gambar 4. 4	Grafik Laju Korosi Baja API 5L Grade B dengan Pengaruh Variasi Konsentrasi Inhibitori pada	53
Gambar 4. 5	Grafik Efisiensi Inhibisi Inhibitor terhadap Baja API 5L Grade B	55
Gambar 4. 6	Perbandingan Kurva Tafel antara Tanpa Inhibitor dan dengan Inhibitor Sarang Semut 5gr/L ditambah Kalium Iodida 5gr/L pada Temperatur 30°C	57
Gambar 4. 7	Perbandingan Kurva Tafel antara Tanpa Inhibitor dan dengan Inhibitor Sarang Semut 5gr/L ditambah Kalium Iodida 5gr/L pada Temperatur 50°C	58
Gambar 4. 8	Perbandingan Kurva Tafel antara Tanpa Inhibitor dan dengan Inhibitor Sarang Semut 5gr/L ditambah Kalium Iodida 5gr/L pada Temperatur 70°C	59
Gambar 4. 9	Sirkuit equivalent pada pengujian EIS.....	61
Gambar 4. 10	Kurva Nyquist untuk Sampel Non Inhibitor dengan Sampel Inhibitor L pada Temperatur 30°C.....	61
Gambar 4. 11	Kurva Nyquist untuk Sampel Non Inhibitor dengan Sampel Inhibitor pada Temperatur 50°.....	62
Gambar 4. 12	Kurva Nyquist untuk Sampel Non Inhibitor dengan Sampel Inhibitor Sarang Semut 5 gr/L Ditambah KI 5 gr/L pada Temperatur 70°	63



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Yield Strength dan Mechanical Strength berbagai Macam Baja API 5L	6
Tabel 2. 2 Komposisi Kimia Pipa API 5 L <i>Grade B</i>	6
Tabel 2. 3 Perbedaan Fisisorpsi dan Kemisorpsi (Dede Firmansyah, 2011)	24
Tabel 2. 4 Karakteristik Kalium Iodida (Stwertka, 2002).....	34
Tabel 3. 1 Komposisi kimia baja API 5L <i>Grade B</i>	39
Tabel 3. 2 Rancangan Pengambilan Data.....	46
Tabel 4. 1 Hasil FTIR Ekstrak Sarang Semut.....	50
Tabel 4. 2 Hasil FTIR Baja API 5 L <i>Grade B</i> setelah <i>Immerse</i> .	51
Tabel 4. 3 Parameter pengujian potensiodinamik	56
Tabel 4. 4 Parameter Hasil Uji Potensiodinamik	59
Tabel 4. 5 Parameter uji EIS.....	60
Tabel 4. 6 Parameter Hasil Uji EIS	64
Tabel 4. 7 Energi Bebas Adsorpsi pada Tempepratur 30°C	64
Tabel 4. 8 Energi Bebas Adsorpsi pada Tempepratur 50°C	65
Tabel 4. 9 Energi Bebas Adsorpsi pada Tempepratur 70°C	65



(Halaman Ini Sengaja dikosongkan)



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pada era saat ini, baja memegang peranan penting dalam industri minyak dan gas. Pemanfaatan baja untuk keperluan industri disesuaikan dengan sifat yang dimiliki baja itu sendiri. Salah satu jenis baja yang digunakan dalam industri minyak dan gas adalah baja API 5L. Dalam penggunaannya baja API 5L digunakan pada sistem perpipaan dalam industri migas. Permasalahan yang sering timbul akibat adanya kontak antara baja dengan lingkungannya adalah korosi. Korosi merupakan proses penurunan kemampuan suatu material (degradasi material) yang diakibatkan oleh reaksi kimia dengan material lain dan lingkungan. (Jones, 1992)

Korosi tidak dapat dihilangkan, namun dapat dikendalikan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengendalikan korosi adalah dengan menambahkan senyawa proteksi korosi atau yang disebut dengan inhibitor. Inhibitor akan bekerja sebagai penghambat korosi melalui cara pembentukan lapisan tipis yang dapat melindungi logam. Inhibitor korosi adalah zat yang ketika ditambahkan dalam konsentrasi kecil untuk lingkungan efektif mengurangi laju korosi logam tersebut.

Inhibitor organik memiliki beberapa kelebihan daripada inhibitor anorganik, antar lain: bersifat aman, biodegradable, dan ramah lingkungan. Salah satu inhibitor organik yang ada yaitu berasal dari ekstrak tumbuhan sarang semut. Namun, inhibitor organik ini memiliki kelemahan yaitu mengalami kerusakan pada aplikasi temperatur yang semakin meningkat sehingga tidak bisa digunakan pada pipa-pipa baja di industri minyak dan gas bumi. Penelitian Atria dkk tahun 2016, menunjukkan bahwa ikatan senyawa flavonoid pada inhibitor ekstrak sarang semut yang berfungsi sebagai pembentuk lapisan pelindung di permukaan logam baja akan rusak dengan meningkatnya temperatur. Hal tersebut mendorong untuk mencari suatu bahan yang mampu



bekerja optimal dan tahan pada temperatur lingkungan yang tinggi. Berdasarkan penelitian Ekemini dkk tahun 2016 penambahan kalium iodida pada inhibitor organik ekstrak rumput gajah mampu meningkatkan efisiensi inhibitor pada temperatur 90°C. Di mana sebelum penambahan kalium iodida efisiensi inhibitorynya hanya sebesar 19,3%, kemudian setelah penambahan kalium iodide efisiensi inhibitor meningkat menjadi 57,6%.

Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari pengaruh penambahan kalium iodida pada *green inhibitor* ekstrak sarang semut terhadap laju korosi baja API 5L Grade B yang banyak digunakan dalam industri minyak dan gas pada media/lingkungan HCl 1 M dengan variasi temperatur 30°C, 50°C dan 70°C

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan kalium iodida dalam inhibitor ekstrak sarang semut terhadap laju korosi baja API 5 L *garde* B dalam larutan HCl 1 di temperature 30 °C, 50 °C dan 70°C?
2. Bagaimana mekanisme inhibisi inhibitor ekstrak sarang semut dengan penambahan kalium iodida pada lingkungan asam HCl 1M?

1.3 Batasan Masalah

Untuk membatasi ruang lingkup penelitian, ditetapkan batasan-batasan dari penelitian yang dilakukan, antara lain:

1. Material yang digunakan dianggap homogen dan bebas cacat.
2. Kehalusan dari permukaan tiap-tiap specimen dianggap homogen.
3. Diasumsikan temperatur pengujian konstan sepanjang waktu.

BAB I. PENDAHULUAN



4. Komposisi lain yang terkandung dalam ekstrak sarang semut dan kalium iodide diasumsikan tidak berpengaruh.
5. Sarang semut dan kalium iodida yang digunakan diasumsikan homogen.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisa pengaruh penambahan kalium iodida dalam inhibitor ekstrak sarang semut terhadap laju korosi korosi baja API 5 L *garde* B dalam larutan HCl 1 M di temperature 30 °C, 50 °C dan 70°C.
2. Menganalisa mekanisme inhibisi inhibitor campuran ekstrak sarang semut dengan kalium iodide pada lingkungan asam HCl 1M.

1.5 Manfaat

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Untuk memperkaya kajian di bidang pengendalian korosi tentang green inhibitor yang berbahan dasar bahan alam Indonesia
2. Memperluas kajian mengenai pemanfaatan inhibitor organik campuran sarang semut dari Indonesia dengan kalium iodide mengenai potensi inhibisi yang diperoleh dari ekstrak tumbuhan sarang semut yang dicampur dengan kalium iodide.
3. Memberikan alternatif untuk mengurangi penggunaan inhibitor anorganik yang tidak ramah lingkungan yang dapat diaplikasikan pada baja karbon terutama dalam bidang industri minyak dan gas.

(Halaman Ini Sengaja dikosongkan)



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baja API 5L

Pipa adalah istilah untuk benda silinder yang berlubang dan digunakan untuk memindahkan zat hasil pemrosesan seperti cairan, gas, uap, zat padat yang dicairkan maupun serbuk halus. Material yang digunakan sebagai pipa sangat banyak diantaranya adalah: beton cor, gelas, timbal, kuningan (brass), tembaga, plastik, aluminium, besi tuang, baja karbon, dan baja paduan. Pemilihan material pipa akan sangat membingungkan sehingga perlu pemahaman mendalam untuk apa saluran/sistem pipa itu dibuat, mengingat setiap material memiliki keterbatasan dalam setiap aplikasinya. Material yang paling umum digunakan adalah pipa baja karbon. (Rini, 2008)

Pemilihan bahan untuk tujuan pemipaan khususnya pipa minyak dan gas adalah suatu proses yang memerlukan pertimbangan yang tepat untuk pelayanan yang diperlukan. Bahan yang dipilih harus benar-benar aman dan tahan terhadap kondisi operasi, suhu, dan tekanan selama umur perancangan yang diinginkan. Kekuatan mekanik harus memadai untuk pelayanan jangka panjang dan mampu menahan perubahan operasi, misalnya siklus panas atau mekanis. Selain itu lingkungan sekitar system pemipaan dan komponennya beroperasi juga harus dipertimbangkan. Perubahan sifat-sifat bahan atau hilangnya beban efektif yang merubah luas penampang dapat terjadi melalui korosi, erosi atau kombinasi keduanya. Kemampuan bahan yang dipilih untuk dibengkokkan atau dibentuk, kecocokan untuk pengelasan atau metoda penyambungan lainnya, kemudahan perlakuan panas, keseragaman atau homogenitas dan kestabilan dari struktur mikro dan sifat-sifat bahan memberikan andil pada kelayakan ekonomis dari pipa yang dipilih. (ASM Handbook, 2005)

Pipa yang digunakan pada industri migas adalah jenis pipa baja karbon rendah dengan produk standar API (*American Petroelum Institute*) spesifikasi 5L. Pipa API 5 L banyak



digunakan dalam industri minyak dan gas baik onshore maupun offshore. Jenis kelas API 5L ini adalah A25, A, B, X42, X46, X52, X56, X60, X65, dan X70. Dimana komposisi kimia dan sifat-sifat mekanisnya dari tiap jenis berbeda.

Tabel 2. 1 Yield Strength dan Mechanical Strength berbagai Macam Baja API 5L

<i>Grade</i>	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

Dalam penelitian ini, material pipa yang digunakan adalah baja karbon rendah API 5 L *Grade B*. Spesifikasinya dapat dilihat pada table 2.2. (Standard API, 2004)

Tabel 2. 2 Komposisi Kimia Pipa API 5 L *Grade B*

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

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA



Pipa API 5 L banyak digunakan dalam industri minyak dan gas baik onshore maupun offshore. Maksud dari API 5 L Grade B adalah

API : American Petroleum Institute

5 : Seri yang digunakan untuk *Tubular Goods* (ex: *Casing, Tubing, Pipeline*)

L : *Line Pipe*

B : *Grade* yang berhubungan dengan sifat mekanik material dan komposisi kimianya

2.2 Korosi

Korosi merupakan proses penurunan kemampuan suatu material atau degradasi material yang diakibatkan oleh reaksi kimia dengan material lain dan lingkungan (Jones, 1992). Korosi yang terjadi berdasarkan proses elektrokimia (*electrochemical process*) terdiri dari 4 komponen utama yaitu:

a. Anoda

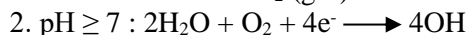
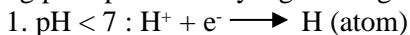
Anoda biasanya terkorosi dengan melepaskan elektron-elektron dari atom-atom logam netral untuk membentuk ion-ion yang bersangkutan. Ion-ion ini mungkin bereaksi membentuk hasil korosi yang tidak larut. Reaksi pada anoda dapat dituliskan dengan persamaan:



Dengan z adalah valensi logam dan umumnya $z = 1, 2$, atau 3

b. Katoda

Katoda biasanya tidak mengalami korosi, walaupun mungkin mengalami kerusakan dalam kondisi-kondisi tertentu. Reaksi yang terjadi pada katoda berupa reaksi reduksi. Reaksi pada katoda tergantung pada pH larutan yang bersangkutan, seperti:



c. Elektrolit

Elektrolit adalah larutan yang mempunyai sifat menghantarkan listrik. Elektrolit dapat berupa larutan asam, basa, dan larutan



garam. Larutan elektrolit mempunyai peranan penting dalam korosi logam karena larutan ini dapat menjadikan kontak listrik antara anoda dan katoda

d. Anoda dan Katoda harus terhubung secara listrik

Antara anoda dan katoda harus ada hubungan listrik agar arus dalam sel korosi dapat mengalir. Hubungan secara fisik tidak diperlukan jika anoda dan katoda merupakan bagian dari logam yang sama. (Sidiq, 2013)

Keempat elemen diatas sangat berperan penting dalam korosi. Sehingga mekanisme korosi yang terjadi pada baja yang berada didalam suatu larutan berawal dari teroksidasinya suatu logam. Logam yang teroksidasi akan melepaskan elektronnya ke elektrolit, untuk menyetimbangkan muatan pada logam itu sendiri, logam akan melepaskan ion yang bermuatan positif yang akan berikatan dengan ion bermuatan negatif dari elektrolit sehingga membentuk suatu endapan yang melekat pada permukaan logam itu sendiri yang kemudian disebut dengan karat. Larutan akan bertindak sebagai katoda dengan reaksi yang umum terjadi adalah pelepasan H_2 dan reduksi O_2 akibat ion H^+ dan H_2O yang tereduksi. Reaksi yang terjadi di permukaan logam ini akan menyebabkan pengelupasan akibat pelarutan logam kedalam larutan secara berulangulang hingga akhirnya logam akan kehilangan massanya. (Roberge, 2000)

2.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Laju Korosi

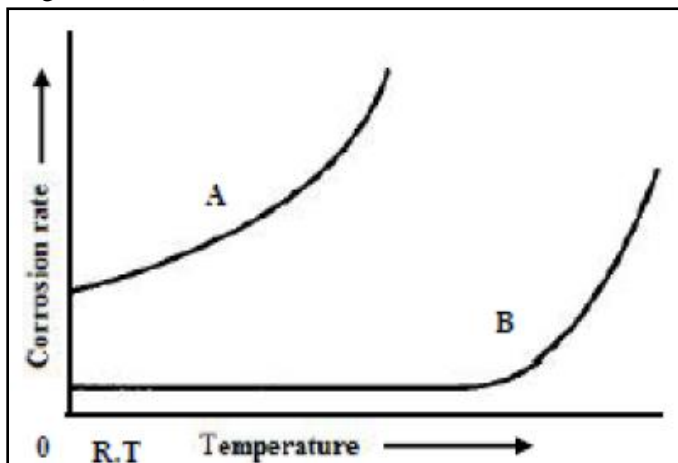
Korosi terjadi dipengaruhi oleh sifat dari kedua logam atau paduan dan lingkungannya. Faktor-faktor yang mempengaruhi laju korosi antara lain:

1. Temperatur
2. Faktor pH
3. Gas terlarut

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.3.1 Temperatur

Temperatur mempunyai pengaruh yang sangat bervariasi terhadap korosi. Pada temperatur kamar laju korosi relatif rendah namun dapat meningkatkan kondensasi lapisan film pada permukaan yang berakibat meningkatkan terjadinya korosi. Dan peningkatan temperatur dapat menurunkan laju korosi dengan terjadinya proses pengeringan pada permukaan. Namun adanya kombinasi antara nilai kelembaban dan temperatur tinggi serta diikuti oleh adanya polutan, maka akan meningkatkan laju korosi. Pada lingkungan berair (*aqueous*), temperatur mempengaruhi laju korosi, temperatur permukaan, heat flux, dan konsentrasi permukaan yang terkait serta gradien transfer kimia. (Roberge, 2000)



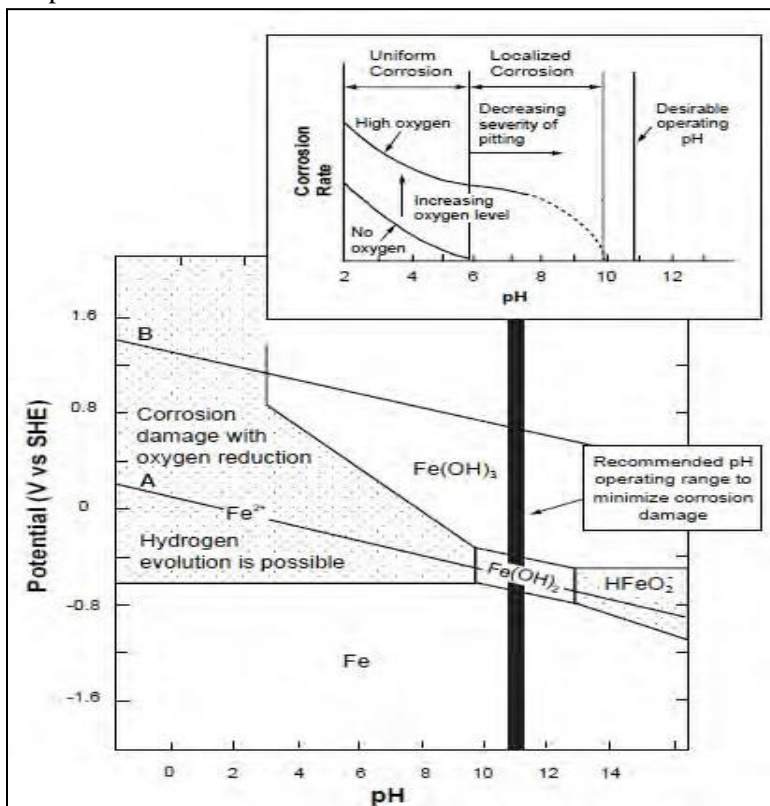
Gambar 2. 1 Pengaruh Temperatur Terhadap Laju Korosi
(Sankara, 2014)

2.3.2 Faktor pH

Pada Diagram Pourbaix yang mempengaruhi proses korosi baja adalah potensial (volt) dan pH (tingkat keasaman). Semakin rendah pH ($\text{pH} < 4$) maka kemungkinan baja untuk terkorosi semakin besar karena baja terurai menjadi ion saat berada di



lingkungan asam. Sedangkan pada daerah pH 4-10, laju korosi tidak tergantung dari pH, namun bergantung pada kecepatan difusi oksigen ke permukaan logam. Pada daerah asam (pH<4), deposit besi oksida terlarut, pH akan menurun ketika baja kontak langsung dengan larutan. Sedangkan apabila pH di atas 10, laju korosi akan berkurang karena baja membentuk lapisan tipis di permukaannya (ASM Handbook Volume 13, 2003). Diagram porbaix pada gambar 2.2 menggambarkan tentang korosi pada Fe pada temperatur 25°C.



