



TUGAS AKHIR - VM180629

PEMANFAATAN EKSTRAK KULIT BIJI BUNGA
MATAHARI (*HELIANTHUS ANNUUS*) SEBAGAI
INHIBITOR ORGANIK PADA BAJA API 5L GRADE B
MEDIA LARUTAN HCl 1M

MUHAMMAD SAIFUL RIZAL
NRP. 10211600000120

Dosen Pembimbing
Dr. Atria Pradityana, ST. MT.
19851124 200912 2 008

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019



TUGAS AKHIR - VM180629

**PEMANFAATAN EKSTRAK KULIT BIJI BUNGA
MATAHARI (*HELIANTHUS ANNUUS*) SEBAGAI
INHIBITOR ORGANIK PADA BAJA API 5L *GRADE B*
MEDIA LARUTAN HCl 1M**

**MUHAMMAD SAIFUL RIZAL
NRP. 10211600000120**

**Dosen Pembimbing
Dr. Atria Pradityana, ST. MT.
19851124 200912 2 008**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**



FINAL PROJECT - VM180629

**APPLICATION OF SUN FLOWER HULL SEED
(*HELIANTHUS ANNUUS*) EXTRACT AS ORGANIC
INHIBITOR ON API 5L GRADE B STEEL IN HCl 1M
SOLUTION MEDIA**

**MUHAMMAD SAIFUL RIZAL
NRP. 10211600000120**

**Counselor Lecturer
Dr. Atria Pradityana, ST. MT.
19851124 200912 2 008**

**INDUSTRIAL MECHANICAL ENGINEERING
DEPARTMENT
FACULTY OF VOCATIONAL
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2019**

PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIASI

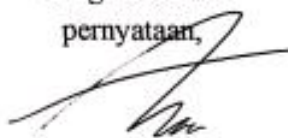
Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Saiful Rizal
NRP : 10211600000120
Program Studi : Diploma III Teknik Mesin
Fakultas : Vokasi

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir (TA) yang saya tulis ini benar-benar tulisan saya, dan bukan merupakan hasil plagiasi. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan TA ini hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima saksi atas perbuatan tersebut sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Departemen Teknik Mesin Industri, Fakultas Vokasi – ITS

Surabaya, 12 Juli 2019

Yang membuat
pernyataan,



Muhammad Saiful Rizal

NRP. 10211600000120

**PEMANFAATAN KULIT BIJ BUNGA MATAHARI
(*HELIANTHUS ANNUS*) SEBAGAI INHIBITOR
ORGANIK PADA BAJA API 5L GRADE B MEDIA
LARUTAN HCl 1M**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
Pada
Departemen Teknik Mesin Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
SURABAYA

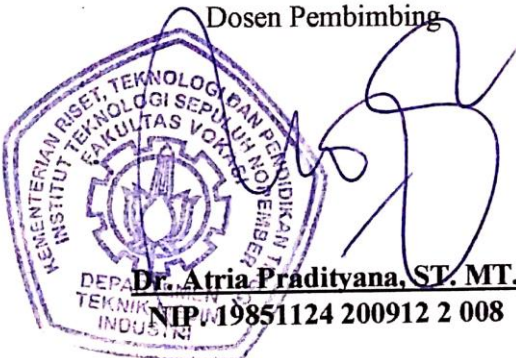
Oleh :

MUHAMMAD SAIFUL RIZAL

NRP. 10211600000120

Disetujui oleh dosen pembimbing Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing



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

SURABAYA, 26 JULI 2019

Abstrak

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

Dalam penelitian ini digunakan ekstrak daun enceng gondok sebagai inhibitor organik. Material yang digunakan adalah baja API 5L Grade B dalam larutan HCl 1M sebagai media korosif dengan konsentrasi ekstrak yang digunakan pada penelitian ini sebesar 100mg – 400mg dari jumlah larutan HCl 1M yang digunakan dalam pengujian. Jenis pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah *Electrochemical Impedance Spectroscopy*, *Potentiodynamic Polarization*, *Scanning Electron Microscopy*, dan Pengurangan Berat.

Hasil pengujian menunjukkan adanya penurunan laju korosi pada baja API 5L Grade B dalam larutan HCl 1M ketika ditambahkan inhibitor ekstrak kulit biji bunga matahari. Pada pengujian polarisasi potensiodinamik didapatkan laju korosi pada sample tanpa inhibitor sebesar 28,327 mm/year. Sedangkan pada pengujian dengan penambahan inhibitor paling besar sebesar 400mg, laju korosi turun menjadi 0,12333mm/year dengan nilai efisiensi 99,564%.

Kata Kunci : Korosi, Inhibitor Organik, Kulit Biji Bunga Matahari, Baja API 5L, HCL.

Abstract

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

This study using Sun flower hull seed extract as an organicinhibitor. The material is API 5L Grade B steel in 1M HCl solution as corrosive medium with 100mg – 400mg of the amountof HCl 1M solution extract concentration used in the test. The type of testing method thatused in this study is EIS (Electrochemical Impedance Spectroscopy), PDP (Potentiodynamic Polarization), SEM (Scanning Electrone Microscopy), and Weight Loss.

The test results showed a decrease in corrosion rate in API 5L Grade B steel in 1M HCl solution when sun flower hull seed extract inhibitor has been added. In potentiodynamic polarization testing, the corrosion rate of a sample without inhibitor addition was 28,327 mm/year. While the test with the addition of the largest amount of inhibitor of 400mg the corrosion rate decreased to 0,12333 mm/year with 99,564% efficieny. That was the highest efficiency among all of the concentration variable

Key Words : Corrosion, Inhibitor Organic, Sun flower hull, Pipe Steel API 5L grade B, HCL 1M.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“APLIKASI EKSTRAK KULIT BIJI BUNGA MAHARI (*HELIANTHUS ANNUS*) SEBAGAI INHIBITOR ORGANIK PADA BAJA API 5L GRADE B MEDIA LARUTAN HCL”**. Tugas akhir ini merupakan bagian dari kurikulum dan syarat kelulusan untuk jenjang diploma pada Program Studi Teknik Mesin Industri ITS, yang harus ditempuh oleh mahasiswa. Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk mengaplikasikan dan mengembangkan pengetahuan yang didapatkan selama perkuliahan. Penulisan laporan tugas akhir ini didasarkan pada penelitian di laboratorium serta didukung oleh teori, literatur, dan bimbingan dosen yang ada di Program Studi Teknik Mesin Industri ITS. Dengan terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada:

1. **Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT.** Selaku kepala Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS
2. **Bapak Ir Suhariyanto MT.** Selaku koordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS
3. **Ibu Dr. Atria Pradityana, ST. MT.** selaku dosen wali, Dosen Pembimbing Tugas Akhir, Dosen Pembimbing Kerja Praktek dan Ketua Laboratorium Metalurgi selama saya kuliah di jurusan Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS.
4. **ITS Team Sapuangin** yang memberikan banyak ilmu dan pengalaman selama hampir 2 tahun
5. **Kedua Orang tua** yang selalu mendoakan saya dan memberi semangat selama kuliah

6. **Rekan Greader Laboratorium Metallurgi** yang telah menjadi partner selama 2 tahun kepengurusan dan banyak memberikan ilmu serta pengalaman.
7. **Kawan – Kawan Kos Lantai 3** atas semua fasilitas yang diberikan dan tempat untuk bernaung selama kuliah
8. **Bakdam, Dije, Mar'i, Hafidh Aldiza** sebagai partner Divisi Frame and Body ITS Team Sapuangin
9. **Bapak-/Ibu dosen dan Karyawan** Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyempurnaan dan pengembangan Tugas Akhir ini., yang telah memberikan ilmunya dan membantu selama duduk dibangku kuliah.
10. **Teman-teman D3MITS** khususnya angkatan 2016 terima kasih atas bantuan dan dukungannya.
11. Serta semua pihak yang belum tertulis yang telah berperan dalam pengerjaan laporan ini.

Saya sebagai manusia biasa, menyadari bahwasannya penulisan ini masih terdapat beberapa kesalahan, keterbatasan serta kekurangan. Oleh karena itu , saya mengharapkan kritik dan saran sebagai masukan untuk penulis dan kesempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga dengan penulisan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
COVER PAGE	ii
PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIASI	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II DASAR TEORI	
2.1 Mekanisme Korosi	5
2.2 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Laju Korosi	7
2.2.1 Korosi Pada Asam Klorida (HCL)	10
2.3 Jenis-Jenis Korosi.....	10
2.3.1 Korosi Celah	10
2.3.2 Korosi Tegangan	11
2.3.3 Korosi Galvanis	11
2.3.4 Korosi Erosi	12
2.4 Cara Menghambat Korosi	13
2.5 Inhibitor	14
2.5.1 Mekanisme Kerja Inhibitor	14
2.5.2 Klasifikasi Inhibitor	16
2.6 Ekstraksi.....	22
2.7 Biji Bunga Matahari	24
2.8 Pipa API 5L Grade B	25
2.9 Uji Weight Loss	27
2.10 Uji Polarisasi Potensio Dinamik.....	28
2.11 Uji EIS	30

2.12 Uji SEM	32
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir	35
3.2 Metode Penelitian	36
3.3 Alat Penelitian	36
3.4 Bahan Penelitian	37
3.5 Prosedur Penelitian	38
3.5.1 Persiapan Benda Kerja	38
3.5.2 Persiapan Larutan Korosif	39
3.5.3 Persiapan Inhibitor	40
3.6 Pengujian	40
3.6.1 Pengujian Weight Loss (WL)	40
3.6.2 Pengujian EIS (Electrochemical Impedance Spectroscopy)	41
3.6.3 Pengujian PDP (Polarisasi Potensiodinamik).....	43
3.6.4 Pengujian SEM (Scanning Electrone Microscopy)	44
3.7 Rancangan Tabel Pengambilan Data Penelitian	45
BAB IV HASIL DAN ANALISA	
4.1 Hasil Ekstraksi	49
4.2 Hasil Penelitian	49
4.2.1 Hasil Pengujian Polarisasi Potensiodinamik	49
4.2.2 Hasil Pengujian Electrochemical Impedance Spectroscopy	52
4.2.3 Hasil Pengujian weight loss	54
4.2.4 Hasil Pengujian Scanning Electron Microscopy	56
4.3 Hubungan Laju Korosi, Efisiensi dan Konsentrasi	58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
BIOGRAFI PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mekanisme Korosi	5
Gambar 2.2 Korosi Celah	11
Gambar 2.3 Korosi Akibat Tegangan	11
Gambar 2.4 Korosi Galvanis	12
Gambar 2.5 Korosi Erosi	12
Gambar 2.6 Diagram Polarisasi Potensiostat	19
Gambar 2.7 Ilustrasi Mekanisme Green Inhibitor	20
Gambar 2.8 Biji Bunga Matahari	24
Gambar 2.9 Pipa Baja API 5L (ASTM A53) Grade B	26
Gambar 2.10 Kurva polarisasi pada korosi baja	29
Gambar 2.11 Kurva Nyquist Z pada korosi baja	31
Gambar 2.12 Skema Kerja Alat <i>Scanning Electron Microscope</i>	33
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	35
Gambar 3.2 Kulit Biji Bunga Matahari	37
Gambar 3.3 Baja API 5L Grade B	38
Gambar 3.4 Benda Kerja Pengujian EIS dan Polarisasi	39
Gambar 3.5 HCl 1M	39
Gambar 3.6 Kulit Biji bunga matahari kering	40
Gambar 3.7 Bubuk kering	40
Gambar 3.8 Proses Maserasi	41
Gambar 3.9 Pengujian Weight Loss	41
Gambar 3.10 Proses Pengujian EIS dan Polarisasi	43
Gambar 3.11 Alat Pengujian EIS dan Polarisasi	43
Gambar 3.12 Software Nova 1.11	44
Gambar 3.13 Alat Pengujian SEM	46
Gambar 4.1 Hasil Maserasi	51
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Laju Korosi dan Efisiensi Inhibisi Polarisasi Potensiodinamik (PDP)	52
Gambar 4.3 Hasil Pengujian Polarisasi	53
Gambar 4.4 Grafik Nyquist Tiap Sample	54
Gambar 4.5 Grafik Efisiensi Impedansi	56
Gambar 4.6 Grafik Efisiensi Weight Loss	57
Gambar 4.7 Hasil Pengujian SEM Dengan perbearsan 2000x (a) Tanpa inhibitor (b) dengan inhibitor	59

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Baja API 5L <i>grade</i> B berdasarkan Sertifikat.....	25
Tabel 2.2 Konstanta Laju Korosi	26
Tabel 3.1 Pengujian Polarisasi Potensiodinamik	46
Tabel 3.2 Pengujian EIS	47
Tabel 3.3 Pengujian Weight Loss	49
Tabel 4.1 Laju Korosi dan Efisiensi Inhibisi PDP	51
Tabel 4.2 Hasil Equivalent Circuit Nilai Impedansi Dengan Penambahan Inhibitor Ekstrak Kulit Biji Bunga Matahari.....	55
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Weight Loss.....	57

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

DASAR TEORI

1.1 Latar Belakang

Korosi adalah keadaan alami dan mahal. NACE International, pihak berwenang utama yang menangani korosi, mengawali penelitian pada 2002 untuk memperkirakan biaya yang diakibatkan oleh korosi di Amerika Serikat. Penelitian ini menyimpulkan bahwa biaya total tahunan mencapai 276 miliar dolar. Dalam Industri Perminyakan, korosi merupakan faktor utama yang menyebabkan waktu henti pada alat yang konsekuensinya mahal dan kritis. Pipa dalam aliran air pada dasarnya rentan mengalami korosi, karena logam yang menjadi komponennya terus-menerus kontak dengan air. Dalam hal ini, pengukuran untuk memantau atau mencegah korosi sangat penting.[1]

Hydrochloric Acid (HCL) biasa digunakan secara luas pada industri proses untuk beberapa perlakuan yang berbeda seperti pembersihan, pengerakan (*descaling*) dan pengawetan. Namun demikian, pada beberapa material seperti baja karbon dan logam paduan umumnya sangat terpengaruh dengan korosi akibat kontak langsung dengan Hydrochloric Acid dengan konsentrasi yang pekat. Oleh karena itu, inhibitor dapat bermanfaat untuk menghindari logam dari pengkaratan. Dalam media asam, inhibitor organik utamanya digunakan yang memiliki kandungan agen polar yang dapat diserap pada permukaan logam. Inhibitor korosi yang paling efektif mengandung senyawa N, S dan oksigen serta loop aromatik.

Meskipun inhibitor organik sangat cocok untuk perlindungan korosi, banyak senyawa ini disintesis dengan metode kimia. Karena metode ini terlalu mahal dan juga berbahaya bagi lingkungan, aplikasi mereka terbatas.

Penggunaan senyawa yang murah dan ramah lingkungan adalah solusi yang sangat menarik karena senyawa tersebut sangat baik untuk perlindungan logam dalam larutan asam.

