



**TUGAS AKHIR – TL184834**

**PENGARUH KONSENTRASI INHIBITOR ISONIAZID  
TERHADAP KARAKTERISTIK KOROSI BAJA ASTM A106  
GRADE B DALAM MEDIA HCl**

**SITI SOLEKHAH  
NRP. 02511640000054**

**Dosen Pembimbing  
Budi Agung Kurniawan, S.T., M.Sc.  
Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI  
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2020**





**TUGAS AKHIR – TL 184834**

**PENGARUH KONSENTRASI INHIBITOR ISONIAZID  
TERHADAP KARAKTERISTIK KOROSI BAJA ASTM A106  
GRADE B DALAM MEDIA HCl**

SITI SOLEKHAH  
NRP. 02511640000054

Dosen Pembimbing  
Budi Agung Kurniawan, S.T., M.Sc.,  
Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI  
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2020

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



**FINAL PROJECT – TL 184834**

**THE EFFECT OF ISONIAZID INHIBITOR CONCENTRATION  
ON CORROSION CHARACTERISTICS OF STEEL ASTM A106  
GRADE B IN HCl MEDIA**

SITI SOLEKHAH  
NRP. 02511640000054

Supervisor  
Budi Agung Kurniawan, S.T., M.Sc.  
Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T.

MATERIALS AND METALLURGICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Industrial Technology and System Engineering  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2020

*(This page intentionally left blank)*

**PENGARUH KONSENTRASI INHIBITOR ISONIAZID  
TERHADAP KARAKTERISTIK KOROSI BAJA ASTM  
A106 GRADE B DALAM MEDIA HCl**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Program Studi S-1 Departemen Teknik Material dan Metalurgi  
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**SITI SOLEKHAH**  
NRP 0251164000054

Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Budi Agung Kurniawan, S.T., M.Sc., ..... (Pembimbing I)
2. Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T., ..... (Pembimbing II)



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



# **PENGARUH KONSENTRASI INHIBITOR ISONIAZID TERHADAP KARAKTERISTIK KOROSI BAJA ASTM A106 GRADE B DALAM MEDIA HCl**

**Nama** : Siti Solekha  
**NRP** : 02511640000054  
**Departemen** : Teknik Material  
**Pembimbing I** : Budi Agung K., S.T., M.Sc.  
**Pembimbing II** : Vania Mitha P, S.T., M.T

## **Abstrak**

*Pada penelitian kali ini dilakukan percobaan penggunaan inhibitor organik yaitu obat isoniazid terhadap Baja ASTM A106 Grade B pada lingkungan asam yaitu pH 2 dan pH 4. Variabel yang digunakan yaitu penambahan konsentrasi 0 ppm, 1900 ppm, 2100 ppm, 2300 ppm dan 2500 ppm dengan lama waktu perendaman setiap konsentrasi 2 hari, 4 hari, 6 hari, dan 8 hari. Pengukuran laju korosi menggunakan metode polarisasi. Setelah pengujian polarisasi dilakukan pengujian lebih lanjut dengan menggunakan pengujian EIS, FTIR dan SEM. Inhibitor isoniazid bekerja secara inhibitor campuran. Pada media HCl pH 2 laju korosi terendah bernilai 0.0091 mmpy dengan Efisiensi inhibitor mencapai 95.84% dan pada media HCl pH 4 laju korosi terendah bernilai 0.013 mmpy dengan efisiensi inhibitor sebesar 96,4%. Inhibitor isoniazid bekerja dengan cara bereaksi dengan HCl dan sebagian menempel pada permukaan logam dengan melibatkan adsorpsi fisika. Mekanisme kerja Inhibitor isoniazid bekerja secara katodik.*

**Kata Kunci:** *Laju Korosi, Efisiensi, Inhibitor Korosi, Isoniazid.*

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# THE EFFECT OF ISONIAZID INHIBITOR CONCENTRATION ON STEEL ASTM A106 GRADE B IN HCl MEDIA

**Student Name** : Siti Solekhah  
**NRP** : 02511640000054  
**Department** : Material Engineering  
**Supervisor** : Budi Agung K., S.T., M.Sc.,  
**Co-Supervisor** : Vania Mitha P, S.T., M.T.

## **Abstract**

*In this experiment, a research related by using isoniazid drug on Steel ASTM A106 Grade B in acidic media pH 2 and pH 4. The variables used are the addition of concentration of 0 ppm, 1900 ppm, 2100 ppm, 2300 ppm, and 2500 ppm with immers time for each concentration is 0 day, 2 days, 4 days, 6 days and 8 days. The corrosion rate is determine using polarization, furthur testing using EIS, FTIR and SEM. Isoniazid inhibitor act as a mixing inhibitor. In HCl pH 2, the lowest corrosion rate is 0.0091 mmpy with efficiency up to 95.84% and in HCl pH 4 the lowest corrosion rate is 0.013 mmpy with efficiency up to 96.4%. Inhibitors isoniazid work by reacting with HCl and partially sticking to metal surfaces with physical adsorption. Mechanism Inhibitor isoniazid act with katodic inhibitors.*

**Keywords:** *Corrosion Rate, Efficiency, Corrosion inhibitor, Isoniazid*

*(This page intentionally left blank)*

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr.Wb.

Dengan mengucapkan puji dan syukur kehadirat Allah SWT, karena atas ridho dan hidayahNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “*Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Isoniazid Terhadap Karakteristik Korosi Baja ASTM A106 Grade B Dalam Media HCl* ” Tugas Akhir ini disusun untuk melengkapi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di jurusan Teknik Material FTI-ITS.

Penulis merasa bahwa dalam menyusun laporan ini masih menemui beberapa kesulitan dan hambatan, disamping itu juga menyadari bahwa penulisan laporan ini masih jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan-kekurangan lainnya, maka dari itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak. Menyadari penyusunan laporan ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada:

1. Bapak Budi Agung Kurniawan, S.T., M.Sc selaku dosen pembimbing tugas akhir. Dengan bimbingan dan arahannya serta memberikan banyak masukan, kritik, dan saran bagi penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Ibu Vania Mitha Pratiwi S.T, M.T. selaku dosen pembimbing 2 tugas akhir dan dosen wali penulis yang telah memberikan banyak masukan, kritik, dan saran bagi penulis.
3. Bapak Haniffuddin Nurdiansah S.T., MT. selaku dosen wali yang telah membantu menjalani pendidikan di jurusan teknik material FTI-ITS.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna sehingga diperlukan evaluasi untuk peningkatan kualitas yang berkelanjutan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca. Penulis mengharapkan semoga laporan ini dapat menambah wawasan dan bermanfaat bagi para pembacanya.

Surabaya, 20 Januari 2020  
Penulis

Siti Solekhah

## DAFTAR ISI

|  |             |
|--|-------------|
| <b>HALAMAN JUDUL</b> .....                             | <b>i</b>    |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....                         | <b>v</b>    |
| <b>ABSTRAK</b> .....                                   | <b>vii</b>  |
| <b>ABSTRACT</b> .....                                  | <b>ix</b>   |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....                            | <b>xi</b>   |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....                                | <b>xiii</b> |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                             | <b>xvii</b> |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                              | <b>xix</b>  |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b>                               |             |
| 1.1 Latar Belakang.....                                | 1           |
| 1.2 Perumusan Masalah.....                             | 2           |
| 1.3 Batasan Masalah.....                               | 3           |
| 1.4 Tujuan Penelitian.....                             | 3           |
| 1.5 Manfaat Penelitian.....                            | 3           |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>                         |             |
| 2.1 Korosi.....  | 5           |
| 2.2 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Korosi.....        | 7           |
| 2.3 Jenis-Jenis Korosi.....                            | 7           |
| 2.3.1 Korosi seragam ( <i>uniform corrosion</i> )..... | 8           |
| 2.3.2 Korosi Galvanis.....                             | 8           |
| 2.3.3 Korosi Celah (Crevice Corrosion).....            | 9           |
| 2.4 Proteksi Korosi.....                               | 11          |
| 2.5 Baja Karbon.....                                   | 12          |
| 2.5.1 Baja ASTM A106 Grade B.....                      | 13          |
| 2.6 Inhibitor.....                                     | 15          |
| 2.7 Mekanisme Inhibisi Secara Adsorpsi.....            | 19          |
| 2.7.1 Physical Adsorption.....                         | 20          |
| 2.7.2 Chemisorption.....                               | 21          |
| 2.7.3 Film Forming.....                                | 22          |
| 2.8 Isoniazid.....                                     | 23          |
| 2.9 Pengujian Korosi.....                              | 26          |
| 2.9.1 Uji Polarisasi.....                              | 26          |
| 2.9.2 Uji EIS.....                                     | 31          |

|                                      |  |    |
|--------------------------------------|--|----|
| 2.9.3                                | Pengujian FTIR .....                         | 33 |
| 2.9.4                                | Pengujian SEM.....                           | 34 |
| 2.10                                 | Penelitian Sebelumnya.....                   | 36 |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> |  |    |
| 3.1                                  | Diagram Alir Penelitian .....                | 41 |
| 3.2                                  | Prosedur Penelitian .....                    | 42 |
| 3.2.1                                | Studi Literatur.....                         | 42 |
| 3.2.2                                | Penelitian .....                             | 42 |
| 3.2.3                                | Peralatan Pengujian .....                    | 43 |
| 3.2.4                                | Bahan Penelitian.....                        | 43 |
| 3.3                                  | Preparasi Alat dan Bahan.....                | 44 |
| 3.3.1                                | Preparasi Inhibitor .....                    | 44 |
| 3.3.2                                | Preparasi Spesimen.....                      | 45 |
| 3.3.3                                | Preparasi Larutan Elektrolit.....            | 47 |
| 3.4                                  | Pengujian .....                              | 48 |
| 3.4.1                                | Pengujian Polarisasi .....                   | 48 |
| 3.4.2                                | Pengujian EIS .....                          | 49 |
| 3.4.3                                | Pengujian FTIR .....                         | 50 |
| 3.4.4                                | Pengujian SEM.....                           | 52 |
| 3.5                                  | Rancangan Penelitian.....                    | 53 |
| 3.5.1                                | Data Pengujian Polarisasi .....              | 53 |
| 3.5.2                                | Data Pengujian EIS .....                     | 54 |
| 3.5.1                                | Data Pengujian FTIR.....                     | 54 |
| 3.5.2                                | Data Pengujian SEM .....                     | 54 |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>   |  |    |
| 4.1                                  | Analisis Data.....                           | 55 |
| 4.1.1                                | Hasil Pengujian Polarisasi .....             | 55 |
| 4.1.2                                | Analisis Data Pengujian Potensiodinamik..... | 61 |
| 4.1.3                                | Analisis Data pengujian EIS.....             | 63 |
| 4.1.4                                | Perhitungan Adsorpsi Isoterm Langmuir .....  | 66 |
| 4.1.5                                | Analisis Data Pengujian FTIR.....            | 68 |
| 4.1.6                                | Analisis Data Hasil Pengujian SEM.....       | 73 |
| 4.2                                  | Pembahasan.....                              | 74 |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>    |  |    |
| 5.1                                  | Kesimpulan .....                             | 81 |



|                            |             |            |
|----------------------------|-------------|------------|
| 5.2                        | Saran ..... | 81         |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b>      | .....       | <b>83</b>  |
| <b>LAMPIRAN</b>            | .....       | <b>89</b>  |
| <b>UCAPAN TERIMA KASIH</b> | .....       | <b>109</b> |
| <b>BIODATA PENULIS</b>     | .....       | <b>111</b> |

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR GAMBAR

|                     |  |    |
|---------------------|--|----|
| <b>Gambar 2. 1</b>  | Mekanisme Korosi .....   | 6  |
| <b>Gambar 2. 2</b>  | Korosi Galvanik .....  | 9  |
| <b>Gambar 2. 3</b>  | Klasifikasi Inhibitor .....  | 16 |
| <b>Gambar 2. 4</b>  | Ilustrasi <i>Physical Adsorption</i> .....   | 21 |
| <b>Gambar 2. 5</b>  | Ilustasi <i>Chemisorption</i> .....  | 22 |
| <b>Gambar 2. 6</b>  | Gugus Kimia Isoniazid .....  | 24 |
| <b>Gambar 2. 7</b>  | Struktur Molekul Isoniazid 3D.....   | 25 |
| <b>Gambar 2. 8</b>  | Hasil FTIR isoniazid .....   | 26 |
| <b>Gambar 2. 9</b>  | Kurva Tafel .....  | 29 |
| <b>Gambar 2. 10</b> | Perubahan kurva sinusoidal .....   | 32 |
| <b>Gambar 2. 11</b> | Rangkaian Listrik Ekuivalen .....  | 33 |
| <b>Gambar 2. 12</b> | Skema Alat Spektrokopi FT-IR .....   | 34 |
| <b>Gambar 2. 13</b> | Rangkain Alat Uji SEM .....  | 36 |
| <b>Gambar 3.1</b>   | Diagram Alir Penelitian .....  | 41 |
| <b>Gambar 3.2</b>   | Gambar Obat Sebelum dan Sesudah<br>Dihaluskan.....   | 45 |
| <b>Gambar 3.3</b>   | Spesimen Uji .....   | 46 |
| <b>Gambar 3.4</b>   | Preparasi Spesimen .....   | 47 |
| <b>Gambar 3.5</b>   | Alat pengujian Polarisasi dan EIS .....  | 49 |
| <b>Gambar 3.6</b>   | Alat Pengujian FTIR .....  | 52 |
| <b>Gambar 3.7</b>   | Alat Uji SEM.....  | 53 |
| <b>Gambar 4.1</b>   | Grafik (a) nilai laju korosi inhibitor<br>isoniazid pada media HCl pH 2 grafik (b)<br>efisiensi inhibitor isoniazid pada media HCl<br>pH 2.....  | 58 |
| <b>Gambar 4.2</b>   | Grafik (a) nilai laju korosi inhibitor<br>isoniazid dalam media HCl pH 4 grafik (b)<br>efisiensi inhibitor isoniazid pada media HCl<br>pH 4..... | 59 |
| <b>Gambar 4.3</b>   | Perbandingan laju korosi pH 2 dan pH 4 .....   | 60 |
| <b>Gambar 4.4</b>   | Grafik perbandingan efisiensi inhibitor<br>isoniazid dalam media HCl pH 2 dan pH 4.....  | 61 |

|                     |  |    |
|---------------------|--|----|
| <b>Gambar 4.5</b>   | Kurva polarisasi dengan variasi konsentrasi inhibitor isoniazid pH 2 Hari ke 8 .....                                     | 62 |
| <b>Gambar 4.6</b>   | Kurva polarisasi dengan variasi konsentrasi inhibitor isoniazid pH 4 Hari ke 8 .....                                     | 62 |
| <b>Gambar 4.7</b>   | Grafik Nyquist dengan berbagai konsentrasi pada pH 2 hari ke 8.....  | 64 |
| <b>Gambar 4.8</b>   | Grafik Nyquist dengan berbagai konsentrasi pada pH 4 hari ke 8.....  | 64 |
| <b>Gambar 4.9</b>   | Hasil perhitungan Langmuir.....  | 67 |
| <b>Gambar 4.10</b>  | Spektrum hasil pengujian FTIR.....   | 69 |
| <b>Gambar 4.11</b>  | Uji SEM morfologi Baja ASTM A106 Grade B dengan Perbesaran 1000x, (a) tanpa inhibitor (b) dengan inhibitor 2500 ppm..... | 73 |
| <b>Gambar 4.12</b>  | Reaksi kimia inhibitor isoniazid dengan larutan HCl .....  | 78 |
| <b>Gambar 4. 13</b> | Ikatan pada permukaan baja ASTM A106 Grade B.....  | 79 |