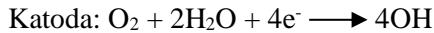
Gambar 2. 2 Korosi Diagram Porbaix Fe pada 25°C
(Roberge, 2000)

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

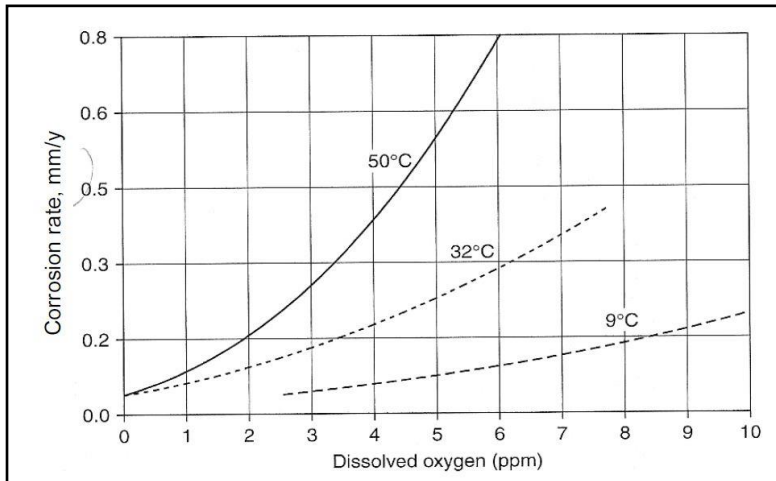


2.3.3 Gas Terlarut

- a. Oksigen (O_2), Oksigen merupakan oksidator kuat sehingga akan meningkatkan potensial korosi logam di lingkungan air (fluida) yang mengandung oksigen terlarut. Laju korosi dapat meningkat dengan kenaikan kelarutan oksigen. Reaksi korosi secara umum pada besi karena adanya kelarutan oksigen adalah sebagai berikut:



Kelarutan oksigen sendiri juga dipengaruhi oleh temperatur dari air atau pelarut. Semakin tinggi temperatur air atau pelarut, maka makin rendah kelarutan oksigen. Hubungan antara kelarutan oksigen dengan temperature dan laju korosi dapat dilihat pada Gambar 2.3.

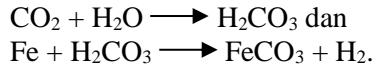


Gambar 2. 3 Pengaruh Oksigen Terlarut Terhadap Laju Korosi (Jones, 1992)

- b. Karbondioksida (CO_2), terlarutnya karbondioksida dalam air akan terbentuk asam karbonat (H_2CO_3) yang dapat



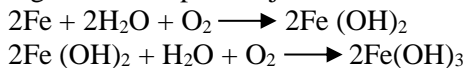
menurunkan pH air dan meningkatkan korosifitas. Secara umum reaksinya adalah:



Di mana FeCO_3 merupakan produk dari proses korosi.

2.4 Korosi pada Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah adalah baja yang memiliki kadar karbon kurang dari sama dengan 0,25% dan biasanya digunakan dalam aplikasi pipa saluran air. Untuk meningkatkan sifat-sifat mekanisnya diperlukan penambahan paduan lain. Baja terdiri dari beberapa fasa dan terdapat ketidakhomogenan pada permukaannya, sehingga menyebabkan sel elektrokimia lokal. Hal tersebut menyebabkan rendahnya ketahanan korosi pada baja karena reduksi katodik mudah untuk terjadi sehingga menyebabkan porous sebagai produk korosi dan tidak terbentuk produk sampingan seperti lapisan tipis. (Pierre R. Roberge, 2000) Produk korosi yang dihasilkan pada baja antara lain:



Penambahan elemen paduan pada baja karbon rendah seperti Cu, Ni, dan Cr, dapat meningkatkan ketahanan baja pada karbon rendah terhadap korosi. Sedangkan penambahan unsur seperti Si, Ti, S, Se, dan C akan menurunkan ketahanan terhadap korosi. (ASM Handbook, 2005)

2.5 Pengaruh HCl Terhadap Korosi

Korosi disebabkan oleh beberapa hal, salah satu diantaranya adalah pada lingkungan asam. Logam yang berada pada lingkungan asam seperti pipa-pipa asam industri akan lebih cepat terkorosi dikarenakan diperoleh hasil karat besi dan ion H^+ yang mempercepat korosi selanjutnya. Larutan yang bersifat asam kuat seperti HCl dan H_2SO_4 juga dapat mempercepat terjadinya korosi. Pada HCl terdapat ion-ion Cl^- yang bersifat sangat agresif sehingga bila asam kuat ini digabungkan dengan suatu logam baik

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA



itu baja ataupun besi maka ion-ion ini akan menarik unsur Fe yang ada pada logam sehingga logam terserang korosi dan menjadi berkarat.

Ion klorida dikenal sebagai ion yang memiliki efek perusak terhadap baja karbon. Kebanyakan ion tersebut memiliki kemampuan untuk terserap di permukaan logam dan berinterferensi membentuk lapisan tipis. *Pitting* merupakan jenis serangan utama yang terjadi akibat ion klorida. Ketika proses korosi dimulai, reaksi hidrolisis logam dari reaksi anodik menyebabkan penurunan pH, yang dapat menghambat perbaikan lapisan pasif dan mempercepat serangan. Baja karbon akan terkorosi di dalam air yang mengandung klorida terutama dalam bentuk korosi *uniform* dibandingkan dalam bentuk *localized attack*. (ASM Handbook, 2005)

2.6 Jenis-Jenis Perlindungan Korosi

Ada banyak metode yang telah dikembangkan untuk mengatasi permasalahan korosi. Dimana pada masing-masing metode tersebut memiliki kelebihan dan kekurangannya, sehingga suatu metode yang efektif akan diterapkan dengan melihat kondisi lingkungannya. Akan tetapi perlindungan dengan metode apapun itu tidak berarti selalu aman. Kesalahan-kesalahan fatal dapat terjadi jika dalam operasinya tidak dilaksanakan sesuai dengan prosedur yang ditetapkan. Berikut adalah metode-metode yang banyak digunakan sebagai langkah untuk pencegahan korosi:

a) Pengubahan Media

Korosi merupakan interaksi antara logam dengan media sekitarnya, maka pengubahan media sekitarnya akan dapat mengubah laju korosi. Ada tiga situasi yang dapat terjadi yaitu:

- Media sekitar / lingkungan berupa gas,
- Media sekitar berupa larutan dengan ion-ion tertentu,
- Logam terbenam dalam tanah.



b) Seleksi Material

Metode umum yang sering digunakan dalam pencegahan korosi yaitu pemilihan logam atau paduan dalam suatu lingkungan korosif tertentu untuk mengurangi resiko terjadinya korosi.

c) Proteksi Katodik (*Cathodic Protection*)

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

d) Proteksi Anodik (*Anodic Protection*)

Adanya arus anodik akan meningkatkan laju ketidaklarutan logam dan menurunkan laju pembentukan hidrogen. Hal ini bisa terjadi untuk logam-logam “*active-passive*” seperti Ni, Fe, Cr, Ti dan paduannya. Jika arus yang lewat logam dikontrol seksama (dengan potentiostat) maka logam akan bersifat pasif dan pembentukan logam-logam tak terlarut akan berkurang.

e) Inhibitor Korosi

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya korosi adalah dengan penggunaan inhibitor korosi. Secara umum suatu inhibitor adalah suatu zat kimia yang dapat menghambat atau memperlambat suatu reaksi kimia. Sedangkan inhibitor korosi adalah suatu zat kimia yang bila ditambahkan kedalam suatu lingkungan, dapat menurunkan laju penyerangan korosi lingkungan itu terhadap suatu logam. Mekanisme penghambatannya terkadang lebih dari satu jenis. Sejumlah inhibitor menghambat korosi melalui cara adsorpsi untuk membentuk suatu lapisan tipis yang tidak nampak dengan ketebalan beberapa molekul saja, ada pula yang karena pengaruh lingkungan membentuk endapan yang nampak dan melindungi logam dari serangan yang mengkorosi logamnya dan menghasilkan produk yang membentuk

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA



lapisan pasif, dan ada pula yang menghilangkan konstituen yang agresif.

f) Pelapisan (*Coating*)

Prinsip umum dari pelapisan yaitu melapiskan logam induk dengan suatu bahan atau material pelindung. Adanya lapisan pada permukaan logam akan meminimalkan kontak antara logam dengan lingkungannya. (Sidiq, 2013)

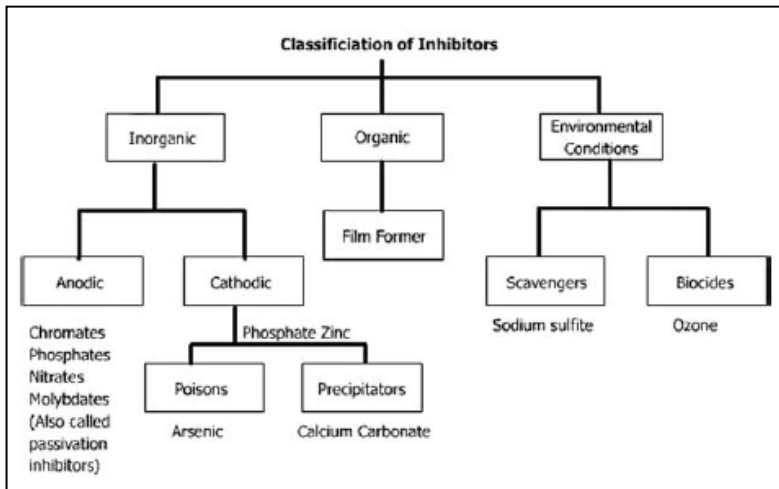
2.7 Inhibitor Korosi

Inhibitor korosi adalah zat yang ketika ditambahkan dalam konsentrasi kecil pada lingkungan, efektif mengurangi laju korosi logam pada lingkungan tersebut (Rahim, 2008). Sejumlah inhibitor menghambat korosi melalui cara adsorpsi untuk membentuk suatu lapisan tipis dan melalui pengaruh lingkungan (misalnya pH) menyebabkan inhibitor dapat mengendap dan selanjutnya teradsorpsi pada permukaan logam serta melindunginya terhadap korosi (Dalimunthe, 2004). Pada umumnya inhibitor korosi berasal dari senyawa-senyawa organik dan anorganik yang mengandung gugus-gugus yang memiliki pasangan elektron bebas, seperti nitrit, kromat, fosfat dan senyawa-senyawa amina (Haryono, 2010).

2.7.1 Klasifikasi Inhibitor Korosi

Ada berbagai macam jenis inhibitor yang dapat digunakan sebagai penghambat terjadinya proses korosi. Inhibitor korosi dapat berupa bahan kimia baik sintesis atau alami dan dapat diklasifikasikan menurut:

- Sifat kimiawi sebagai organik atau anorganik;
- Mekanisme kerja inhibitor anodik, katodik atau anodik-katodik(campuran) atau adsorpsi
- Sebagai oksidan atau bukan oksidan. Secara umum, inhibitor anorganik bekerja dengan katodik atau anodik. Penghambat organik memiliki kedua tindakan, katodik dan anodik dan protektif oleh adsorpsi film.



Gambar 2. 4 Klasifikasi Inhibitor Korosi (Sankara, 2014)

2.7.1.1 Inhibitor Anorganik

Inhibitor anorganik terdiri dari beberapa senyawa anorganik antara lain: fosfat, kromat, dikromat, silikat, borat, molibdat dan arsenat. Senyawa-senyawa tersebut sangat berguna dalam aplikasi pelapisan korosi, namun inhibitor ini memiliki kelemahan yaitu bersifat toksik (Ameer *et al.*, 2000). Inhibitor anorganik dapat menghambat material logam baik secara anodik atau katodik karena memiliki gugus aktif (Wiston, 2000).

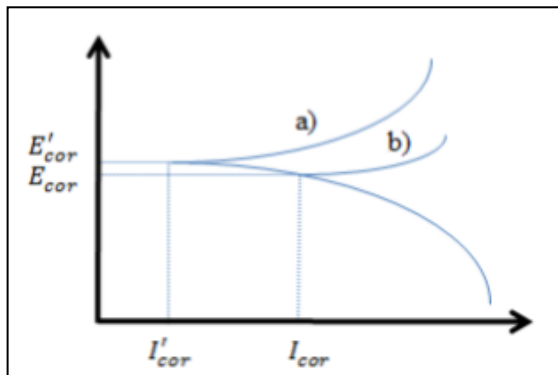
2.7.1.1.1 Inhibitor Anodik

Inhibitor anodik dapat memperlambat reaksi elektrokimia di anoda melalui pembentukan lapisan pasif di permukaan logam tersebut sehingga logam terlindung dari korosi. Terdapat dua jenis inhibitor anodik yaitu:

1. *Oxidizing anions*, yang dapat membentuk lapisan pasif pada baja tanpa kehadiran oksigen. Contohnya antara lain kromat, nitrit, dan nitrat.

2. *Non-oxidizing ions*, yang dapat membentuk lapisan pasif pada baja dengan kehadiran oksigen. Contohnya antara lain fosfat, tungstat, dan molybdat. Inhibitor anodik merupakan inhibitor yang paling efektif serta paling banyak digunakan diantara jenis inhibitor yang lain. (Roberge, 2000)

Inhibitor anodik (juga disebut Inhibitor passivation) bekerja dengan reaksi anodik reduksi, yaitu menghambat reaksi anoda dan mendukung reaksi alami permukaan logam pasif, juga karena pembentukan film yang teradsorpsi pada logam. Secara umum, inhibitor bereaksi dengan produk korosi, yang pada awalnya terbentuk, menghasilkan lapisan yang kohesif dan tidak larut pada permukaan logam. Gambar 2.5 menunjukkan diagram polarisasi potentiostatik larutan dengan penghambat perilaku anodik. Reaksi anodik dipengaruhi oleh inhibitor korosi dan potensi korosi logam digeser ke nilai yang lebih positif. Selain itu, nilai arus dalam kurva menurun seiring dengan adanya inhibitor korosi.

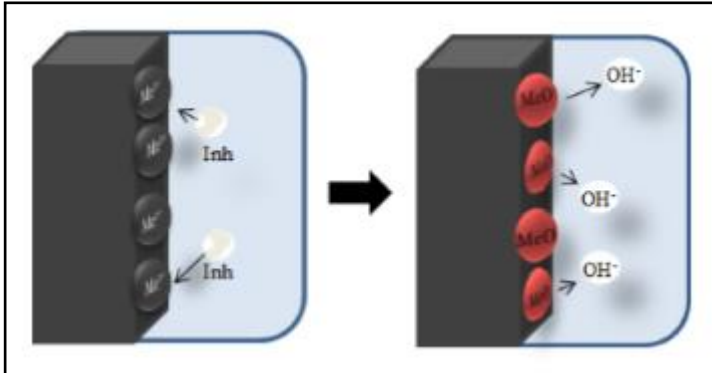


Gambar 2. 5 Diagram Polarisasi Anodik Inhibitor. (a) Larutan dengan Inhibitor. (b) Larutan Tanpa Inhibitor. (Alexandre, 2010)

Inhibitor anodik bereaksi dengan ion logam Me^+ yang dihasilkan pada anoda, membentuk hidroksida yang tidak larut secara umum, yang didepositkan pada permukaan logam sebagai



film yang tidak larut dan tidak kedap pada ion metalik. Dari hidrolisis inhibitor menghasilkan OH^- ion.



Gambar 2. 6 Mekanisme Inhibitor Anodik (Alexandre, 2010)

2.7.1.1.2 Inhibitor Katodik

Inhibitor katodik dapat memperlambat reaksi katodik suatu logam dan membentuk presipitat di wilayah katoda yang dapat meningkatkan impedansi permukaan sekaligus membatasi difusi pereduksi untuk melindungi logam tersebut.