Sebagian besar senyawa yang berasal dari tanaman biasanya termasuk N, S, dan O. Karena itu, dalam beberapa tahun terakhir, senyawa yang diekstraksi dari bahan-bahan alami seperti madu, *sabdariffa*, *hibiscus*, *neem*, *propolis*, *pectin*, *Tagetes erecta*, *henna*, dan *musa peadisical peel* telah digunakan sebagai inhibitor dalam media asam.

Dalam tugas akhir kali ini, ekstrak yang digunakan adalah kulit biji bunga matahari sebagai inhibitor ramah lingkungan yang digunakan untuk mencegah korosi baja karbon rendah dalam media HCl. Secara umum, kulit biji bunga matahari mencakup bahan-bahan berikut; lipid yang mengandung asam lemak rantai panjang, alkohol lemak, alkohol triterpenik, sterol, karbohidrat seperti selulosa, lignin, xilosa, dan furfural.

Kulit biji bunga matahari juga mengandung beberapa protein dan senyawa asam amino. Dalam beberapa penelitian, telah diketahui bahwa Kulit biji bunga matahari dapat mengandung asam fenolik dan antosianin. Sebagian besar senyawa ini terdiri dari heteroatom oksigen dan nitrogen dan loop aromatik yang dapat digunakan sebagai inhibitor dalam media asam. Efek penghambatan senyawa seperti asam lemak dan alkohol, xylose, furfural, asam amino, fenolik Senyawa dan pigmen dalam media asam. [2]

Oleh karena itu, dalam penelitian kali ini memanfaatkan ekstrak kulit biji bunga matahari yang pada penelitian sebelumnya sudah pernah ada yang melakukan uji tersebut akan tetapi dengan menggunakan Baja AISI 1020. Akan tetapi, pada penelitian kali ini akan menggunakan Pipa Baja API 5L grade B yang biasa digunakan pada industri migas dan pada penelitian ini menggunakan media larutan HCL 1M dengan variasi konsentrasi 100 mg, 200 mg, 300 mg dan 400 mg.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka ada beberapa rumusan masalah yang muncul dan akan dibahas pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh efisiensi konsentrasi inhibitor ekstrak kulit biji bunga matahari terhadap laju korosi baja API 5L grade B dalam media HCL 1M
2. Bagaimana mekanisme inhibisi inhibitor ekstrak kulit biji bunga matahari terhadap laju korosi pada baja API 5L grade B dalam media HCL 1M

1.3 Batasan Masalah

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai masalah yang dikaji, maka perlu adanya batasan masalah dari penelitian yang dilakukan, antara lain :

1. Material baja API 5L grade B dianggap bersifat homogen dan bebas dari cacat.
2. Dimensi setiap material dianggap homogen
3. Tingkat kehalusan dari permukaan setiap material dianggap homogen
4. Tidak ada perubahan yang terjadi pada temperatur, volume larutan, dan pH larutan selama pengujian
5. Kulit Biji bunga matahari yang digunakan diasumsikan homogen.
6. Tidak membahas tentang reaksi kimia yang terdapat pada pengujian.
7. Diasumsikan tidak terjadi perubahan temperature sepanjang waktu

1.4 Tujuan

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

1. Mempelajari efektifitas inhibitor Kulit Biji Bunga Matahari pada baja API 5L grade B dalam media HCL 1M dengan beberapa variasi konsentrasi.
2. Menganalisa mekanisme inhibisi dari kandungan antioksidan pada inhibitor ekstrak Biji bunga Matahari

1.5 Manfaat

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan memberikan manfaat seperti :

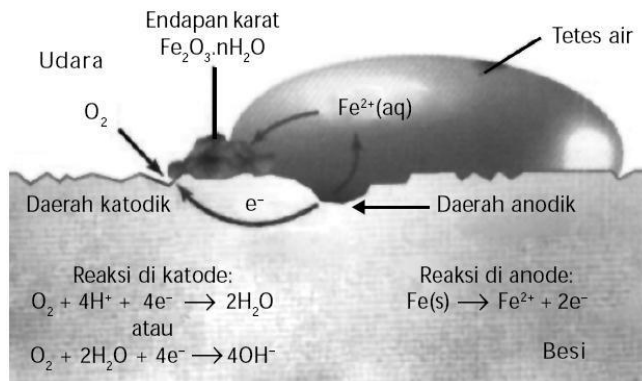
1. Mempelajari korosi yang biasa terjadi pada pipa *oil* dan *gas*.
2. Memanfaatkan Kulit Biji bunga matahari sebagai alternative inhibitor yang digunakan pada baja karbon di industry sehingga dapat memperlambat laju korosi.
3. Mampu memberi inspirasi dan motivasi bagi peneliti lain agar dapat terus mengembangkan potensi yang ada pada senyawa-senyawa organic

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mekanisme Korosi

Korosi adalah gejala alamiah yang belangsung dengan sendirinya secara perlahan-lahan tetapi pasti terhadap logam sehingga tidak ada bahan material logam yang dapat berfungsi secara abadi.[3] Dalam jangka waktu tertentu, akan mengalami kerusakan dan tak berfungsi lagi, sehingga yang dapat dilakukan orang hanyalah mengendalikan proses korosi tersebut atau mengurangi kecepataannya, sehingga umur material bertambah panjang.



Gambar 2.1 Mekanisme Korosi

Jenis korosi ini terjadi akibat proses elektrokimia antara 2 bagian benda padat khususnya logam besi yang berbeda potensial dan langsung berhubungan dengan udara terbuka[4]. Fakta menunjukkan bahwa hampir tidak ada material, khususnya logam besi yang bebas dari kotoran didalam materialnya, yang umum disebut *impurities*, yang berupa oksida dari metal besi tersebut akibat bereaksi dengan zat asam di

udara, perbedaan struktural molekul dari material logam itu sendiri, serta perbedaan tegangan di dalam bagian-bagian logam tersebut. Secara alami hal-hal tersebut menimbulkan perbedaan potensial antara sebagian dari logam bersifat katodis, yakni kotoran oksida dan struktur molekuler yang katodis, serta bagian anodis, yakni bagian logam besi yang murni[5].. Beberapa elemen yang harus ada dalam sebuah mekanisme korosi elektrokimia, hal-hal tersebut adalah sebagai berikut.

1. *Anode* (Anoda)

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

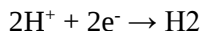


Dengan z adalah valensi logam dan umumnya $Z = 1, 2$, atau 3

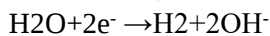
2. *Cathode* (Katoda)

Katoda biasanya tidak mengalami korosi, walaupun mungkin mengalami kerusakan dalam kondisi-kondisi tertentu. Reaksi yang terjadi pada katoda berupa reaksi reduksi. Reaksi reduksi yang sering terjadi adalah

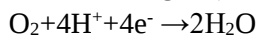
a. Evolusi hidrogen (asam)



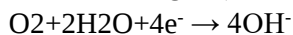
b. Reduksi air (netral/basa)



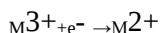
c. Reduksi oksigen (asam)



d. Reduksi oksigen (netral/basa)



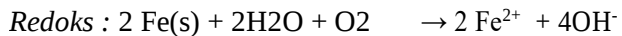
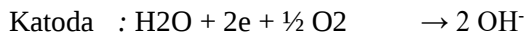
e. Reduksi ion logam



3. 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. Anoda dan Katoda harus terhubung secara elektris 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.

Contoh yang umum terjadi proses korosi adalah pada pipa penyalur minyak dan gas yang menggunakan material logam baja paduan di lingkungan air laut sebagai berikut.



2.2 Faktor yang Mempengaruhi Laju Korosi

Adapun faktor faktor yang mempengaruhi laju korosi diantaranya adalah[6] :

1. Faktor Kandungan Gas dan Padatan Terlarut.
 - a. Karbondioksida (CO₂), jika kardondioksida dilarutkan dalam air maka akan terbentuk asam karbonat (H₂CO₂) yang dapat menurunkan pH air dan meningkatkan korosifitas, biasanya bentuk korosinya berupa pitting.
 - b. Oksigen (O₂)Adanya oksigen yang terlarut akan menyebabkan korosi pada metal seperti laju korosi pada *mild steel aloys* akan bertambah dengan meningkatnya kandungan oksigen.

- c. Klorida (Cl^-), Klorida menyerang lapisan *mild steel* dan lapisan *stainless steel*. Padatan ini menyebabkan terjadinya *pitting*, *crevice corrosion*, dan juga menyebabkan pecahnya paduan.
 - d. Karbonat (CO_3), Kalsium karbonat sering digunakan sebagai pengontrol korosi dimana film karbonat diendapkan sebagai lapisan pelindung permukaan logam, tetapi dalam produksi minyak hal ini cenderung menimbulkan masalah *scale*.
 - e. Sulfat (SO_4), ion sulfat ini biasanya terdapat dalam minyak. Dalam air, ion sulfat juga ditemukan dalam konsentrasi yang cukup tinggi dan bersifat kontaminan, dan oleh bakteri SRB sulfat diubah menjadi sulfida yang korosif.
2. Faktor Temperatur
- Penambahan temperatur umumnya menambah laju korosi walaupun kenyataannya kelarutan oksigen berkurang dengan meningkatnya temperatur. Apabila metal pada temperatur yang tidak uniform, maka akan besarkemungkinan terbentuk korosi. Pada lingkungan temperatur tinggi, laju korosi yang terjadi lebih tinggi dibandingkan dengan temperatur rendah, karena padatemperatur tinggi kinetika reaksi kimia akan meningkat.
3. Seleksi Material
- Pemilihan atau seleksi material merupakan suatu faktor yang cukup mempengaruhi terjadinya proses korosi pada suatu struktur. Dengan pemilihan material yang tepat maka kita dapat meminimalisir terjadinya korosi pada suatu struktur. Sebagai

contoh pemilihan material yang tepat untuk suatu struktur *platform* atau anjungan dimana biasanya pada struktur ini menggunakan logam baja karbon. Selain itu adanya penambahan unsur tertentu juga dapat mempengaruhi ketahanan suatu material terhadap adanya proses korosi.

4. Faktor pH

pH dalam proses korosi sangat berpengaruh untuk terjadi apa tidaknya proses korosi. Besarnya pH biasanya dinyatakan dengan angka berkisar antara 0-14. Jika pH berkisar antara 0–7 maka lingkungan bersifat asam sedangkan bila Ph berkisar antara 7–14 maka lingkungan bersifat basa. Lingkungan dinyatakan netral bila memiliki pH 7. Dengan melihat diagram Pourbaix korosi dari logam pada pH tertentu dapat diprediksi apakah lingkungan tersebut dapat mengalami korosi atau tidak. Selain itu juga dapat melihat sifat logam pada berbagai kondisi. Dengan menurunnya pH maka laju korosi akan meningkat. Makin rendah pH maka lingkungan tersebut bersifat makin asam dan kandungan hidrogennya meningkat. Pada pH yang rendah biasanya larutan bersifat lebih konduktif sedangkan pada pH yang tinggi maka mineral terlarut dapat membentuk deposit *scale* pada permukaan logam.

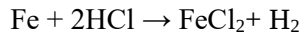
5. Faktor Bakteri Pereduksi

Jenis bakteri yang dapat dijadikan sebagai penyebab terjadinya korosi adalah bakteri yang menghasilkan asam sebagai hasil metabolismenya yang dapat memicu terbentuknya asam sulfida yang dapat meningkatkan reaksi oksidasi logam pada anoda. Adanya bakteri pereduksi sulfat akan mereduksi ion

sulfat menjadi gas H₂S, yang mana jika gas tersebut kontak dengan besi akan menyebabkan terjadinya korosi

2.2.1 Korosi Pada Asam Klorida (HCL)

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



2.3 Jenis – Jenis Korosi

Berikut adalah jenis jenis korosi yang terbentuk pada lingkungan air:

2.3.1 Korosi Celah

Korosi celah (*crevice corrosion*) adalah korosi lokal yang terjadi pada celah di antara dua komponen. Mekanisme terjadinya korosi celah ini diawali dengan terjadi korosi merata di luar dan di dalam celah, sehingga terjadi oksidasi logam dan reduksi oksigen. Apabila oksigen (O₂) di dalam celah telah habis sedangkan oksigen(O₂) di luar celah masih banyak, maka akibatnya permukaan logam yang berhubungan dengan bagian luar menjadi katode dan permukaan logam di dalam celah menjadi anode sehingga terbentuk celah yang terkorosi. Korosi ini tidak tampak dari luar dan sangat merusak konstruksi sering terjadi pada sambungan kurang kedap. Penyebabnya antara adalah adanya lubang, kotoran atau endapan. Korosi ini umumnya terjadi pada celah-celah sambungan seperti pada ulir.



Gambar 2.2 Korosi Celah

2.3.2 Korosi Tegangan

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



Gambar 2.3 Korosi Akibat Tegangan

2.3.3 Korosi Galvanis

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

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



Gambar 2.4 Korosi Galvanis

2.3.4 Korosi Erosi

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



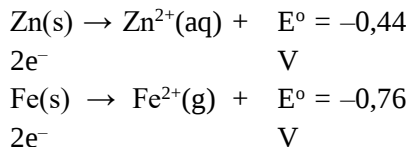
Gambar 2.5 Korosi Akibat Erosi

2.4 Cara Menghambat Korosi

a. Metode Pelapisan (*Coating*)

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

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



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

b. Proteksi Katodik

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

c. Penambahan Inhibitor

Inhibitor adalah zat kimia yang ditambahkan ke dalam suatu lingkungan korosif dengan kadar sangat kecil (ukuran ppm) guna mengendalikan korosi.[8] Inhibitor korosi dapat dikelompokkan berdasarkan mekanisme pengendaliannya, yaitu inhibitor anodik, inhibitor katodik, inhibitor campuran, dan inhibitor teradsorpsi.

2.5 Inhibitor

Inhibitor adalah zat kimia yang ditambahkan ke dalam suatu lingkungan korosif dengan kadar sangat kecil (ukuran ppm) guna mengendalikan korosi.[7] Inhibitor korosi dapat dikelompokkan berdasarkan mekanisme pengendaliannya, yaitu inhibitor anodik, inhibitor katodik, inhibitor campuran, dan inhibitor teradsorpsi.

2.5.1 Mekanisme Kerja Inhibitor

Adapun mekanisme kerja inhibitor secara umum dapat dibedakan sebagai berikut:

1. Melalui pengaruh lingkungan (misal pH) menyebabkan inhibitor dapat mengendap dan

selanjutnya teradsorpsi pada permukaan logam serta melindunginya terhadap korosi. Endapan yang terjadi cukup banyak, sehingga lapisan yang terjadi dapat teramati oleh mata.