## DAFTAR TABEL

|                   |  |    |
|-------------------|--|----|
| <b>Tabel 2. 1</b> | Komposisi kimia Baja ASTM A106 Grade B .....   | 14 |
| <b>Tabel 2. 2</b> | Fungsi komponen FTIR (Marcott,1989) .....  | 34 |
| <b>Tabel 3. 1</b> | Komposisi Kimia Baja ASTM A106 Grade .....   | 44 |
| <b>Tabel 3.2</b>  | Parameter Pengujian Potensiodinamik .....  | 49 |
| <b>Tabel 3.3</b>  | Parameter pengujian EIS .....  | 50 |
| <b>Tabel 3.4</b>  | Data pengujian Polarisasi .....  | 53 |
| <b>Tabel 3.5</b>  | Data Pengujian EIS.....  | 54 |
| <b>Tabel 3.6</b>  | Data pengujian FTIR .....  | 54 |
| <b>Tabel 3.7</b>  | Data Pengujian SEM .....   | 54 |
| <b>Tabel 4.1</b>  | Hasil pengujian polarisasi sampel dengan inhibitor isoniazid dalam media HCl pH 2 dan pH 4 ..... | 56 |
| <b>Tabel 4.2</b>  | Hasil uji potensiodinamik inhibitor .....  | 63 |
| <b>Tabel 4.3</b>  | Analisis data hasil uji EIS pH 2 dan pH 4 .....  | 65 |
| <b>Tabel 4.4</b>  | Efisiensi inhibisi dan laju korosi inhibitor isoniazid dalam HCl pH 2 .....                      | 66 |
| <b>Tabel 4.5</b>  | Parameter adsorpsi permukaan Baja ASTM A 106 Grade B pada HCl pH 2.....                          | 68 |
| <b>Tabel 4.6</b>  | Gugus fungsi obat isoniazid .....  | 70 |
| <b>Tabel 4.7</b>  | Gugus fungsi spesimen dengan penambahan konsentrasi inhibitor isoniazid.....                     | 71 |

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Minyak dan gas bumi merupakan komoditas yang vital digunakan pada bidang energi pada saat ini baik didalam negeri ataupun luar negeri. Dari data yang diperoleh dari Badan Pengajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), bahwa pada tahun 2050 pangsa kebutuhan energi final terbesar dipegang oleh bahan bakar minyak sebesar 40,1% dengan gas sebesar 17,7%. *International energy agency* juga menyatakan bahwa Indonesia menduduki urutan ke-14 sebagai negara konsumen minyak dan gas terbesar di dunia (BPPT, 2018). Hal ini menunjukkan bahwa energi minyak dan gas di Indonesia menjadi sumber energi yang utama. Oleh karena itu, kontinuitas dari produksi minyak dan gas menjadi fokus bagi para peneliti saat ini.

Industri minyak dan gas perlu memperhatikan kelayakan dari peralatan yang digunakan yang berguna untuk memfasilitasi produksi minyak dan gas sebagai penunjang kontinuitas produksi. Fasilitas yang perlu diperhatikan meliputi fasilitas pengolahan atau pengangkutan. Peralatan yang termasuk dalam fasilitas pengolahan dan pengangkutan antara lain *pipelines, tubing, tank, dan valve* yang umumnya terbuat dari material baja. Pipa yang sering digunakan pada industri minyak dan gas adalah baja ASTM A106 Grade B sebagai material dasar. Sudah diketahui bahwa material yang berbahan dasar baja tidak dapat terlepas dari proses korosi, yaitu proses kerusakan atau degradasi logam akibat reaksi kimia antara baja dengan zat di lingkungannya yang menghasilkan zat yang tidak diinginkan. Faktor utama dari korosi adalah lingkungan di sekitar baja tersebut, selain itu komposisi fluida, pH, tekanan, temperatur, fluida gas yang korosif, dan air sumur yang sudah biasa terdapat pada industri minyak dan gas, hal ini menyebabkan bahwa proses korosi sudah biasa terjadi. berdasarkan data dari NACE, kerugian global akibat proses korosi diperkirakan sekitar US\$2,5 triliun, yang ekuivalen dengan 3,4% dari *globe product domestics*

(GDP), dimana sekitar 20-35% dari kerugian tersebut dapat dilakukan dengan pencegahan korosi yang dilakukan dengan baik. Sementara itu, 12,8% dari kerugian tersebut di perkirakan dari industri minyak dan gas. Korosi pada industri minyak dan gas sendiri menyebabkan kerusakan peralatan produksi yang dapat mengakibatkan berhentinya satu sistem produksi atau *plant shutdown*, dan dapat menimbulkan bahaya keselamatan bagi pekerja apabila terjadi kebocoran yang diakibatkan oleh korosi dan polusi bagi lingkungan.

Metode yang digunakan untuk perlindungan suatu material dari reaksi terdiri dari beberapa jenis salah satunya dengan cara menambahkan inhibitor, inhibitor adalah suatu zat kimia yang apabila ditambahkan dalam suatu lingkungan dapat menurunkan laju korosi terhadap suatu logam. Dalam hal ini, inhibitor dibagi menjadi dua yaitu inhibitor organik dan anorganik.

Dari uraian diatas dilakukan penelitian penggunaan inhibitor untuk menurunkan laju korosi dengan penambahan inhibitor menggunakan inhibitor bahan dasar obat. Dalam penelitian ini, dilakukan menggunakan inhibitor obat berbasis isoniazid untuk menganalisis pengaruh obat tersebut terhadap laju korosi material baja ASTM A106 Grade B. Isoniazid sendiri merupakan bahan kimia yang selama ini digunakan pada bidang farmasi, dimana memiliki unsur kimia yang mirip dengan gugus dari benzena namun salah satu atom carbonnya digantikan oleh unsur nitrogen. Pasangan elektron bebas pada nitrogen memudahkan inhibitor untuk menempel pada logam, dan kompleks ketika teradsorpsi dengan membentuk ikatan kovalen atau elektrostatik.

## 1.2 Perumusan Masalah

Dari uraian latar belakang diatas, maka didapatkan perumusan masalah, yaitu:

1. Bagaimana pengaruh penambahan inhibitor isoniazid terhadap karakteristik korosi baja ASTM di lingkungan HCl pH 2 dan pH 4 ?



2. Bagaimana mekanisme inhibisi inhibitor isoniazid terhadap korosi baja ASTM A106 Grade B dalam media HCl pH 2 dan pH 4?

### **1.3 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah untuk penelitian kali ini adalah:

1. Temperatur dan tekanan dianggap konstan sepanjang penelitian
2. Komposisi kimia spesimen baja ASTM A106 Grade B dianggap sama

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah:

1. Menganalisis perilaku korosi pada baja ASTM A106 Grade B menggunakan inhibitor larutan isoniazid dalam media HCl pH 2 dan pH 4.
2. Menganalisis mekanisme inhibisi dari inhibitor larutan isoniazid terhadap ketahanan korosi baja ASTM A106 Grade B pada media HCl pH 2 dan pH 4.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membantu dalam perkembangan dunia industri dan dunia pendidikan dalam ilmu pemanfaatan limbah produk obat dalam hal inhibitor.
2. Pemanfaatan isoniazid sebagai inhibitor pada bidang industri terutama industri minyak dan gas.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Korosi**

Korosi merupakan fenomena kerusakan atau fenomena terdegradasinya suatu material karena terjadinya reaksi kimia pada logam didalam lingkungannya (Jones, 1992). Reaksi ini dapat menyebabkan pengurangan ketebalan dari permukaan material dan turunnyanya sifat mekanik dari material yang mengalami korosi.

Reaksi yang menyebabkan terjadinya korosi adalah terjadinya reaksi elektrokimia, dimana proses ini dapat berlangsung ketika memenuhi 3 komponen yaitu:

1. Reaksi Oksidasi Pada Anoda

Reaksi oksidasi adalah reaksi pelepasan elektron ke lingkungan dimana pada saat yang bersamaan logam berperan sebagai anoda berubah menjadi ion logamnya yang bebas bergerak di alam. Kemudian ion-ion yang bebas bergerak berikatan dengan ion atau senyawa lain membentuk unsur baru dan menghasilkan produk korosi berupa FeCl pada material ferrous.

2. Reaksi Reduksi Pada Katoda

Reaksi reduksi pada katoda ini adalah reaksi pengikatan elektron pada anoda sehingga mereduksi logam yang ada pada katoda. Reaksi reduksi pada katoda ini menyebabkan katoda tidak bereaksi dengan lingkungan (Ahmad, 2006). Reaksi yang terjadi pada katoda bergantung pada pH larutan. Pada larutan asam terbentuk gas H<sub>2</sub> sedangkan pada larutan basa membentuk O<sub>2</sub>.

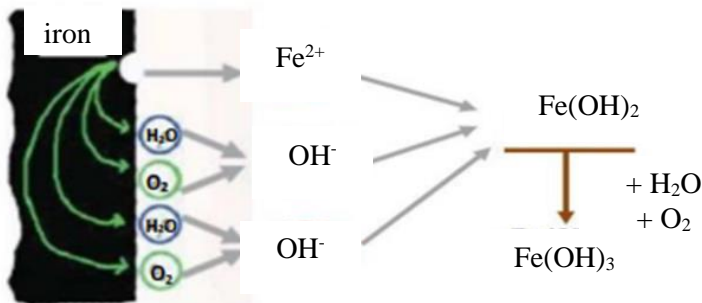
3. Medium/Elektrolit

Reaksi reduksi dan oksidasi berjalan dengan sempurna jika terdapat media atau suatu larutan elektrolit. Larutan elektrolit adalah larutan yang dapat menghantarkan listrik. (Widharto,1994)

Secara umum mekanisme terjadinya korosi dalam suatu larutan berawal dari material yang teroksidasi didalam larutan, dan melepaskan elektron untuk membentuk ion logam yang bermuatan positif. Larutan bertindak sebagai katoda dengan reaksi yang umumnya terjadi adalah pelepasan H<sub>2</sub> dan O, akibat ion H<sup>+</sup> dan

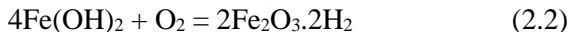
$H_2O$  yang tereduksi. Reaksi ini terjadi pada permukaan logam yang mengakibatkan pengikisan atau pengelupasan dari pelarutan logam ke dalam larutan (Hermawan, 2012). Logam dengan nilai potensial lebih rendah (sebagai anoda) lebih mudah mengalami oksidasi sehingga mudah melepaskan elektron dan ion. Sedangkan logam dengan nilai potensial lebih tinggi bertindak sebagai katoda dimana logam tersebut selanjutnya menerima elektron dan ion yang bergerak melalui konduktor. Sehingga pada waktu tertentu anoda mengalami degradasi atau terkorosi. (Jones, 1992)

Oksidasi atau reaksi anodik ditandai dengan adanya peningkatan produksi sejumlah elektron. Dibawah Gambar 2.1 ini merupakan skema yang menunjukkan reaksi elektrokimia yang terjadi selama proses korosi



**Gambar 2. 1** Mekanisme Korosi (Jones, 1992)

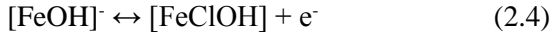
Dari Gambar 2.1 reaksi yang terjadi seperti berikut (Yudha, 2015):



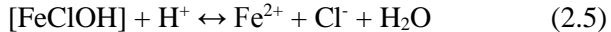
Sedangkan pada media asam klorida, reaksi yang terjadi terdapat pada Persamaan 2.2(Ehteram, 2008):



Reaksi oksidasi :



Reaksi reduksi :



## 2.2 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Korosi

Adapun beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya reaksi korosi pada suatu material, antara lain:

### 1. Temperatur

Temperatur mempengaruhi laju korosi pada suatu lingkungan. Semakin tinggi temperatur maka semakin tinggi laju korosi yang terjadi pada lingkungan tersebut. Hal ini karena tumbukan antar atom semakin besar karena temperatur yang diberikan juga semakin besar. (Fogler,1992)

### 2. Kecepatan Aliran Fluida

Kecepatan aliran fluida, terutama pada jenis korosi erosi, menyebabkan mudahnya kation dan anion yang bergantian kontak dengan permukaan suatu material secara kontinu. (Kirk, 1965)

### 3. Konsentrasi Bahan Korosif

Konsentrasi bahan korosif mempengaruhi laju korosi pada suatu permukaan logam, hal ini karena nilai suatu konduktivitas ion dipengaruhi oleh jumlah ion yang terdapat dalam larutan elektrolit, semakin tinggi nilai konduktivitas larutan elektrolit tersebut, sehingga polarisasi menjadi lebih rendah dan reaksi korosi mudah terjadi. (Amstead, 1995)

### 4. pH

Semakin asam suatu elektrolit, maka semakin mudah juga reaksi korosi terjadi. Semakin tinggi pH, atau semakin asam elektrolit maka semakin sedikit pula ion hidrogen bebas yang berada di dalam lingkungan tersebut.

## 2.3 Jenis-Jenis Korosi

Korosi mempunyai jenis yang berbeda tergantung pada penyebabnya, bentuk kerusakan yang dihasilkan, lingkungan terjadinya korosi, dan material yang mengalami reaksi korosi.

---

Berikut merupakan jenis korosi yang biasanya terjadi pada logam (Jones, 1992) :

### **2.3.1 Korosi seragam (*uniform corrosion*)**

Korosi seragam adalah berkurangnya logam pada bagian permukaan secara merata. Untuk korosi seragam, lingkungan yang korosif harus mempunyai akses yang sama untuk menyerang permukaan logam, selain itu logam harus mempunyai komposisi yang seragam. Korosi atmosfer merupakan contoh korosi seragam yang biasa terjadi pada pengamatan visual. Pada keadaan lain, korosi seragam dapat ditemukan pada logam yang berada pada larutan asam.