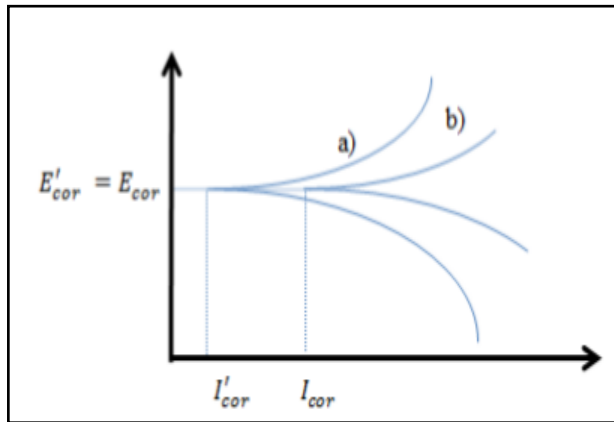
Terdapat tiga jenis inhibitor katodik, yaitu:

1. Racun katoda, dapat menghambat reaksi evolusi hidrogen. Contohnya seperti sulfida, selenida, arsenat, dan antimonat.
2. Presipitat katoda, dapat mengendap membentuk oksida sebagai lapisan pelindung pada logam. Contohnya seperti kalsium, seng, dan magnesium.
3. Oxygen scavengers, yang dapat mengikat oksigen terlarut sehingga mencegah reaksi reduksi oksigen pada katoda. Contohnya seperti hidrasin, natrium sulfit, dan hidroksil amin HCl. (Roberge, 2000)

Selama proses korosi, inhibitor korosi katodik mencegah terjadinya reaksi katodik logam. Penghambat ini memiliki ion logam yang mampu menghasilkan reaksi katodik karena alkalinitas, sehingga menghasilkan senyawa tak larut yang

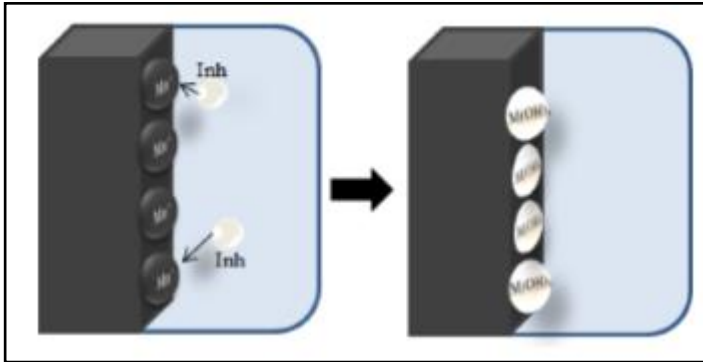
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

mengendap secara selektif pada tempat katodik. Deposit di atas logam merupakan lapisan film yang kompak, yang membatasi penyebaran unsur yang dapat direduksi di daerah ini. Dengan demikian, meningkatkan impedansi permukaan dan pembatasan difusi spesies yang dapat direduksi, yaitu difusi oksigen dan elektron yang konduktif di daerah ini. Penghambat ini menyebabkan penghambatan katodik yang tinggi



Gambar 2. 7 Polarisasi Inhibitor Katodik. (a) Larutan dengan Inhibitor. (b) Larutan Tanpa Inhibitor (Alexandre, 2010)

Inhibitor katodik membentuk penghalang endapan yang tidak larut di atas logam, menutupinya. Dengan demikian, membatasi kontak logam dengan lingkungan, bahkan jika benar-benar terbenam, mencegah terjadinya reaksi korosi. Karena ini, penghambat katodik tidak bergantung pada konsentrasi, sehingga lebih aman daripada inhibitor anodik.



Gambar 2. 8 Mekanisme efek katodik inhibitor di sistem korosi (Alexandre, 2010)

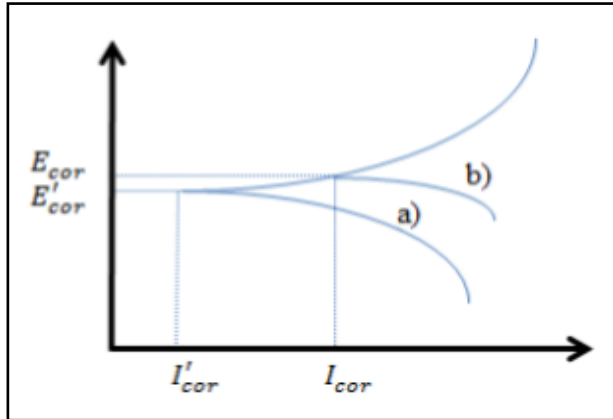
2.7.1.2 Inhibitor Organik

Green inhibitor atau inhibitor organik sangat diperlukan karena inhibitor jenis ini sangat menguntungkan dunia industri dikarenakan harganya yang relatif tidak mahal dan pengaplikasiannya yang ramah lingkungan. Efektivitas inhibitor jenis ini sangat bergantung kepada komposisi kimia yang dimilikinya, struktur molekul, dan afinitasnya terhadap permukaan logam. Karena pembentukan lapisan merupakan proses adsorpsi, maka temperatur dan tekanan dalam system memegang peranan penting. Kebanyakan inhibitor yang efisien yang digunakan dalam industri adalah senyawa-senyawa organik yang mengandung heteroatom seperti O, N, S dan ikatan rangkap di dalam molekul-molekulnya yang memfasilitasi adsorpsi pada permukaan logam. (Nugroho, 2011)

Inhibitor ini bekerja dengan membentuk senyawa kompleks yang mengendap pada permukaan logam sebagai lapisan pelindung yang bersifat hidrofobik yang dapat menghambat reaksi logam dengan lingkungannya. Reaksi yang terjadi berupa reaksi anodic, katodik, maupun keduanya. Hal ini bergantung dari reaksi pada permukaan logam dan potensial logam tersebut. Selain itu, juga dapat berfungsi untuk menetralkan konstituen korosif dan

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

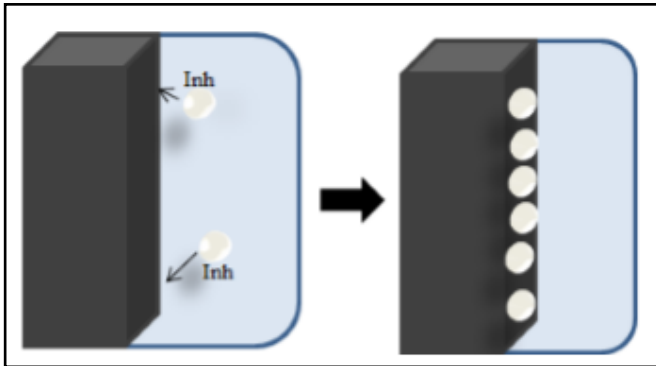
mengabsorpsi konsituen korosif tersebut. Penggunaan dengan konsentrasi yang tepat dapat mengoptimalkan perlindungan pada seluruh logam. (Pierre R. Roberge, 2000)



Gambar 2. 9 Diagram Polarisasi Potensiostat. (a) Larutan mengandung Inhibitor Katodik dan Anodik. (b) Larutan yang sama tanpa inhibitor. (Alexandre, 2010)

Pada gambar 2.9, menunjukkan teori kurva polarisasi potensiostat, terlihat bahwa pengaruh larutan yang mengandung inhibitor organik pada logam menghadirkan perilaku anodic dan katodik. Setelah penambahan inhibitor, potensial korosi hampir sama, tetapi arus menurun dari I_{cor} menjadi I'_{cor} . (Camila G. Dariva, 2014)

Seperti pada gambar 2.10, mekanisme *green inhibitor*, ketika teradsorpsi pada permukaan logam dan membentuk lapisan protektor diatasnya.



Gambar 2. 10 Ilustrasi Mekanisme *Green Inhibitor*, berperan melalui Adsorpsi Inhibitor diatas Permukaan Logam, dimana “Inh” menunjukkan molekul inhibitor.

Efisiensi inhibitor organic bergantung pada:

- Struktur kimia, seperti ukuran molekul organic;
- Ikatan aromatic dan/atau konjugasi, seperti panjang rantai karbon;
- Tipe dan jumlah ikatan atom atau grup molekul (baik π atau σ);
- Muatan permukaan logam dari tipe adsorpsi seperti kekuatan ikatan terhadap substrat logam;
- Kemampuan lapisan menjadi compact;
- Kapabilitas untuk membentuk ikatan kompleks dengan atom sebagai padatan antara kisi logam
- Jenis larutan elektrolit (B. Sanyal, 1981)

Green inhibitor akan teradsorpsi pada permukaan tergantung dari muatan inhibitor dan muatan logam untuk membentuk ikatan dari senyawa kompleks tersebut. Sebagai contoh kation inhibitor seperti amine atau anion inhibitor seperti sulfonat akan teradsorpsi tergantung muatan logam tersebut apakah negative atau positive. Efektifitas dari green inhibitor dipengaruhi oleh komposisi kimia, struktur molekul, dan gugus fungsi, ukuran,

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA



dan berat molekul, serta afinitas inhibitor terhadap logamnya. (Pierre R. Roberge, 2000)

Inhibitor organik mampu untuk memunculkan efek katodik dan juga anodik. Mekanisme dari inhibitor jenis ini adalah dengan cara membentuk lapisan tipis yang bersifat hidrofobik sebagai hasil adsorpsi ion inhibitor oleh permukaan logam. Inhibitor organik ini membentuk lapisan protektif yang teradsorpsi di permukaan logam dan menjadi penghalang antara logam dan elektrolit sehingga reaksi reduksi dan oksidasi pada proses korosi dapat terhambat. Contoh dari inhibitor organik ini adalah gugus kimia yang bisa membentuk ikatan *co-ordinates* dengan logam seperti *amino* (-NH₂), *carboxyl* (-COOH), dan *phosphonate* (-PO₃H₂) (Andijani, 2005). Reaksi adsorpsi pada saat pembentukan lapisan yang protektif ini dipengaruhi oleh panas dan tekanan. Inhibitor organik akan terabsorpsi sesuai muatan ion-ion inhibitor dan muatan permukaan. Kekuatan dari ikatan absorpsi merupakan faktor penting bagi inhibitor dalam menghambat korosi

Pada jenis inhibitor organik, terjadi proses adsorpsi pada permukaan logam untuk membentuk lapisan senyawa kompleks. Namun dalam adsorpsi terbagi menjadi 3 mekanisme yaitu (Roberge, 2008):

1. *Physical adsorption*

Mekanisme ini terbentuk hasil dari interaksi elektrostatik antara inhibitor dengan permukaan logam. Logam yang diberi muatan positif akan mengikat inhibitor dengan muatan negatif. Begitu juga dengan sebaliknya. Ikatan ini terbentuk dengan cepat dan bersifat bolak-balik namun mudah hilang atau rusak dari permukaan logam.

2. *Chemisorption*

Mekanisme ini terbentuk dari transfer atau membagi muatan antara molekul dari inhibitor dengan permukaan logam. Jenis adsorpsi ini sangat efektif karena sifatnya tidak bolak-balik namun dalam pembentukannya berjalan lebih lambat.



3. Film Forming

Mekanisme jenis ini dipengaruhi oleh struktur inhibitor, komposisi larutan sebagai media elektrolit, sifat bawaan dari logam, dan potensial elektrokimia pada lapisan antar muka logam-larutan. Adsorpsi inhibitor organik biasanya melibatkan minimal dua dari jenis adsorpsi di atas yang berjalan simultan. Sebagai contoh, adsorpsi inhibitor organik pada logam di lingkungan HCl adalah kombinasi *chemisorptions-physical adsorption* yang memberikan perlindungan fisik dan kimiawi (NACE, 1973).

Tabel 2. 3 Perbedaan Fisisorpsi dan Kemisorpsi (DEde Firmansyah, 2011)

	Fisiorspsi	Kemisorpsi
Tipe Interaksi	Molekul terikat secara Van der Waals atau gaya elektrostatik	Molekul terikat secara ikatan kimia dengan terjadinya transfer atau berbagai muatan
Reversibilitas	Adsorbat mudah dihilangkan dengan pelarut pembersih	Adsorpsi tidak dapat kembali, lebih kuat
Energi	Panas adsorpsi rendah <40 kJ/mol	Panas adsorpsi tinggi >40 kJ/mol
Kinetika	Proses adsorpsi berlangsung cepat	Proses adsorpsi lambat
Spesifitas	Bersifat tidak spesifik atau tidak dipengaruhi identifikasi permukaan	Interaksi spesifik sangat bergantung pada identifikasi permukaan



2.8 Penentuan Efisiensi Inhibisi

Menurut Sri Hermawan (2012), penentuan efisiensi inhibisi dapat dinyatakan dengan rumus pada persamaan (2.1):

$$E_{inh} = \frac{CR_0 - CR_I}{CR_0} \dots\dots\dots(2.1)$$

Di mana,

E_{inh} = efisiensi inhibitor korosi

CR_0 = laju korosi dengan zero inhibitor

CR_I = laju korosi dengan adanya inhibitor

Biasanya, efisiensi inhibitor meningkat dengan adanya penambahan konsentrasi inhibitorynya.

2.9 Pengujian Weight Loss

Metode paling mendasar yang digunakan untuk mengukur korosi adalah dengan mengekspose sampel material ke dalam lingkungan korosi. Dalam hal ini pengukurannya ditekankan pada laju korosi seragam dari sampel (coupon) yang mengalami kehilangan berat. Sebelum dilakukan proses pengujian, terlebih dahulu dilakukan preparasi terhadap sampel yang akan digunakan. Pada umumnya sampel yang digunakan berbentuk segiempat atau lingkaran. Permukaan sampel kemudian dibersihkan dari oksida-oksida yang menempel menggunakan kertas ampelas dan dilanjutkan dengan melakukan penimbangan berat awal sampel. Kemudian sampel direndam kedalam larutan selama waktu yang telah ditentukan. Setelah proses perendaman selesai, dilakukan pembersihan dan penimbangan berat akhir sampel. Hasil pengurangan berat awal dan berat akhir digunakan untuk mengukur laju korosi. Berdasarkan ASTM G31-72, persamaan untuk menghitung laju korosi adalah sebagai berikut:



$$\boxed{\text{Laju korosi} = \frac{K.W}{D.A.T}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Di mana,

K = konstanta (mpy = $3,45 \times 10^6$)

W = kehilangan berat (gram)

D = densitas (gram/cm³)

A = luas permukaan yang terendam (cm²)

T = waktu (jam)

Jumlah inhibitor yang dibutuhkan untuk cairan yang dapat menghambat korosi dapat diperoleh dengan:

$$\boxed{Q_{inh} = \frac{V_{fluid}}{1.0 \times 10^6} \times C_{inh} \text{ (ppm)}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Di mana,

Q_{inh} = jumlah inhibitor, kg

V_{fluid} = volume cairan yang harus dihambat

C_{inh} = konsentrasi inhibitor, ppm

2.10 Perhitungan Adsorpsi Isothermal

Inhibisi dari korosi logam oleh senyawa organik dilengkapi dengan adanya adsorpsi molekul inhibitor atau terbentuknya film pada permukaan logam sebagai penghalang antara permukaan logam dan media korosifnya. Adsorpsi isothermal menjelaskan tentang mekanisme inhibisi dari inhibitor korosi. Adsorpsi pada permukaan yang solid dapat digolongkan menjadi dua yaitu fisisorpsi dan chemisorpsi bergantung pada kekuatan interaksi antara permukaan dan molekul teradsorpsi. Hubungan antara efisiensi inhibitor dan konsentrasi inhibitor pada temperatur konstan diketahui sebagai isotherm. Persamaan adsorpsi isotherm Langmuir seperti dibawah ini:

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA



$$\theta = \frac{\text{Weight Loss}_{\text{uninhibited}} - \text{Weight Loss}_{\text{inhibited}}}{\text{Weight Loss}_{\text{uninhibited}}} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$K_{\text{ads}} = \frac{\theta}{C(1 - \theta)} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$\Delta G^{\circ}_{\text{ads}} = -8.314 \frac{J}{\text{mol K}} 298 K \ln(55.5 \times 0.404) \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana

K_{ads} = konstanta kesetimbangan adsorpsi

C = konsentrasi inhibitor

θ = surface coverage

$\Delta G^{\circ}_{\text{ads}}$ = energi bebas Gibbs (kJ/mol)

R = konstanta gas (8.314 J/mol K)

55.5 = nilai konstan konsentrasi air

Jika diperoleh hasil $\Delta G^{\circ}_{\text{ads}}$ dengan nilai lebih positif dari -20 kJ/mol, sehingga diperkirakan adsorpsi yang terjadi secara fisorpsi. Namun jika rentang nilai $\Delta G^{\circ}_{\text{ads}}$ antara -20 kJ/mol hingga -40 kJ/mol diperkirakan adsorpsi yang terjadi adalah. Jika nilai $\Delta G^{\circ}_{\text{ads}}$ lebih negative dari -40 kJ/mol maka adsorpsi yang terjadi chemisorpsi. Persamaan Langmuir digunakan pada adsorpsi homogen dan monolayer (ketebalan satu molekul) (Nwosu, 2014)

2.11 Pengujian FTIR

Fourier Transformed Infrared (FTIR) merupakan metode spektroskopi infrared modern yang dilengkapi dengan teknik transformasi fourier, untuk mendeteksi dan menganalisis hasil spektrumnya. Spektrum infrared yang dihasilkan dari suatu senyawa adalah khas untuk masing-masing senyawa, seperti sebuah fingerprint untuk senyawa tersebut. Metode spektroskopi yang digunakan adalah metode spektroskopi absorpsi, yaitu metode spektroskopi yang didasarkan atas perbedaan penyerapan radiasi infrared oleh molekul dari suatu senyawa. Prinsip kerja dari FTIR menggunakan prinsip interferometer, yang berarti sampel



dilewati radiasi infrared, kemudian radiasi infrared diabsorpsi oleh sampel dan sebagian dilewatkan atau ditransmisikan. (Azzis, S. N. 2012)

FTIR merupakan salah satu alat yang dipakai untuk mengidentifikasi senyawa, baik alami maupun buatan. Dalam FTIR, dua molekul senyawa dengan struktur kimia yang berbeda memiliki spektrum inframerah yang juga berbeda. Hal tersebut disebabkan oleh perbedaan jenis ikatan dan frekuensi vibrasi. Meskipun jenis ikatan sama, namun jenis senyawa berbeda, frekuensi vibrasi yang dihasilkan juga berbeda, sehingga spektrum inframerah pada FTIR merupakan sidik jari dari suatu molekul.

Jika sinar inframerah dilewatkan melalui sampel senyawa organik, maka terdapat sejumlah frekuensi yang diserap dan ada yang diteruskan atau ditransmisikan. Serapan cahaya oleh molekul tergantung pada struktur elektronik dari molekul tersebut.