2. Inhibitor lebih dulu mengkorosi logamnya, dan menghasilkan suatu zat kimia yang kemudian melalui peristiwa adsorpsi dari produk korosi tersebut membentuk suatu lapisan pasif pada permukaan logam.
3. Inhibitor teradsorpsi pada permukaan logam dan membentuk suatu lapisan tipis dengan ketebalan beberapa molekul inhibitor. Lapisan ini tidak dapat dilihat oleh mata biasa namun dapat menghambat penyerangan lingkungan terhadap logamnya.
4. Inhibitor menghilangkan kontituen yang agresif dari lingkungannya. Berdasarkan sifat korosi logam secara elektrokimia, inhibitor dapat mempengaruhi polarisasi anodik dan katodik. Bila suatu sel korosi dapat dianggap terdiri dari empat komponen yaitu : anoda, katoda, elektrolit dan penghantar elektronik. Maka inhibitor korosi memberikan kemungkinan menaikkan polarisasi anodic, atau menaikkan polarisasi katodik atau menaikkan tahanan listrik dari rangkaian melalui pembentukan endapan tipis pada permukaan logam. Mekanisme ini dapat diamati melalui suatu kurva polarisasi yang diperoleh secara eksperimental. Inhibitor bekerja memperlambat laju korosi dengan beberapa cara :
 - a. Meningkatkan sifat polarisasi katodik dan anodik material.
 - b. Mereduksi pergerakan atau difusi ionn ke permukaan logam.

- c. Meningkatkan tahanan listrik pada permukaan logam.

2.5.2 Klasifikasi Inhibitor

Berdasarkan fungsinya, inhibitor terbagi menjadi :

1. Inhibitor Anodik (Passivasi)

Seperti namanya inhibitor anodik dapat bekerja dengan menghambat terjadinya reaksi anodik. Inhibitor jenis ini bekerja dengan mengubah sifat permukaan logam menjadi pasif. Terdapat dua jenis inhibitor anodik yaitu :

- a. *Oxidizing ion*, yang dapat membentuk perlindungan pada logam tanpa membutuhkan oksigen, contoh inhibitor jenis ini adalah nitrat, nitrit dan kromat.
- b. *Non-Oxidizing ion*, jenis inhibitor anodik yang membentuk lapisan pasif pada permukaan anoda dengan membutuhkan kehadiran oksigen seperti *phospat, tungsten, molybdate*. [9]

Inhibitor jenis ini biasa digunakan pada aplikasi recirculation-cooling systems, rectifier dan cooling tower. Kelemahan dari jenis inhibitor ini adalah jumlah inhibitor yang terkandung dalam larutan harus terjaga dengan baik. Sebab jika kandungannya menurun dari batas akan membuat korosi menjadi semakin cepat terjadi, serta dapat membuat korosi sumuran (*pitting corrosion*).[10]

2. Inhibitor Katodik

Inhibitor katodik bekerja dengan menghambat reaksi katodik suatu logam dan membentuk presipitat di wilayah katoda yang dapat meningkatkan impedansi permukaan sekaligus membatasi difusi pereduksi untuk

melindungi logam tersebut. Karena reaksi anodik dan katodik berjalan setimbang, maka penghambatan reaksi katodik akan menyebabkan reaksi anodik (korosi logam) terhambat juga. Penambahan inhibitor katodik menyebabkan potensial korosi dan rapat arus korosi logam turun. Terdapat tiga jenis inhibitor katodik, yaitu:

- a. Racun katoda, dapat menghambat reaksi evolusi hidrogen. Contohnya seperti sulfida, selenida, arsenat, dan antimonat.
- b. Presipitat katoda, dapat mengendap membentuk oksida sebagai lapisan pelindung pada logam. Contohnya seperti kalsium, seng, dan magnesium.
- c. Oxygen scavengers, yang dapat mengikat oksigen terlarut sehingga mencegah reaksi reduksi oksigen pada katoda. Contohnya seperti hidrasin, natrium sulfit, dan hidroksil amin HCl.

3. Inhibitor Presipitasi

Inhibitor presipitasi bekerja dengan membentuk presipitat di seluruh permukaan suatu logam yang berperan sebagai lapisan pelindung untuk menghambat reaksi anodik dan katodik logam tersebut secara tidak langsung. Contoh yang umum dari inhibitor ini adalah silikat dan *phospat*. Natrium silikat baik digunakan sebagai *water softteners* untuk mencegah terjadinya *rust water*. Namun, pemakaiannya sangat dipengaruhi pH dan *saturation index*. Selain itu *phospat* membutuhkan oksigen untuk meningkatkan efektivitas kerjanya. Silikat dan *phospat* sangat berguna pada sistem lingkungan dimana aditif yang bersifat racun tidak ada.

4. Inhibitor Mudah Menguap

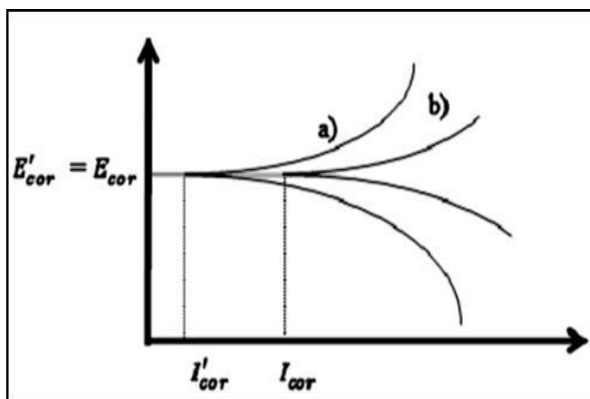
Inhibitor jenis ini bekerja pada ruangan tertutup dengan cara meniupkannya dari tempat dia diuapkan menuju ke lingkungan yang korosif. Inhibitor ini setelah menyentuh permukaan logam yang akan dilindungi nantinya terkondensasi menjadi garam dan memberikan ion yang bisa melindungi logam dari korosi. Kemampuan dan efektifitas dari inhibitor jenis ini tergantung dari kemampuan menguap campuran inhibitor tersebut. Untuk perlindungan yang cepat diperlukan inhibitor yang kemampuan uapnya tinggi. Namun untuk perlindungan yang lebih lambat namun untuk jangka panjang dibutuhkan inhibitor yang mampu uapnya rendah..

5. Green Inhibitor

Green inhibitor atau biasa disebut dengan inhibitor organik ini sangat diperlukan karena inhibitor jenis ini sangat menguntungkan dunia industri dikarenakan harganya yang relatif tidak mahal dan pengaplikasiannya yang ramah lingkungan. Efektifitas 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 sistem memegang peranan penting. Kebanyakan inhibitor yang efisien yang digunakan dalam industri adalah senyawa-senyawa organik yang mengandung hetero atom seperti P, O, N, S dan ikatan rangkap di dalam molekul-molekulnya yang memfasilitasi adsorpsi pada permukaan logam yang dilapisi. [11]

Inhibitor ini bekerja dengan membentuk senyawa kompleks yang mengendap pada permukaan logam

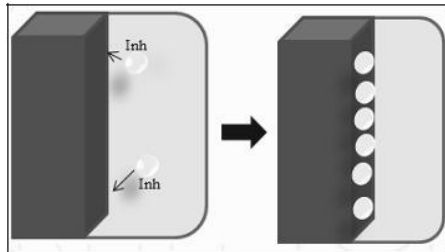
sebagai lapisan pelindung yang bersifat hidrofobik yang dapat menghambat reaksi logam dengan lingkungannya. Reaksi yang terjadi berupa reaksi anodik, katodik, maupun keduanya. Hal ini bergantung dari reaksi pada permukaan logam dan potensial logam tersebut. Selain itu, juga dapat berfungsi untuk menetralkan konstituen korosif dan mengabsorpsi konstituen korosif tersebut. Penggunaan dengan konsentrasi yang tepat dapat mengoptimalkan perlindungan pada seluruh logam.



Gambar 2.6 Diagram Polarisasi Potensiostat

Pada gambar 2.6, menunjukkan tentang teori kurva polarisasi potensiostat, terlihat bahwa pengaruh larutan yang mengandung inhibitor organik pada logam menghadirkan perilaku anodik dan katodik. Setelah penambahan inhibitor, potensial korosi hampir sama, tetapi arus menurun dari I_{cor} menjadi I'_{cor} . Seperti pada gambar 2.7, mekanisme *green inhibitor*,

ketika teradsorpsi pada permukaan logam dan membentuk lapisan protektor diatasnya.



Gambar 2.7 Ilustrasi mekanisme green inhibitor,

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, dan berat molekul, serta afinitas inhibitor terhadap logamnya[5]. Efisiensi inhibitor organik bergantung pada :

- Struktur kimia, seperti ukuran molekul organik.
- Ikatan aromatik 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.

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* ($-\text{NH}_2$), *carboxyl* ($-\text{COOH}$), dan *phosphonate* ($-\text{PO}_3\text{H}_2$). 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 :

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. [12]

2.6 Ekstraksi

Ekstraksi adalah suatu proses pemisahan substansi dari campurannya dengan menggunakan pelarut yang sesuai, kemudian semua atau hampir semua pelarut diuapkan dan massa atau serbuk yang tersisa diperlukan sedemikian hingga memenuhi baku yang telah ditetapkan[13]. faktor-faktor yang mempengaruhi laju ekstraksi adalah

1. Tipe persiapan sampel
2. Waktu ekstraksi
3. Kuantitas pelarut
4. Temperatur pelarut
5. Tipe pelarut

Metode ekstraksi dengan menggunakan pelarut dapat dibagi kedalam dua cara, yaitu:

1. Cara dingin

a. Maserasi

Merupakan proses pengekstrakan simplisia dengan menggunakan pelarut dengan beberapa kali pengocokan atau pengadukan pada temperatur ruangan. Maserasi kinetik berarti dilakukan pengadukan yang terus menerus . Remaserasi berarti dilakukan pengulangan penambahan pelarut setelah dilakukan penyarian maserat pertama dan seterusnya.

b. Perlokasi

Merupakan proses ekstraksi dengan pelarut yang selalu baru sampai sempurna(exhaustive extraction) yang umumnya dilakukan pada temperatur ruangan. Proses ini terdiri dari tahapan pengembangan bahantahap maserasi antara, tahap perlokasi sebenarnya(penetasan atau penampungan ekstrak) terus menerus sampai diperoleh ekstrak yang jumlahnya 1-5 kali.

2. Cara panas

a. Refluks

Ekstraksi dengan pelarut pada temperatur titik didihnya, selama waktu tertentu dan jumlah pelarut terbatas yang relatif konstan dengan adanya pendinginan balik.

b. Soxhlet

Ekstraksi menggunakan pelarut yang selalu baru yang umumnya dilakukan dengan alat khusus sehingga terjadi ekstrak kontinu dengan jumlah pelarut relatif konstan dengan adanya pendinginan balik.

- c. Digesti
Maserasi kinetik pada temperatur yang lebih tinggi dari temperatur ruangan, yaitu secara umum dilakukan pada temperatur 40-50oC.
- d. Infudasi
Ekstraksi dengan pelarut air pada temperatur penangas aor (bejana infus tercelup dalam penangas air mendidih, temperatur terukur) selama waktu tertentu biasanya 1-2 jam.
- e. Detok
Infus pada waktu yang lebih lama dan temperature sampai titik didih air

2.7 Biji Bunga Matahari

Bunga Matahari dikenal dengan berbagai nama seperti *Sun Flower* (Inggris) dan *Himawari* (Jepang) tanaman ini memiliki nama latin *Helianthus Annus*.

Bagian Biji Bunga Matahari mengandung Vitamin B3, Asam Klorofenik dan tanin. Dalam 100gram minyak biji bunga matahari terdapat lemak jenuk seperti olea dan linoleat, serta tidak mengandung kolesterol. Biji bunga matahari cukup mengandung mineral, vitamin B dan serat [14]



Gambar 2.8 Biji Bunga Matahari

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliopsida
Ordo	: Asterales
Famili	: Asterecae
Genus	: <i>Helianthus</i>
Spesies	: <i>Helianthus Annus</i>

2.8 Pipa API 5 L Grade B

Baja API 5L Proses pemilihan material untuk sistem perpipaan khususnya pipa minyak dan gas memerlukan pertimbangan yang tepat agar mencapai hasil yang maksimal. Bahan yang dipilih harus benar-benar aman, tahan terhadap kondisi lingkungan pertambangan, suhu, dan tekanan selama umur yang telah direncanakan ketika konstruksi. Kekuatan mekanik suatu material harus memadai agar tidak terjadi kegagalan dalam konstruksi, tahan lama, dan juga mampu menahan perubahan atau deformasi saat proses operasi. Seperti pengaruh erosi, suhu, korosi, dll. Perubahan sifat mekanik bahan ataupun berkurangnya beban efektif yang dapat merubah luas penampang dapat terjadi karena proses korosi, maupun erosi. Kelayakan pemilihan bahan dapat dinilai dari kemampuan bahan untuk dibentuk, kecocokan untuk proses pengelasan atau metode penyambungan lainnya, kemudahan perlakuan panas, keseragaman atau homogenitas serta kestabilan dari struktur mikro dan sifat-sifat dari bahan juga ikut andil pada kelayakan ekonomis dari pipa yang dipilih)



Gambar 2.9 Pipa Baja API 5L (ASTM A53) *grade B*

untuk pengelasan, kemudahan perlakuan panas, keseragaman dan kestabilan truktur mikro dan sifat-sifat dari bahan Baja yang biasa digunakan dalam perpipaan industri oilandgas adalah API 5L, baja API (American Petroleum Institute) 5L tersedia dalam berbagai grade, grade tersebut berpengaruh pada kekuatan mekanik dan komposisi kimianya. Pipa baja API 5L termasuk jenis pipa tanpa las (Seamless pipe) dan jenis pipa las (Welded pipe).[15]

Tabel 2.1 Komposisi Baja API 5L *grade B* berdasarkan Sertifikat

Elemen	Kadar (%)
Carbon	0,21
Mangan	0,45
Phospor	0,013
Sulfur	0,01
Silicon	0,23
Cromium	0,033
Nikel	0,018
Aluminium	0,001
Tembaga	0,03
Molibdenum	0,01

Pipa baja API 5L banyak digunakan pada industri minyak dan gas baik onshore maupun offshore. Maksud dari API 5L grade B yaitu :

- API : American Petroleum Institute
- 5 : Seri yang digunakan untuk *Turbular Goods*
(ex: *Casting, Pipeline, Tubing*)
- L : Line Pipe
- B : Grade yang berhubungan dengan sifat mekanik dan komposisi kimia material

2.9 Uji Weight Loss

Metode yang paling umum untuk mengetahui laju korosi adalah dengan menggunakan metode kehilangan berat (weight loss) dengan menggunakan sampel (corrosion coupon) yang direndam ke dalam lingkungan korosi. Metode ini didasarkan pada perbedaan berat antara sebelum sampel dimasukkan ke dalam lingkungan korosi dan setelah sampel dimasukkan kedalam lingkungan korosi. Pada umumnya sampel dapat berupa segi empat maupun dalam bentuk lingkaran. Preparasi sampel dilakukan untuk menghilangkan lapisan oksida yang menempel pada permukaan sampel. Preparasi dilakukan dengan menggunakan kertas amplas dengan beberapa grade. Setelah itu dilakukan perendaman pada lingkungan korosi sesuai dengan waktu yang telah direncanakan. Setelah proses perendaman *sampel* selesai, selanjutnya dapat dilakukan pembersihan dan penimbangan berat akhir sampel. Hasil pengurangan berat awal dan berat akhir yang kemudian digunakan untuk mengukur laju korosi.[16]

Perhitungan laju korosi dilakukan menggunakan metode kehilangan berat sampel tiap satuan luas dan waktu dengan konstanta laju korosi yang dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Konstanta Laju Korosi

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

Berikut ini adalah rumus perhitungan dari laju korosi

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

Keterangan

W : weight loss (mg)

K : konstanta laju korosi

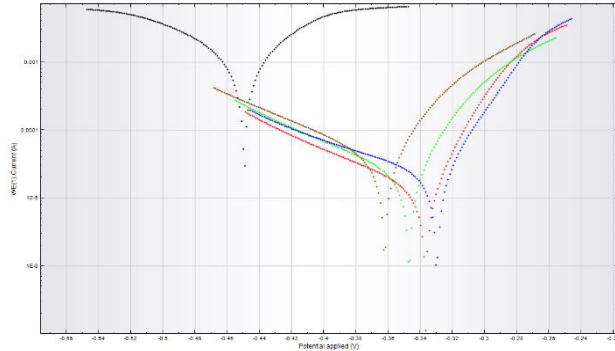
ρ : massa jenis (g/cm^3)

A : luas (cm^2)

T : waktu perendaman (jam)

2.10 Uji Polarisasi Potensio Dinamik

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



Gambar 2.10 Kurva polarisasi pada korosi baja.