### **2.3.2 Korosi Galvanis**

Korosi galvanis ini terjadi ketika dua buah logam dengan paduan yang berbeda digabungkan pada elektrolit yang korosif, salah satu dari logam mengalami reaksi korosi meskipun logam yang satunya terlindungi. Hal ini terjadi karena perbedaan potensial antara kedua logam tersebut.



**Gambar 2. 2** Korosi galvanik (Budi,2009)

Dari Gambar 2.2 dapat dilihat bahwa terjadi korosi antara pipa dengan sambungan dimana nilai potensial dari sambungan dan pipa berbeda sehingga terjadi korosi galvanik.

### **2.3.3 Korosi Celah (Crevice Corrosion)**

Korosi pada paduan kadang terjadi pada celah volume yang terlindungi dari celah yang terbentuk akibat kontak dengan material lain. Material kedua mungkin bagian dari ikatan dari paduan yang sama maupun berbeda, deposit dari lumpur, pasir, atau padatan yang tidak larut, atau juga gasket non metal. Korosi endapan atau korosi gasket suatu saat berlaku ketika material non-metal terbentuk pada permukaan logam.

Korosi dengan adanya celah mungkin terjadi karena paparan atmosfer dengan penyimpanan air, meskipun permukaan logam kering dan bersih, namun didalam celah terjadi korosi yang parah dibandingkan dengan permukaannya.

---

---

### 1. Korosi Sumuran (*pitting corrosion*)

Serangan terlokalisasi pada daerah yang terlindungi menyebabkan korosi sumuran. Sumuran yang terbentuk bisa dangkal, dalam, ataupun *undercut*. Korosi ini biasanya terjadi pada *stainless steel* dan paduan nikel dengan chromiun sebagai pelindungnya dengan membentuk lapisan film. Kedalaman dari sumuran ditentukan dengan penetrasi dari dinding dan retakan yang ada.

### 2. *Environmentally Induced Cracking*

Kerusakan getas pada material paduan lunak dikarenakan adanya tegangan tarik, material yang rentan terkena korosi, dan lingkungan yang korosif. Terdapat beberapa jenis kerusakan ini, yaitu:

#### a. *Stress Corrosion Cracking (SCC)*

*Stress corrosion cracking* atau SCC adalah kegagalan getas pada material karena tegangan tarik yang rendah dan relatif konstan serta kondisi lingkungan yang korosif.

#### b. *Hydrogen Induced cracking (HIC)*

*Hydrogen Induced Cracking* atau HIC merupakan kegagalan getas material karena penetrasi dan difusi atom hidrogen ke dalam struktur kristal suatu paduan. Hidrogen ini merupakan reduksi dari air atau asam, dan atom hidrogen ini kemudian terperangkap pada sebuah inklusi non logam atau batas butir untuk memproduksi molekul hidrogen. Hal ini menyebabkan tekanan yang terlokalisasi di inklusi/batas butir tersebut menghasilkan retak yang sejajar terhadap permukaan.

#### c. *Corrosion fatigue cracking (CFC)*

*Corrosion fatigue cracking* atau CFC adalah kegagalan getas suatu material karena tegangan yang dinamis pada lingkungannya.

### 3. Erosi/Erosi-Korosi

Korosi erosi merupakan hasil dari kombinasi sebuah lingkungan kimia agresif dan mempunyai kecepatan fluida yang tinggi. Efek mekanik dari erosi korosi ini sangat terlihat karena

---

---



terjadi penipisan ketebalan suatu material atau pipa. Banyak yang berasumsi bahwa korosi erosi terasosiasi oleh adanya aliran fluida yang turbulen. Hal ini dapat dibenarkan karena semua sistem perpipaan membutuhkan aliran fluida dengan tekanan yang tinggi dengan kata lain kemungkinan terjadinya turbulensi dari aliran fluida tinggi. Erosi korosi juga biasanya terjadi pada pipa yang mempunyai fasa yang lebih dari satu atau sering disebut sebagai *multiphase*.

## 2.4 Proteksi Korosi

Suatu logam cepat atau lambat mengalami degradasi material yang biasa disebut sebagai korosi. Korosi merupakan suatu fenomena yang tidak dapat dihindari, oleh karena itu dibutuhkan suatu cara untuk melindungi logam dari terjadinya korosi atau mengurangi laju korosi dari suatu logam. Terdapat beberapa cara dalam memproteksi logam dari korosi, antara lain (Ahmad, 2006):

### 1. *Coating*

*Coating* adalah proses pelapisan permukaan material dengan tujuan untuk melindungi permukaannya dari lingkungan sekitar dengan material yang memiliki ketahanan tinggi terhadap elektrolit. Selain untuk melindungi permukaan logam dari lingkungan yang korosif, *coating* juga dapat dilakukan untuk tujuan dekorasi.

### 2. Proteksi Katodik

Prinsip kerja dari proteksi katodik adalah dengan mengubah benda kerja menjadi katoda dengan mengalirkan elektron tambahan ke dalam material. Proteksi katodik umumnya terbagi menjadi dua, yaitu anoda korban dan arus tanding (*impressed current*). Prinsip dasar dari proteksi katodik anoda korban ialah memproteksi korosi dengan menghubungkan material yang lebih elektronegatif terhadap struktur dalam sirkuit tertutup, sehingga struktur terpolarisasi secara katodik, dan material yang lebih elektronegatif kemudian mengalami polarisasi secara anodik (terkorosi). Umumnya, anoda korban yang digunakan adalah

magnesium, seng, atau aluminium, karena unsur tersebut memiliki perbedaan potensial dengan struktur yang diproteksi yang besar. Metode *impressed current cathodic protection* (ICCP) atau metode arus tanding merupakan metode perlindungan katodik untuk mencegah korosi pada logam dengan memanfaatkan sumber arus eksternal searah (DC) yang dihasilkan dari *rectifier*. Pengaliran arus dari *rectifier* ini berfungsi untuk menghantarkan elektron menuju katoda sehingga dapat memberikan suplai elektron ke katoda, sehingga mencegah terlarutnya logam katoda menjadi ionnya.

### 3. Proteksi anodik

Dalam perlindungan anodik, arus listrik digunakan untuk membuat lapisan pelindung teroksidasi pada bahan dasar yang dilindungi, yang sering dikenal sebagai substrat. Material yang bisa dibuat lebih tahan dengan perlindungan anodik adalah magnesium, titanium, dan seng.

### 4. Inhibitor

Inhibitor adalah komponen kimia yang ditambahkan dalam jumlah sedikit dengan tujuan menghalangi terpaparnya permukaan logam dari lingkungan yang korosif sehingga menghambat laju korosi (Bounougha, 2016). Proteksi korosi dengan menggunakan inhibitor dibahas dengan lebih mendalam pada subbab berikutnya.

## 2.5 Baja Karbon

Baja karbon merupakan logam paduan dengan campuran atau paduan dari besi (Fe) dan karbon (C) sebagai unsur utamanya, dan unsur lain sebagai paduan tambahan untuk mempengaruhi sifat akhir dari baja karbon tersebut. Paduan tambahan yang biasanya digunakan sebagai unsur penambah antara lain yaitu unsur Mn, Si, Cr, S, Cu, dan F. Baja karbon sendiri dibagi menjadi beberapa jenis berdasarkan kadar karbon yang terdapat pada baja tersebut, berikut merupakan jenis baja karbon berdasarkan kadar karbonnya yaitu (Callister,2000):

### 1. Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah adalah baja yang memiliki kadar karbon kurang dari 0.25% C. Baja karbon rendah memiliki sifat mekanik yaitu relatif lunak dan lemah, tangguh, ulet, dan memiliki kemampuan las (*weldability*) dan mampu mesin (*machineability*) yang baik, serta lebih elastis dari baja hasil penempaan. Penguatan dari baja karbon ini tidak dapat menggunakan perlakuan panas untuk membentuk martensit karena kadar karbonnya yang rendah, namun bisa dilakukan dengan pengerjaan dingin. Baja ini biasanya digunakan untuk bodi mobil, bentuk struktur, dan pipa saluran.

## 2. Baja Karbon Medium

Baja karbon medium ini memiliki kadar karbon antara 0.25% C – 0.8% C. Baja ini biasanya digunakan pada kondisi hasil *tempering* sehingga struktur mikronya martensit dan memiliki kekuatan yang tinggi dibandingkan dengan baja karbon rendah. Baja ini biasanya ditambahkan unsur paduan untuk menambah kemampuan perlakuan panas, unsur yang biasanya ditambahkan kromium, Nikel, Molibdenum. Aplikasi baja ini biasanya digunakan pada poros, roda gigi, pipa *seamless*, dan roda gigi.

## 3. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi memiliki kadar karbon antara 0.8% C-2,0% C. Baja ini juga biasanya digunakan dalam kondisi *tempering*. Kandungan karbon yang lebih tinggi dari baja karbon rendah dan baja karbon medium menyebabkan sifat mekanik yaitu kekerasan, kekuatan, dan ketahanan ausnya lebih baik. Baja ini biasanya digunakan sebagai mata pahat, pisau cukur, cetakan (*dies*).

### 2.5.1 Baja ASTM A106 Grade B

Dalam kehidupan sehari-hari, pipa sangat dibutuhkan dalam kehidupan sebagai penghubung- penghubung atau menyalurkan fluida dari satu tempat ke tempat yang lain. Dapat dilihat, dalam kehidupan rumah tangga membutuhkan pipa untuk mengalirkan air dari sumber air atau penampung ke kran rumah tangga. Dalam dunia industri, pipa juga berperan penting untuk menyalurkan fluida dari sumur ke kilang dan menyalurkan dari mesin proses ke mesin proses yang lainnya terutama pada industri perminyakan dan

pertambangan. Karena sebagian besar industri perminyakan dan pertambangan terminal pengolahan dan sumur tidak berada pada satu tempat yang sama.

Dalam industri perminyakan dan pertambangan, pipa sendiri terbagi menjadi beberapa jenis, salah satunya yaitu pipa *seamless*. Pipa *seamless*, yaitu pipa yang dibuat dari billet baja yang dipanaskan dan dilubangi bagian tengah dalam kondisi hampir meleleh untuk membuat bagian tubular yaitu menyerupai tabung. (Pearlite Steel, 2018). Baja ini dibuat tanpa adanya sambungan, dan tidak ada penyambungan lasan pada material sehingga tidak ada perubahan material akibat panas las. Kata *seamless* sendiri menandakan tidak adanya sambungan las. Pipa baja karbon umum yang menjadikan bagian pipa jenis ini adalah ASTM A53, ASTM A106, dan API 5L.

Salah satu jenis pipa *seamless* yang digunakan adalah pipa dengan standar ASTM A106 Grade B. pipa jenis ini digunakan pada beberapa industri seperti pembangkit listrik, pabrik petrokimia, kilang minyak dan gas, serta perkapalan. Pipa ini biasanya digunakan pada fluida yang mempunyai tekanan dan temperatur yang tinggi, temperatur fluida mencapai 475<sup>0</sup>C.

Spesifikasi komposisi kimia dari pipa baja ASTM A106 Grade B (ASTM,2016).

**Tabel 2. 1** Komposisi kimia Baja ASTM A106 Grade B

| <b>C (max)</b>  | <b>Mn (max)</b> | <b>P (max)</b>  | <b>S (max)</b>  | <b>Si (min)</b> |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 0.30            | 0.29-1.06       | 0.035           | 0.035           | 0.10            |
| <b>Cr (max)</b> | <b>Cu (max)</b> | <b>Mo (max)</b> | <b>Ni (max)</b> | <b>V (max)</b>  |
| 0.40            | 0.40            | 0.15            | 0.40            | 0.08            |

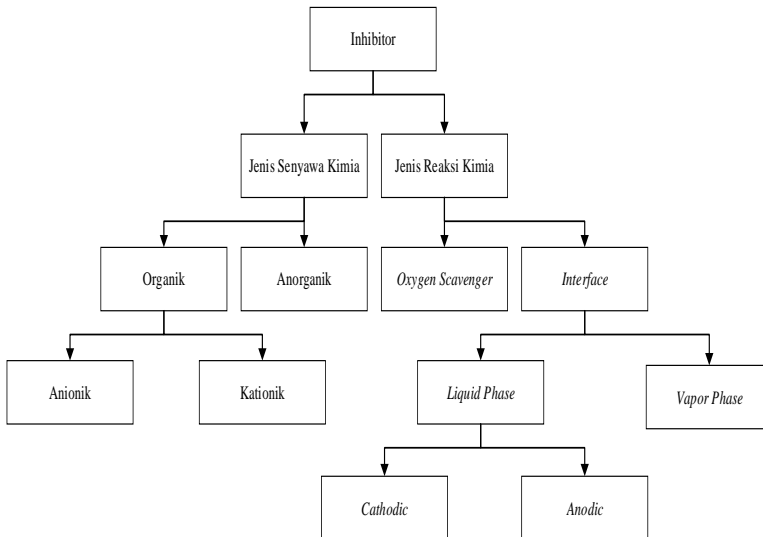
Dari Tabel 2.1, dapat dilihat bahwa pipa baja ASTM A106 Grade B merupakan jenis baja karbon medium, jadi baja karbon ASTM A106 Grade B ini mempunyai kekuatan dan kekerasan yang relatif baik, dan tepat jika digunakan dalam kondisi industri minyak dan gas.

---

## 2.6 Inhibitor

Seperti yang sudah dijelaskan pada subbab sebelumnya, Zat kimia yang biasanya ditambahkan mempunyai konsentrasi yang rendah, satuan konsentrasi untuk inhibitor dinyatakan dalam mg/L atau yang sering disebut ppm. Inhibitor korosi ini menempel atau melapisi permukaan logam sehingga membentuk lapisan protektif yang menghentikan reaksi korosi selanjutnya. Inhibitor dapat mengurangi laju oksidasi anodik maupun reduksi katodik atau keduanya. Inhibisi korosi bersifat *reversible* dan terdapat konsentrasi minimum dari senyawa inhibisi yang berfungsi untuk mempertahankan lapisan permukaan inhibisi. Inhibitor korosi dapat menghambat laju korosi dengan menurunkan korosivitas dari lingkungan atau menghalangi unsur-unsur yang bersifat korosif untuk berinteraksi dengan logam. Jumlah inhibitor harus cukup untuk melidungi permukaan material secara keseluruhan, karena apabila terdapat permukaan yang tidak terlindungi dapat menyebabkan korosi terokalisasi pada daerah tersebut (Sofia, 2010).

Inhibitor ini merupakan metode pencegahan korosi yang paling utama dan banyak digunakan pada industri minyak dan gas. Namun, keefektifan dari inhibitor mengalami penurunan seiring dengan peningkatan larutan korosif, konsentrasi inhibitor, dan temperatur lingkungan. Terdapat beberapa inhibitor yang efektif untuk beberapa jenis logam paduan, namun pH, temperatur dan kondisi lainnya berbeda untuk tiap logam lainnya. Inhibitor memiliki keuntungan dibandingkan metode proteksi lainnya yaitu fleksibel, mudah diaplikasikan, dan efektif secara biaya. Gambar 2.3 merupakan klasifikasi dari inhibitor.