Molekul yang menyerap energi tersebut akan mengalami perubahan energi vibrasi dan perubahan tingkat energi rotasi. FTIR akan mendeteksi suatu sampel pada tingkat gugus fungsi. Ikatan-ikatan yang berbeda seperti C-C, C=C, C≡C, CO, C=O, O-H serta NH mempunyai frekuensi karakteristiknya sebagai pita serapan dalam spektrum inframerah. Ikatan-ikatan tersebut akan terbaca pada bilangan gelombang yang berbeda – beda sesuai dengan pita serapan dalam spektrum inframerah.

Hasil analisa dari FTIR adalah sebuah grafik absorbansi yang terdiri dari nilai absorbansi pada sumbu Y dan bilangan gelombang cm^{-1} atau frekuensi pada sumbu X. Analisis gugus fungsi suatu sampel dilakukan dengan membandingkan pita absorbansi yang terbentuk pada spektrum inframerah. (Silverstein, dkk. 2005)

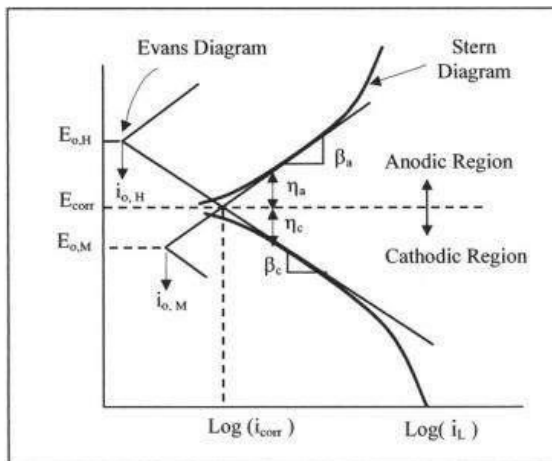
2.12 Pengujian Tafel Polarisasi

Polarisasi merupakan suatu fenomena dimana terjadi penyimpangan potensial dari kondisi kesetimbangannya. Dengan metoda polarisasi, laju korosi dapat ditentukan oleh kerapatan arus yang timbul (*current density*) untuk menghasilkan suatu kurva

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

polarisasi (tingkat perubahan potensial sebagai fungsi dari besarnya arus yang digunakan) untuk permukaan yang laju korosinya sedang ditentukan. Semakin tinggi kerapatan arus yang timbul, maka korosi akan semakin hebat begitupula sebaliknya (Threthewey, 1991). Ketika potensial pada logam terpolarisasi menggunakan arus pada arah positif, maka hal ini disebut sebagai terpolarisasi secara anodik. Apabila potensial pada permukaan logam terpolarisasi menggunakan arus pada arah negatif, maka disebut terpolarisasi secara katodik.

$E_{o,M}$ dan $E_{o,H}$ adalah open sirkuit potensial untuk logam dan hidrogen. Kemudian nilai $i_{o,H}$ dan $i_{o,M}$ adalah perubahan kerapatan arus dan i_L adalah kerapatan arus terbatas. Untuk elektroda yang *reversible*, Evans diagram dapat digunakan untuk menentukan titik korosi dimana garis antara katodik hidrogen dan anodic logam berpotongan. Disisi lain, perilaku elektrokimia yang tidak *reversible* ditunjukkan oleh katodik dan anodik dari Stern Diagram yang juga digunakan untuk menentukan titik korosi dengan ekstrapolasi sisi linear kedua kurva hingga berpotongan.



Gambar 2. 11 Skema Kurva Polarisasi yang Menunjukkan Ekstrapolasi Tafel (Perez, 2004)



2.13 Pengujian Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)

Spektroskopi impedansi elektrokimia adalah suatu metode yang digunakan untuk mengetahui perilaku korosi pada suatu elektroda dengan mengamati karakterisasinya. Karakterisasi elektroda yang dimaksud adalah untuk menentukan ketahanan polarisasi (R_p), laju korosi (CR) dan mekanisme elektrokimia. Penggunaan metode ini berdasarkan model dari proses korosi oleh sirkuit elektrik. EIS bekerja berdasarkan respon terhadap sirkuit yang setara untuk *interface* elektroda/larutan. EIS digunakan untuk menentukan parameter kinetika elektrokimia berkaitan dengan unsur-unsur listrik seperti tahanan, R , kapasitansi, C , dan induktansi, L . Tahanan listrik dalam EIS dinyatakan dengan impedansi (Z). Impedansi adalah ukuran kemampuan suatu rangkaian dalam menahan arus listrik. Dalam impedansi, sinyal potensial dan arus AC berada dalam fasa yang berbeda, dan nilainya dipengaruhi oleh frekuensi. Impedansi elektrokimia diukur melalui potensial AC yang diterapkan pada sel elektrokimia untuk mengukur arus dengan asumsi bahwa potensial yang dibangkitkan sinusoidal. (Nestor Perez, 2004) Impedansi dari sel elektrokimia, Z , ditentukan berdasarkan analogi dari hukum Ohm seperti di bawah ini. Dengan ω adalah frekuensi radial atau kecepatan sudut yang diterapkan (rad sec^{-1}).

Hasil dari pengujian EIS adalah kurva Nyquist seperti pada Gambar 2.22 yang merepresentasikan sebuah sirkuit atau rangkaian listrik yang terdiri dari hambatan (R) dan kapasitansi (C) yang biasa disebut sebagai sirkuit RC.

$$Z(\omega) = \frac{I(t)}{E(t)} = Z'(\omega) + jZ''(\omega) \dots\dots\dots(2.7)$$

$$Y(\omega) = \frac{I(t)}{E(t)} = Y'(\omega) + jY''(\omega) \dots\dots\dots(2.8)$$

Di mana:

$E(t)$ = Potensial yang bergantung waktu (V)

$I(t)$ = Arus yang bergantung waktu (A)

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA



$\omega = 2 \pi f$ = frekuensi angular (Hz)

f = frekuensi sinyal (Hz)

$Z'(\omega)$, $Y'(\omega)$ = bagian real

$Z''(\omega)$, $Y''(\omega)$ = bagian imajiner

t = waktu (s)

$j = -1^{1/2}$

$j^2 = -1$

2.14 Sarang Semut

Tumbuhan sarang semut merupakan salah satu tumbuhan yang telah secara luas dimanfaatkan untuk pengobatan berbagai penyakit, hanya saja dukungan ilmiah penggunaan tumbuhan obat ini masih sangat sedikit. Sifatnya yang epifit menguntungkan bagi pemanfaatannya sebagai tanaman obat karena eksploitasinya tidak membahayakan ekosistem. Sarang semut tersebar dari hutan bakau dan pohon-pohon di pinggir pantai hingga ketinggian 2.400m. Sarang semut paling banyak ditemukan di padang rumput, di hutan dan daerah pertanian terbuka dengan ketinggian sekitar 600m dan jarang ditemukan di hutan tropis dataran rendah. Sarang semut banyak ditemukan menempel pada beberapa pohon, umumnya di pohon kayu putih, cemara gunung, kaha, dan pohon beech, tetapi jarang pada pohon-pohon dengan batang halus dan rapuh. Di Indonesia, namanya berbeda-beda. Di Papua, sarang semut disebut sebagai nongon. Di Jawa dikenal sebagai urek-urek polo. Sedangkan, di Sumatera disebut kepala beruk dan rumah semut. Sarang semut terdiri atas empat bagian yakni daun, batang, umbi, dan bunga (Subroto, 2007). Adapun secara morfologi, sarang semut mempunyai ciri - ciri sebagai berikut:

1. Umbi

Umbi pada tumbuhan sarang semut umumnya berbentuk bulat saat muda, kemudian menjadi lonjong memendek atau memanjang setelah tua. Umbinya hampir selalu berduri. Dalam umbi sarang semut terdapat labirin yang dihuni oleh semut atau cendawan. Keunikan tumbuhan ini terletak pada koloni semut yang bersarang pada umbi sehingga terbentuk lubang -lubang atau labirin. Di



habitat aslinya, sarang semut dihuni oleh ratusan semut. Pusat Penelitian dan Pengembangan Zoologi mengidentifikasi semut di dalam labirin adalah jenis *Ochetellus sp.* Simbiosis mutualisme terjadi diantara semut dan *Myrmecodia*. Semut akan melindungi *Myrmecodia* dari herbivora dan predator lain dan *Myrmecodia* menjadi rumah yang nyaman sekaligus menyediakan sumber pakan untuk kelangsungan hidup koloni semut

2. Batang

Tumbuhan sarang semut memiliki satu cabang, jarang bercabang. Batangnya tebal dan ruasnya pendek, berwarna coklat muda hingga abu-abu.

3. Daun

Daun sarang semut tunggal, bertangkai, tersusun menyebar namun lebih banyak terkumpul diujung batang, dan berwarna hijau. Berbentuk jorong, panjang 20-40 cm, lebar 5-7 cm. Helaian agak tebal, lunak dengan ujung tumpul dan pangkal meruncing. Bagian tepi rata, permukaan halus, dan tulang daun berwarna merah (Florentinus, 2013).

4. Bunga

Pembungaan dimulai sejak terbentuknya beberapa ruas (internodal) pada batangnya dan ada pada tiap nodus (buku), bunga berwarna putih. Sarang semut adalah tumbuhan yang melakukan penyerbukan sendiri. Tanaman sarang semut adalah anggota famili *Rubiaceae*. Berikut ini adalah klasifikasi tumbuhan sarang semut (Florentinus, 2013):



Gambar 2. 12 Sarang Semut (Janti, 2015)

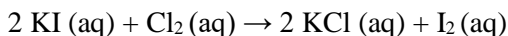
Ekstrak sarang semut mengandung senyawa fenolik yang dapat dianggap sebagai antioksidan yang bersifat kuat. Berdasarkan uji penapisan kimia dari tumbuhan sarang semut menunjukkan bahwa tumbuhan ini mengandung senyawasenyawa kimia dari golongan flavonoid (Subroto, 2008).

Flavonoid merupakan golongan senyawa bahan alami dari senyawa fenolik yang merupakan pigmen tumbuhan. Flavonoid pada tumbuhan sarang semut dinilai sebagai zat antioksidan yang bersifat kuat karena kemampuan untuk memberikan hidrogen atau elektron untuk membentuk radikal intermediet yang stabil (Wang dkk, 2010). Selain senyawa flavonoid, sarang semut juga mengandung senyawa tanin dan tokoferol serta beberapa mineral. Tanin merupakan astringen dan polifenol tanaman berasa pahit yang dapat mengikat dan mengendapkan protein. Tumbuhan sarang semut juga kaya akan antioksidan tokoferol (Vitamin E) dan beberapa mineral penting untuk tubuh seperti kalsium, natrium, kalium, seng, besi, fosfor dan magnesium.



2.15 Kalium Iodida

Kalium iodida adalah garam kristal putih dengan formula kimia KI, yang digunakan dalam fotografi dan perawatan radiasi. KI bisa menjadi kuning saat pemanasan di udara atau saat berdiri di udara lembab dalam waktu lama, karena oksidasi iodida menjadi yodium. Kalium iodida bersifat ionik, K^+ dan I^- . Senyawa ini mengkristal dalam struktur natrium klorida. Senyawa ini diproduksi secara industri dengan mereaksikan KOH dengan iodin. Senyawa ini merupakan suatu garam putih, yang merupakan senyawa iodida yang paling signifikan secara komersial. Senyawa ini kurang mudah untuk menyerap air sehingga lebih mudah untuk bekerja dengannya. Karena ion iodida adalah suatu agen pereduksi yang tidak terlalu kuat, I^- dengan mudah teroksidasi membentuk I_2 oleh suatu agen pengoksidasi yang kuat seperti klorin:



Tabel 2. 4 Karakteristik Kalium Iodida (Stwertka, 2002)

Nama sisntesis	Potassium iodide
Nama Lain	Kalium iodida, knollide, potide
Formula	KI
Massa molar	166.00 g/mol
Bentuk	Kristal solid putih
CAS number	[7681-11-0]
Density and phase	3.13 g/cm ³ , solid
Solubility in water	128 g/100 ml (6 °C)
Melting point	681°C (954 K)
Boiling point	1330°C (1600 K)



2.16 Penelitian Sebelumnya

Tabel 2. 5 Penelitian-penelitian Terdahulu

<p>Sulistijono, 2016 Inhibition of Corrosion of Carbon Steel in 3.5% NaCl Solution by <i>Myrmecodia Pendans</i> Extract</p>	<p>○ Jurnal ini membahas pencegahan korosi pada lingkungan air laut dengan inhibitor sarang semut dimana memiliki hasil efisiensi tertinggi pada konsentrasi 400ppm dengan presentase inhibisi 99.6% dengan ditemukannya senyawa alkanoid sebagai indicator inhibitor korosi</p>
<p>Atria, 2016 Effect of Temperature on the Application of Sarang Semut Extract for Environmentally Friendly Corrosion Inhibitor</p>	<p>○ Jurnal ini membahas aplikasi inhibitor sarang semut pada lingkungan garam dengan variasi konsentrasi dan temperature</p>
<p>Ekemini Ituen, 2016 Eco-friendly Corrosion Inhibitor from <i>Pennisetum purpeum</i> Biomass and Synergistic Intensifier for Mild Steel</p>	<p>○ Jurnal dengan membahas peforma campuran inhibitor rumput gajah dengan kalium iodida pada berbagai temperature dan konsentrasi kalium iodide yang berhasil bertahan pada temperature 60°C dengan efisiensi inhibitor 88,9%.</p>
<p>A. M. Ridhwan, 2012 Synergistic Effect of Halide Ions on the Corrosion Inhibition of Mild Steel in</p>	<p>○ Jurnal dengan membahas kemampuan kalium iodide dengan variasi konsntrasi pada inhibitor organik</p>

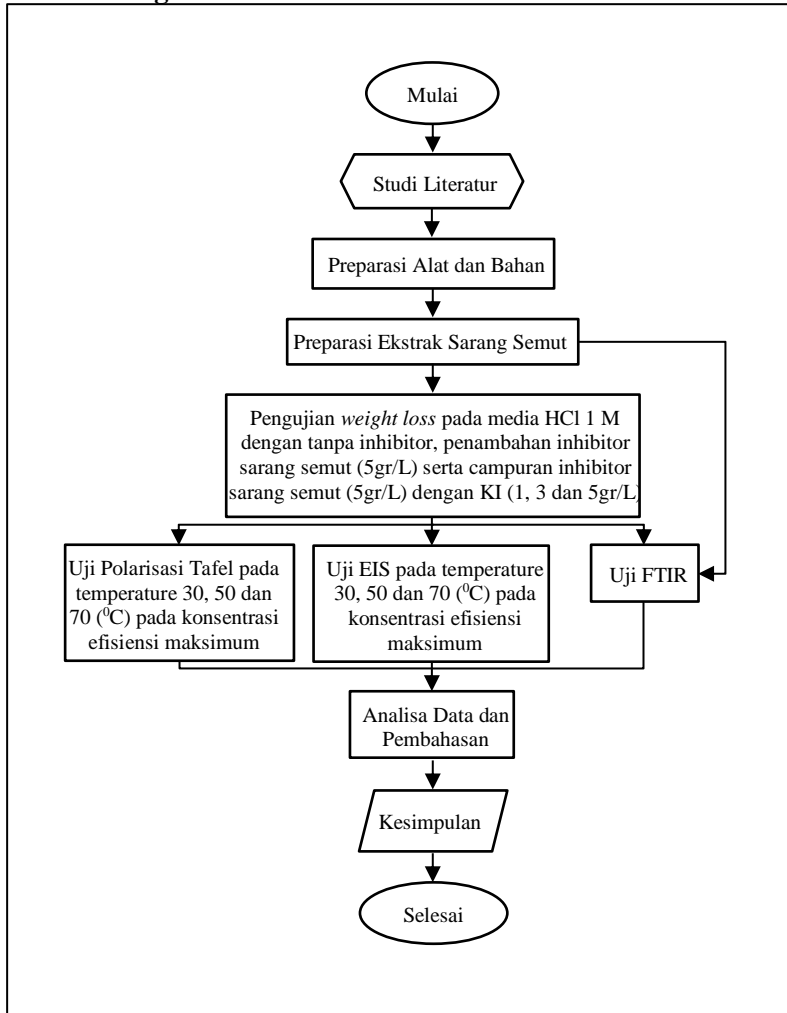


Hydrochloric Acid using Mangrove Tanin	<i>Mangrove</i> Tanin pada lingkungan HCL 0,5 M dengan presentasi inhibisi terbaik yaitu 97,65% pada penambahan 0,1 M kalium iodide.
--	--



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir



Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian



3.2 Prosedur Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini, terdapat tahapan prosedur, adapun prosedur yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Studi literatur merupakan tahapan awal yang harus dilakukan oleh setiap peneti sebagai dasar acuan yang sudah ada, seperti mempelajari secara singkat dari penelitian yang sudah ada dan mencari sumber yang dapat kita jadikan sebagai pedoman dalam penelitian atau acuan itu sendiri. Tujuan paling mendasar adalah untuk meyakinkan pembaca bahwa penelitian . adapun manfaat yang dapat diperoleh dari studi literatur adalah mengevaluasi penelitian terkait sebelumnya dan untuk pengembangan dengan penelitian kita.

2. Experimental

Pada penelitian ini material yang digunakan adalah Baja API 5L *Grade B*, pemilihan dari material ini diaplikasikan pada lingkungan korosif yang mana biasanya pipa ini digunakan sebagai pipa penyalur minyak dan gas. Material ini merupakan baja karbon rendah yang rentan terkorosi . oleh karena itu diperlukan material untuk penelitian pengaruh laju korosi terhadap penambahan temperature dilingkungan tertentu.

Selain pemilihan material hal yang lain adalah memilih bahan inhibitor yaitu sarang semut merah, daun urang aring dan daun pegagan beberapa tumbuhan ini dipilih karena disinyalir memiliki kandungan senyawa flavonoid ataupun antioksidan yang diperlukan untuk proses perlindungan pada objek korosi terhadap pipa dalam lingkungan korosif.