Kurva polarisasi yang dihasilkan dapat diukur potensial korosi dan arus korosi yang terjadi dengan bantuan metode ekstrapolasi Tafel. Terjadinya korosi pada baja lunak juga dapat diketahui dari polar kurva yang dihasilkan. Penerapan potensial dari luar yang melebihi potensial ini disebut potensial lebih (over potential). Peningkatan potensial lebih yang diterapkan tidak diikuti dengan peningkatan arus, maka pada potensial tersebut telah terjadi polarisasi seperti pada pola kurva yang terbentuk setelah zona Tafel. [17]

Pada awal pengujian terjadi kompetisi antara proses anodik dan katodik. Data tegangan dan arus yang langsung didapat dari pengujian yang diolah dengan Microsoft Excel. Setelah dibuat grafik antara arus dan over potential, maka diperoleh dua garis melengkung yaitu daerah anodik dan daerah katodik. Pada kedua daerah ini dibuat trendline untuk mengetahui persamaan garisnya. Trendline daerah anodik ditentukan pada daerah dimana arus turun tanpa naik lagi untuk selang over potential tertentu, sehingga Tafel slope positif. Sedangkan trend line daerah katodik ditentukan pada daerah dimana arus naik tanpa turun lagi untuk selang over potential tertentu, sehingga Tafel slope negatif. Oleh karena laju oksidasi dan laju reduksi sama

maka persamaan garis ini adalah ekuivalen. Perpotongan garis terhadap sumbu X dinyatakan sebagai I_{corr} .

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

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

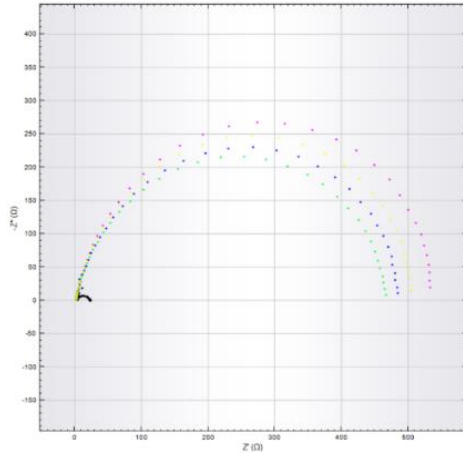
$$\% \text{proteksi } (\%EI) = \frac{I_{corr0} - I_{corri}}{I_{corri}} \times 100\%$$

dengan %EI adalah persentase efektivitas penghambatan, I_{corr0} adalah arus sebelum ditambahkan inhibitor, I_{corri} adalah arus sesudah ditambahkan inhibitor

2.11 Uji EIS (*Elektrochemical Impedance Spectroscopy*)

EIS atau electrochemical impedance spectroscopy adalah metode pengukuran untuk mengkarakterisasi suatu

sistem elektrokimia. Teknik ini mengukur impedansi dari sistem dalam suatu rentang frekuensi tertentu yang akan direspon oleh sistem. Seringkali, data yang dimunculkan oleh EIS ini berupa plot bode atau Nyquist. [18]



Gambar 2.11 Kurva Nyquist Z pada korosi baja.

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

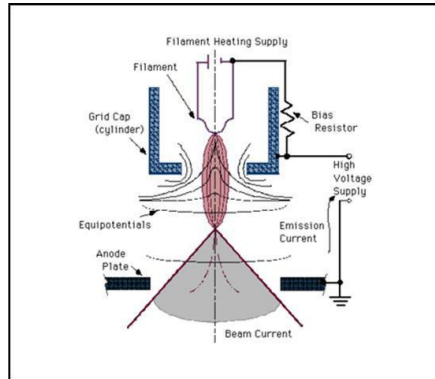
2.12 Uji SEM (*Scanning Electron Microscope*)

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah sebuah mikroskop elektron yang didesain untuk menyelidiki permukaan dari objek solid secara langsung. SEM memiliki perbesaran $10 - 3000000\times$, *depth of field* $4 - 0.4$ mm dan resolusi sebesar $1 - 10$ nm. Kombinasi dari perbesaran yang tinggi, *depth of field* yang besar, resolusi yang baik, kemampuan untuk mengetahui komposisi dan informasi kristalografi membuat SEM banyak digunakan untuk keperluan penelitian dan industri. Adapun fungsi utama dari SEM antara lain dapat digunakan untuk mengetahui informasi-informasi mengenai:

- ☐ Topografi, yaitu ciri-ciri permukaan dan teksturnya (kekerasan, sifat memantulkan cahaya, dan sebagainya).
- ☐ Morfologi, yaitu bentuk dan ukuran dari partikel penyusun objek (kekuatan, cacat pada *Integrated Circuit (IC)* dan *chip*, dan sebagainya).
- ☐ Komposisi, yaitu data kuantitatif unsur dan senyawa yang terkandung di dalam objek (titik lebur, kereaktifan, kekerasan, dan sebagainya).

Prinsip kerja SEM yaitu bermula dari *electron beam* yang dihasilkan oleh sebuah filamen pada *electron gun*. Pada umumnya *electron gun* yang digunakan adalah *tungsten hairpin gun* dengan filamen berupa lilitan *tungsten* yang berfungsi sebagai katoda. Tegangan diberikan kepada lilitan yang mengakibatkan terjadinya pemanasan. Anoda kemudian akan membentuk gaya yang dapat menarik elektron melaju menuju ke anoda. Kemudian *electron beam* difokuskan ke suatu titik pada permukaan sampel dengan menggunakan dua buah *condenser lens*. *Condenser lens* kedua (atau biasa disebut dengan *lensa objektif*) memfokuskan *beam* dengan diameter yang sangat kecil, yaitu sekitar $10-20$ nm. Hamburan elektron,

baik Secondary Electron (SE) atau Back Scattered Electron (BSE) dari permukaan sampel akan dideteksi oleh detektor dan dimunculkan dalam bentuk gambar pada layar CRT.[19]



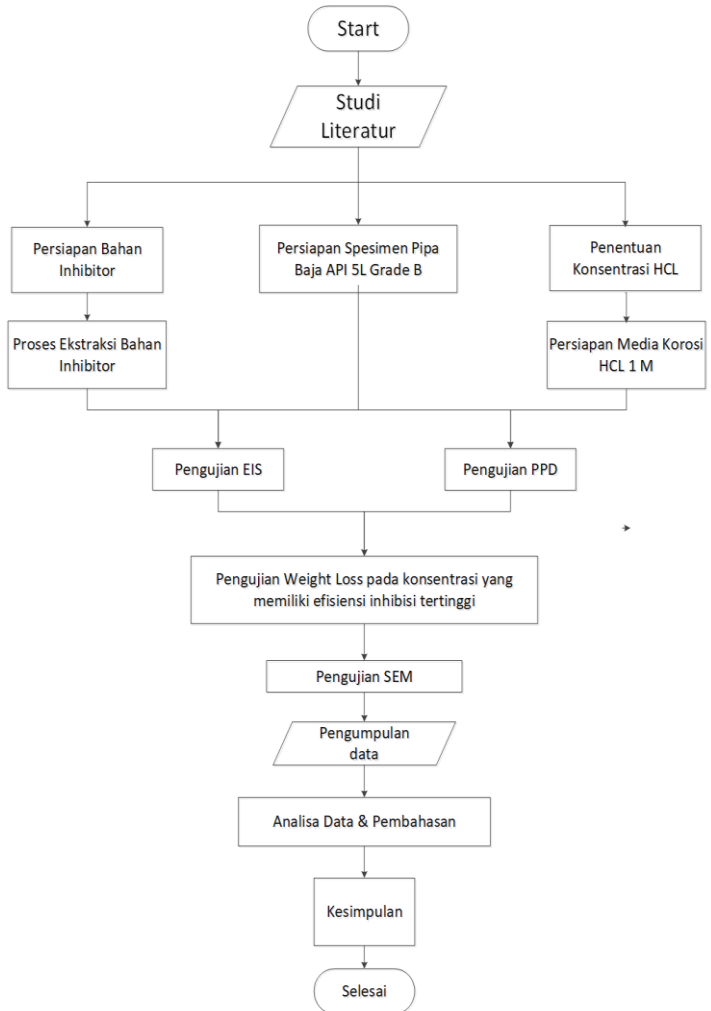
Gambar 2.12 Skema Kerja Alat *Scanning Electron Microscope*

(Halaman Ini Sengaja dikosongkan)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini digunakan dua metode penelitian adalah sebagai berikut :

1. Study Literatur

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

2. Eksperimental

Eksperimen yang dilakukan pada penelitian ini adalah Pengujian EIS (*Electrochemical Impedance Spectroscopy*), PDP (*Potensiodynamic Polarization*), Pengurangan Berat (*weight loss*), dan SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

3.3 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Jangka sorong
2. penggaris
3. Blender
4. Wadah botol plastik
5. Micro Balance
6. Kamera
7. Gelas ukur
8. Ember
9. Kertas saring
10. Pipa PVC
11. Resin
12. Catalyst
13. Solder

14. Timah
15. Kertas amplas
16. Kabel Tembaga
17. Alat pemotong baja
18. Alat pengujian EIS
19. Alat pengujian Polarisasi Potensiodinamic
20. Alat pengujian SEM

3.4 Bahan Penelitian

1. Material

Spesimen yang akan digunakan pada penelitian ini menggunakan baja API 5L Grade B yang telah dipotong dengan dimensi 10 x 10 mm untuk pengujian polarisasi dan EIS sedangkan untuk pengujian weight spesimen dipotong dengan dimensi 30 x 30 x 4 mm.

2. Larutan Media Korosif

Larutan elektrolit yang digunakan untuk media korosi pada penelitian ini adalah larutan HCL 1M

3. Inhibitor

Inhibitor yang digunakan adalah ekstrak Kulit biji bunga matahari yang diambil di ciwidey Bandung.

3.5 Prosedur Penelitian

Terdapat dua jenis prosedur penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pengujian pengaruh konsentrasi inhibitor dan mekanisme inhibisi pada inhibitor Kulit Biji Bunga Matahari. Pada penelitian ini dilakukan dengan beberapa variasi konsentrasi diantaranya 100 mg, 200 mg, 300 mg, 400, mg, dan 500 mg dengan media korosi HCL 1M. Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi inhibitor pada material baja dilakukan pengujian EIS (*Electrochemical Impedance Spectroscopy*) dan PDP (*Potensiodynamic Polarisazation*),

untuk mengetahui laju korosi dilakukan dengan menggunakan metode pengujian *Weight Loss*.

3.5.1 Persiapan Benda Kerja

Material yang akan digunakan pada pengujian ini adalah baja API 5L (ASTM A53) Grade B yang berbentuk pipa silindris.



Gambar 3.3 Baja API 5L Grade B

Diukur menggunakan penggaris lalu dipotong menjadi bagian-bagian kecil dengan dimensi 10x10 mm untuk PDP dan EIS, sedangkan untuk WL berdimensi 30x30x4mm setelah itu ukur dengan jangka sorong untuk memastikan dimensi telah sesuai (hasil pengukuran ditunjukkan pada BAB IV). Untuk pengujian EIS dan PDP, baja yang telah dipotong dihubungkan dengan kawat tembaga dengan *soldering*. Setelah itu balok baja yang sudah terhubung dengan tembaga dilapisi resin agar hanya bagian permukaan dari benda kerja yang ter-*expose* saat dilakukan pengujian.

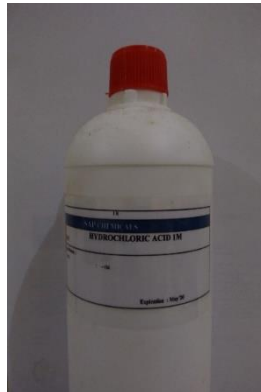
Lalu permukaan benda kerja dihaluskan dan dibersihkan dari berbagai produk korosi. Sedangkan untuk pengujian *weight loss* dan SEM baja tidak disambungkan dengan kawat tembaga dan tidak dilapisi resin.



Gambar 3.4 Benda Kerja Pengujian EIS dan Polarisasi

3.5.2 Persiapan Larutan Korosif

Larutan yang digunakan adalah HCl 1M 1liter



Gambar 3.5 Larutan HCL 1M

3.5.3 Persiapan Inhibitor

Pembuatan inhibitor dari Biji Bunga Matahari menggunakan metode ekstraksi maserasi. Kulit Biji Bunga

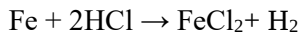
Matahari dikeringkan di bawah sinar matahari selama tiga hari sehingga kulit menjadi kering.

Haluskan Kulit Biji bunga matahari kering dengan Mesin giling sampai menjadi bubuk. Setelah itu kulit ditimbang dan menunjukkan berat 800 gr. Bungkus bubuk Kulit biji bunga matahari dengan kertas saring lalu masukkan ke dalam wadah untuk di maserasi dengan methanol selama 7x24 jam.

Setelah itu saring metanol yang telah direndami Kulit biji bunga matahari dengan kertas saring dan uapkan sampai semua metanol menguap dan sari yang umumnya berbentuk minyak mengendap.

3.6 Pengujian

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah EIS (*Electrochemical Impedance Spectroscopy*), PDP (*Potensiodynamic Polarization*), SEM (*Scanning Electron Microscopy*), dan pengurangan berat (*weight loss*) dengan menggunakan inhibitor dengan konsentrasi yang menghasilkan efisiensi tertinggi. Pada pengujian kali ini yang melibatkan baja API 5L Grade B dan larutan HCl 1M, akan terjadi korosi dengan reaksi sebagai berikut :



3.6.1 Pengurangan Berat

Pengujian *weight loss* dilakukan untuk mengetahui laju korosi (mpy) pada baja API 5L grade B berdasarkan pengurangan berat awal dan berat akhir setelah terkorosi dengan variasi penambahan inhibitor ekstrak Kulit Biji Bunga matahari pada larutan HCl 1M. Konsentrasi inhibitor yang digunakan sebesar konsentrasi 100 mg, 200 mg, 300 mg, 400 mg, dan 500 mg dengan waktu perendaman kelipatan yang sama. Pengujian dilakukan dengan dan tanpa penambahan inhibitor pada material.