**Gambar 2. 3** Klasifikasi Inhibitor (Nazari,2010)

Berdasarkan Gambar 2.3, Inhibitor korosi diklasifikasikan berdasarkan beberapa aspek berdasarkan senyawa kimia dan reaksi kimia, (Nazari, 2010) yaitu:

1. Berdasarkan Jenis Reaksi Kimia, inhibitor dibagi menjadi beberapa jenis, antara lain:

- a. *Environmental conditioner* inhibitor

Inhibitor jenis ini merupakan inhibitor yang bereaksi didalam larutan. Inhibitor ini berperan dalam menurunkan laju korosi dengan cara mengubah lingkungan yang korosif menjadi tidak korosif, seperti menghilangkan spesies korosi dalam suatu larutan. Inhibitor ini memiliki mekanisme reaksi yang disebut *oxygen scavenger* dimana reaksi yang terjadi yaitu mengurangi kandungan oksigen terlarut.

- b. *Interface* inhibitor

Jenis inhibitor ini bereaksi pada permukaan logam/elektrolit untuk membentuk lapisan pada permukaan

---

yang dapat menurunkan laju korosi. Inhibitor jenis ini dibagi menjadi dua yaitu:

i. *Vapor Phase Inhibitor*

Inhibitor ini digunakan pada korosi atmosfer dan korosi akibat gas dalam proses transportasi dan penyimpanan. Fasa gas umumnya merupakan senyawa organik dengan berat molekul yang rendah dan tekanan uap yang tinggi. Senyawa tersebut diadsorpsi dari fasa gas ke permukaan sehingga dapat menurunkan laju korosi atmosferik

ii. *Liquid phase inhibitor*

Inhibitor jenis ini banyak digunakan karena tempat reaksinya terdapat pada larutan atau media cair. Berdasarkan mekanisme kerjanya, inhibitor ini dibagi menjadi 3 jenis, yaitu:

- Inhibitor anodik (*pasivator*)

Inhibitor anodik biasanya membentuk lapisan oksida protektif pada permukaan untuk mengurangi laju korosi, hal ini yang menyebabkan bergesernya potensial korosi pada permukaan logam tersebut. Dengan penambahan inhibitor ini nilai potensial dapat bergeser ke nilai yang lebih positif. Pergeseran ini menyebabkan permukaan logam menjadi daerah pasif. Meskipun inhibitor ini baik untuk digunakan, namun ketika konsentrasi yang digunakan kurang dari batas minimum mampu meningkatkan laju korosi.

- Inhibitor katodik

Inhibitor katodik berperan dalam menurunkan laju korosi dengan cara memperlambat reaksi katodik atau membentuk endapan selektif sebagai penghalang daerah katodik untuk bereaksi dengan permukaan logam. Penambahan inhibitor ini dapat menggeser nilai potensial ke arah yang lebih negatif. Inhibitor ini lebih aman digunakan karena tidak berpengaruh terhadap konsentrasi yang diberikan.

---

- Inhibitor campuran

Inhibitor campuran yang dimaksud adalah inhibitor yang bereaksi secara anodik dan katodik. Inhibitor campuran ini melindungi logam dari korosi dengan tiga kemungkinan cara yaitu adsorpsi fisika, kimia, dan pembentukan lapisan.

2. Berdasarkan jenis senyawa kimia, inhibitor dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu:

- a. Inhibitor organik

Inhibitor organik umumnya mengandung gugus polar, yang memiliki atom N, S, dan O serta senyawa heterosiklik dengan gugus polar atau ikatan ganda terkonjugasi. Inhibitor organik membentuk senyawa protektif dari molekul teradsorpsi pada permukaan logam yang membuat pelarutan logam di dalam elektrolit menjadi terhambat.

Inhibitor organik yang mengandung unsur nitrogen lebih efektif digunakan pada media HCl sedangkan inhibitor organik yang mengandung sulfur lebih baik digunakan pada media H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (El Maksoud,2005).

Inhibitor organik biasanya dikenal sebagai *film forming*, dimana inhibitor memproteksi logam dengan cara membuat lapisan hidrofobik pada permukaan logam. Keefektivitas dari inhibitor organik ini bergantung pada komposisi kimia, struktur molekul, dan afinitas terhadap permukaan logam. Sifat perlindungan dari inhibitor ini dengan pembentukan lapisan akibat dari proses adsorpsi, sehingga dalam hal ini temperatur dan tekanan sangat berpengaruh dengan kinerja dari inhibitor organik ini. Mekanisme adsorpsi inhibitor organik ini tergantung dengan muatan ionik dari inhibitor dan permukaan logam. Inhibitor anionik dan kationik teradsorpsi pada permukaan logam sesuai dengan muatan yang ada pada permukaan logam itu sendiri. Baik negatif maupun positif.

Inhibitor organik dibagi menjadi 2 berdasarkan muatannya, yaitu:



- Inhibitor organik anionik  
Senyawa yang termasuk inhibitor organik anionik antara lain *phosponates* dan *mercaptobenzotriazole* (MBT) yang biasanya digunakan pada *cooling water*.
- Inhibitor organik kationik  
Inhibitor ini biasanya berbentuk konsentrat, baik berupa cairan ataupun padatan seperti lilin. Bagian aktif dari inhibitor ini biasanya merupakan senyawa alifatik ataupun aromatik dengan muatan positif dan grup amina.  
Inhibitor organik menunjukkan kurva polarisasi potensiostatik teoritis, dapat dilihat bahwa efek larutan yang mengandung inhibitor organik pada logam menunjukkan perilaku anodik dan katodik. Setelah penambahan inhibitor, potensi korosi tetap sama, namun arus mengalami penurunan dari  $I_{corr}$  ke  $I'_{corr}$ .

## 2.7 Mekanisme Inhibisi Secara Adsorpsi

Penyerapan pada suatu zat oleh zat lain biasanya disebut sorpsi. Sorpsi dibagi menjadi dua jenis yaitu absorpsi dan adsorpsi. Pada adsorpsi, zat yang diserap hanya terserap pada permukaan zat penyerap. Sedangkan pada absorpsi, zat yang terserap masuk ke dalam bagian zat penyerap. Adsorpsi hanya suatu efek permukaan sedangkan absorpsi zat/ion masuk ke dalam ruang-ruang kapiler dari zat pengabsorpsi.

Ada tiga cara yang dilakukan inhibitor teradsorpsi pada logam, yaitu:

1. Pembentukan penghalang secara fisik dan kimia
2. Isolasi langsung situs-situs anodik dan katodik
3. Berinteraksi dengan antarmediasi reaksi korosi

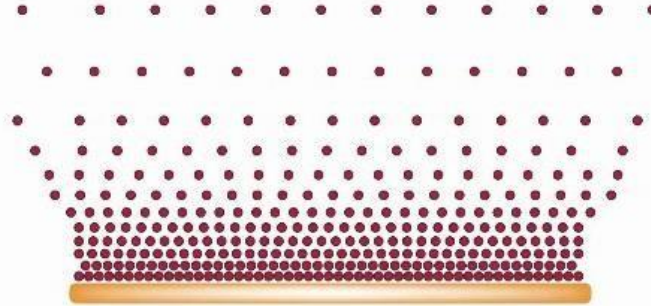
Pada jenis inhibitor organik, terjadi proses adsorpsi pada permukaan logam untuk membentuk lapisan senyawa kompleks. Namun, dalam adsorpsi terbagi menjadi 3 mekanisme, yaitu (Roberge, 2008):

---

### 2.7.1 Physical Adsorption

*Physical adsorption* terjadi karena gaya elektrostatis antara logam dan inhibitor. Mekanisme ini terbentuk hasil dari interaksi elektrostatis antara inhibitor dengan permukaan logam. Logam yang diberi muatan positif 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. Adsorpsi jenis ini disebabkan gaya van der Waals. Adsorpsi secara fisika umumnya mudah terlepas akibat gangguan mekanis dan peningkatan temperatur dapat mengakibatkan peningkatan adsorpsi dan inhibisi. *Physical adsorption* memiliki karakteristik seperti berikut:

1. Pada inhibitor anodik, inhibitor kemudian beruatan negatif, karena memang tujuannya adalah bereaksi dengan logam. Logam bermuatan positif, inhibitor bermuatan negatif.
2. Pada inhibitor katodik, inhibitor mengikat ion negatif dari elektrolit. Inhibitor bermuatan positif, sebagai imbasnya, elektron dipermukaan logam kemudian berkumpul di sekitar inhibitor, sehingga logam bermuatan negatif.
3. *Physical adsorption* hanya bersifat sementara, dapat dihilangkan dengan *physical treatment*. Misalnya: pemanasan ke temperatur lebih tinggi atau percepatan dari laju aliran.
4. Bersifat reversibel dalam dan bergantung pada tekanan dan temperatur
5. Kenaikan temperatur dapat meningkatkan *physical adsorption*.
6. Substansi yang berpori bersifat sebagai adsorbent yang lebih baik
7. Tidak memerlukan energi yang besar



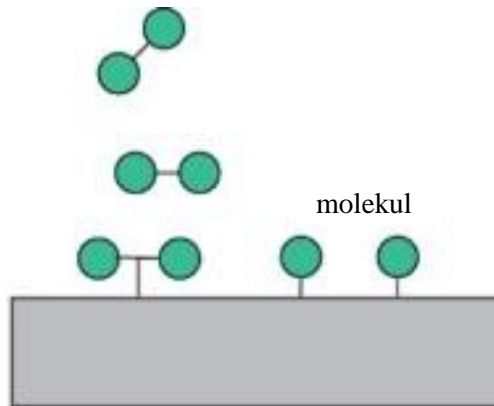
**Gambar 2.4** Ilustrasi *physical adsorption*  
(Emedicalprep, 2018)

### 2.7.2 Chemisorption

*Chemisorption* melibatkan transfer muatan atau *sharing* muatan (*charge transfer or charge sharing*) antara inhibitor dengan permukaan logam. Jenis adsorpsi ini sangat efektif karena sifatnya tidak bolak-balik namun dalam pembentukannya berjalan lebih lambat. Dapat dikarakteristikan melalui keterlibatan ikatan kimia antara molekul gas dan adsorben permukaan, yang menyebabkan terbentuknya lapisan unimolekuler. Karakteristik dari *chemisorption* adalah sebagai berikut:

1. Proses bersifat ireversibel di alam
2. Bersifat eksotermik dan dipengaruhi oleh kenaikan temperatur
3. Terjadi secara lambat pada temperatur rendah dan secara cepat seiring dengan kenaikan tekanan
4. Nilai entalpinya tinggi karena melibatkan pembentukan ikatan kimia

5. Membutuhkan energi untuk aktivasi.



**Gambar 2.5** Ilustasi *chemisorption* (Emedicalprep, 2018)

### 2.7.3 Film Forming

Mekanisme jenis ini dipengaruhi oleh struktur inhibitor, komposisi larutan sebagai media elektrolit, sifat bawaan dari logam, dan potensial elektrokimia pada lapisan antarmuka logam dengan larutan. Adsorpsi inhibitor organik biasanya melibatkan minimal 2 dari jenis adsorpsi inhibitor organik pada logam di lingkungan HCl adalah kombinasi *chemisorption-physical adsorption* yang memberikan perlindungan fisik dan kimia.

Proses inhibisi ini lebih efektif jika lapisan film yang terbentuk tidak larut dan tidak rusak, sehingga efektif untuk melindungi permukaan logam. Kekuatan adsorpsi inhibitor pada permukaan logam dapat ditunjukkan *adsorption isotherm*, yang menunjukkan hubungan antara konsentrasi inhibitor dipermukaan logam dan larutan.

Terdapat beberapa tipe *adsorption isotherm* yang dapat dijadikan referensi ketika mempelajari mekanisme inhibitor korosi. Salah satunya adalah Langmuir adsorption isotherm yang merupakan model paling sederhana dengan asumsi tidak ada

intraksi antar molekul adsorbat, lapisan terbentuk berupa monolayer, maksimum fraksi penutupan =1 (saat permukaan adsorbat jenuh dengan adsorben), permukaan adsorbat homogen sehingga setiap area permukaan memiliki energi ikatan yang sama dan molekul yang teradsorpsi tidak bergerak pada permukaan. (Dada, 2012).

Berikut Persamaan 2.6 dan 2.7 untuk mengetahui energi bebas:

$$K_{ads} = \frac{\theta}{C(1-\theta)} \quad (2.6)$$

$$\Delta G^o_{ads} = -RT \cdot \ln (5.55 K_{ads}) \quad (2.7)$$

Dengan:

C = konsentrasi inhibitor yang digunakan (ppm)

$\theta$  = derajat kecakupan permukaan

$K_{ads}$  = konstanta kesetimbangan adsorpsi

R = konstanta gas ideal (8.314 J/mol.K)

T = temperatur (K)

$\Delta G^0$  = Standar Energi bebas Adsorpsi (kJ/mol)

(Priyanka,2016)

## 2.8 Isoniazid

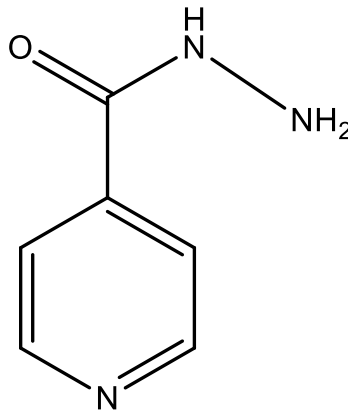
Isoniazid (INH) atau *isonicotinic acid hydrazide*, *4-pyridinecarboxylic acid hydraze* mempunyai rumus kimia  $C_6H_7N_3O$ . INH berbentuk kristal tidak berwarna atau serbuk kristal putih, mempunyai kelarutan 1 bagian dalam 8 bagian air, 1 bagian dalam 45 bagian etanol, dan 1 bagian dari 1000 bagian kloroform, praktis tidak larut dalam benzene dan eter. Dalam larutan asam, INH memberikan serapan UV pada panjang gelombang 266 nm dan dalam larutan alkali memberikan serapan pada panjang gelombang 2988 nm (Moffat et al. 2005).

Isoniazid merupakan bentuk dari asam hidrazid isonikotinat dan dapat disterilisasi dengan *autoclave* atau dengan filtrasi (Martindale,1982). Sifat dari isoniazid sendiri dalam tubuh dapat bersifat tuberkulositik maupun tuberkulostatik tergantung pada dosis yang digunakan (Jawetz et al.,1996). Isoniazid ini digunakan

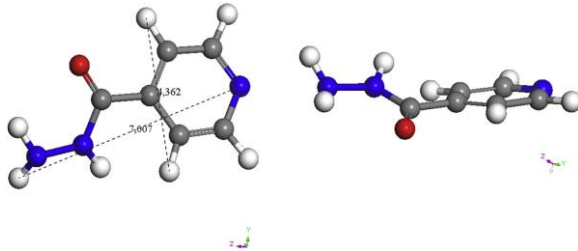
untuk pengobatan TBC baik sebagai terapi tunggal untuk profilaksis maupun sebagai kombinasi dengan obat anti tuberkulosis lainnya (Weisiger,2007).