Pemilihan elektrolit HCl 1M dipilih karena alasan pipa yang mengalir pada pipa minyak dan gas bersifat asam. HCl 1 M dipilih untuk mewakili sifat asam tinggi pada pipa minyak dan gas dilapangan yang akan disimulasikan pada skala laboratorium.

Pengujian seperti *Weightloss*, Potensiodinamik, EIS, FTIR dilakukan untuk mendapatkan data pendukung penelitian.



3.3 Alat Penelitian

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Penggaris
2. Kertas amplas
3. Blender
4. Jeriken 25L
5. Penyaring
6. Kertas saring
7. Evaporator
8. Timbangan digital
9. Gelas Beker 1000ml
10. Gelas Ukur 100ml
11. Pipet
12. Spatula
13. Peralatan uji FTIR
14. Peralatan uji *Weight Loss*
15. Peralatan uji Polarisasi
16. Peralatan uji EIS

3.4 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Material

Adapun material yang digunakan pada penelitian ini adalah baja karbon API 5L *Grade B*. Untuk ukuran dalam pengujian *Weight Loss*, EIS dan polarisasi 20x20x3 mm, untuk komposisi baja API 5L *Grade B*:

Tabel 3. 1 Komposisi kimia baja API 5L *Grade B*
(Standard API, 2004.)

Elemen	Kadar (%)
Carbon	0,22
Mangan	1,2



Phospor	0,025
Sulfur	0,015
Titanium	0,04

2. Inhibitor

Inhibitor yang digunakan dalam penelitian ini yaitu ekstrak sarang semut dengan konsentrasi 5000 mg/L dan campuran ekstrak sarang semut dengan kalium iodide dengan konsentrasi kalium iodida 1000, 3000 dan 5000 (mg/l).

3. Elektrolit

Larutan elektrolit yang digunakan untuk media korosi pada penelitian ini adalah HCl 37% dengan konsentrasi 1M.

4. Air sabun

5. Aquades

3.5 Preparasi dan Ekstrak Tumbuhan Sarang Semut

Sarang Semut (*myrmecopedia Pendans*) mengalami beberapa perlakuan yaitu:

1. Sarang semut diproses menjadi serbuk :
 - Memotong bongkahan sarang semut yang telah kering menjadi bagian kecil
 - Dihaluskan pada mesin blender
 - Disaring sampai dihasilkan produk serbuk halus
2. Untuk mengekstraksi tanaman sarang semut merah sebagai inhibitor alami :
 - Menyiapkan alat dan bahan yaitu kertas saring, gelas ukur 1000 ml, jerigen 25L , *rotary evaporator*, corong, blender, spatula, \pm 1000 gram serbuk sarang semut dan larutan methanol 70%
 - Melakukan maserasi yaitu perendaman serbuk sarang semut merah dengan pelarut 12.629L methanol 70% dalam jiriken 25L (3x24 jam) dan mengaduk beberapa kali agar serbuk homogen



- Menyaring hasil maserasi dengan kertas saring sehingga dihasilkan ekstrak air dan ampas
- Mengevaporasi ekstrak air hasil maserasi menggunakan *rotary evaporator*
- Hasil dari *rotary evaporator* dijadikan sebagai inhibitor green corrosion.

3.6 Preparasi Spesimen

Dalam penelitian ini menggunakan baja API 5L *Grade B*, ukuran spesimen untuk pengujian *weightloss*, EIS dan polarisasi adalah 20x20x3mm.

3.2.6.1 Spesimen uji *weightloss*

1. Memotong baja API 5L *Grade B* dengan ukuran 20x20x3mm sebanyak 15 buah.
2. Mengamplas/menggrinding pada permukaan spesimen untuk membersihkan kotoran seperti produk korosi dan coating ataupun impuritas dengan kertas ampalas.

3.2.6.2 Spesimen uji EIS dan polarisasi

1. Memotong baja API 5L *Grade B* dengan ukuran 20x20x3mm sebanyak 15 buah.
2. Membungkus spesimen dengan isolasi hitam untuk menutupi permukaan sehingga ukuran menjadi 10x10 mm.

3.7 Preparasi Larutan Elektrolit

Pada penelitian ini untuk larutan elektrolit menggunakan larutan asam HCL 37% dengan konsentrasi 1M. Proses pembuatan larutan terdiri yaitu:

1. Mengukur HCl 37% sebanyak 83 ml pada gelas ukur.
2. Mengukur Aquades sebanyak 917 ml pada gelas ukur.
3. Menuangkan terlebih dahulu sedikit aquades kedalam tabung uji *weightloss*
4. Menuangkan HCl kedalam tabung uji *Weightloss*.
5. Menuangkan sisa aquades kedalam tabung uji dan mengaduknya agar homogen.



3.8 Pengujian

Pada penelitian ini, dilakukan beberapa jenis pengujian untuk memberikan data yang diperlukan.

3.8.1 Pengujian FTIR

Pengujian FTIR digunakan untuk mengetahui gugus-gugus fungsi yang terdapat pada inhibitor ekstrak daun asam jawa dan ekstrak kulit melinjo dan baja API 5L *Grade B* yang telah dilakukan perendaman dengan uji *weight loss*. Pengujian ini dilakukan di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS dengan menggunakan alat *Thermo Scientific Nicolet IS10*. Metode spektroskopi yang digunakan dalam pengujian FTIR adalah metoda absorpsi yaitu suatu metoda yang didasarkan atas perbedaan penyerapan radiasi inframerah. Spektrum inframerah tersebut dihasilkan dari pentransmisian cahaya yang melewati sample, pengukuran intensitas cahaya dengan detektor dan dibandingkan dengan intensitas tanpa sampel sebagai fungsi dari panjang gelombang. Dari panjang gelombang tersebut, akan dapat ditentukan gugus fungsi yang bersesuaian dengan panjang gelombang yang terekam pada masing-masing sampel. Dengan melakukan pengujian FTIR akan dihasilkan kurva peak atau gelombang dengan intensitas yang berbeda-beda dari perbedaan peak tersebut maka dapat ditentukan gugus fungsinya sehingga diketahui kandungan (tipe senyawa) yang terkandung dalam masing masing sampel.



Gambar 3. 2 Alat Pengujian FTIR

3.8.2 Pengujian *Weightloss*

Pengujian *weightloss* adalah metode pengujian besar laju korosi (mmpy) pada suatu material dengan cara menghitung selisih dari berat awal dan berat akhir dari material tersebut. Adapun proses pengujian *weightloss* berdasarkan standard ASTM G-31 "Laboratory Corrosion Testing of Metals":

1. Menimbang berat awal masing-masing spesimen uji.
2. Melilitkan spesimen dengan benang nylon.
3. Menggantungkan spesimen uji pada stik es.
4. Merendam spesimen dalam toples kaca yang berisi larutan elektrolit dan sampel inhibitor sarang semut dengan konsentrasi 0 dan 5000 (mg/l) serta campuran inhibitor sarang semut dengan konsentrasi 5000 mg/l dengan kalium iodide pada konsentrasi 1000, 3000 dan 5000 (mg/l).
5. Mengambil spesimen setelah 3 jam.
6. Mencuci pada air sabun kurang lebih selama 3 menit dan mengerikannya lalu menimbang berat akhir dari spesimen.



Gambar 3. 3 Pengujian *Weight Loss*

3.8.3 Pengujian Polarisasi Potensiodinamik

Pengujian polarisasi potensiodinamik dilakukan di Laboratorium Korosi dan Kegagalan Material Jurusan Teknik Materil dan Metalurgi FTI ITS Surabaya.

Pengujian ini dengan menggunakan alat uji CorrTest dengan software CS Studio5. Yang terdiri dari elektroda acuan, elektroda kerja, dan elektroda bantu yang bertujuan untuk mengetahui laju korosi material pada larutan HCl 1M dengan konsentrasi inhibitor konsentrasi inhibitor 0 dan 5000 (mg/l) serta campuran inhibitor sarang semut dengan konsentrasi 5000 mg/l dengan kalium iodide pada konsentrasi 1000, 3000 dan 5000 (mg/l). Sehingga didapatkan kurva polarisasi potensial material yang digunakan dengan acuan standard ASTM G-5 (*Standard Method for Making Potentiostatic and Potentiodynamic Anodic Polarization Measurement*).

Prosedur pengujian polarisasi adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan alat dan bahan yaitu spesimen, campuran larutan 1M HCl dan ekstrak sarang semut dengan konsentrasi

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN



inhibitor 0 dan 5000 (mg/l) serta campuran inhibitor sarang semut dengan konsentrasi 5000 mg/l dengan kalium iodide pada konsentrasi 1000, 3000 dan 5000 (mg/l) dan juga *heater* untuk mengatur temperatur (30, 50 dan 70 °C) dan alat pengujian polarisasi beserta komponennya.

2. Memasang elektroda pada rangkaian polarisasi
3. Menyalakan alat uji polarisasi potensiodinamik CorrTest.
4. Mengaktifkan program CR Studio5 dan memasukkan parameter pengujian lalu menjalankan program.

3.8.4 Pengujian EIS

Pengujian EIS dilakukan untuk mengetahui mekanisme korosi dan mekanisme inhibisi yang terjadi dan diimplementasikan dalam ketahanan logam sampel terhadap aliran arus yang melaluinya. Metode ini berdasarkan respon sirkuit terhadap voltase AC. Sebagai fungsi frekuensi. Pengukuran impedansi elektrokimia dilakukan pada kondisi potensiostatik dengan menggunakan software Zview pada alat CorrTest gelombang sinus AC dengan amplitude 10mV dengan real nilai part (Z') maupun imaginary part (Z'') diukur pada berbagai frekuensi dalam range 10000 Hz sampai 0.1 Hz. Nilai ketahanan transfer muatan (R_{ct}) diperoleh dari diameter semicircles dari *Nyquist* plot. Prosedur pengujian polarisasi adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan alat dan bahan yaitu spesimen, campuran larutan 1M HCl dan ekstrak sarang semut dengan konsentrasi 0 dan 5000 (mg/l) serta campuran inhibitor sarang semut dengan konsentrasi 5000 mg/l dengan kalium iodide pada konsentrasi 1000, 3000 dan 5000 (mg/l) gelas ukur 1000ml, heater untuk mengatur temperature (30, 50 dan 70 °C) dan alat pengujian polarisasi beserta komponennya.
2. Memasang elektroda pada rangkaian EIS
3. Menyalakan alat uji EIS CorrTest.
4. Mengaktifkan program ZView dan memasukkan parameter pengujian lalu menjalankan program.



Gambar 3. 4 Pengujian EIS

3.9 Rancangan Pengambilan Data

Untuk memudahkan dalam mengolah dan menganalisa data yang didapat, berikut ini adalah rancangan pengambilan data yang telah dilakukan:

Tabel 3. 2 Rancangan Pengambilan Data

Sampel	Konsetrasi	T (⁰ C)	FTIR	Weight Loss	Polarisasi	EIS
Ekstrak Sarang Semut		30	✓			
Baja API 5L Grade B	SS 5 gr/L	30		✓	✓	✓
	SS 5 gr/L + KI 1 gr/L	30		✓	✓	✓
	SS 5 gr/L + KI 3 gr/L	30		✓	✓	✓

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN



	SS 5 gr/L + KI 5 gr/L	30	✓	✓	✓	✓
Baja API 5L Grade B	SS 5 gr/L	50		✓	✓	✓
	SS 5 gr/L + KI 1 gr/L	50		✓	✓	✓
	SS 5 gr/L + KI 3 gr/L	50		✓	✓	✓
	SS 5 gr/L + KI 5 gr/L	50		✓	✓	✓
Baja API 5L Grade B	SS 5 gr/L	70		✓	✓	✓
	SS 5 gr/L + KI 1 gr/L	70		✓	✓	✓
	SS 5 gr/L + KI 3 gr/L	70		✓	✓	✓
	SS 5 gr/L + KI 5 gr/L	70		✓	✓	✓

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



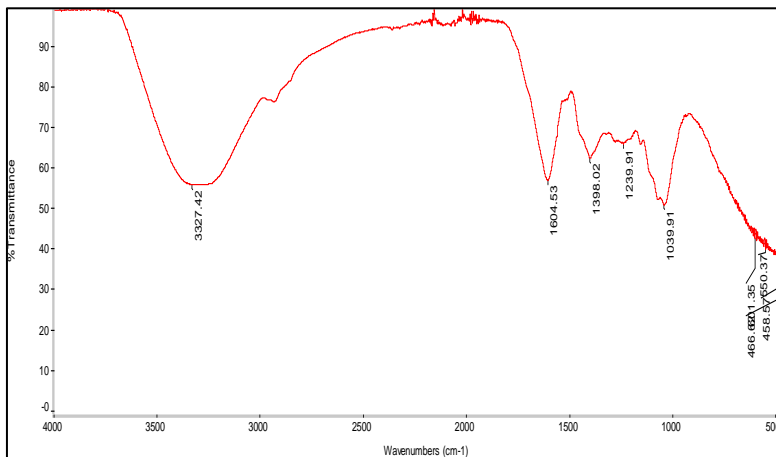
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian yang sesuai prosedur penelitian pada bab sebelumnya diperoleh sejumlah data berupa; senyawa atau gugus fungsi yang terkandung pada ekstrak sarang semut serta pada permukaan spesimen dengan uji FTIR, laju korosi dan efisiensi inhibisi dengan uji *weight loss* dan tafel polarisasi, serta mekanisme inhibisi dengan uji EIS (*Electrochemical Impedance Spectroscopy*).

4.1.1 Hasil Uji FTIR

Pengujian FTIR dilakukan pada ekstrak sarang semut dan spesimen yang telah direndam, kemudian didapatkan kurva FTIR yang kemudian dibandingkan antara keduanya untuk mengetahui senyawa organik yang berfungsi sebagai penghambat laju korosi. Berikut adalah analisa dari masing- masing pengujian FTIR dengan penambahan inhibitor. Analisa ini berdasarkan referensi “*A Handbook of Spectroscopic Data Chemistry*” oleh B. D. Mistry (2009). Berikut adalah kurva FTIR Ekstrak Sarang Semut;



Gambar 4.1 Spektrum FTIR Ekstrak Sarang Semut

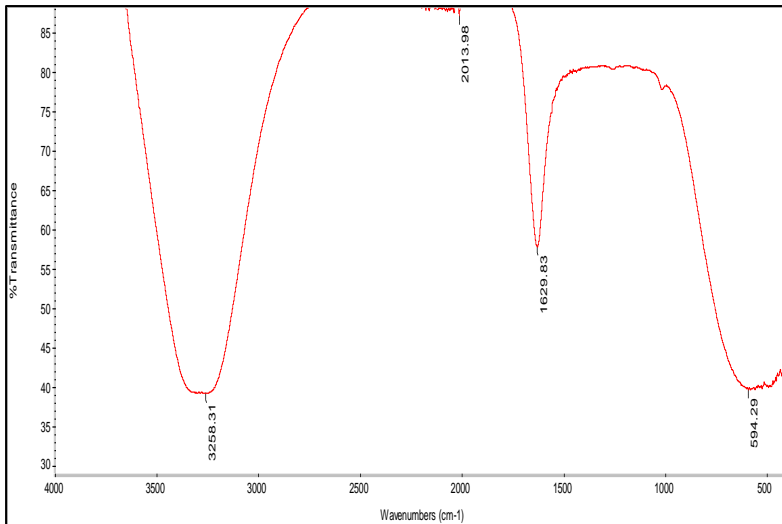


Dari gambar 4.1 mengenai spektrum FTIR ekstrak sarang semut terdapat beberapa *peak*. *Peak* ini masing-masing memiliki nilai frekuensi yang dihubungkan dengan range frekuensi pada referensi “*A Handbook of Spectroscopic Data Chemistry*” oleh B. D. Mistry (2009). Hasil penyesuaian frekuensi yang didapat dengan daerah *range* frekuensi dari referensi adalah mendapatkan tipe-tipe senyawa dan gugus fungsi dari *peak* yang ada pada ekstrak sarang semut. Berikut ini adalah hasil plottingan frekuensi *peak* yang didapat dengan daerah *range* nya;

Tabel 4. 1 Hasil FTIR Ekstrak Sarang Semut

No.	<i>Frequency</i> (cm^{-1})	Daerah <i>Frequency</i> (cm^{-1})	Tipe Senyawa	Gugus Fungsi
1.	3327,42	3360-3180	Amides, bonded NH (primary)	N-H str.
2.	1604,65	1630-1575	Azo compounds	N=N str
3.	1398,02	1395-1385	Alkane, tert. Butyl	C-H def.
4.	1239,91	1240-1190	Aromatic phosphorus Comp.	P-O str
5.	1039,91	1075-1010	Primary alcohols	C-OH str.
6.	601,37	625-565	Nitrites (R-O-N=O)	O-N=O def.
7.	550,35	Ca. 500	Iodides	C-I str.