Pengujian *weight loss* tanpa inhibitor dan dengan inhibitor

1. Menyiapkan wadah plastik untuk tempat perendaman spesimen.
2. Menyiapkan 10 spesimen baja API 5L grade B dengan dimensi 10x10x4 mm.
3. Melakukan penimbangan awal pada masing-masing spesimen.
4. Memasukkan larutan elektrolit ke dalam wadah plastik.
5. Merendam baja API 5L grade B ke dalam elektrolit.
6. Memasukkan inhibitor dengan konsentrasi yang sudah ditentukan untuk pengujian *weight loss* dengan inhibitor
7. Tiap 2 specimen direndam selama 5 dan 6 jam kemudian dilakukan penimbangan

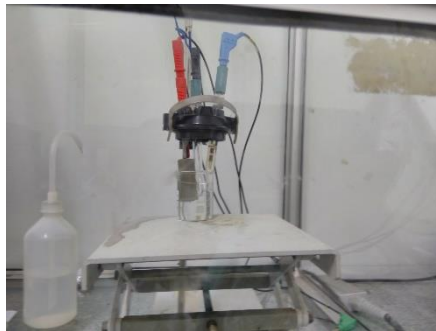
3.6.2 *Electro Impedance Spectroscopy*

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

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

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

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

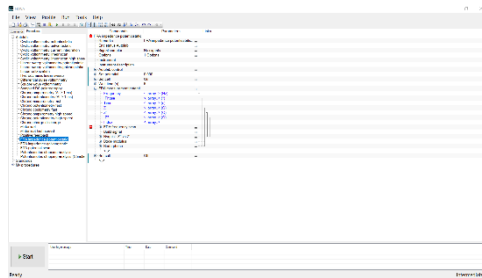


Gambar 3.10 Proses Pengujian EIS dan Polarisasi

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



Gambar 3.11 gambar mesin AUTOLAB



Gambar 3.12 Gambar Software Nova 1.11

3.6.3 Polarisasi Potensio Dinamik

Polarisasi potensiodinamik adalah metode untuk menentukan perilaku korosi logam berdasarkan hubungan potensial dan arus anodik atau katodik jika logam berada kontak dengan larutan yang bersifat korosif. Dalam pengujian korosi digunakan potensiodinamik karena dengan ini dapat dilakukan analisis tafel untuk mendapatkan data data tentang arus korosi (I_{corr}) dan laju korosi ($Corr Rate$). Metode pengujian ini

mengacu pada standard ASTM G 5 -94 dan perhitungan dari *corr. rate* mengacu pada standard ASTM G 102 - 89.

Prosedur pengujian polarisasi potensiodinamik adalah sebagai berikut:

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

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

3.6.4 Scanning Electron Microscope

Pengujian SEM bertujuan untuk mengetahui produk korosi maupun lapisan yang terbentuk pada permukaan material. Alat yang digunakan dalam pengujian SEM kali ini yaitu jenis Carl Zeiss (Evo MA 10) Inggris dengan kemampuan perbesaran elektron optical sebesar 25 – 50.000 kali dan dapat dizoom sampai 12 kali, dengan resolusi mencapai lebih dari 10 mikrometer serta penggambaran analisis pada daya 20 kV. Perbesaran yang diambil dalam melakukan pengujian ini adalah perbesaran 2000 kali. Mekanisme pengambilan data SEM adalah berkas elektron yang dipancarkan oleh sumber elektron, kemudian berkas elektron ini akan berinteraksi dengan material. Sebagian elektron terobsesi oleh material dan sebagian lainnya akan terpantul oleh detector secondary electron dan terhambur balik akan tertangkap oleh Back Scattered Electron (BSE). Langkah – langkah dalam pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Meletakkan material di dalam suatu wadah plastik yang tidak menyebabkan material bereaksi dengan lingkungan.
2. Material diletakkan diatas holder yang sebelumnya telah diletakkan dengan carbon tape. Carbon tape ini berfungsi meletakkan holder dengan sample.
3. Holder dimasukkan ke dalam mesin dan siap untuk diamati. Pada layar komputer akan tampak permukaan spesimen dalam berbagai pembesaran



Gambar 3.13 Alat Pengujian SEM

3.7 Rancangan Tabel Pengambilan Data

Untuk memudahkan dalam mengolah dan menganalisa data yang didapat, maka dibuat rancangan percobaan sebagai berikut:

Tabel 3.1 Pengujian Polarisasi Potensiodinamik

Konsentrasi Inhibitor (mg)		dimensi	ba (mV/dec)	bc (mV/dec)	Ecorr (mV)	Icorr (μA/cm ²)	CR (mm/year)	% I E
0	1							
	2							
	3							
	4							
	5							
100	1							
	2							
	3							

	4							
	5							
200	1							
	2							
	3							
	4							
	5							
300	1							
	2							
	3							
	4							
	5							
400	1							
	2							
	3							
	4							
	5							
500	1							
	2							
	3							
	4							
	5							

Tabel 3.2 Pengujian EIS

Konsentrasi Inhibitor (mg)		Dimensi	CPE (μF)	R_p (Ω)	R_s (Ω)	%IE
0	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
100	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

200	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
300	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
400	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
500	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

Tabel 3.3 Pengujian *Weight Loss*

Waktu (Jam)		Berat Awal	Berat Akhir	Selisih	Laju Korosi	Rata- Rata	Efisi ensi
5	1						
	2						
	3						
	4						
	5						

	6						
6	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						

BAB IV

HASIL DAN ANALISA

4.1 Hasil dan Ekstraksi

Hasil dari ekstraksi menggunakan metode maserasi pada kulit biji bunga matahari menghasilkan gel dengan yang mengandung senyawa yang dapat menghambat laju korosi. Gel yang dihasilkan dengan kepekatan yang rendah dan berwarna hitam. Gel yang dihasilkan sebanyak 57 gr dari 800g bubuk kulit bij bunga batahari kering yang di maserasi

4.2 Hasil Penelitian

Dibawah ini adalah hasil pengujian polarisasi potentio dinamik, *Electro Impedance Spectroscopy*, *Scanning Electro Microscope* dan *Weight Loss*.

4.2.1 Hasil Pengujian Polarisasi Potensio Dinamik

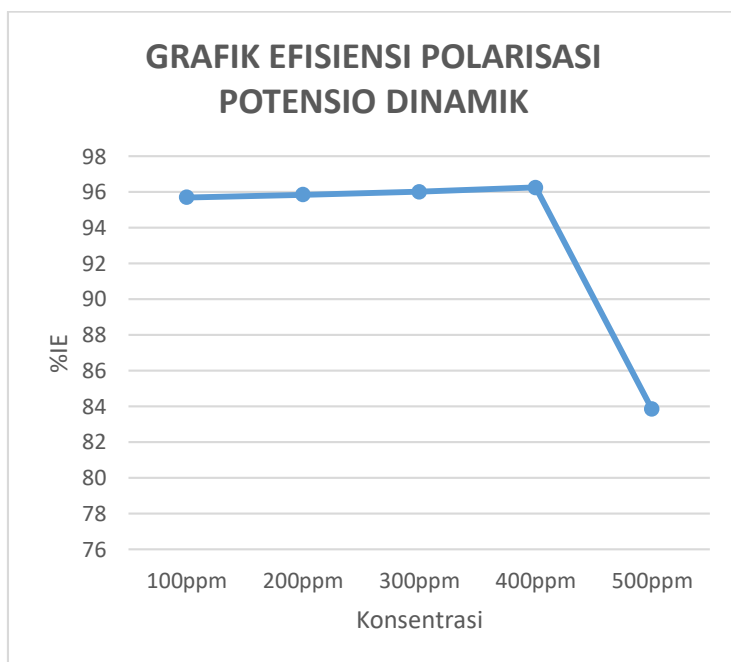
Dari pengujian polarisasi dapat diketahui laju korosi dan efisiensi inhibisi dari inhibitor yang digunakan. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada enam *sample* dengan variasi konsontrasi larutan inhibitor sebesar 0 mg, 100 mg, 200 mg, 300 mg, 400 mg dan 500mg dengan menggunakan mesin AUTOLAB dan diolah dengan *software* Nova 1.11 didapatkan data yang dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 laju korosi dan efisiensi inhibitor

Konsentrasi	Dimensi Benda Uji	ba(V/dec)	bc(V/dec)	E _{corr} , calc (V)	E _{corr} , obs(V)	j _{corr} (mA/cm ²)	i _{corr} (mA)	CR (mm/year)	%IE
0ppm	9,8 X 9,75	182.930	120.140	-449.870	-449.450	2.4378	2.3478	28.327	-
100ppm	9.05 X 9.3	121.960	36.612	-362.040	-362.190	0.041841	0.041841	0.43514	98,21867%
200ppm	9.75 X 9.3	241.320	34.225	-329.110	-329.720	0.028103	0.028103	0.29227	98,9622%
300ppm	9.4 X 8.6	117.830	31.093	-346.920	-346.920	0.023250	0.023250	0.24182	99,14632%
400ppm	9.5 X 9.3	87.297	25.390	-336.520	-336.690	0.011860	0.011860	0.12333	99,56462%
500ppm	9.6 X 9.4	149.420	69.8610	-426.970	-426.490	0.127160	0.127160	1.14776	84.58385%

Laju korosi tertinggi didapat pada konsentrasi tanpa larutan inhibitor (0 mg) sebesar 28,327 mm/year. Sedangkan laju korosi terendah didapat pada konsentrasi larutan inhibitor 400 mg sebesar 0,1233 mm/year. Sehingga didapat efisiensi inhibisi tertinggi pada larutan inhibitor 400 mg sebesar 99,56462%. Efisiensi terendah pada sample dengan penambahan inhibitor didapat pada larutan inhibitor 500 mg sebesar 84.58382 % dengan laju korosi 1.14776 mm/year.

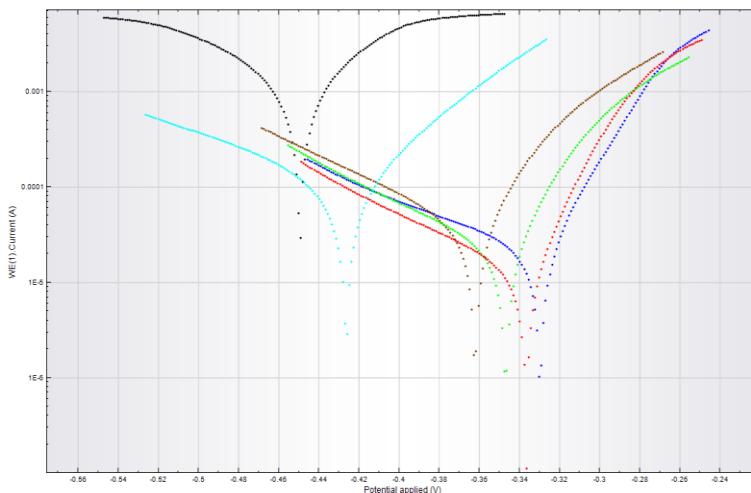
Tren dari efisiensi inhibisi dapat dilihat pada gambar 4.2. Grafik dengan titik terendah pada konsentrasi larutan inhibitor 500 mg dan titik tertinggi pada konsentrasi 400 mg.



Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Laju Korosi dan Efisiensi Inhibisi Polarisasi Potensiodynamik (PDP)

Tren dari laju korosi dapat dilihat pada gambar 4.2. Grafik membentuk seperti huruf Z dengan titik terendah pada konsentrasi larutan inhibitor 500 mg dan titik tertinggi pada konsentrasi 400 mg.

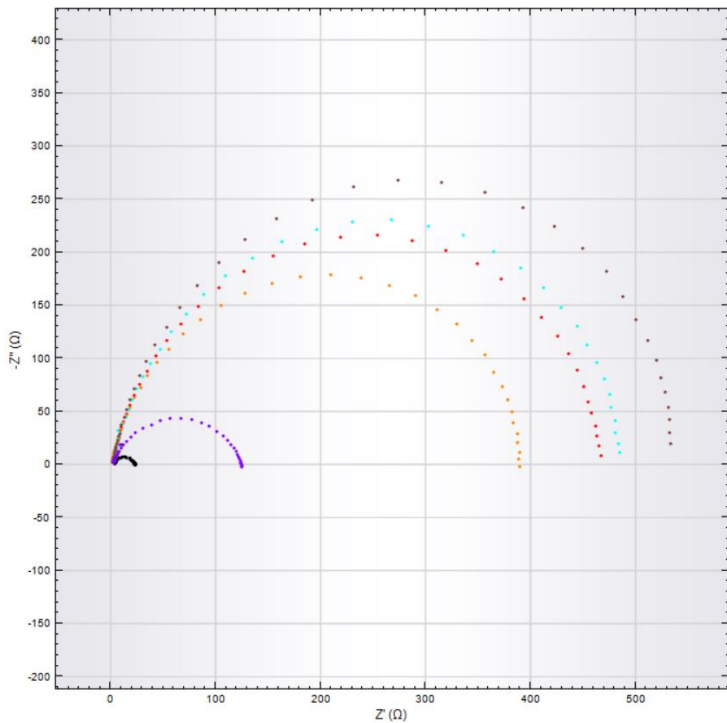
Dari *software* Nova 1.11 didapatkan data yang dapat dilihat pada gambar . Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa inhibitor Biji bunga matahari anodik , karena dari semua konsentrasi memiliki selisih E_{corr} dengan tanpa inhibitor berposisi pada sebelah kanan dari larutan tanpa inhibitor. *Sample* tanpa inhibitor pada grafik yang berwarna hitam terletak paling tinggi menunjukkan memiliki laju korosi paling tinggi. Sedangkan *Sample* dengan konsentrasi inhibitor 400 mg pada grafik yang berwarna merah terletak paling rendah menunjukkan memiliki laju korosi paling rendah.