Isoniazid memiliki struktur sederhana dengan cincin piridin dan grup hidrazid (McDermott,1958). Mekanisme kerja dari isoniazid ini belum dikerahui secara pasti. Tetapi ada beberapa hipotesis bahwa isoniazid ini membentuk asam mikolat yang merupakan komponen dinding bakteri (Mycek et al., 2001).

Mekanisme kerja isoniazid adalah menghambat biosintesis dinding sel (Crick et al 2004). Isoniazid yang telah aktif menghambat jalur biosintesis asam mikolat yang merupakan unsur penting pembentukan dinding sel mikrobakterial. (Palomino et al., 2007)

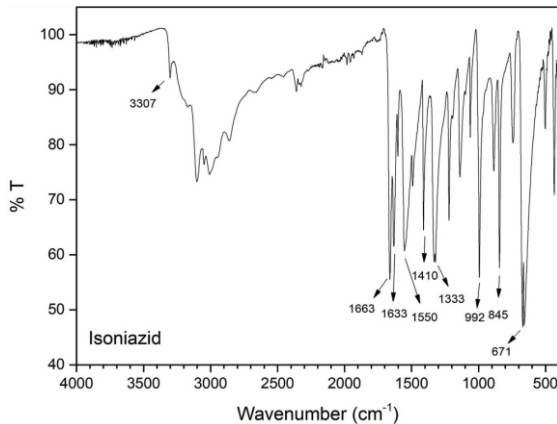


**Gambar 2.6** Gugus kimia isoniazid (Timmins,2006)



**Gambar 2.7** Struktur molekul isoniazid 3D

Molekul yang terdapat pada Gambar 2.6 terdapat N,C,O, dan H. Unsur yang terdapat pada isonizid digambarkan secara 3D seperti pada Gambar 2.7 dengan N, C, O, dan H yang direpresentasikan dengan warna biru, abu-abu, merah, dan putih. gugus yang terdapat pada masing-masing unsur memiliki panjang ikatan yang berbeda-beda. berikut merupakan panjang ikatan pada masing-masing gugus: gugus d(C=O) memiliki panjang ikatan sebesar 1.218 Å, d(H<sub>2</sub>N-NHC) memiliki panjang ikatan 1.436 Å, d(CO-C) memiliki panjang ikatan 1.504 Å, dan pada d(N=C) memiliki panjang ikatan sebesar 1.340Å. Untuk memastikan gugus pembentuk isoniazid terkandung dalam suatu obat, maka dilakukan pengujian FTIR, dari pengujian FTIR muncul peak yang merepresentasikan gugus yang terbentuk.



**Gambar 2.8** Hasil FTIR isoniazid

Dari hasil Uji FTIR isoniazid pada Gambar 2.8, diketahui bahwa nilai dari wavenumber gugus pembentuk isoniazid memiliki nilai sebagai berikut:  $3307\text{ cm}^{-1}$ ,  $1663\text{ cm}^{-1}$ ,  $1633\text{ cm}^{-1}$ ,  $1550\text{ cm}^{-1}$ ,  $1410\text{ cm}^{-1}$ ,  $1333\text{ cm}^{-1}$ ,  $992\text{ cm}^{-1}$ ,  $845\text{ cm}^{-1}$ , dan  $871\text{ cm}^{-1}$ .

Dari wavenumber yang didapatkan, dicocokkan dengan buku “*A handbook of Spectroscopy Data Chemistry*” oleh B.D Mistry (2009). gugus pembentuk isoniazid antara lain N-H, C=C, C-C, C=N, C-N, dan C=O.

## 2.9 Pengujian Korosi

terdapat beberapa pengujian untuk mengetahui karakteristik korosi, seperti yang akan dibahas pada subbab berikut:

### 2.9.1 Uji Polarisasi

Logam yang tercelup pada larutan atau media yang korosif, proses oksidasi dan reduksi terjadi pada permukaan logam tersebut. Pada umumnya, reaksi yang terjadi yaitu logam mengalami reaksi oksidasi (terkorosi) dan medium mengalami reaksi reduksi. Didalam medium asam, ion hidrogen mengalami pengurangan. Spesimen harus berfungsi sebagai anoda dan katoda dan kedua arus anodik dan katodik terjadi pada permukaan spesimen. Banyak proses korosi terjadi karena arus anodik. Ketika spesimen kontak



dengan cairan korosif dan spesimen tidak terhubung ke instrumen apapun, spesimen mengasumsikan potensial (relatif terhadap elektroda referensi) disebut potensial korosi,  $E_{\text{corr}}$ . Sebuah spesimen pada  $E_{\text{corr}}$  mempunyai arus anodik dan katodik pada permukaan. (Revie, 2011)

Polarisasi juga merupakan perubahan potensial dari keadaan stabil, misal dari potensial elektroda rangkaian terbuka sebagai hasil dari aliran arus. Hal ini juga mengacu pada perubahan potensial elektroda ketika terjadi proses elektrolisis, hal ini menyebabkan anoda menjadi lebih bagus dan kontak lebih bersifat aktif, dibandingkan dengan potensial reversibel. Karena sering terjadi pelapisan pada permukaan elektroda. Polarisasi adalah salah satu bentuk reaksi korosi yang merupakan penyebab timbulnya produk korosi pada permukaan logam.

Polarisasi potensiodinamik adalah metode untuk menentukan perilaku dari korosi logam berdasarkan hubungan potensial dengan arus yang dialirkan baik anodik maupun katodik. Korosi logam dapat terjadi apabila arus antara arus anodik dan katodik sama, meskipun tidak ada arus yang diberikan dari luar sistem. Hal ini terjadi karena adanya beda potensial antara logam dan larutan sebagai lingkungannya (Sunarya, 2008). Dalam metode ini, laju korosi dapat ditentukan dengan menggunakan potensiostat dengan menggunakan 3 elektroda, yaitu elektroda kerja, elektroda reference, dan elektroda bantu. Elektroda kerja berupa spesimen yang diujikan dapat berupa logam, elektroda bantu dapat berupa platina dan elektroda reference berupa calomel (SCE). Dari metode ini didapatkan kurva antara arus sebagai fungsi potensial.

Laju korosi sebenarnya belum dapat dilihat dari perbedaan potensial antara katoda dan anoda. Namun juga tergantung perbedaan kerapatan arus yang muncul. Korosi dapat digambarkan dengan kurva tegangan fungsi arus yang selanjutnya disebut dengan polarisasi. Potensial polarisasi ( $\eta$ ) adalah selisih antara potensial terapan terhadap potensial korosi logam pada keadaan kesetimbangan dengan ion didalam elektrolit.

Parameter ini dapat digunakan untuk menyatakan laju korosi logam spesimen, yang biasanya disebut dengan persamaan tafel. Rapat arus korosi ( $I_{\text{corr}}$ ) diperoleh dari hasil eksplorasi kurva potensial lawan logaritma. Intensitas arus yaitu dengan cara menentukan titik perpotongan garis tafel reaksi reduksi dan garis tafel reaksi oksidasi pada garis potensial korosi ( $E_{\text{corr}}$ ).

Untuk polarisasi katodik

$$\eta_k = \beta_k \log i_k - \beta_k \log i_0 \quad (2.8)$$

Untuk polarisasi anodik

$$\eta_a = \beta_a \log i_a - \beta_a \log i_0 \quad (2.9)$$

Keterangan:

$\eta_a$  = potensial polarisasi anodik

$\eta_k$  = potensial polarisasi katodik

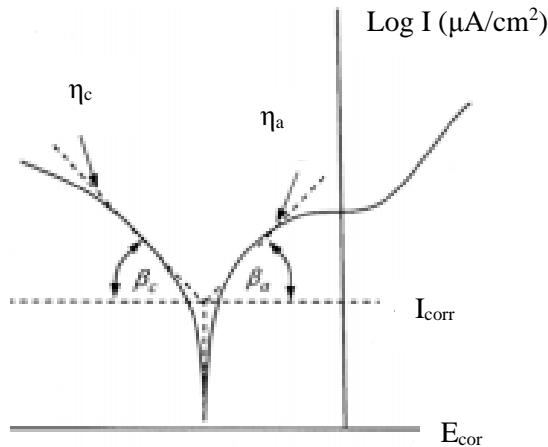
$i_a$  = rapat arus anodik

$i_k$  = rapat arus katodik

$i_0$  = rapat arus korosi pada kesetimbangan

$\beta_a$  = beta anodik

$\beta_k$  = beta katodik



**Gambar 2.9** Kurva Tafel (Chamberlain,1991)

Perbedaan potensial antara katoda dan anoda sangat penting untuk menggambarkan terjadinya korosi. Tetapi hal ini belum menggambarkan laju korosi sebenarnya. Laju korosi dapat dinyatakan dengan nilai kerapatan arus yang timbul. Semakin tinggi kerapatan arus yang diperoleh maka laju korosi yang terjadi semakin tinggi. Laju korosi dalam kurva polarisasi dinyatakan dengan adanya  $E_{corr}$  dan  $I_{corr}$ . Nilai dari  $E_{corr}$  dan  $I_{corr}$  dapat diperoleh dari persamaan tafel dan persamaan Buttlar-Volmer:

Persamaan (2.10) Tafel:

$$I = I_o \cdot \exp(2,303 \cdot (E - E_o / B)) \quad (2.10)$$

$I$  = arus yang terjadi akibat adanya reaksi

$I_o$  = *Exchange Current*

$E$  = Potensial Elektroda

$E_o$  = Potensial Equilibrium

$B$  = Konstanta Beta Tafel

Persamaan tafel hanya digunakan pada satu reaksi. dalam reaksi korosi terdapat dua reaksi yaitu reaksi anodik dan katodik. Perumusan persamaan tafel dalam reaksi anodik dan katodik dikenal dengan persamaan Butler-volmer:

$$I = I_{\text{corr}} \cdot (\exp(2,303 \cdot (E - E_{\text{corr}})/b_a) \cdot \exp(-2,303 \cdot (E - E_{\text{corr}})/b_c)) \quad (2.11)$$

$I$  = arus terukur (ampere)

$I_{\text{corr}}$  = arus korosi (ampere)

$E$  = potensial elektroda

$E_{\text{corr}}$  = potensial korosi (volt)

$b_a$  = konstanta beta tafel anodik

$b_c$  = konstanta beta tafel katodik

Perhitungan laju korosi dari  $I_{\text{corr}}$  dalam kurva polarisasi dihitung dengan persamaan :

$$CR = 3.27 \times 10^{-3} ((I_{\text{corr}} \cdot EW)/\rho) \quad (2.12)$$

$CR$  = laju korosi (mmpy)

$EW$  = equivalent weight (gram)

$\rho$  = density ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

$I_{\text{corr}}$  = rapat arus ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )

Hasil dari laju korosi yang diperoleh dapat menentukan efisiensi dari inhibitor yang digunakan dengan Persamaan 2.13 berikut:

$$\text{Efisiensi (\%)} = ((CR_0 - CR_1)/CR_0) \times 100 \quad (2.13)$$

Keterangan:

$CR_0$  = laju korosi tanpa inhibitor (0 ppm)

$CR_1$  = laju korosi konsentrasi inhibitor

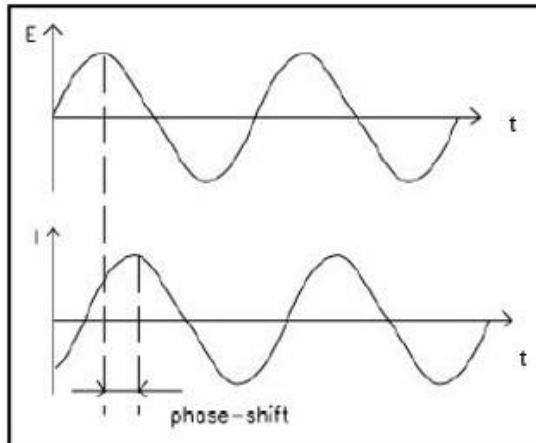
---

### 2.9.2 Uji EIS

*Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS) adalah suatu metode pengujian yang digunakan untuk menganalisis suatu elektroda terhadap sinyal potensial AC pada amplitudo rendah (~10mV) dari rentang frekuensi yang sangat lebar. *AC impedance spectroscopy* sangat bagus untuk menentukan parameter kinetik dari proses elektroda termasuk didalam elektrolit, pasivasi layer, charge transfer, dan  $\text{Li}^+$  diffusion. *Charge-transfer resistance* ( $R_{ct}$ ) salah satu parameter yang paling penting untuk dapat mengkarakterisasikan kuantitatif kecepatan sebuah reaksi elektroda. Biasanya, *resistansi charge-transfer* yang besar menunjukkan reaksi elektrokimia yang lambat.  $R_{ct}$  dapat dihitung dari *electrochemical impedance spectroscopy* dengan nilai sama dengan diameter setengah lingkaran didalam region medium frekuensi.

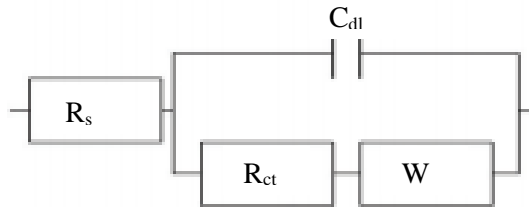
*Electrochemical Impedance Spectroscopy* sering digunakan dalam berbagai bidang korosi, seperti *coating*, pembentukan lapisan pasif dan keperluan evaluasi inhibitor, mempelajari kinetika reaksi elektrokimia, sifat listrik antar muka, mekanisme korosi, serta mekanisme inhibisi. Mekanisme ini juga dapat digunakan untuk memprediksi perilaku korosi secara akurat yang direpresentasikan sebagai model rangkaian listrik. Pengujian EIS dikenal sebagai metode yang kuat untuk memberikan informasi mengenai laju korosi, baik mengenai kinetika proteksi dan mekanismenya. (Gusmano,2006)

Biasanya, impedansi diukur menggunakan sinyal kecil eksitasi. Ini dilakukan agar respon berupa *Pseudo linear*. Dalam sistem linear atau *pseudo-linear*, respon arus menjadi potensial sinusoidal menjadi sinusoid dengan frekuensi yang sama. Namun diubah dalam beberapa tahapan yang dapat dilihat pada Gambar 2.10 berikut:



**Gambar 2.10** Perubahan kurva sinusoidal (Gamry,2012)

Hasil pengujian EIS biasanya ditampilkan dalam kurva nyquist berupa diagram setengah lingkaran yang merupakan plot impedansi nyata (real) terhadap impedansi imajiner. Parameter listrik yang dihasilkan berupa  $R_p$  (tahanan permukaan logam) dan  $R_s$  (Tahanan larutan).  $R_s$  yang dihasilkan tergantung dengan konsentrasi ion, jenis ion, dan geometri area penghantar arus. Sedangkan  $R_p$  adalah tahanan transfer muatan yang dibentuk oleh reaksi elektrokimia pada permukaan logam yang dikendalikan secara kinetika.  $C_{dl}$  adalah konstanta fasa elemen atau biasanya sebanding dengan permukaan double layer dan kurva nyquist setengah lingkaran terbentuk akibat dari tidak homogen permukaan logam, impuritas, dan tegangan sisa dll (Souza,2009).