Berikut adalah kurva FTIR baja API 5 L *Grade B* setelah direndam pada larutan HCl 1 M dengan penambahan inhibitor SS 5gr/l + KI 5 gr/L



Gambar 4. 2 Spektrum FTIR Baja API 5 L *Grade B* setelah *Immerse* dengan Penambahan Inhibitor Sarang Semut dan Kalium Iodida

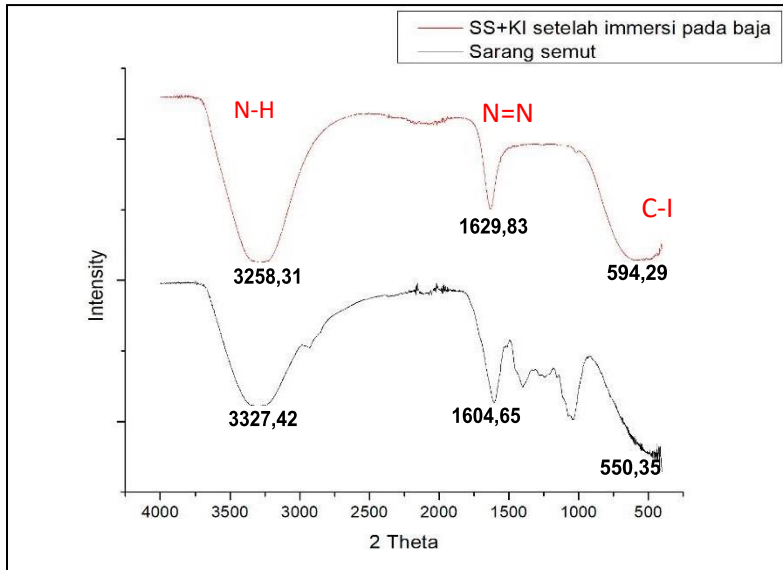
Berikut ini adalah hasil plotingan frekuensi *peak* yang didapat dengan daerah *range* nya;

Tabel 4. 2 Hasil FTIR Baja API 5 L *Grade B* setelah *Immerse*

No.	Frequency (cm ⁻¹)	Daerah Frequency (cm ⁻¹)	Tipe Senyawa	Gugus Fungsi
1.	3258,31	3360-3180	Amides, bonded NH (primary)	N-H str.



2.	2013,98	2140-2100	Alkynes ($\text{RC}\equiv\text{CH}$)	$\text{C}\equiv\text{C}$ str.
3.	1629,83	1630-1575	Azo compounds	$\text{N}=\text{N}$ str
4.	594,29	Ca. 500	Iodides	C-I str.



Gambar 4. 3 Gabungan Spektrum FTIR Inhibitor Ekstrak Sarang Semut, Kalium Iodida dan Baja API 5L Grade B

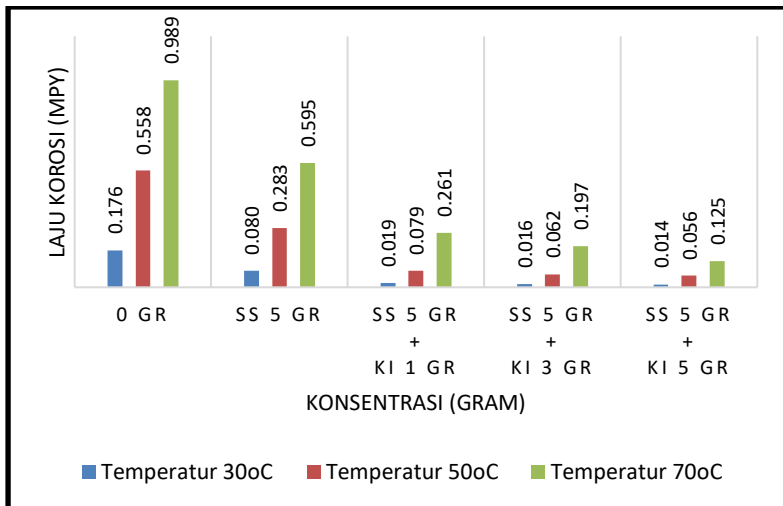
Pada gambar 4.3 grafik FTIR baja setelah immersion pada konsentrasi SS 5gr/L + KI 5 gr/L terlihat beberapa gugus fungsi yang terbentuk pada permukaan metal akibat dari adsorpsi molekul inhibitor pada permukaan metal seperti terbentuknya gugus fungsi N-H, N=N dan C-I pada daerah 3258.31 cm^{-1} , 1629,83 cm^{-1} 594,29 cm^{-1} yang dapat dilihat pada tabel 4.2. Dari gambar 4.3 terlihat bahwa terdapat beberapa *peak* dari baja yang konturnya hampir sama dengan *peak* pada inhibitor. Beberapa *peak* yang sama

BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

tersebut menunjukkan tingkat adsorpsi permukaan baja terhadap inhibitor, dimana adsorpsi ini berfungsi sebagai pembentuk lapisan proteksi terhadap serangan korosi.

4.1.2 Hasil Uji Weight Loss

Pada pengujian weight loss dengan cara menambahkan inhibitor ekstrak sarang semut masing-masing sebanyak 0 dan 5000 mg/L dan inhibitor kalium iodide serta inhibitor campuran ekstrak sarang semut dengan kalium iodide (1000, 3000 dan 5000 mg/l), maka diperoleh grafik laju korosi serta efisiensi inhibisi yang ditunjukkan pada gambar 4.10 dan 4.11



Gambar 4. 4 Grafik Laju Korosi Baja API 5L *Grade B* dengan Pengaruh Variasi Konsentrasi Inhibitori pada Temperatur 30, 50 dan 70°C

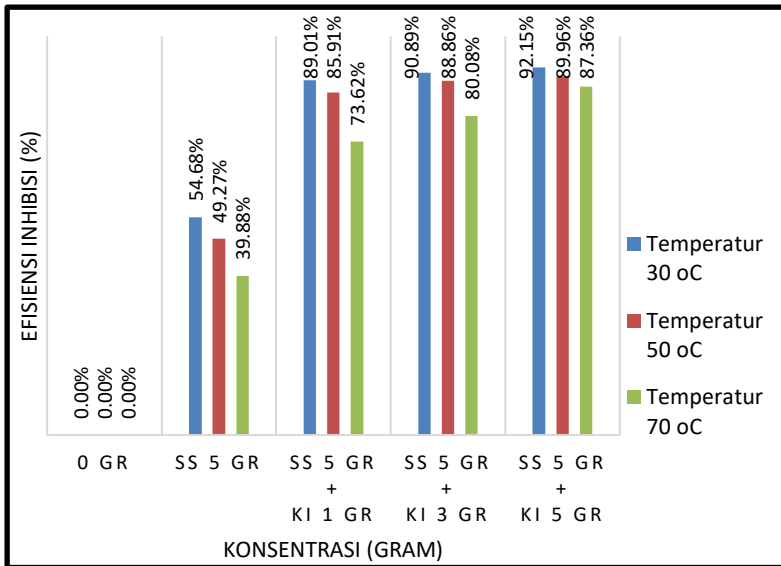
Pada gambar 4.4 mengenai pengaruh konsentrasi inhibitor ekstrak sarang semut dan juga campuran inhibitor ekstrak sarang semut dengan kalium iodida terhadap laju korosi baja API 5 L *Grade B* pada temperature 30, 50 dan 70 °C terlihat bahwa



penambahan inhibitor dapat menurunkan laju korosi. Adapun pengambilan data *weight loss* dilakukan setelah baja mengalami perendaman selama 3 jam pada larutan HCl 1 M.

Berdasarkan gambar 4.4 didapatkan bahwa penambahan inhibitor sarang semut dan juga campuran antara inhibitor sarang semut dengan kalium iodida dapat menurunkan laju korosi. dengan kalium iodida sebanyak 5 gr/l. Pada temperatur 30°C, laju korosi terendah terjadi saat penambahan 5 gr/l inhibitor sarang yang dicampur dengan 5 gr/l kalium iodide pada media HCl 1 M, yaitu sebesar 0,014 mpy. Pada temperature 50°C, laju korosi terendah terjadi saat penambahan 5 gr/l inhibitor sarang yang dicampur dengan 5 gr/l kalium iodide pada media HCl 1 M, yaitu sebesar 0,056 mpy. Sedangkan pada temperatur 70°C, laju korosi terendah juga terjadi saat penambahan 5 gr/l inhibitor sarang yang dicampur dengan 5 gr/l kalium iodide pada media HCl 1 M, yaitu sebesar 0,125 mpy. Dari sini dapat dilihat bahwa laju korosi paling rendah terjadi di temperature 30°C dengan penambahan campuran inhibitor sarang semut dan kalium iodide yang masing-masing sebanyak 5 gr/l, sebesar 0,014 mpy.

Pada gambar 4.4 juga dapat dilihat bahwa, trend laju korosi baja API 5 L Grade B pada setiap kondisi temperatur tersebut menurun. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan konsentrasi inhibitor yang diberikan ke larutan HCl 1 M dalam temperature yang sama dapat menurunkan laju korosi pada baja API 5 L Grade B. Sedangkan pada temperature yang berbeda tetapi konsentrasi inhibitorynya sama, trend dari grafik menunjukkan bahwa laju korosi semakin meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa inhibitor bekerja kurang baik pada temperature yang tinggi.



Gambar 4. 5 Grafik Efisiensi Inhibisi Inhibitor terhadap Baja API 5L Grade B

Pada gambar 4.5 mengenai pengaruh konsentrasi inhibitor sarang semut dan juga campuran antara inhibitor sarang semut dengan kalium iodida terhadap baja API 5 L Grade B pada temperatur 30, 50 dan 70°C, dapat dilihat bahwa penambahan konsentrasi inhibitor dapat meningkatkan efisiensi inhibisi dari inhibitor Adapun pengambilan data *weight loss* dilakukan setelah baja mengalami perendaman selama 3 jam pada larutan HCL 1 M.

Pada temperature 30°C, efisiensi terbesar adalah 92,15% dengan konsentrasi inhibitor sarang semut sebanyak 5 gr/l dan ditambah dengan kalium iodide sebanyak 5 gr/l. Pada temperature 50°C, efisiensi terbesar adalah 89,96% dengan konsentrasi inhibitor sarang semut sebanyak 5 gr/l dan ditambah dengan kalium iodide sebanyak 5 gr/l. Sedangkan pada temperature 70°C, efisiensi terbesar adalah 87,36% dengan konsentrasi inhibitor sarang semut sebanyak 5 gr/l dan ditambah dengan kalium iodide sebanyak 5 gr/l. Dari sini dapat dilihat bahwa efisiensi inhibisi



inhibitor paling tinggi terjadi pada temperature 30°C dengan penambahan campuran inhibitor sarang semut dan kalium iodide yang masing-masing sebanyak 5 gr/l, sebesar 92,15%.

Pada gambar 4.5 juga dapat dilihat bahwa, trend efisiensi inhibitor pada setiap kondisi temperatur semakin meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan konsentrasi inhibitor yang diberikan ke larutan HCl 1 M dalam temperature yang sama dapat meningkatkan efisiensi inhibisi dari inhibitor tersebut. Sedangkan pada temperature yang berbeda tetapi konsentrasi inhibitornya sama, trend dari grafik menunjukkan bahwa efisiensi inhibitor menurun. Hal ini menunjukkan bahwa inhibitor bekerja kurang baik pada temperature yang tinggi.

4.1.3 Hasil Uji Tafel

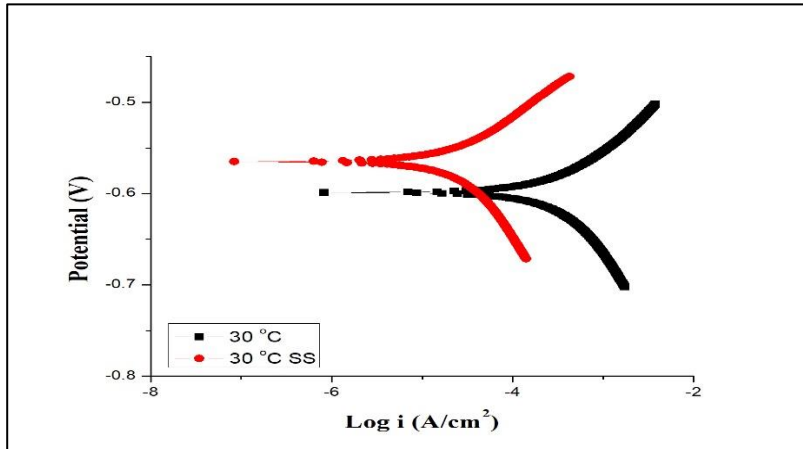
Pengujian tafel polarisasi ini dilakukan berdasarkan hasil pengujian *weight loss* pada nilai efisiensi inhibisi inhibitor yang tertinggi dalam setiap temperatur yang berbeda. Pada temperatur 30, 50 dan 70°C konsentrasi inhibitor yang digunakan 5 gr/l sarang semut yang ditambahkan dengan 5 gr/l kalium iodide, karena efisiensi tertinggi pada ketiga temperature tersebut adalah saat penambahan konsentrasi inhibitor sarang semut dan kalium iodide masing-masing 5 gr/l. Penelitian ini menggunakan alat Wuhan Corrtest Instrumen yang diolah menggunakan software Corrtest v5.5. Hasil pengujian ini diperoleh kurva potensial tafel yang disajikan dalam kurva E (potensial) berbanding dengan log (i). Selain itu juga perlu dilakukan uji tafel pada spesimen dengan tanpa inhibitor, yang digunakan sebagai pembandingan.

Tabel 4. 3 Parameter pengujian potensiodinamik

Elektroda Kerja	Baja API 5 L Grade B
Elektroda Bantu	Grafit
Elektroda Acuan	Hg/HgCl
Densitas(gr/cm ³)	7.86
Luasan Terekspose(cm ²)	1
Scan Rate	10

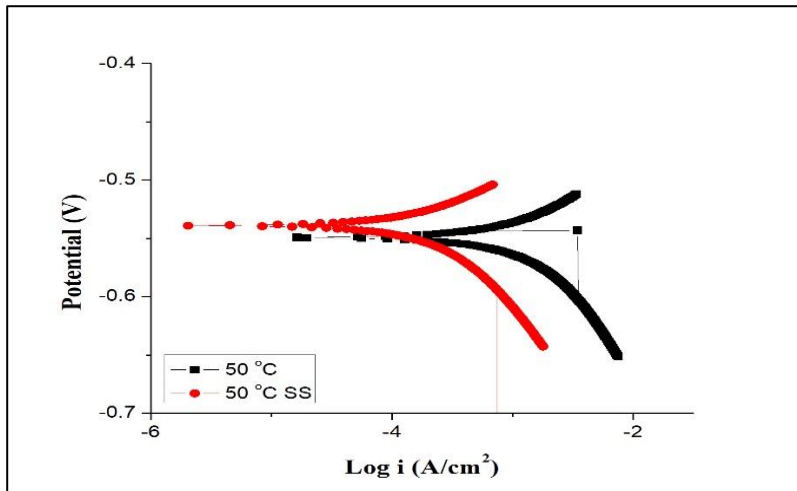
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Parameter di atas digunakan untuk mendapatkan kurva polarisasi yang diinputkan ke software Cortest 5.5



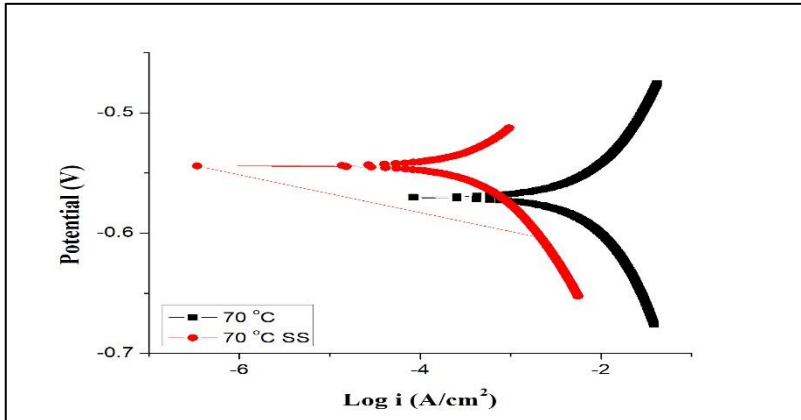
Gambar 4. 6 Perbandingan Kurva Tafel antara Tanpa Inhibitor dan dengan Inhibitor Sarang Semut 5gr/L ditambah Kalium Iodida 5gr/L pada Temperatur 30°C

Pada gambar 4.6 menunjukkan bahwa ketika penambahan inhibitor campuran sarang semut 5 gr/L dan kalium iodide 5gr/L pada temperatur 30°C kurva tafel untuk kedua campuran inhibitor bergeser ke arah yang lebih positif, potensial korosi bergeser dari -0,59877 V menjadi -0.56494 V dan nilai densitas arus korosi mengalami penurunan dari 0,00042559 A/cm² menjadi 0,34858 (10⁻⁵ Am/cm²).



Gambar 4. 7 Perbandingan Kurva Tafel antara Tanpa Inhibitor dan dengan Inhibitor Sarang Semut 5gr/L ditambah Kalium Iodida 5gr/L pada Temperatur 50°C

Pada gambar 4.7 menunjukkan bahwa ketika penambahan inhibitor campuran sarang semut 5 gr/L dan kalium iodide 5gr/L pada temperatur 50°C kurva tafel untuk kedua campuran inhibitor bergeser ke arah yang lebih positif, potensial korosi bergeser dari -0,54937 V menjadi -0.53901 V dan nilai densitas arus korosi mengalami penurunan dari 0,0022827 A/cm² menjadi 0,00024731 Am/cm².



Gambar 4. 8 Perbandingan Kurva Tafel antara Tanpa Inhibitor dan dengan Inhibitor Sarang Semut 5gr/L ditambah Kalium Iodida 5gr/L pada Temperatur 70°C

Pada gambar 4.8 menunjukkan bahwa ketika penambahan inhibitor campuran sarang semut 5 gr/L dan kalium iodide 5gr/L pada temperatur 70°C kurva tafel untuk kedua campuran inhibitor bergeser kearah yang lebih positif, potensial korosi bergeser dari -0,57033 V menjadi -0.5442 V dan nilai densitas arus korosi mengalami penurunan dari 0,015346 A/cm² menjadi 0,00060592 Am/cm².