Gambar 4.3 Hasil Pengujian Polarisasi

4.2.2 Hasil Pengujian Electro Impedance Spectroscopy

Pengujian dari *Electrochemical Impedance Spectroscopy* atau EIS dengan menambahkan inhibitor dari ekstrak kulit Biji bunga matahari menghasilkan gambar grafik sebagai berikut :



Gambar 4.4 Grafik Nyquist Tiap Sample

Pengujian yang menghasilkan grafik Nyquist ini dapat digunakan untuk menentukan parameter yang memiliki keterkaitan dengan tahanan polarisasi, tahanan larutan, dan kapasitansi lapis rangkap listrik. Pada grafik dapat dilihat

bahwa pada konsentrasi 0 mg atau tanpa inhibitor (terlihat pada lengkungan berwarna hitam paling bawah) memiliki nilai impedansi yang kecil antara permukaan baja dengan larutannya. Setelah ditambahkan inhibitor ekstrak kulit Biji bunga matahari dengan konsentrasi 100 mg – 400 mg menunjukkan perubahan nilai impedansi. Nilai impedansi akan meningkat, ini menunjukkan bahwa inhibitor dari ekstrak Kulit biji bunga matahari dapat menginhibisi laju korosi yang mengalir dari permukaan elektroda menuju larutan elektrolitnya. Pada kondisi ini nilai impedansi antar permukaan baja dengan larutan merupakan impedansi kapasitif yang berarti proses korosi dikontrol oleh proses *charge transfer* (perpindahan muatan)

Mekanisme inhibisi dari inhibitor kulit biji bunga matahari dapat dilihat dari nilai impedansi yang dihasilkan grafik nyquist dari *software* Nova 1.11. Dari hasil Nyquist dapat dilihat hasil nilai tahanannya. Setelah dilakukan pengujian, didapatkan hasil yang dapat dilihat pada tabel :

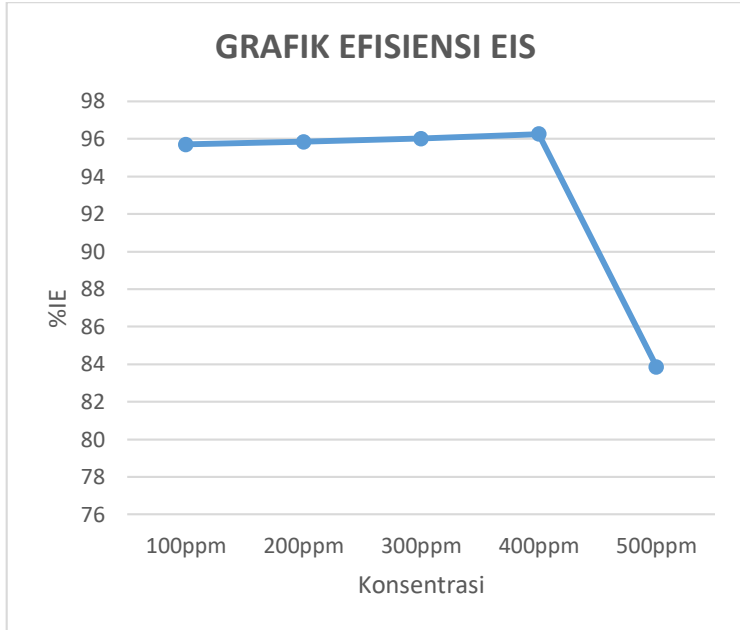
Tabel 4.2 Hasil Equivalent Circuit Nilai Impedansi Dengan Penambahan Inhibitor Ekstrak Kulit Biji Bunga Matahari

Konsentrasi	Dimensi Benda Uji	CPE	Rp	Rs	%IE
0ppm	9,8 X 9,75	101.310	19.9620	3.46200	-
100ppm	9.05 X 9,3	115.110	464.080	6.20430	95,6985%
200ppm	9,75 X 9,3	147.110	480.260	7.43690	95.8435%
300ppm	9,4 X 8,6	150.890	501.160	9.01150	96.0168%
400ppm	9,5 X 9,3	147.060	532.520	6.24550	96.2514%
500ppm	9.6 X 9,4	54.2910	123.660	1.64290	83.8575%

Sample tanpa inhibitor memiliki tahanan yang jauh lebih kecil dibandingkan *sample* dengan penambahan inhibitor. Tahanan tertinggi didapat pada konsentrasi 400 mg dengan efisiensi sebesar 96.2514%. Sedangkan tahanan terkecil pada

sample dengan inhibitor didapat pada konsentrasi 100 mg dengan efisiensi 95.6985%.

Tren efisiensi dari penambahan inhibitor dari konsentrasi 100 mg – 400 mg dapat dilihat pada gambar sebagai berikut :



Gambar 4.5 Grafik Efisiensi Impedansi

Grafik menunjukan tren naik dengan titik terendah pada konsentrasi 100 mg dan menanjak sampai konsentrasi 400 mg.

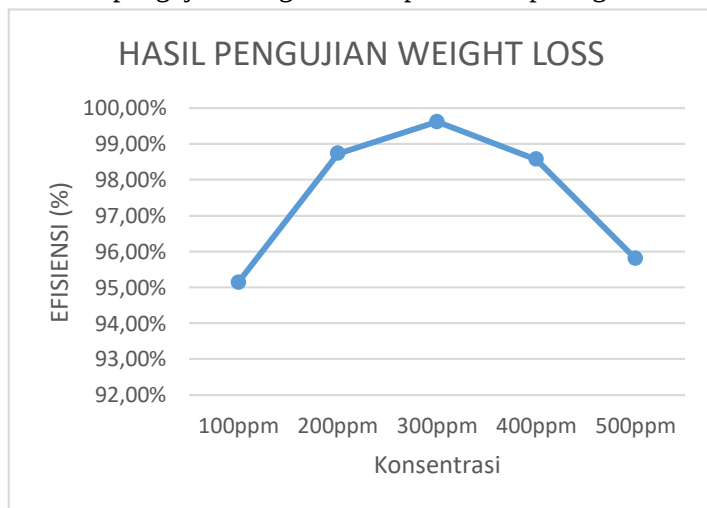
4.2.3 Hasil Pengujian *Weight Loss*

Pada pengujian weight loss dapat diketahui nilai dari laju korosi dan efisiensi inhibisi. Pengujian weight loss pada penelitian ini menggunakan konsentrasi inhibitor 100 mg, 200 mg, 300 mg dan 400 mg. Pengujian dilakukan dengan variabel waktu 5 dan 6 jam dengan dan tanpa inhibitor. Hasil dari pengujian weight loss dapat dilihat pada tabel sebagai berikut

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Weight Loss

Konsentrasi (mg)	Dimensi Benda Uji	Waktu Perendaman (jam)	Tanpa Inhibitor	Dengan Inhibitor	Efisiensi (%)
			Corr Rate	Corr Rate	
100	30,1 x30,2x4,3	6	0,057101352	0,002447201	95,14%
200	30.05x 30 X4,1	5	0,256466644	0,003262934	98,73%
300	29,9x30,1x4,1	5	0,256466644	0,00097888	99,62%
400	30,1x30,3x3,9	6	0,057101352	0,000815734	98,57%
500	28x30x3,8	5	0,256466644	0.01076768	95.80%

Dari tabel dapat dilihat bahwa efisiensi inhibisi tertinggi didapat pada variabel waktu 6 jam dengan efisiensi sebesar 99.62%. Efisiensi inhibisi meningkat dari variabel konsentrasi 200 mg sampai 300 mg lalu menurun pada 400 mg. Tren dari efisiensi pengujian weight loss dapat dilihat pada gambar

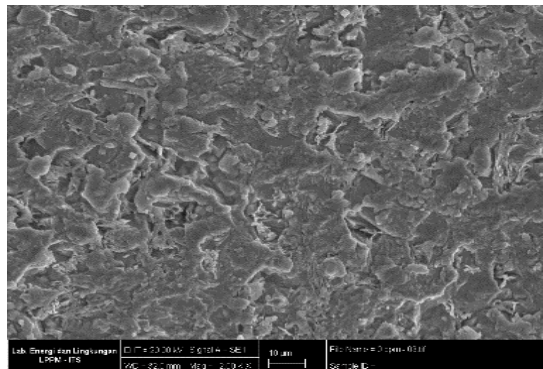


Gambar 4.6 Grafik Efisiensi Weigh Loss

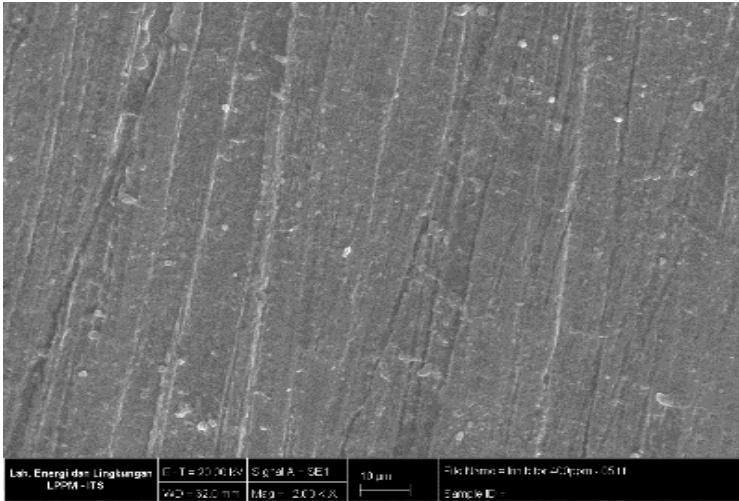
4.2.4 Hasil Pengujian Scanning Electron Microscope

Pada pengujian SEM ini bertujuan untuk mengetahui morfologi pada permukaan spesimen baja API 5L *grade B* yang telah dilindungi oleh inhibitor kulit Biji Bunga matahari dan permukaan spesimen yang tidak dilindungi oleh inhibitor. Pengujian SEM dilakukan di Laboratorium Energi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Pengujian SEM ini dilakukan setelah mendapatkan efisiensi inhibisi tertinggi dari pengujian *weight loss* sebelumnya yaitu efisiensi inhibisi tertinggi terletak pada waktu perendaman 6 jam Spesimen yang telah diuji *weight loss* kemudian dapat langsung diuji SEM untuk melihat perubahan yang ada pada permukaannya.

Pengujian SEM ini menggunakan alat SEM jenis Carl Zeiss Evo MA 10 . Alat ini memiliki kemampuan perbesaran elektron optikal 20-50.000 kali dan dapat di zoom sampai 12x, dengan resolusi mencapai lebih dari 14 nm, kemampuan perbesaran optik 20-135 kali, serta penggambaran dan analisis pada daya 5kV,10kV dan 15kV. Hasil dari pengujian dengan menggunakan alat SEM Carl Zeiss dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



(a)



(b)

Gambar 4.7 Hasil Uji SEM Spesimen dengan Perbesaran 2000x (a) Tanpa Inhibitor, (b) dengan Inhibitor

Berdasarkan gambar 4.5 tersebut, pada setiap permukaan dari spesimen tanpa inhibitor (a) terlihat bahwa material baja API 5L *grade* B terdapat kerusakan berupa lubang-lubang kecil dan banyak produk korosi berbentuk pulau-pulau yang menyelimuti seluruh permukaan material. Sedangkan pada permukaan dari spesimen dengan penambahan inhibitor (b) terlihat bahwa terdapat lapisan tipis berwarna putih yang terbentuk pada permukaan baja API 5L *grade* B dan selain itu pada permukaan material juga sedikit terdapat produk korosi yang berbentuk pulau-pulau. Hal tersebut menandakan bahwa spesimen baja API 5L *grade* B tanpa penambahan inhibitor mengalami jenis korosi seragam (*uniform corrosion*). Korosi seragam

merupakan jenis korosi yang menyerang permukaan secara menyeluruh. Korosi ini biasa terjadi pada baja karbon yang berada dalam lingkungan atmosfer maupun lingkungan korosif. Sedangkan pada spesimen baja API 5L *grade* B yang ditambahkan inhibitor terdapat lapisan tipis berwarna putih yang terbentuk pada permukaan spesimen. Lapisan putih tersebut merupakan lapisan yang membantu proses penghambatan korosi yang sedang terjadi pada spesimen.

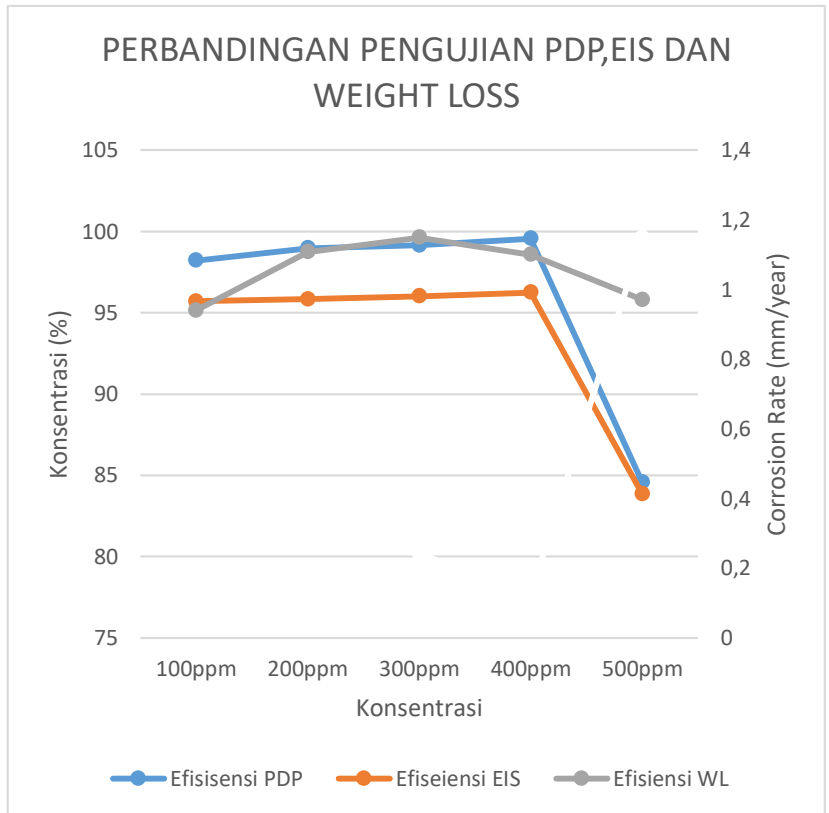
4.3 Hubungan Laju Korosi, Efisiensi dan Konsentrasi

Pada pengujian PDP (Polarisasi Potensiodinamik), EIS (Electrochemical Impedance Spectroscopy), dan WL (Weight Loss), telah didapat data mengenai laju korosi. Data laju korosi ini digunakan untuk mencari berapa efisiensi inhibisi terbaik pada pengujian yang sudah dilakukan sesuai dengan konsentrasi yang sudah ditentukan juga.

Dapat ditemukan bahwa tanpa penambahan inhibitor, dengan penambahan inhibitor, semakin rendah laju korosi, maka efisiensi yang didapatkan akan semakin besar. Berikut ini adalah gambar grafik efisiensi inhibisi pada 3 pengujian, yaitu :

1. PDP (Polarisasi Potensiodinamik)
2. EIS (Electrochemical Impedance Spectroscopy)
3. WL (Weight Loss).

Pada grafik tersebut, didapatkan efisiensi terbaik pada pengujian PDP adalah 99,56% pada konsentrasi 400mg, EIS adalah 96,25% 400mg, dan WL adalah 98,57% 300mg.