**Gambar 2.11** Rangkaian listrik ekuivalen (Jeng-Yu Lin, 2011)

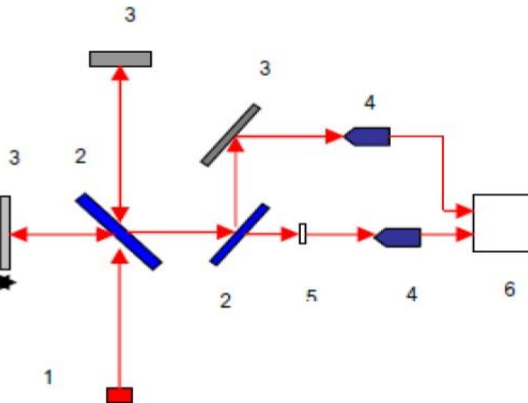
### 2.9.3 Pengujian FTIR

FTIR (*Fourier Transform InfraRed*) adalah metode pengujian yang menggunakan spektroskopi inframerah. Pada spektroskopi inframerah, radiasi inframerah dilewatkan pada sampel. Sebagian radiasi inframerah diserap oleh sampel dan sebagian lagi ditransmisikan. Pengujian FTIR ini bertujuan untuk menganalisis gugus fungsi yang terdapat pada permukaan suatu spesimen. Dan ketika spesimen ini direaksikan pada media lain, dapat menganalisis ikatan yang terjadi pada permukaan tersebut, berikatan secara kimia atau berikatan hanya secara fisik. Spesimen dicari spektrum yang sesuai kemudian didapatkan data berupa difraktogram hubungan antara bilangan gelombang dengan intensitas. (Smith,2011)

Pengukuran sampel dari uji FTIR ini, terdapat tiga teknik yang biasanya digunakan. *Photo Acoustic Spectroscopy* (PAS), *Attenuated Total Reflectance* (ATR), dan *Difuse Reflectance Infrared Fourier Transform* (DRIFT). Setiap teknik memiliki karakter spectrum vibrasi molekul tertentu. Metode pembacaan spektrum vibrasi pada FTIR ada dua macam yaitu metode transmisi dan metode reflektansi. (Anam,2007)

Dalam Gambar 2.12 merupakan skema alat spektrokopi dimana terdapat angka-angka yang mempunyai fungsi masing-masing. Tabel 2.2 merupakan fungsi dari masing-masing

komponen sesuai dengan simbol angka yang terdapat pada Gambar 2.12



**Gambar 2.12** Skema alat spektrokopi FT-IR (Marcott,1986)

**Tabel 2. 2** Fungsi komponen FTIR (Marcott,1989)

| No. | Fungsi Komponen   |
|-----|-------------------|
| 1.  | Sumber inframerah |
| 2.  | Pembagi berkas    |
| 3.  | Kaca pemantul     |
| 4.  | Sensor inframerah |
| 5.  | Sampel            |
| 6.  | display           |

### 2.9.4 Pengujian SEM

SEM merupakan salah satu jenis mikroskop elektron yang mampu menghasilkan resolusi tinggi dari gambar suatu sampel (Cahyana, 2014). SEM biasanya digunakan untuk mengetahui morfologi permukaan suatu sampel. Hasil dari pengujian ini adalah foto berupa scanning elektron mikrografi yang memiliki bentuk 3D yang sangat cocok digunakan untuk pengamatan permukaan kasar dengan perbesaran 20 kali sampai dengan 500.000 kali. (Anggraeni,2008)



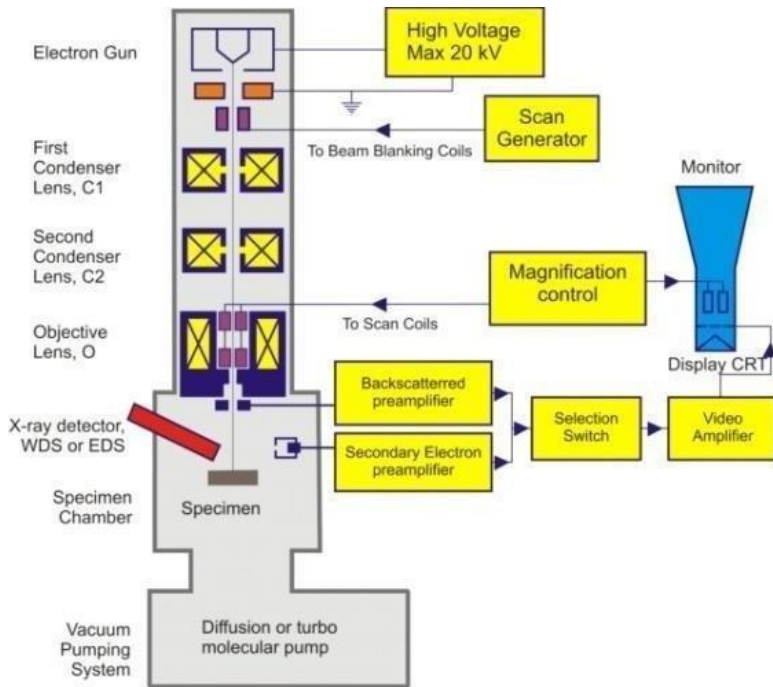
---

Bagian terpenting dari SEM adalah penembak elektron, lensa magnetik dan lensa objektif, fine probe, detektor, spesimen, dan monitor CRT.

SEM dilengkapi dengan sebuah katoda dan lensa magnet untuk menciptakan dan memusatkan suatu berkas cahaya elektron, dan sejak 1960-an SEM telah dilengkapi dengan kemampuan untuk menganalisis unsur. Suatu detektor digunakan untuk mengkonversi energi sinar-X ke dalam sinyal tersebut dan melewatkan sinyal tersebut ke suatu penganalisis untuk menampilkan data dan analisis dari pengembangan cacat permukaan (Haor et al, 1998), pengujian ini biasanya disebut EDX.

Prinsip kerja alat uji SEM yaitu pertama elektron yang berasal dari elektron gun difokuskan oleh tiga lensa elektromagnetik menjadi sebuah titik kecil, lalu oleh dua pasang *scan coil* dipindaikan dengan frekuensi variable pada permukaan sampel. Semakin kecil berkas difokuskan semakin besar resolusi literal yang dicapai.

Sumber elektron berupa *filamen* dari bahan kawat *tungsten* atau berupa jarum dari paduan *lantanium hexaboride* ( $\text{LaB}_6$ ) atau *cerium hexaboride*, yang dapat menyediakan berkas elektron yang secara teoritis memiliki energi tunggal (monocromatic). Selanjutnya image detector yang berfungsi mengubah sinyal elektron menjadi gambar sesuai jenis elektronnya, dalam alat SEM Terdapat dua jenis deektor yaitu detektor SE dan detektor BSE. Gambar 2.13 Berikut merupakan rangkaian dari alat uji SEM.



**Gambar 2.13** Rangkain alat uji SEM (Sujanto, 2015)

## 2.10 Penelitian Sebelumnya

S.A. Abd El- Maksoud dan A.S. Fouda (2005) melakukan penelitian dengan judul “*Some Pirydine Derivatives As Corrosion Inhibitors Foor Carbon Steel In Acidic Medium*”. Pada penelitian ini dilakukan untuk menganalisis efek dari beberapa ikatan yang merupakan turunan piridin sebagai inhibitor terhadap karbon steel pada media larutan 2M HCl dengan menggunakan metode polarisasi elektrokimia (*potensiodynamic, Tafel extrapolation*) dengan metode *weight loss*. Pada penelitian ini dihasilkan bahwa efisiensi inhibisi tergantung pada jumlah konsentrasi dan sifat dari inhibitor. Hasil dari kedua metode adalah ikatan dari turunan piridin ini baik digunakan sebagai inhibitor dengan efisiensi sebesar 92.2% pada menit ke 205.

Ashish K. singh dkk (2018) melakukan penelitian dengan judul “*Eco-friendly Disposal of Expired Anti-Tuberculosis Drug Isoniazid and Its Role In The Protection Of Metal*”. Pada penelitian ini dilakukan untuk menganalisis penghambatan laju korosi pada media asam menggunakan beberapa basis schiff dari isoniazid dengan 5 substitusi turunan yang disintesis. Karakterisasi spektral menggunakan *fourier Transform Infra-Red* (FTIR) dan CHN untuk memastikan bahan sudah tersintesis. Penelitian ini dilaporkan menggunakan pengujian *electrochemical impedance spectroscopy* (EIS), perhitungan polarisasi, dan *weight loss*, *Scanning electron microscopy with energy dispersive x-ray analysis* (SEM-EDX), *Atomic force microscopy* (AFM) dan *X-ray photoelektron spectroscopy* (XPS). Hasil dari pengujian sesuai dengan teori dari fungsional densitas (DFT) dan molekul dinamik (MD). Hidrazon ini menghambat korosi dengan meng-adsorbing dirinya sendiri pada permukaan metal yang terlihat pada hasil pengujian SEM-EDX dan XPS. Semua hasil sintesis inhibitor menunjukkan efisiensi yang cukup besar (> 90%) pada agen korosi mild steel di lingkungan HCl 1M. Energi aktivasi meningkat sesuai dengan kenaikan presentasi dari inhibitor. (76.1 kJmol<sup>-1</sup>, 79.8 kJmol<sup>-1</sup>, 77.3 kJmol<sup>-1</sup>, 67.0 kJmol<sup>-1</sup>) dibandingkan dengan blanko 32.8kJmol<sup>-1</sup>. semua ikatan yang terjadi yaitu bersifat campuran (mix) hal ini sesuai dengan hasil pengujian yaitu rentang range pada potensial korosi 30mV, 35 mV, 18 mV, dan 36mV

Neeraaj Kumer Gupta dkk (2017) melakukan penelitian dengan judul “*Application of Expired Drugs in Corrosion Inhibitor of Mild Steel*” penelitian ini dilakukan untuk menganalisis hambatan korosi pada baja ringan menggunakan obat kadaluarsa yaitu atenolol dan Nifedipine dalam larutan 1M HCl. Sifat penghambatan dari inhibitor dilakukan menggunakan metode elektrokimia, *scanning electron microscopy* (SEM) dan metode DFT. Atenolol dan nifedipine menunjukkan efisiensi 91.30 % dan 93.91% pada konsentrasi 200 ppm. Hasil pengujian polarisasi menunjukkan bahwa obat kadaluarsa menghambat korosi baja ringan dengan menekan anodik dan reaksi katodik yang terjadi

pada permukaan baja ringan sehingga bertindak sebagai inhibitor tipe campuran. Pengujian EIS menunjukkan bahwa obat meningkatkan resistensi polarisasi dengan menyerap antarmuka logam/elektrolit. Hasil elektrokimia didukung dengan hasil pengujian SEM dan DFT.

Resit Yildiz, Dkk (2014) melakukan penelitian dengan judul “ *Experimental Studies of 2-Pyridinecarbonitrile as Corrosion Inhibitor For Mild Steel in Hydrochloric Acid Solution*” penelitian ini dilakukan untuk menganalisis efek 2-Pyridinecarbonitrile (2-PCN) pada korosi mild steel di  $0.1 \text{ mol.L}^{-1}$  HCl menggunakan *electrochemical impedance spectroscopy* (EIS), *linear polarisation resistance* (LPR) dan perhitungan *potentiodynamic polarisation*. Permukaan morfologi pada mild steel diinvestigasi pada blanko dan  $10 \text{ mmol.L}^{-1}$  2-PCN pada media corosif dengan periode perendaman/paparan selama 120 jam menggunakan *scanning electron microscopy* (SEM). Mekanisme adsorpsi ditetapkan dari *potential of zero charge* ( $E_{pzc}$ ). Adsorpsi dari 2-PCN pada mild steel menggunakan Langmuir isotherm dan parameter termodinamika jika diperhitungkan pada percobaan kali ini.

Shi Mo, dkk (2017) melakukan penelitian dengan judul “ *An Example of Green Copper Corrosion Inhibitor Derived From Flavor and Medicine; vanillin and Isoniazid*” penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh (N-isonicotinamido-3-methoxy-4-hydroxybenzaldimide, IM) dari sintesis perasa (vanillin) dan obat (isoniazid) terhadap laju koorsi pada tembaga dalam media NaCl 3.5%. Konsentrasi yang digunakan  $0 \text{ mg.L}^{-1}$ ,  $50 \text{ mg.L}^{-1}$ ,  $80 \text{ mg.L}^{-1}$ ,  $100 \text{ mg.L}^{-1}$ ,  $120 \text{ mg.L}^{-1}$ , dan  $150 \text{ mg.L}^{-1}$ . Pengujian ini menggunakan teknik elektrokimia. Permukaan tembaga dikarakterisasi menggunakan *Scanning electron microscopy*, *infrared spectroscopy*, dan *energy dispersive X-ray spectroscopy*. IM bersifat anodik inhibitor dan efisiensi dari inhibitor mencapai 93% pada  $120 \text{ mg.L}^{-1}$  dan lebih bagus dibanding dengan reaktan yang sesuai dengan meloekul permukaan yang besar dan kemampuan donor elektron yang bagus, IM mempunyai

performa inhibitor pada tembaga yang bagus dan teradsorpsi pada permukaan tembaga melalui  $-NH$  dan  $-C-N$  grup.

Xiaohong Huang, Dkk 2011 melakukan penelitian dengan judul “*The Effect of pH on the Efficiency of Isoniazid as Corrosion Inhibitors of Brass in 3.0% NaCl solution*” penelitian ini dilakukan untuk menganalisis isoniazid sebagai inhibitor korosi kimia pada kuningan dalam media larutan 3.0% NaCl. Penelitian ini dilakukan dengan beberapa metode yaitu kurva polarisasi, *electrochemical impedance spectroscopy* (EIS), *weight loss*, dan SEM. Penelitian ini menggunakan isoniazid dengan konsentrasi  $0.5g.L^{-1}$  dengan pH yang digunakan 6.5, 7.5, 8.5, 9.5, 10.5, dan 11.5 dengan waktu perendaman selama 7 hari. Hasil dari pengujian didapatkan efisiensi dari inhibitor isoniazid meningkat seiring dengan meningkatnya pH yang diberikan. Efisiensi terendah terdapat pada pH 6.5 dengan nilai 71% dan tertinggi pada pH 10.5 dengan nilai 91.49%.