Tabel 4. 4 Parameter Hasil Uji Potensiodinamik

Konsentrasi	T	E _{corr} (V)	I _{corr} (10 ⁻⁵ A/cm ²)	CR (mpy)	EI (%)
0	30	-0,59877	42,559	5,0396	
SS 5g/l + KI 5g/l	30	-0.56494	0,34858	0,40893	91,89
0	50	-0,54937	228,27	26,778	
SS 5g/l + KI 5g/l	50	-0.53901	24,731	2,9013	89,2



0	70	-0,57033	1534,6	180,03	
SS 5g/l + KI 5g/l	70	-0.5442	60,592	7,1082	96

Pada tabel 4.4 didapatkan beberapa parameter seperti E_{corr} , I_{corr} , laju korosi dan efisiensi. Pada temperature 30, 50 dan 70°C dengan konsentrasi SS 5g/l + KI 5g/l, I_{corr} mengalami penurunan dibandingkan dengan konsentrasi tanpa inhibitor. Pada temperature yang sama, penurunan I_{corr} berbanding lurus dengan penurunan laju korosi dan berbanding terbalik dengan efisiensi inhibitor. Kenaikan temperature menyebabkan I_{corr} turun dan efisiensi inhibitor naik. Hal ini terjadi karena semakin tinggi temperature maka reaksi yang terjadi menjadi semakin cepat, sehingga inhibitor mampu untuk langsung bereaksi dengan logam. Efisiensi tertinggi di dapat pada konsentrasi SS 5g/l + KI 5g/l dengan temperature 70°C yaitu sebesar 96%.

4.1.4 Hasil Uji EIS

Untuk mengetahui mekanisme inhibitor pada baja API 5L Grade B dengan campuran inhibitor ataupun konsentrasi tanpa inhibitor alat yang digunakan pada pengujian EIS sama dengan pengujian polarisasi yaitu Wuhan Corrtest Instrumen dengan software Zview vol 5.5. Pengujian EIS ini berdasarkan hasil pengujian *weight loss* pada nilai efisiensi inhibisi inhibitor yang tertinggi dalam setiap temperatur yang berbeda. Pada temperatur 30, 50 dan 70°C konsentrasi inhibitor yang digunakan 5 gr/l sarang semut yang ditambahkan dengan 5 gr/l kalium iodide. Hasil tersebut akan dibandingkan dengan spesimen baja api 5L Grade B non inhibitor. Tabel 4.7 menunjukkan parameter yang digunakan dalam pengujian EIS ini meliputi :

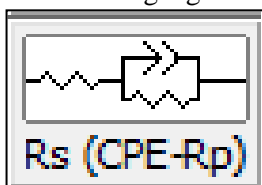
Tabel 4. 5 Parameter uji EIS

Elektroda Kerja	API 5L Grade B
Elektroda Bantu	Grafit
Elektroda Acuan	Hg/HgCl

BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

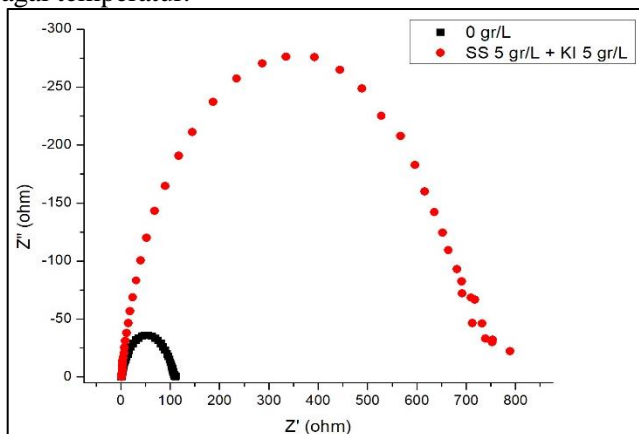
Densitas(gr/cm ³)	7.86
Luasan Terekspose(cm ²)	1
Frekuensi mulai	10000
Frekuensi selesai	0.1

Pada gambar 4.9 terlihat parameter sirkuit yang didapatkan pada tabel 4.5, R_s merupakan tahanan larutan, R_p merupakan tahanan logam. Permukaan double layer dan kurva nyquist setengah lingkaran terbentuk akibat dari tidak homogen permukaan logam, impuritas dan tegangan sisa dll (Souza, 2009).



Gambar 4. 9 Sirkuit equivalent pada pengujian EIS

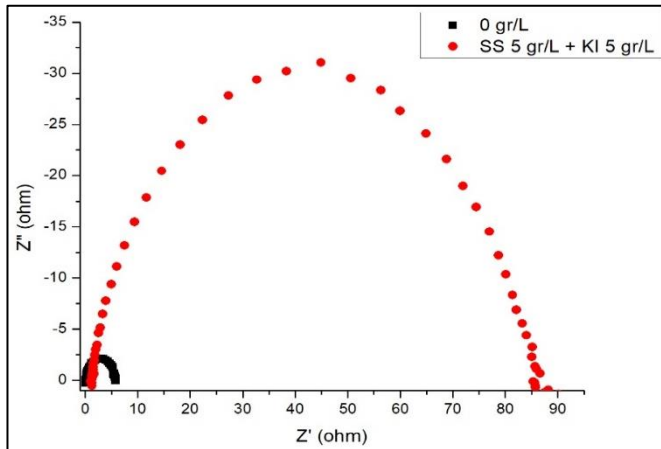
Berikut adalah analisa hasil uji EIS pada penambahan inhibitor campuran sarang semut dan kalium iodide dengan konsentrasi masing 5 gr/l serta tanpa penambahan inhibitor pada berbagai temperatur.



Gambar 4. 10 Kurva Nyquist untuk Sampel Non Inhibitor dengan Sampel Inhibitor L pada Temperatur 30°C



Hasil pengujian EIS dengan dan tanpa penambahan inhibitor pada temperature 30°C dapat dilihat pada gambar 4.10. Pada gambar 4.10 dapat diketahui bahwa diameter kurva Nyquist dari penambahan inhibitor lebih besar daripada tanpa inhibitor, hal ini dikarenakan adanya transfer muatan pada surface logam. Sedangkan ion-ion yang berperan sebagai inhibitor korosi tersebut membentuk lapisan pasif untuk memproteksi permukaan logam, sehingga tahanan yang terbentuk akan semakin besar. Hal ini ditunjukkan dengan naiknya nilai R_p dari $106,3 \text{ m}\Omega$ menjadi $710,2 \text{ m}\Omega$ setelah ditambahkan dengan inhibitor. Efisiensi inhibisi sebesar 85%.

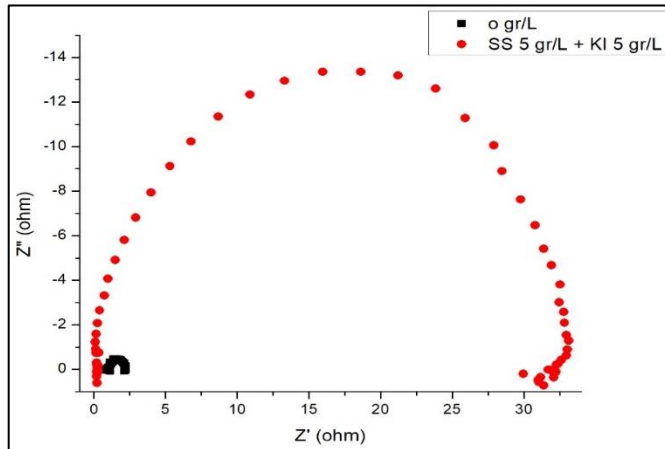


Gambar 4. 11 Kurva Nyquist untuk Sampel Non Inhibitor dengan Sampel Inhibitor pada Temperatur 50°

Hasil pengujian EIS dengan dan tanpa penambahan inhibitor pada temperature 50°C dapat dilihat pada gambar 4.11. Pada gambar 4.11 dapat diketahui bahwa diameter kurva Nyquist dari penambahan inhibitor lebih besar daripada tanpa inhibitor, hal ini dikarenakan adanya transfer muatan pada surface logam. Sedangkan ion-ion yang berperan sebagai inhibitor korosi

BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

tersebut membentuk lapisan pasif untuk memproteksi permukaan logam, sehingga tahanan yang terbentuk akan semakin besar. Hal ini ditunjukkan dengan naiknya nilai R_p dari 6,585 m Ω menjadi 82,34 m Ω setelah ditambahkan dengan inhibitor. Efisiensi inhibisi sebesar 92%.



Gambar 4. 12 Kurva Nyquist untuk Sampel Non Inhibitor dengan Sampel Inhibitor Sarang Semut 5 gr/L Ditambah KI 5 gr/L pada Temperatur 70⁰

Hasil pengujian EIS dengan dan tanpa penambahan inhibitor pada temperature 70⁰C dapat dilihat pada gambar 4.12. Pada gambar 4.12 dapat diketahui bahwa diameter kurva Nyquist dari penambahan inhibitor lebih besar daripada tanpa inhibitor, hal ini dikarenakan adanya transfer muatan pada surface logam. Sedangkan ion-ion yang berperan sebagai inhibitor korosi tersebut membentuk lapisan pasif untuk memproteksi permukaan logam, sehingga tahanan yang terbentuk akan semakin besar. Hal ini ditunjukkan dengan naiknya nilai R_p dari 1,194 m Ω menjadi 28,01 m Ω setelah ditambahkan dengan inhibitor. Efisiensi inhibisi sebesar 95,74%.

**Tabel 4. 6** Parameter Hasil Uji EIS

Konsentrasi	Temperatur	Rs (mΩ)	Rp (mΩ)	CPE (N)	%EI
0	30	1,578	106,3	0,77057	
SS 5g/l + KI 5g/l	30	1,553	710,2	0,86591	85
0	50	1,366	6,585	0,86018	
SS 5g/l + KI 5g/l	50	1,295	82,34	0,85109	92
0	70	1,006	1,194	0,83646	
SS 5g/l + KI 5g/l	70	0,42365	28,01	0,99546	95,74

Berdasarkan table 4. Dapat dilihat bahwa efisiensi inhibisi semakin meningkat dengan naiknya temperatur dari 30· 50 dan 70 °C dengan nilai berturut-turut 85%, 92% dan 95%. Hal ini menunjukkan inhibitor dapat bereaksi dengan cepat akibat kenaikan temperature, sehingga inhibitor bekerja lebih baik pada temperature tinggi.

4.1.5 Perhitungan Adsorpsi Isothermal

Perhitungan adsorpsi isothermal Langmuir ini digunakan untuk menjelaskan sifat adsorpsi pada kesetimbangan. Sifat adsorpsi dari masing-masing inhibitor diuji dengan menggunakan persamaan Langmuir yang telah dijelaskan pada bab 2.

Tabel 4. 7 Energi Bebas Adsorpsi pada Temepratur 30°C

T (K)	Konsentrasi	EI (%)	Kads	Energi Bebas Adsorpsi (kJ/mol K)
303	0	0	0	0
303	SS 5gr/L	54.68	0.241306267	-13.8202

BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN



303	SS 5gr/L + KI 1gr/L	89.01	1.349863512	-18.1574
303	SS 5gr/L + KI 3gr/L	90.89	1.247118551	-17.9579
303	SS 5gr/L + KI 5gr/L	92.15	1.17388535	-17.8055

Tabel 4. 8 Energi Bebas Adsorpsi pada Temepratur 50°C

T (K)	Konsentrasi	EI (%)	Kads	Energi Bebas Adsorpsi (kJ/mol K)
323	0	0	0	0
323	SS 5gr/L	49.27	0.194244037	-14.1498
323	SS 5gr/L + KI 1gr/L	85.91	1.016205347	-18.5934
323	SS 5gr/L + KI 3gr/L	88.86	0.997082585	-18.5424
323	SS 5gr/L + KI 5gr/L	89.96	0.896015936	-18.2554

Tabel 4. 9 Energi Bebas Adsorpsi pada Temepratur 70°C

T (K)	Konsentrasi	EI (%)	Kads	Energi Bebas Adsorpsi (kJ/mol K)
343	0	0	0	0
343	SS 5gr/L	39.88	0.132667997	-13.9387
343	SS 5gr/L + KI 1gr/L	73.62	0.465125095	-17.516
343	SS 5gr/L + KI 3gr/L	80.08	0.50251004	-17.7365
343	SS 5gr/L + KI 5gr/L	87.36	0.691139241	-18.6454



Menurut Taleb Ibrahim (2011), nilai energi bebas adsorpsi yang lebih positif dari -20 kJ/mol mengindikasikan terjadi adsorpsi fisik pada permukaan logam (*physisorption*). Sedangkan jika nilai energi bebas adsorpsi berada pada rentangan 20 to -40 kJ/mol cara kerja inhibitor berupa campuran dengan electrostatic (*physisorption*) dan sharing electron (*chemisorption*) pada permukaan metal. Sedangkan apabila nilainya lebih negatif dari -40 kJ/mol, proses adsorpsinya melibatkan transfer atau sharing dari molekul inhibitor kepada permukaan logam untuk membentuk ikatan koordinat. Artinya proses adsorpsi yang terjadi berjalan secara kimiawi (*chemisorption*).

4.2 Pembahasan

Dari hasil uji FTIR pada tabel 4.6 menyatakan bahwa penambahan inhibitor campuran sarang semut dan KI masing-masing sebanyak 5 gr/L ke dalam larutan HCl 1 M membentuk senyawa tertentu pada permukaan logam. Senyawa Amides, bonded NH (primary), Azo compounds dan Iodides berada pada permukaan logam, sehingga dapat dikatakan bahwa senyawa-senyawa tersebut teradsorpsi. Senyawa fenolik O-H ini terutama dapat berperan sebagai inhibitor korosi. Pada pengujian FTIR inhibitor terdapat beberapa unsur yang diindikasikan dapat menjadi inhibitor korosi seperti atom N, O, P, S (Hosseini, 2017). Ekstrak bahan alam khususnya senyawa yang mengandung atom N, O, P, S, dan atom-atom yang memiliki pasangan elektron bebas. Unsur-unsur yang mengandung pasangan elektron bebas ini nantinya dapat berfungsi sebagai ligan yang akan membentuk senyawa kompleks dengan logam.

Pada pengujian *weightloss*, ekstrak inhibitor sarang semut dan campurannya dengan kalium iodida menunjukkan hasil efisiensi tertinggi dengan laju korosi yang rendah pada konsentrasi yang sama di tiap temperature yang berbeda. Pada temperature 30°C , efisiensi tertinggi ditunjukkan oleh konsentrasi campuran sarang semut dan kalium iodide yang masing masing berjumlah 5 gr/L, efisiensinya adalah $92,15\%$ dengan laju korosi

BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN



0,014 mpy. Pada temperature 50°C, efisiensi tertinggi juga diperoleh dari campuran sarang semut dan kalium iodide yang masing-masing sebanyak 5gr dengan efisiensi 89,96% dan laju korosi sebesar 0,056 mpy. Terakhir pada temperature 70°C, efisiensi tertinggi juga didapatkan saat penambahan campuran antara sarang semut dan kalium iodide dengan jumlah masing-masingnya 5gr/L, efisiensinya adalah sebesar 87,36% dengan laju korosi sebesar 0,125 mpy. Trend yang ada pada gambar 4.2 dan 4.3 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi inhibitor pada temperature yang sama, maka laju korosi menurun dan efisiensi inhibitor meningkat. Selain itu juga dengan penambahan kalium iodide ke dalam inhibitor sarang semut, mampu menjadikan inhibitor bekerja lebih baik dalam menurunkan laju korosi pada temperature tinggi dibandingkan hanya menggunakan inhibitor sarang semut saja. Terbukti pada temperatur 70°C jika menggunakan inhibitor sarang semut sebanyak 5gr/L, maka laju korosinya sebesar 0,595 mpy. Sedangkan jika menggunakan campuran inhibitor sarang semut dan kalium iodide dengan jumlah masing-masing 5gr/L, maka laju korosinya menurun menjadi 0,125 mpy. Tetapi meningkatnya temperature pada konsentrasi yang sama dapat menurunkan kinerja inhibitor, seperti yang dapat dilihat pada gambar 4.2 dan 4.3. Secara umum peningkatan konsentrasi inhibitor menyebabkan menurunnya laju korosi hal ini disebabkan jumlah adsorpsi inhibitor pada permukaan metal dan meningkatnya surface coverage. Kandungan inhibitor seperti saponins, flavanoids, tannis, alkaloids, organic acid heteroatom seperti nitrogen, oksigen, fluor dan cicin aromatic yang mempunyai pasangan electron bebas akan teradsorpsi atau berikatan dengan permukaan logam hal ini akan menghalangi beberapa unsur seperti chloride (Cl-) dan hydrogen (H+) untuk teradsorpsi ke permukaan metal. Dengan substitusi antara molekul air pada permukaan baja dan molekul organic inhibitor (Gopiraman,201; Kassim,2015 ;Aisha,2016).

Hasil pengujian tafel polarisasi menunjukkan bahwa inhibitor daun asam jawa dan inhibitor kulit melinjo merupakan

BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN



mixed inhibitor bila dilihat dari pergeseran nilai potensial korosinya pada tabel 4.10. Menurut Ying Yan (2008), inhibitor dapat dikategorikan anodik atau katodik jika potensial korosi bergeser lebih dari 85 mV terhadap potensial korosi tanpa inhibitor. Jadi, dapat disimpulkan bahwa inhibitor campuran sarang semut dengan kalium iodida merupakan *mixed inhibitor* karena memiliki selisih potensial korosinya tidak melebihi 85 mV dan juga dapat dilihat dari bentuk kurva polarisasi penambahan inhibitor pada gambar 4.4, 4.5 dan 4.6 ini terjadi pergeseran kurva ke arah anodik dan katodik. Efisiensi dari inhibitor campuran ini terdapat perbedaan yang tidak terlalu signifikan antara hasil uji tafel polarisasi dengan uji *weight loss*. Pengujian *weight loss* menghasilkan kondisi riil dari proses inhibisi suatu inhibitor terhadap logamnya. Sedangkan pengujian tafel polarisasi merupakan kondisi sesaat mengenai perilaku inhibisi suatu inhibitor. Pada pengujian tafel polarisasi ini dihasilkan nilai laju korosi dari penambahan inhibitor SS 5gr/L + KI 5gr/L yang lebih besar daripada non inhibitor. Pada temperature mulai dari 30, 50 dan 70°C menyebabkan penurunan icorr dan efisiensi juga meningkat, hanya pada temperature 50°C efisiensi lebih rendah dari yang lain. Efisiensi tertinggi terdapa pada temperature 70°C yaitu 96%.