Gambar 4.9 Grafik Efisiensi Inhibisi Pada 3 Pengujian (Polarisasi Potensiodinamik, Electrochemical Impedance Spectroscopy, dan Weight Loss)

(Halaman ini Sengaja Dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut ini :

1. Penambahan inhibitor kulit Biji bunga matahari (*helianthus annuus*) dapat menurunkan laju korosi pada baja API 5L *grade* B dengan efisiensi sebagai berikut :
 1. Efisiensi tertinggi pada pengujian polarisasi potensiodinamik maksimal sebesar 99,56462% pada konsentrasi inhibitor 400 mg.
 2. Efisiensi tertinggi pada pengujian EIS maksimal sebesar 96,254% yang terletak pada konsentrasi inhibitor 400 mg.
 3. Efisiensi tertinggi pada pengujian weight loss adalah 99,62% pada konsentrasi 300mg lalu turun kembali menjadi 98,57% pada konsentrasi 400mg
2. Mekanisme inhibisi inhibitor kulit biji bunga matahari yang terjadi yaitu inhibitor kulit biji bunga matahari bersifat lebih dominan anodik.

5.2 Saran

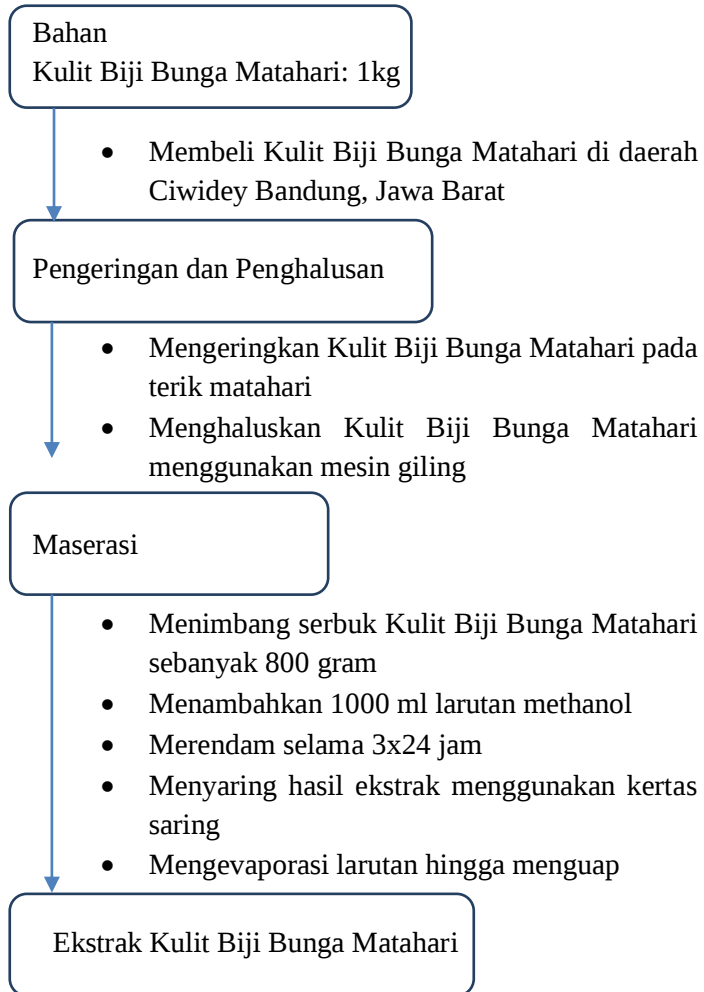
1. selanjutnya untuk melihat kinerja efisiensi inhibitor pada aplikasi yang sebenarnya dengan temperature yang berbeda.
2. Perlu adanya variasi kecepatan putar pada pengujian selanjutnya untuk melihat pengaruh efisiensi inhibitor korosi pada kondisi yang sebenarnya.
3. Perlu adanya pengujian dengan metode lain seperti GCMS, FTIR untuk melihat senyawa yang ada pada ekstrak Kulit Biji Bunga Matahari.

(Halaman ini Sengaja Dikosongkan)

LAMPIRAN A

Skema Kerja

1. Pembuatan Inhibitor Ekstrak Kulit Biji Bunga Matahari Dengan Metode Maserasi



2. Pembuatan Spesimen Uji Polarisasi Potensiodinamik

Baja API 5L Grade B

- Memotong dengan ukuran 10 mm x 10 mm x 4 mm
- Menyambungkan dengan kabel memakai solder
- Melapisi spesimen dengan resin
- Menghaluskan permukaan

Spesimen Uji Polarisasi Potensiodinamik

3. Pembuatan Spesimen Uji *Weight Loss*

Baja API 5L Grade B

- Memotong dengan ukuran 30 mm x 30 mm x 4 mm
- Menghaluskan permukaan spesimen

Spesimen Uji *Weight Loss*

4. Pembuatan Larutan HCl 1 M

Larutan HCl 37%

- Mengambil dan mengukur 82,8 ml HCl 37% (Perhitungan pada lampiran B)
- Memasukkan dalam labu ukur 1000 ml dan diencerkan hingga tanda batas menggunakan aquades

Larutan HCl 1M 1L

5. Prosedur Uji Polarisasi Potensiodinamik

Spesimen dan Larutan Elektrolit

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

Menjalankan program Nova 1.11

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

Diperoleh data korosi yang diperlukan

6. Prosedur Uji Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)

Spesimen dan Larutan Elektrolit

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

Menjalankan program Nova 1.11

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

A



parameter elektrokimia dari analisis *Electrochemical Circle Fit*

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

Equivalent circuit dan Parameter elektrokimia

LAMPIRAN B

1. Pembuatan Larutan HCl 1M sejumlah 1L

Diketahui : larutan HCl 37% :

$$\rho = 1,19$$

$$BM = 36,46$$

Rumus Pengenceran HCl 1M :

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

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

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

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

2. Contoh Perhitungan Corrosion Rate Pada Weight Loss

Tanpa Inhibitor				
Waktu (Jam)	Berat Awal	Berat Akhir	Selisih Berat	Corr Rate
6	26.003	25.933	0.07	0.057101

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

$$K = 87600$$

$$W = 0,07$$

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

$$A = (30 \times 30 + 30 \times 4 + 30 \times 4) \times 2 = 2280 \text{ mm}^2$$

$$T = 6 \text{ jam}$$

$$CR = \frac{87600 \times 0,07}{7,85 \times 2280 \times 6} = 0,057101$$

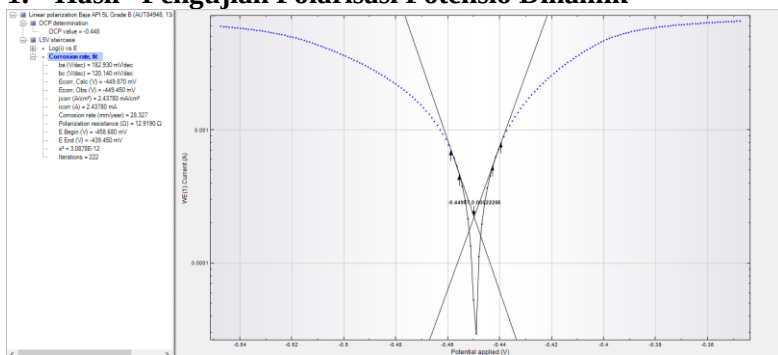
3. Hasil Pengujian *Weight Loss*

Konsentrasi (mg)	Waktu (jam)	Data ke	Wo (gram)	Wi (gram)	Wo-Wi (gram)	Corr Rate
0	5	1	24,433	24,171	0,262	0,25646664
		2	23,176	23,106	0,07	0,06852162
		3	24,29	24,219	0,071	0,0695005
	6	1	24,221	24,171	0,05	0,04078668
		2	25,117	25,053	0,064	0,05220695
		3	26,003	25,933	0,07	0,05710135
100	5	1	26,031	26,022	0,009	0,00880992
		2	23,77	23,746	0,024	0,02349313
		3	23,771	23,746	0,025	0,02447201
	6	1	25,7	25,693	0,007	0,00571014
		2	25,704	25,701	0,003	0,0024472
		3	25,906	25,701	0,205	0,16722539
200	5	1	24,402	24,382	0,02	0,01957761
		2	28,2	28,17	0,03	0,02936641
		3	24,202	24,16	0,042	0,04111297
	6	1	26,315	26,311	0,004	0,00326293
		2	26,099	26,092	0,007	0,00571014
		3	26,071	26,053	0,018	0,0146832
300	5	1	25,215	25,214	0,001	0,00097888
		2	24,31	24,306	0,004	0,00391552
		3	24,364	24,356	0,008	0,00783104
	6	1	26,083	26,065	0,018	0,0146832
		2	24,544	24,536	0,008	0,00652587
		3	24,078	24,066	0,012	0,0097888
400	5	1	25,252	25,185	0,067	0,06558498
		2	24,172	24,143	0,029	0,02838753

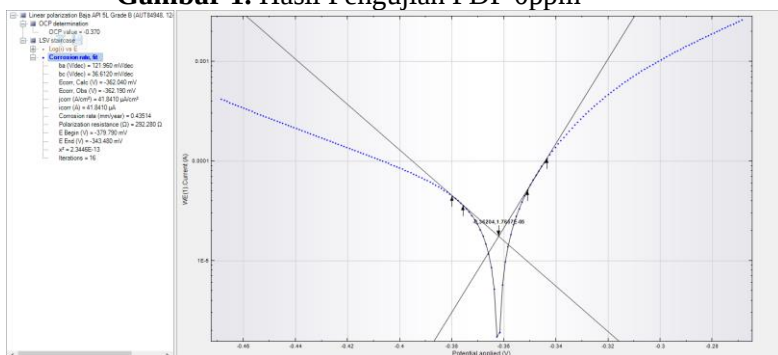
500	6	3	23,337	23,309	0,028	0,02740865
		1	25,485	25,483	0,002	0,00163147
		2	26,147	26,145	0,002	0,00163147
		3	22,304	22,303	0,001	0,00081573
	5	1	25,72	25,7	0,02	0,01957761
		2	25,914	25,9	0,014	0,01370432
		3	25,615	25,604	0,011	0,01076768
	6	1	25,471	25,444	0,027	0,02202481
		2	25,178	25,16	0,018	0,01761985
		3	24,083	24,065	0,018	0,0146832

LAMPIRAN C

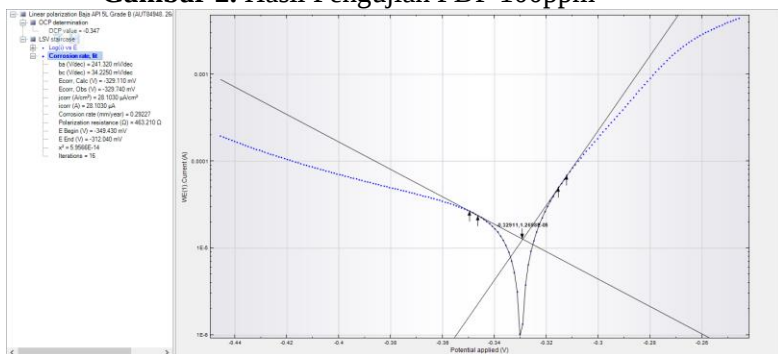
1. Hasil Pengujian Polarisasi Potensio Dinamik



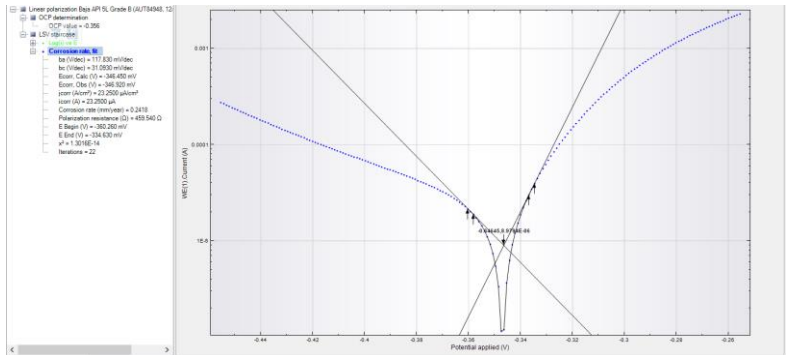
Gambar 1. Hasil Pengujian PDP 0ppm



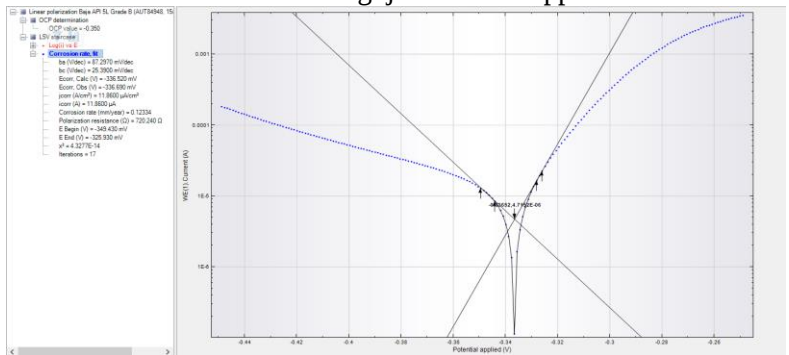
Gambar 2. Hasil Pengujian PDP 100ppm



Gambar 3. Hasil Pengujian PDP 200ppm

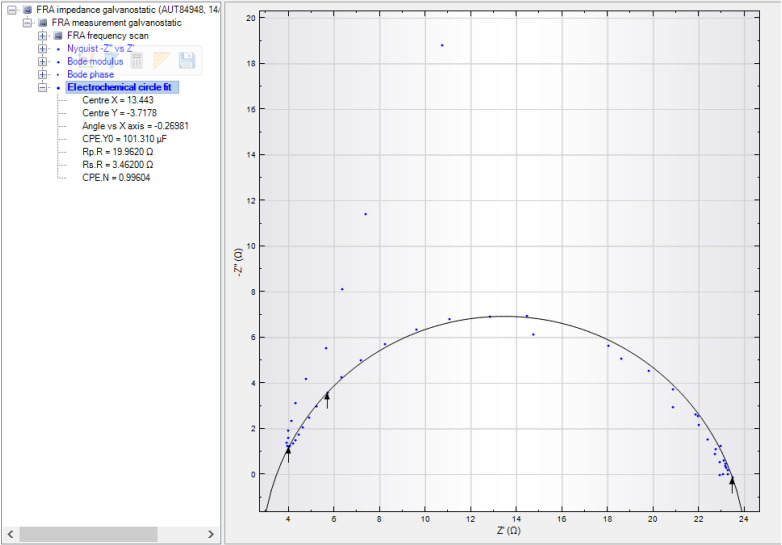


Gambar 4. Hasil Pengujian PDP 300ppm

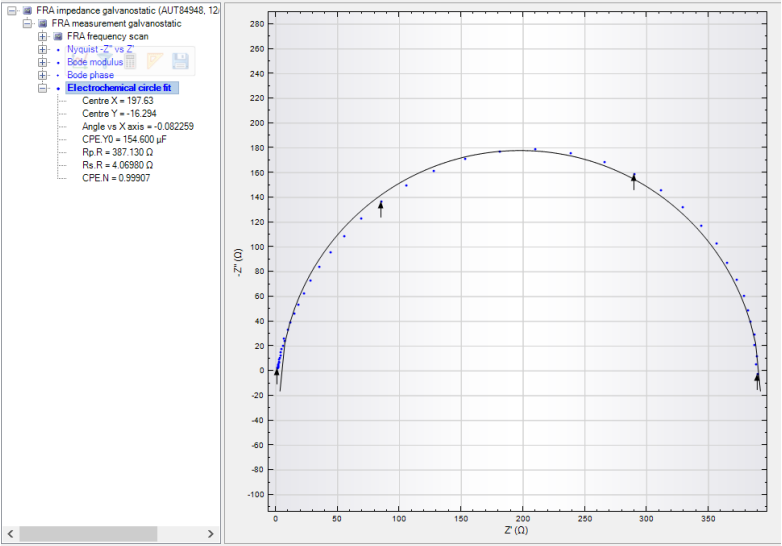


Gambar 5. Hasil Pengujian PDP 400ppm

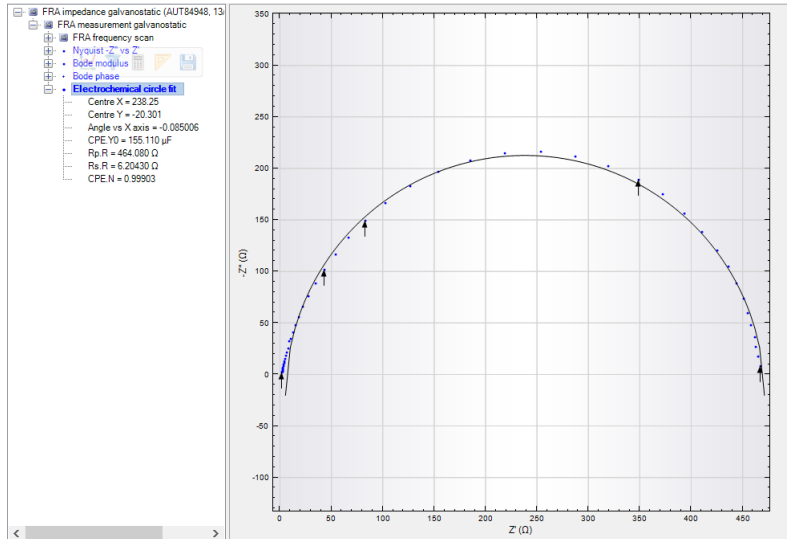
2. Hasil Pengujian Polarisasi Potensio Dinamik