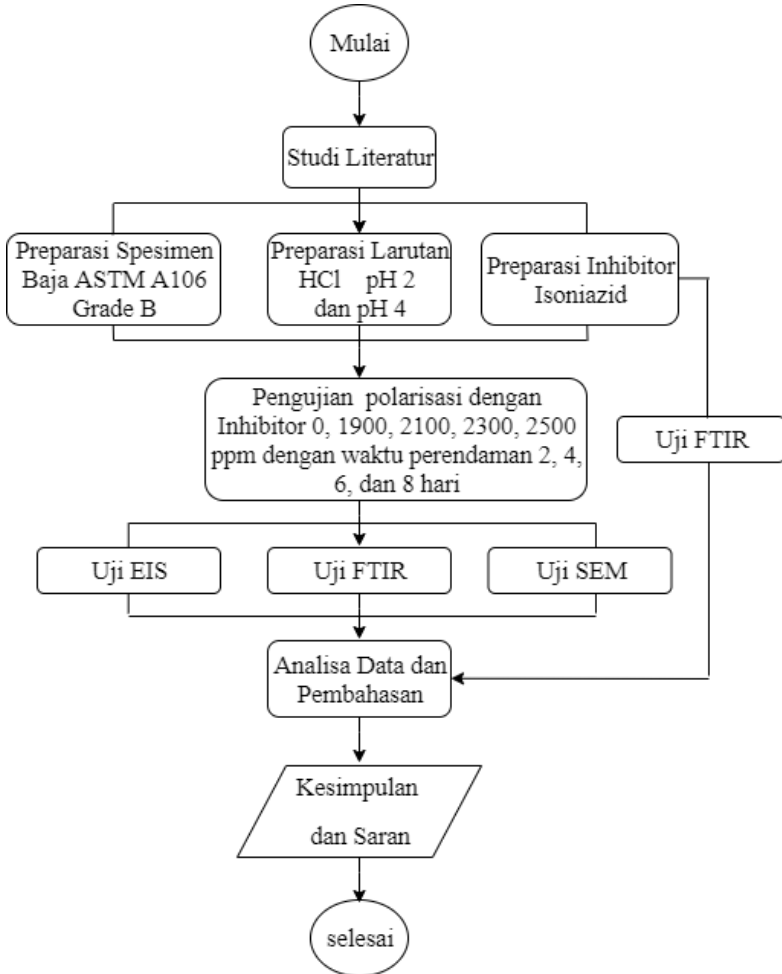
Ashish K. Singh, M.A. Quraishi 2010 melakukan penelitian dengan judul “*Investigation of Adsorpsi of Isoniazid Derivatives at Mild Steel/ Hydrochloride acid interface: Electrochemical and Weight Loss Methods*” penelitian ini dilakukan dengan inhibitor turunan isoniazid yaitu N-(*morpholino methyl*) isatin 3-isonicotinoyl hydrazone (MIIH), N-(*piperazino methyl*) isatin 3-isonicotinoyl hydrazone (PIIH), N-(*-2-thio benzimidazolyl methyl*) isatin 3-isonicotinoyl hydrazone (TBIH), N-(*piperadino methyl*) isatin 3-isonicotinoyl hydrazone (PIIH) dalam media 1M HCl dengan pengujian EIS, FTIR, potensiodinamik polarisasi, perhitungan polarisasi linear, *Atomic Force Microscopy* (AFM), dan perhitungan *Weight loss*. Konsentrasi yang digunakan dalam pengujian ini yaitu 0, 50, 100, 150 dan 200 ppm pada masing-masing inhibitor. Dari penelitian ini dihasilkan bahwa efisiensi tertinggi terdapat pada isoniazid jenis TBIH pada konsentrasi 200ppm dengan nilai efisiensi 96.32%. mekanisme inhibitor pada permukaan mild steel adalah adsorpsi molekul. Dari hasil penelitian juga didapatkan bahwa dari 4 jenis isoniazid yang

---

digunakan, semua mengalami anodik dan katodik, dari hal tersebut jenis inhibitor ini tipe *mixing*.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian



**Gambar 3.1** Diagram alir penelitian

---

## **3.2 Prosedur Penelitian**

Dalam penelitian kali ini, ada beberapa prosedur yang dilakukan untuk menyelesaikan penelitian ini, prosedur yang dilakukan harus dilakukan secara terstruktur dan runtut, adapun prosedur yang dilakukan adalah sebagai berikut:

### **3.2.1 Studi Literatur**

Studi literatur merupakan tahapan awal untuk melakukan sebuah penelitian karena studi literatur ini nantinya menjadi pedoman untuk melakukan penelitiannya dengan mempelajari penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya dan mengkomparasikan dengan penelitian yang dilakukan. Selain itu, yang paling utama dalam hal ini adalah meyakinkan bahwa penelitian yang dilakukan ini berdasarkan pendapat yang objektif. Hal ini juga memberikan referensi untuk peneliti untuk melakukan penelitian dengan inovasi yang baru terkait penelitian sebelumnya.

### **3.2.2 Penelitian**

Penelitian yang dilakukan kali ini menggunakan material berupa baja ASTM A106 Grade B, pemilihan material ini adalah dari segi penggunaan dari material tersebut. Material ini biasanya digunakan pada pipa di industri minyak dan gas, karena harganya yang murah dan memiliki sifat mekanik yang cukup baik namun ketahanan terhadap korosi masih rendah. Maka dari itu perlu dilakukan penelitian terkait penurunan laju korosi pada material ini.

Selain memilih material, penelitian ini juga melakukan pemilihan inhibitor yang digunakan untuk melindungi material ini, dalam hal ini peneliti memilih menggunakan inhibitor larutan isoniazid. Larutan isoniazid ini dipilih karena pada larutan isoniazid terdapat gugus nitrogen dimana nitrogen tersebut dapat bereaksi mengurangi reaksi oksidasi sehingga laju korosi dapat menurun.

Pemilihan lain yang dilakukan adalah memilih elektrolit, pada penelitian kali ini menggunakan media HCl pH 2 dan pH 4 yang merupakan elektrolit bersifat asam, dan larutan yang

---



mengandung nitrogen cocok digunakan pada elektrolit dengan sifat asam terutama pada industri minyak dan gas.

Pengujian ini menggunakan data pendukung seperti uji polarisasi, Uji EIS, uji FTIR, dan uji SEM.

### **3.2.3 Peralatan Pengujian**

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Timbangan digital
2. Gelas beaker 100 ml
3. Gelas beaker 1000 ml
4. Pipet tetes
5. Spatula
6. Kaca Arloji
7. Spatula pengaduk
8. Solder
9. Pipa paralon
10. Peralatan uji SEM
11. Peralatan uji FTIR
12. Peralatan uji EIS
13. Peralatan uji Polarisasi

### **3.2.4 Bahan Penelitian**

Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Baja ASTM A106 Grade B

Penelitian ini menggunakan material Baja ASTM A106 grade B dengan komposisi kimia sebagai berikut:

**Tabel 3. 1** Komposisi kimia Baja ASTM A106 Grade

| Unsur (max) | Jumlah (%)  |
|-------------|-------------|
| Karbon      | 0,30        |
| Vanadium    | 0,08        |
| Mangan      | 0,29 - 1,06 |
| Fospor      | 0,035       |
| Sulfur      | 0,035       |
| Cromium     | 0,40        |
| Nikel       | 0,40        |
| Molibdenum  | 0,15        |
| Silikon     | 0,10        |
| Tembaga     | 0,40        |

## 2. Inhibitor

Inhibitor yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan inhibitor dengan bahan dasar obat isoniazid. Inhibitor ini divariasikan dengan beberapa konsentrasi inhibitor itu sendiri antara lain 0 ppm, 1900 ppm, 2100 ppm, 2300 ppm, 2500 ppm. Dilakukan dengan metode perendaman.

## 3. Elektrolit

Larutan elektrolit yang digunakan pada penelitian ini adalah larutan HCl dengan pH 2 dan pH 4.

4. Aquades
5. Timah
6. Kabel tembaga
7. Resin epoxy

## 3.3 Preparasi Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan alat dan bahan yang dibahas pada subbab berikut.

### 3.3.1 Preparasi Inhibitor

Preparasi inhibitor ini dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Menghaluskan obat isoniazid hingga berbentuk serbuk.
2. Mengayak obat serbuk dengan mess 60

3. Menimbang serbuk obat isoniazid sesuai dengan berat yang diperlukan. Dalam penggunaan 100 ml larutan HCl dibutuhkan 190 mg obat isonizid untuk konsentrasi 1900 ppm.



**Gambar 3.2** Gambar obat sebelum dan sesudah dihaluskan

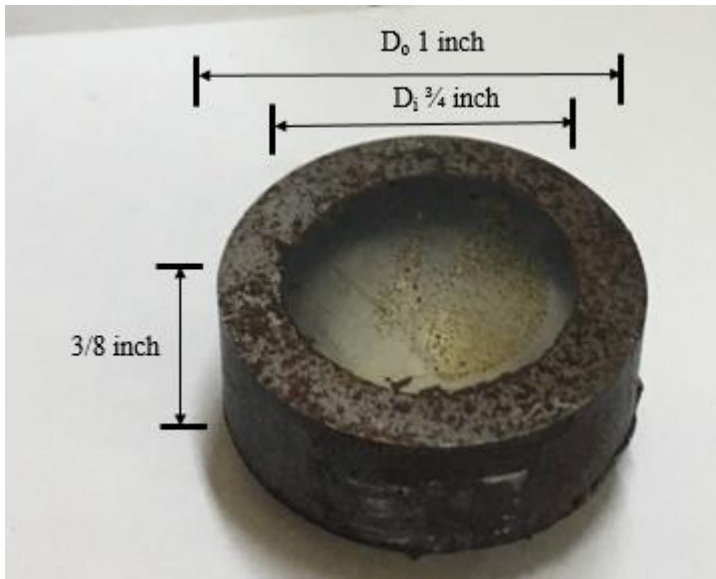
### 3.3.2 Preparasi Spesimen

Dalam penelitian ini spesimen yang digunakan yaitu pipa baja ASTM A106 Grade B dengan diameter luar 1 inch dan diameter dalam  $\frac{3}{4}$  inch yang digunakan untuk semua pengujian dengan dimensi sama untuk uji polarisasi, uji EIS, uji FTIR dan Uji Mikroskop SEM.

1. Spesimen Uji Polarisasi dan Uji EIS

Adapun langkah-langkah yang dilakukan untuk mempersiapkan spesimen untuk pengujian polarisasi dan EIS, yaitu:

- a. Memotong spesimen pipa baja ASTM A106 Grade B dengan panjang  $\frac{3}{8}$  inch sebanyak 10 buah



**Gambar 3.3** Spesimen uji

- b. Spesimen yang sudah dipotong kemudian disolder dengan kawat Cu sebagai penghubung dengan menggunakan timah.
- c. *Mounting* spesimen menggunakan resin epoxy untuk mendapatkan 1 permukaan dari spesimen untuk memudahkan pengambilan data.
- d. Membersihkan permukaan spesimen dari kotoran seperti produk korosi atau pengotor lainnya menggunakan amplas dengan grade 80 sampai 800.



**Gambar 3.4** Preparasi spesimen

### 3.3.3 Preparasi Larutan Elektrolit

Pada penelitian ini, larutan elektrolit menggunakan larutan asam yaitu HCl pH 2 dan pH 4. Dengan langkah pembuatan sebagai berikut:

1. Larutan elektrolit HCl pH 2
  - a. Menyiapkan HCl 37% sebanyak 0.83 ml
  - b. Mengukur aquades sebanyak 1 liter pada gelas ukur
  - c. Kemudian memasukkan HCl kedalam gelas ukur yang berisi aquades 1 liter dan mengaduknya hingga homogen.
  - d. Mencelupkan indikator pH untuk memastikan pH yang terbentuk
2. Larutan elektrolit HCl pH 4
  - a. Menyiapkan HCl 37% sebanyak 0.0083 ml
  - b. Mengukur aquades sebanyak 1 liter pada gelas ukur
  - c. Kemudian memasukkan HCl kedalam gelas ukur yang berisi aquades 1 liter dan mengaduknya hingga homogen.
  - d. Mencelupkan indikator pH untuk memastikan pH yang terbentuk.

---

### 3.4 Pengujian

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa pengujian sebagai data pendukung penelitian antara lain:

#### 3.4.1 Pengujian Polarisasi

Pengujian polarisasi dilakukan di Laboratorium Korosi dan Kegagalan Material Departemen Teknik Material 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 menganalisa laju korosi material pada larutan HCl 1M dengan konsentrasi inhibitor konsentrasi 0 ppm, 1900 ppm, 2100 ppm, 2300 ppm, 2500 ppm dan inhibitor dengan konsentrasi maksimal dari pengujian tunggal inhibitor. Dan didapatkan pula 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 (HCl dan masing-masing sampel inhibitor dengan konsentrasi inhibitor konsentrasi 0 ppm, 1900 ppm, 2100 ppm, 2300 ppm, 2500 ppm) gelas ukur 100 ml, dan alat pengujian polarisasi beserta komponennya.
2. Memasang elektroda pada rangkaian polarisasi.
3. Menyalakan alat uji polarisasi potensiodinamik CorrTest. Mengaktifkan program CR Studio5 dan memasukkan parameter pengujian lalu menjalankan program.

**Tabel 3.2** Parameter pengujian potensiodinamik

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Elektroda kerja               | ASTM A106 Grade B                       |
| Elektroda bantu               | Grafit                                  |
| Elektroda acuan               | SCE                                     |
| Densitas ( $\text{g/cm}^3$ )  | $7.85 \text{ g/cm}^3$                   |
| Luas sampel ( $\text{cm}^2$ ) | $2.764 \text{ cm}^2$                    |
| Scan rate ( $\text{mV/s}$ )   | 10                                      |
| Scan Range                    | $\pm 50 \text{ mV vs } E_{\text{corr}}$ |



**Gambar 3.5** Alat pengujian Polarisisasi dan EIS

### 3.4.2 Pengujian EIS

Pengujian EIS dilakukan di Laboratorium Korosi dan Pengendalian Departemen Teknik Material FTI ITS Surabaya.

Pengujian EIS dilakukan untuk menganalisis mekanisme inhibisi dan ketahanan logam sampel terhadap aliran arus yang melaluinya. Cara kerja ini alat ini menggunakan respon sirkuit terhadap Voltase AC sebagai fungsi frekuensi.