Pada pengujian EIS diperoleh kurva nyquist dengan bentuk setengah lingkaran. Bentuk setengah lingkaran yang tidak sempurna terjadi akibat penyebaran frekuensi pada permukaan metal yang heterogenety saat proses adsorpsi. Keadaan ini biasanya terjadi akibat kekasaran permukaan, impuritas, dislokasi, adsorpsi inhibitor dan porous layer (De Souza, 2009; Khaled,2006). Hasil dari pengujian EIS menunjukkan bahwa, penambahan inhibitor ke dalam larutan HCL 1 M dapat menurunkan laju korosi dari baja API 5 L Grade B. Hal ini ditunjukkan dengan meningkatnya *Resistance polarization* (R_p) pada saat penambahan inhibitor campuran dibandingkan dengan tanpa menggunakan inhibitor. Tahanan polarisasi dengan adanya penambahan inhibitor campuran lebih besar, seperti yang

BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN



ditunjukkan pada tabel 4.3. Menurut Hossein (2017) hal ini disebabkan terdapat lapisan barrier yang terbentuk pada permukaan baja akibat adsorpsi molekul inhibitor. Tetapi dengan meningkatnya temperature Rp yang muncul akan semakin kecil seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.3. Menurut Wahyuningsih (2010), hal ini berkaitan dengan perpindahan elektron, semakin cepat elektron berpindah maka tahanan yang terbentuk akan semakin kecil dan laju korosi akan semakin tinggi. Begitu juga bila semakin lambat elektron berpindah maka tahanan yang terbentuk akan semakin besar dan laju korosinya tinggi.

Pada perhitungan energy bebas adsorpsi isothermal didapatkan hasil seperti pada table 4.4, 4.5 dan 4.6. Menurut Taleb Ibrahim (2011), nilai energi bebas adsorpsi yang lebih positif dari -20 kJ/mol mengindikasikan terjadi adsorpsi fisik pada permukaan logam (*physisorption*). Sedangkan jika nilai energi bebas adsorpsi berada pada rentangan 20 to -40 kJ/mol cara kerja inhibitor berupa campuran dengan electrostatic (*physisorption*) dan sharing electron (*chemisorption*). Sedangkan apabila nilainya lebih negatif dari -40 kJ/mol, proses adsorpsinya melibatkan transfer atau sharing proses adsorpsi yang terjadi berjalan secara kimiawi (*chemisorption*). Berdasarkan perhitungan energy bebas adsorpsi isothermal yang telah dilakukan, maka semua hasil pada percobaan *weight loss* mengindikasikan terjadi adsorpsi secara fisik (*physisorption*) pada permukaan logam. Karena semua hasil perhitungan energy bebas adsorpsi isothermal pada semua temperature dan semua konsentrasi menunjukkan nilai energy bebas adsorpsi isothermal lebih positif dari -20 kJ/mol. Ikatan yang terjadi ini termasuk ikatan yang lemah terhadap kenaikan temperature. Hal ini terbukti pada gambar 4.2, di mana semakin tinggi temperatur dengan konsentrasi yang sama, maka laju korosi akan semakin tinggi.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari pengujian dan analisa yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa:

1. Penambahan kalium iodida ke dalam inhibitor sarang semut dapat menurunkan laju korosi baja API 5L *Grade B* di larutan HCl 1 M. Di mana laju korosi terendah dan efisiensi inhibisi tertinggi di temperatur 30, 50 dan 70 (°C) terjadi pada saat penambahan 5gr/L kalium iodide ke dalam 5gr/L inhibitor sarang semut. Laju korosi terendah pada temperatur 30, 50 dan 70 (°C) secara berurutan adalah sebesar 0,014 mpy, 0,056 mpy dan 0,125 mpy dan efisiensi inhibisi tertinggi pada temperatur 30, 50 dan 70 (°C) secara berurutan adalah 92,15%, 89,96% dan 87,36%.
2. Mekanisme inhibisi dari inhibitor campuran ekstrak sarang semut dan kalium iodida adalah bersifat fisisorpsi pada baja API 5 L *grdae B*. Hal ini dibuktikan dengan hasil perhitungan adsorpsi isothermal Langmuir yang di mana nilai enegi bebas adsorpsi isothermal pada semua hasil pengujian *weight loss* menunjukkan nilai lebih positif dari -20 kJ/mol.

5.2 Saran

Saran dari penulis untuk penelitian ini kedepannya adalah:

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk memperoleh titik maksimum konsentrasi inhibitor dapat bekerja.
2. Diperlukan karakterisasi lebih lanjut untuk melihat produk korosi yang terbentuk pada permukaan logam yang telah diberi inhibitor maupun yang tidak diberi inhibitor.
3. Perlu adanya variasi temperatur dan agitasi pada pengujian selanjutnya untuk melihat kinerja inhibitor pada aplikai yang sebenarnya



DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Z. (2006). *Principles of Corrosion Engineering and Corrosion Control*. New Yrk: Elsevier.
- Alexandre. 2010. *Corrosion Inhibitors – Principles, Mechanisms and Applications*. Dariva and Galio: licensee InTech
- Anejar, A. (2013). *Inhibition of Carbon Steel in 1 M HCl Medium by Potassium Thiocyanate*. Agadir: Universite 'Ibn Zohr.
- ASTM International. (2005). *Corrosion Materials*.
- Azzis, S. N. 2012. *Deteksi Hormon Kortikosteron Dalam Sampel Urine Tikus (Rattus norvegicus) Betina Menggunakan Teknologi Fourier Transform Infrared (FTIR)*. Departemen Biologi, Universitas Indonesia
- Callister, W. D. (2010). *Materials Science and Engineering an Introduction Eight Edition*. New York: John Willey & Sons, Inc.
- Dalimuthe, I. S. (2004). *Kimia dari Inhibitor Korosi*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Dariva, Camila G. Galio, Alexandre F. 2014. *Corrosion Inhibitors- Principles, Mechanisms and Applications*. INTECH
- Firmansyah, Dede. 2011. *Studi Inhibisi Korosi Baja Karbon dalam Larutan Asam 1M HCl oleh Ekstrak Duan Sirsak (Annona Muricata)*. Depok: Universitas Indonesia
- Fontana, M. (1987). *Corrosion Engineering*. Ohio: Department of Metallurgical Engineering Ohio University.
- Handbook, A. (2005). *Corrosion Material Volume 13 B*. USA.
- Haryono, G. d. (2010). *Ekstrak Bahan Alam sebagai Inhibitor Korosi*. Yogyakarta: FTI UPN Veteran.
- Hui Cang, Zhe Tang .2017. *Study on the Synergistic Effect of Iodide Ion with the Extract of Artemisia Halodendron on the Corrosion Inhibition*. College of Chemistry and Chemical Engineering, Yancheng Institute of Technology: Yancheng



- Ibrahim, Taleb. Alayan, Hisham. Al Mowaqet, Yasmin. 2011. *The Effect of Thyme leaves Extract on Corrosion of Mild Steel in HCl*. Progress in Organic Coating 75 (2012): 456- 462.
- Ituen, E. d. (2016). *Eco Friendly Corrosion Inhibitor from Pennisetum Purpureum Biomass and Synergistic Intensifier for Mild Steel*. Qingdao: China University of Petroleum.
- Jones, D. A. (1992). *Principles and Prevention of Corrosion*. Toronto: Maxwell Macmillan Canada.
- NACE International. 1973. *Corrosion Inhibitor*. Texas: Nathan, C. C
- Nugroho, Adhi. 2011. “*Pengaruh Penambahan Inhibitor Organik Ekstrak Ubi Ungu terhadap Laju Korosi pada Material Baja Low Carbon di Lingkungan 3,5 %*”. Universitas Indonesia: Fakultas Teknik
- Nwosu. 2014. “*Acidic Corrosion Inhibition of Piper guineense Seed Extract on Al Alloy*”. America: American Journals of Material
- Perez, Nestor. 2004. *Electrochemistry and Corrosion Science*. Kluwer Academic Publisher.
- Praditya, A. (2014). *Inhibition of Corrosion of Carbon Steel in 3,5% NaCl Solution by Myrmecodia Pendans Extract*. Surabaya: Teknik Material dan Metalurgi ITS.
- Praditya, A. (2017). *Effect of Temperature on the Application of Sarang Semut Extract for Environmentally Friendly Corrosion Inhibitor*. Surabaya: Teknik Material dan Metalurgi.
- Rahim, A. A. (2007). *Mangrove Tannins and Their Flavanoids Monomers as Alternative Steel Corrosion Inhibitors in Acidic Medium*.
- Revie, R. Winston. 2000. *Uhlig’s Corrosion Handbook (2nd Edition)*. New York. : John Willey & Sons Inc.
- Riastuti, Rini. (2008). *Diktat Mata Kuliah Korosi dan Proteksi Logam*. Depok: Universitas Indonesia.



- Roberge, P. R. (2000). *Handbook of Corrosion Engineering*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Sanyal, B., *Organic Compounds as Corrosion Inhibitors in Different Environments*. A review Progress in Organic Coatings, vol. 9, pp. 165-236, 1981.
- Sazha. (2014). *Aplikasi Sarang Semut (Myrmecodia Pendans) sebagai Inhibitor Korosi pada Baja API 5 L Grade B dan AISI 1010 dalam Media 3,5% NaCl*. Surabaya: Teknik Material dan Metalurgi ITS.
- Sidiq, M. Fajar. 2013. *Analisa Korosi dan Pengendaliannya*. Akademi Perikanan Baruna Slawi. Journal Foundry vol. 3 No. 1 ISSN: 2087-2259 (Sidiq, 2013)
- Silverstein, R. M. Webster, F. X. Kiemle, D. J. 2005. *Spectrometric Identification of Organic Compounds 7th edition*. USA: JohnWiley & Sons.
- Standard API. 2004. *API Spcification 5L, Specification for Line Pipe*. 43rd edition
- Stwertka, Albert (2002). *A Guide to the Elements*. Oxford University Press, USA. p. 137. ISBN 9780195150261. Archived from the original on 2017-09-14.
- Trethewey and Chamberlain. 1991. *Korosi Untuk Mahasiswa dan Rekayasawan*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Utomo, Budi. 2009. *Jenis Korosi dan Penanggulangannya*. Universitas Diponegoro



LAMPIRAN

1. Pembuatan Larutan HCl 1M

Diketahui:

Berat Jenis HCl : 1,19 g/ml

Mr HCl : 36,5 g/mol

%HCl : 37%

Ditanya: volume HCl untuk membuat larutan HCl 1 M dalam 1 liter?

Jawab

$$M = \frac{\% \times 10 \times BJ}{Mr}$$
$$M = \frac{37 \times 10 \times 1,19}{36,5}$$
$$M = 12,06 \text{ M}$$

Dalam membuat 1000ml HCl 1M maka dilakukan pengenceran dengan rumus:

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$
$$V_1 \times 12,06 = 1000 \times 1$$
$$V_1 = 83 \text{ ml}$$

Maka untuk membuat 1L larutan 1M HCl dibutuhkan 83ml HCl 37% kemudian ditambahkan dengan aquades hingga volume total 1 L



2. Lampiran Hasil Pengujian *Weight Loss*

Data pengujian weight loss di temperature 30°C

Konsentrasi	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Selisih (gr)	Laju Korosi (mpy)	Efisiensi (%)
0 gr	11.0343	10.9542	0.0801	0.176	0.00%
SS 5 gr	10.6137	10.5774	0.0363	0.080	54.68%
SS 5 gr + KI 1 gr	10.9987	10.9899	0.0088	0.019	89.01%
SS 5 gr + KI 3 gr	10.464	10.4567	0.0073	0.016	90.89%
SS 5 gr + KI 5 gr	9.75899	9.7527	0.00629	0.014	92.15%

Data pengujian weight loss di temperature 50°C

Konsentrasi	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Selisih (gr)	Laju Korosi (mpy)	Efisiensi (%)
0 gram	11.3571	11.103	0.2541	0.558	0.00%
SS 5 gram	11.0089	10.88	0.1289	0.283	49.27%
SS 5 gram + KI 1 gram	10.9168	10.881	0.0358	0.079	85.91%
SS 5 gram + KI 3 gram	11.4486	11.4203	0.0283	0.062	88.86%



Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI-ITS

SS 5 gram + KI 5 gram	10.9658	10.9403	0.0255	0.056	89.96%
-----------------------------	---------	---------	--------	-------	--------

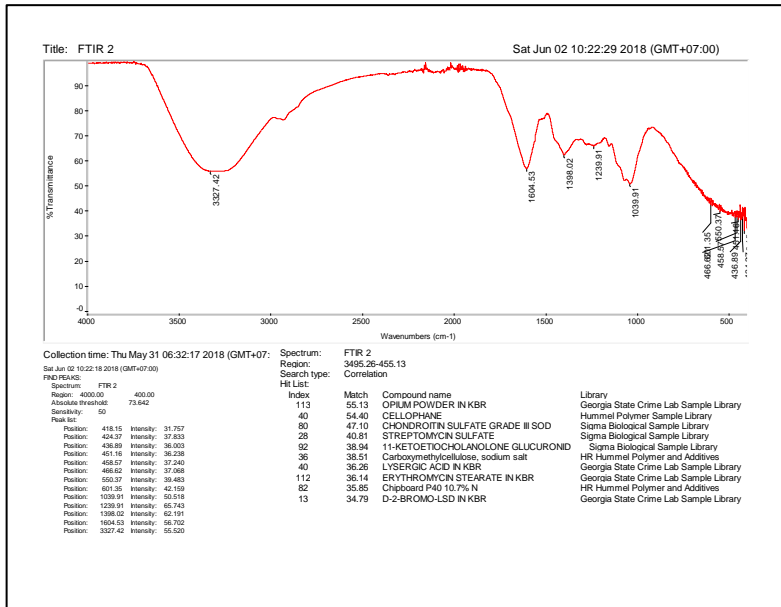
Data pengujian weight loss di temperature 70°C

Konsentrasi	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Selisih (gr)	Laju Korosi (mpy)	Efisiensi (%)
0 gram	11.0078	10.557	0.4508	0.989	0.00%
SS 5 gram	11.576	11.305	0.271	0.595	39.88%
SS 5 gram + KI 1 gram	10.6905	10.5716	0.1189	0.261	73.62%
SS 5 gram + KI 3 gram	11.0917	11.0019	0.0898	0.197	80.08%
SS 5 gram + KI 5 gram	11.445	11.388	0.057	0.125	87.36%



3. Lampiran Hasil Pengujian FTIR

Hasil FTIR Ekstrak Sarang Semut

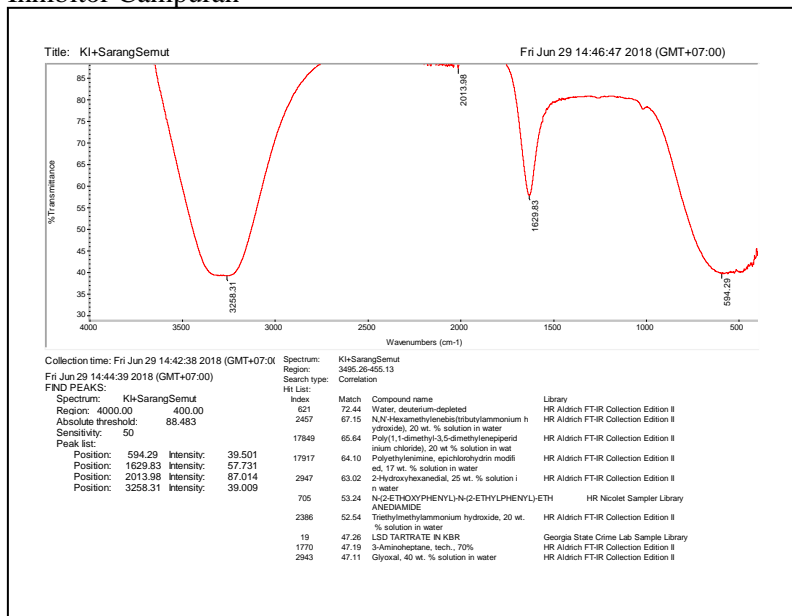




Laporan Tugas Akhir

Departemen Teknik Material FTI-ITS

Hasil FTIR Baja API 5 L Grade B setelah *Immerse* dengan Inhibitor Campuran





BIODATA PENULIS



Alip Dwi Sulistiawan adalah penulis Laporan Tugas Akhir ini. Penulis lahir di Bontang pada tanggal 12 April 1996 dari orang tua M. Muin dan Wakiah Sustianingsih sebagai anak kedua dari empat bersaudara. Penulis menempuh pendidikan dimulai dari TK Yayasan Pupuk Kaltim Kota Bontang (*lulus tahun 2002*), SD 2 Yayasan Pupuk Kaltim Bontang (*lulus tahun 2008*), SMPIT Abu Bakar Yogyakarta (*lulus tahun 2011*), SMA Al Hikmah Surabaya (*lulus tahun 2014*), dan hingga sekarang sedang menempuh masa kuliah di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis menyadari bahwa kebutuhan *softskill* juga perlu diasah, maka dari itu semasa kuliah penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS. Penulis melakukan kerja praktek di PT Pertamina Refinery Unit VI Cilacap. Hingga akhir ini, penulis mengambil studi mengenai tugas akhir pada bidang korosi dan kegagalan material pada jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS. Penulis memiliki email yang dapat dihubungi yaitu alipsulistiawan@gmail.com.