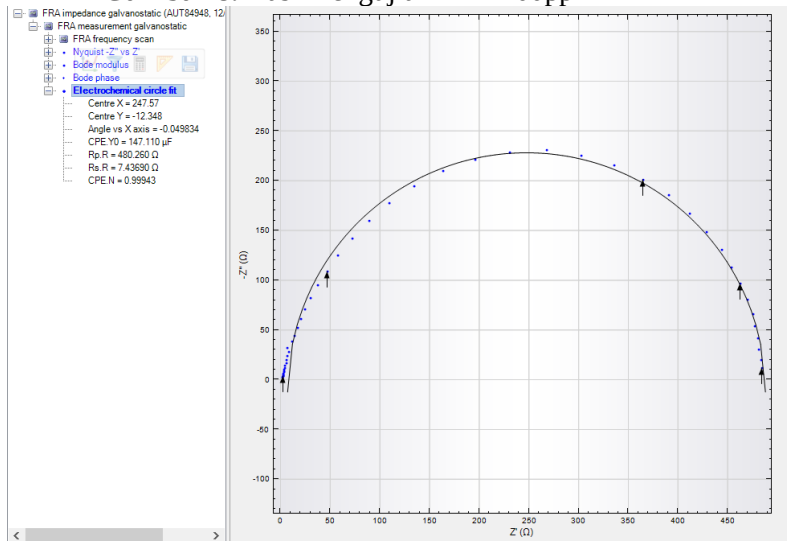
Gambar 6. Hasil Pengujian EIS 0ppm



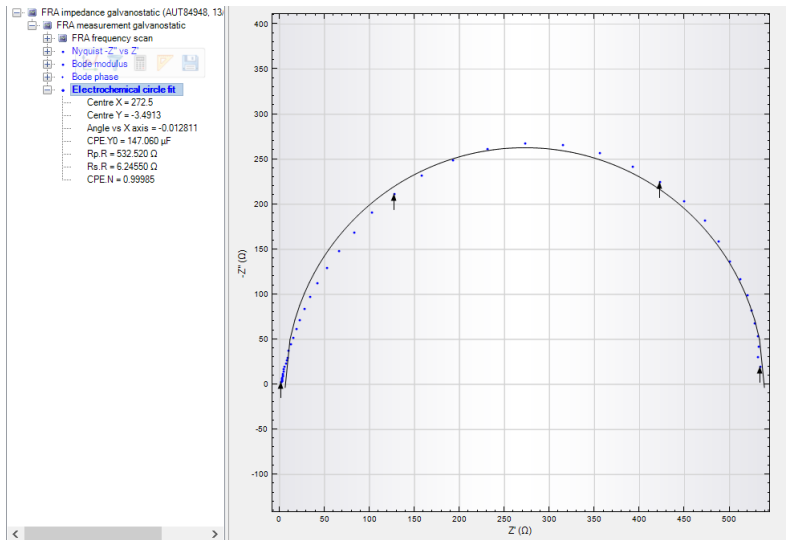
Gambar 7. Hasil Pengujian EIS 100ppm



Gambar 8. Hasil Pengujian PDP 200ppm

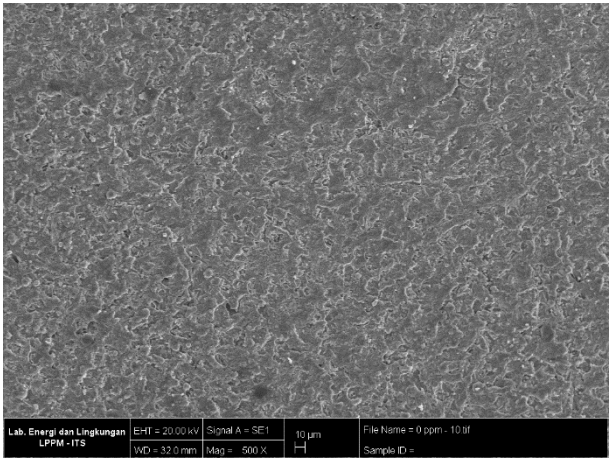


Gambar 9. Hasil Pengujian PDP 300ppm

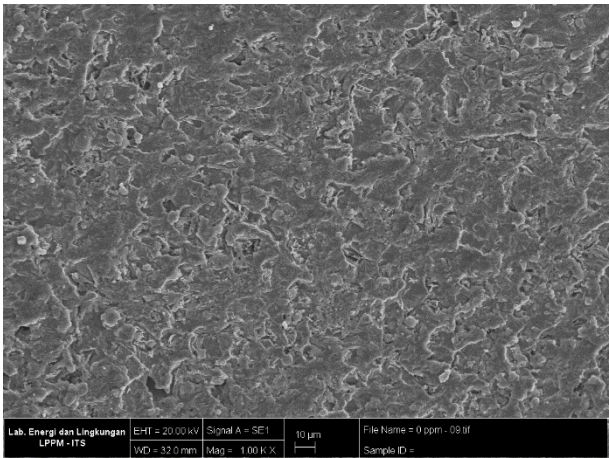


Gambar 10. Hasil Pengujian PDP 400ppm

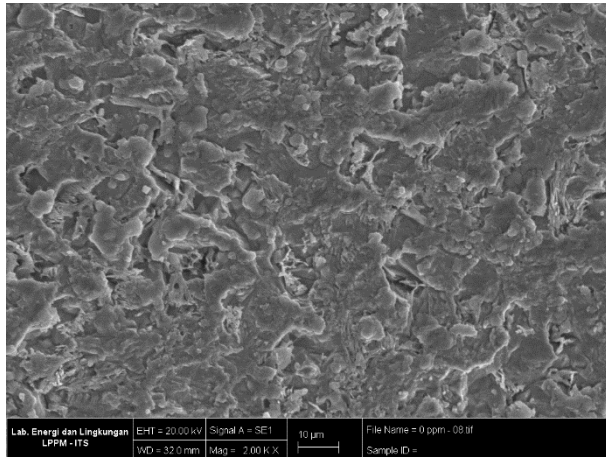
3. Hasil Pengujian *Scanning Electron Microscopy*



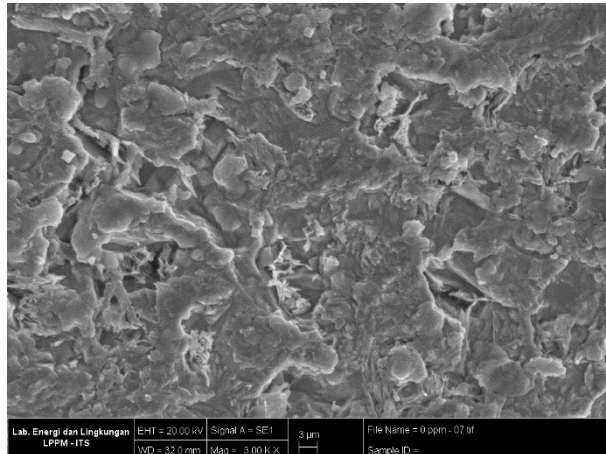
Gambar 11. Hasil Pengujian SEM Tanpa Inhibitor perbesaran 500x



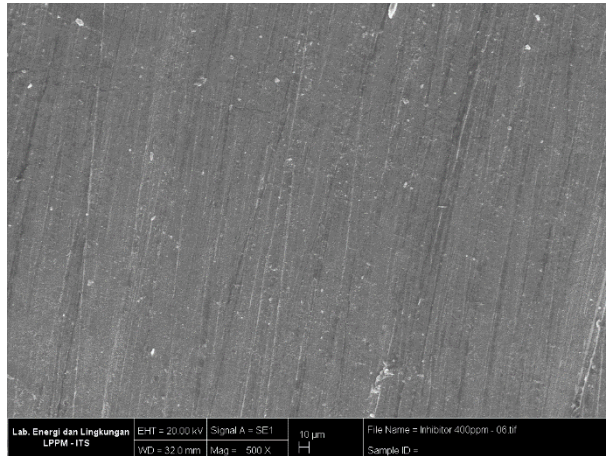
Gambar 12. Hasil Pengujian SEM Tanpa Inhibitor perbesaran 1000x



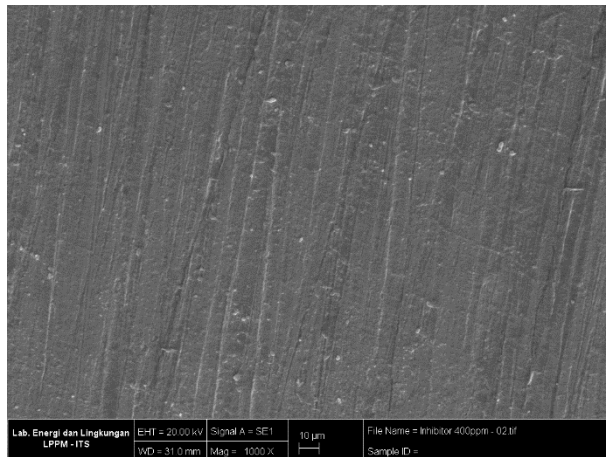
Gambar 13. Hasil Pengujian SEM Tanpa Inhibitor perbesaran 2000x



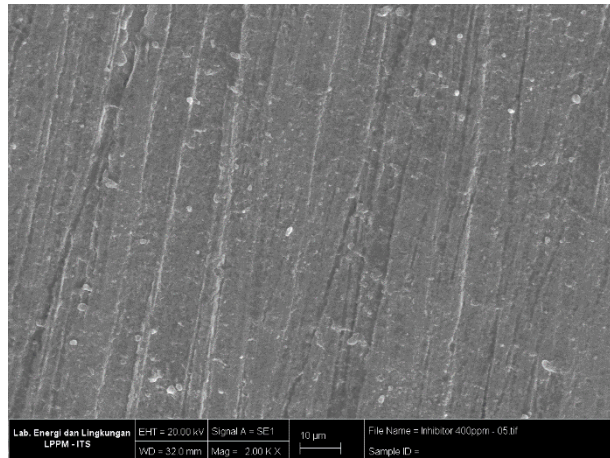
Gambar 14. Hasil Pengujian SEM Tanpa Inhibitor perbesaran 3000x



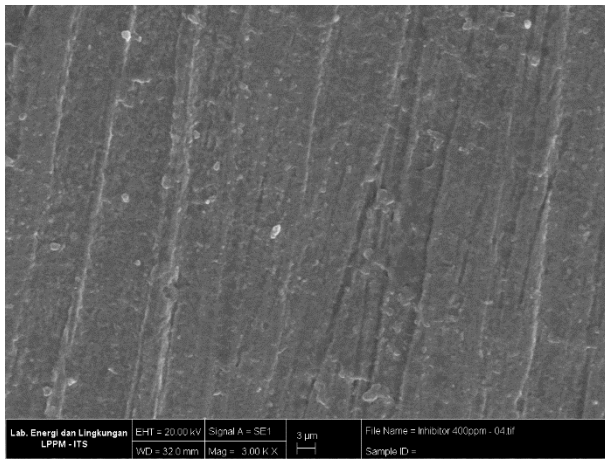
Gambar 15. Hasil Pengujian SEM Inhibitor 400ppm perbesaran 500x



Gambar 16. Hasil Pengujian SEM Inhibitor 400ppm perbesaran 1000x



Gambar 17. Hasil Pengujian SEM Inhibitor 400ppm perbesaran 2000x



Gambar 18. Hasil Pengujian SEM Inhibitor 400ppm perbesaran 3000x

BIODATA PENULIS



Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara yang lahir pada tanggal 24 Juni 1997 di Tuban, Jawa Timur. Pendidikan formal yang pernah ditempuh meliputi SDN Gedongan 1 Kota Mojokerto, SMPN 1 Kota Mojokerto dan SMAN 2 Kota Mojokerto. Setelah itu pada tahun 2016 penulis meneruskan pendidikan pada tingkat perguruan tinggi di Departemen Teknik Mesin Industri, Fakultas Vokasi – Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Selama masa pendidikan di perkuliahan penulis menjadi Grader Laboratorium Metalurgi 2017 - 2019. Penulis juga aktif dalam organisasi diantaranya staff kominfo Himpunan Mahasiswa D3 Mesin (HMDM) FV- ITS 2017 - 2018 dan mengikuti kegiatan mahasiswa yaitu ITS TEAM SAPUANGIN 2018 - 2019 sebagai staff Body and Frame. Penulis juga mengikuti pelatihan yang diadakan HMDM antara lain : Pelatihan Karya Tulis Ilmiah (PKTI). Selain itu, penulis juga mengikuti pelatihan di fakultas yaitu Pelatihan LKMM Pra-TD dan LKMM TD. Dan penulis juga pernah kerja praktek di PT. Semen Indonesia Tbk (Tuban Plant) selama 1 bulan di Tuban 1 Juli 2018 -1 Agustus 2018. Bagi pembaca yang ingin lebih mengenal penulis dan ingin berdiskusi lebih luas lagi dapat menghubungi E-mail: bimorizal14@gmail.com