Tabel berikut merupakan parameter pengujian EIS

**Tabel 3.3** Parameter pengujian EIS

|                   |                         |
|-------------------|-------------------------|
| Elektroda Kerja   | ASTM A106 Grade B       |
| Elektroda Bantu   | Grafit                  |
| Elektroda Acuan   | SCE                     |
| Luasan Terekspos  | 2.764 cm <sup>2</sup>   |
| Densitas          | 7.85 gr/cm <sup>3</sup> |
| Frekuensi Mulai   | 100000 Hz               |
| Frekuensi Selesai | 0.01 Hz                 |

Pengukuran impedansi elektrokimia dilakukan pada kondisi potensiostatik dengan menggunakan software Zview pada alat CorrTest gelombang sinus AC dengan amplitudo 10 mV dengan real part ( $Z'$ ) maupun imaginary part ( $Z''$ ) diukur pada berbagai frekuensi dalam range 100000 Hz sampai 0.01 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 (HCl pH 4) dan ekstrak sampel tanpa inhibitor dan dengan konsentrasi inhibitor tertinggi (mg/l) gelas ukur 1000 ml, dan alat pengujian EIS 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.

Dalam pengujian EIS ini, spesimen yang digunakan adalah spesimen yang mempunyai efisiensi tertinggi pada masing-masing konsentrasi.

### 3.4.3 Pengujian FTIR

Pengujian FTIR ini dilakukan di Laboratorium Pengujian teknik Material FTI ITS Surabaya menggunakan alat Nicolet iS10.

Pengujian FTIR dilakukan untuk menganalisis gugus fungsi yang terbentuk pada inhibitor isoniazid yang menempel pada spesimen pipa baja ASTM A106 Grade B yang telah dilakukan



perendaman dalam uji polarisasi dan EIS. Metode spektroskopi yang digunakan dalam pengujian FTIR adalah metode adsorpsi yaitu suatu metode yang didasarkan atas perbedaan penyerapan radisasi inframerah. Spektrum inframerah tersebut dihasilkan dari transmisi cahaya yang melewati sampel. Pengukuran intensitas cahaya dengan detektor dan dibandingkan dengan intensitas tanpa sampel sebagai fungsi dari panjang gelombang. Dari panjang gelombang tersebut, dapat ditentukan gugus fungsi yang sesuai dengan panjang gelombang yang terekam pada masing-masing sampel. Dalam pengujian ini sampel yang digunakan yaitu sampel obat isoniazid, spesimen baja ASTM A106 Grade B dalam media HCl tanpa penambahan inhibitor, dan spesimen baja ASTM A106 Grade B dalam media HCl dengan penambahan inhibitor isoniazid.

Adapun langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

1. Menggunakan sel kristal KrS 5 yang berupa silinder merah.
2. Masukkan sel ke dalam holder yang memiliki lubang berbentuk persegi panjang pada bagian tengah, lalu dikunci dengan 4 baut yang tersedia.
3. Ukur BKG terlebih dahulu.
4. Masukkan sampel pada permukaan sel. Kemudian diukur dengan cara pengoperasian yang sama dengan sampel film.
5. Jika diperoleh peak yang sangat lebar, berarti larutan yang dibuat terlalu pekat sehingga perlu dilakukan pengenceran terlebih dahulu menggunakan pelarut organik sampai peak yang dihasilkan menjadi normal.



**Gambar 3.6** Alat pengujian FTIR

### 3.4.4 Pengujian SEM

Pengujian SEM ini dilakukan di Laboratorium Pengujian teknik Material FTI ITS Surabaya menggunakan alat SEM-EDX.

Pengujian SEM bertujuan untuk menganalisis morfologi permukaan sampel baja ASTM A106 Grade B sebelum dan sesudah pemberian inhibitor. Perbesaran pada penelitian ini 1000x. Mekanisme pengambilan data pada pengujian SEM adalah berkas elektron langsung dipancarkan oleh sumber elektron, setelah itu berkas elektron berinteraksi dengan sampel logam. Sebagian elektron teradsorpsi kepada material dan sebagian lagi terpantul oleh alat *detector secondary electron* yang terhambur balik dan tertangkap oleh *Back Scattered Electron* (BSE). Langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam pengujian ini sebagai berikut:

1. Meletakkan material sampel didalam sebuah wadah plastik yang tidak menyebabkan material bereaksi dengan lingkungan
2. Material diletakkan diatas holder yang sebelumnya telah diletakkan *carbon tape* sebagai pelekat sampel ke holder
3. Holder dimasukkan ke dalam mesin lalu diamati dengan pembesaran yang dimaksud pada layar monitor.



**Gambar 3.7** Alat uji SEM

### 3.5 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan beberapa pengujian yang digunakan. Berikut merupakan rancangan penelitian yang dilakukan.

#### 3.5.1 Data Pengujian Polarisasi

**Tabel 3.4** Data pengujian Polarisasi

| No. | Sampel              | $E_{\text{corr}}$ (V) | $I_{\text{corr}}$<br>(A/cm <sup>2</sup> ) | CR<br>(mppy) | Efisiensi<br>Inhibitor<br>(%) |
|-----|---------------------|-----------------------|---|--------------|-------------------------------|
| 1.  | Tanpa<br>Inhibitor  | √                     | √   | √            | √                             |
| 2.  | Dengan<br>Inhibitor | √                     | √   | √            | √                             |

### 3.5.2 Data Pengujian EIS

**Tabel 3.5** Data pengujian EIS

| No. | sampel            | $R_s(\Omega\text{cm}^{\oplus})$ | $R_p(\Omega\text{cm}^2)$ | Effisiensi Inhibitor (%) |
|-----|-------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1.  | Tanpa Inhibitor   | √                               | √                        | √                        |
| 2.  | Dengan Inhibitor* | √                               | √                        | √                        |

\*(dilakukan pada pH 2 dan pH 4 dengan efisiensi terbaik)

### 3.5.1 Data Pengujian FTIR

**Tabel 3.6** Data pengujian FTIR

| Sampel            | Adsorption Peak ( $\text{cm}^{-1}$ ) | Bond | Type of Compound | Intensity |
|-------------------|--------------------------------------|------|------------------|-----------|
| Obat isoniazid    | √                                    | √    | √                | √         |
| Dengan inhibitor* | √                                    | √    | √                | √         |

\*(dilakukan pada pH 2 dengan efisiensi terbaik)

### 3.5.2 Data Pengujian SEM

**Tabel 3.7** Data pengujian SEM

| No. | Sampel               | Morfologi Permukaan |
|-----|----------------------|---------------------|
| 1.  | Tanpa Inhibitor pH 2 | √                   |
| 2.  | Dengan Inhibitor*    | √                   |

\*(dilakukan pada pH 2 dengan efisiensi terbaik)

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Analisis Data**

Dalam penelitian kali ini, dilakukan beberapa pengujian dengan hasil yaitu:

##### **4.1.1 Hasil Pengujian Polarisasi**

Pada pengujian kali ini menggunakan media dengan lingkungan asam menggunakan HCl pH 2 dan HCl pH 4. Hasil pengujian polarisasi dapat pada Tabel 4.1

Dari data polarisasi yang dilakukan didapatkan data laju korosi pada masing-masing sampel. Tabel 4.1 berikut merupakan data laju korosi hasil polarisasi inhibitor isoniazid dalam media HCl pH 2 dan pH 4.

**Tabel 4. 1** Hasil pengujian polarisasi sampel dengan inhibitor isoniazid dalam media HCl pH 2 dan pH 4

| Konsentrasi inhibitor (ppm) | Waktu (hari) | Laju korosi (mmpy) |       | Efisiensi (%) |      |
|-----------------------------|--------------|--------------------|-------|---------------|------|
|                             |              | pH 2               | pH 4  | pH 2          | pH 4 |
| 0                           | 0            | 0.23               | 0.084 | -             | -    |
| 1900                        |              | 0.119              | 0.054 | 53.4          | 35.5 |
| 2100                        |              | 0.114              | 0.037 | 55.2          | 56.2 |
| 2300                        |              | 0.092              | 0.029 | 63.9          | 65.4 |
| 2500                        |              | 0.046              | 0.078 | 82.0          | 6.8  |
| 0                           | 2            | 0.340              | 0.114 | -             | -    |
| 1900                        |              | 0.067              | 0.033 | 80.2          | 71.3 |
| 2100                        |              | 0.055              | 0.032 | 83.8          | 71.2 |
| 2300                        |              | 0.074              | 0.028 | 78.2          | 75.4 |
| 2500                        |              | 0.036              | 0.07  | 89.4          | 38.6 |
| 0                           | 4            | 0.228              | 0.136 | -             | -    |
| 1900                        |              | 0.066              | 0.03  | 71.1          | 77.9 |
| 2100                        |              | 0.044              | 0.032 | 80.7          | 76.5 |
| 2300                        |              | 0.037              | 0.019 | 83.8          | 86.0 |
| 2500                        |              | 0.029              | 0.061 | 87.3          | 55.4 |
| 0                           | 6            | 0.226              | 0.27  | -             | -    |
| 1900                        |              | 0.061              | 0.028 | 73.1          | 89.7 |
| 2100                        |              | 0.024              | 0.025 | 89.4          | 92.6 |
| 2300                        |              | 0.033              | 0.017 | 85.4          | 93.7 |
| 2500                        |              | 0.015              | 0.05  | 93.6          | 81.5 |
| 0                           | 8            | 0.219              | 0.36  | -             | -    |
| 1900                        |              | 0.04               | 0.020 | 81.7          | 94.6 |
| 2100                        |              | 0.0138             | 0.02  | 93.7          | 93.1 |
| 2300                        |              | 0.013              | 0.013 | 94.1          | 96.4 |
| 2500                        |              | 0.0091             | 0.048 | 95.8          | 86.7 |

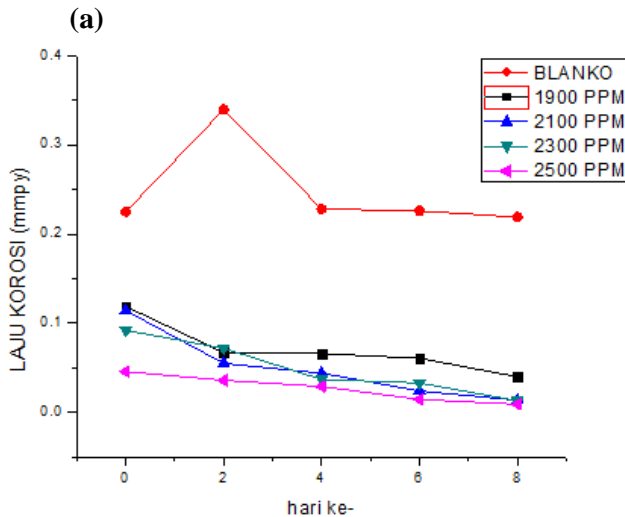
Tabel 4.1 diatas menunjukkan nilai laju korosi dan efisiensi inhibitor isoniazid dalam media HCl pH 2 dan pH 4 dengan variasi

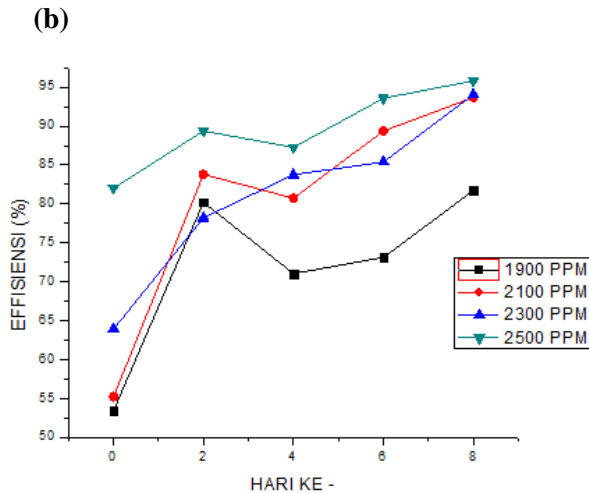
konsentrasi 0 ppm, 1900 ppm, 2100 ppm, 2300 ppm, dan 2500 ppm dengan pengambilan data 0 hari, 2 hari, 4 hari, 6 hari, 8 hari.

Laju korosi yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk menghitung efisiensi dari inhibitor isoniazid yang digunakan pada masing-masing konsentrasi. Efisiensi yang didapatkan dapat dihitung menggunakan persamaan 2.13.

Dari persamaan 2.13 tersebut didapatkan efisiensi inhibitor isoniazid pada baja ASTM A106 Grade B dalam media HCl pH 2 dan pH 4, nilai yang diperoleh terdapat pada Tabel 4.1.

Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 berikut merupakan grafik nilai laju korosi dan efisiensi inhibitor isoniazid dalam media HCl pH 2 dan pH 4.

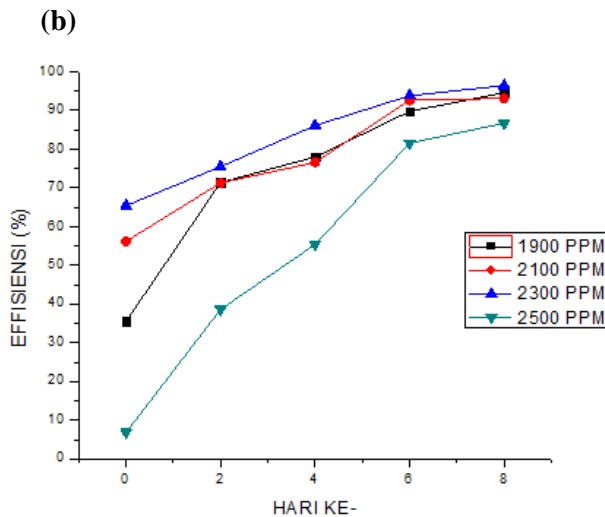
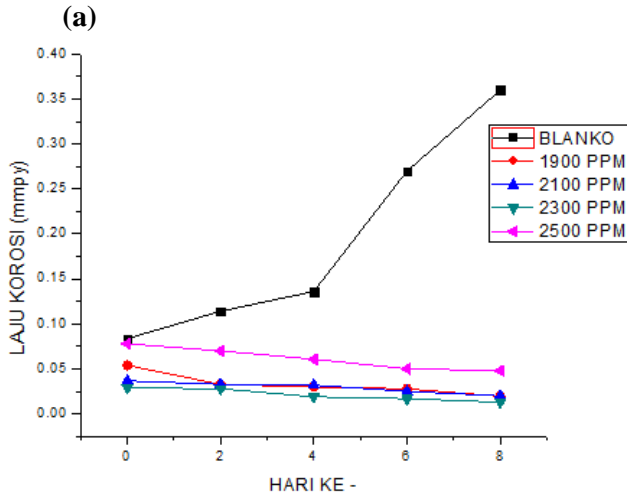




**Gambar 4.1** Grafik (a) nilai laju korosi inhibitor isoniazid pada media HCl pH 2 grafik (b) efisiensi inhibitor isoniazid pada media HCl pH 2

Dari Gambar 4.1 diperoleh nilai laju korosi terendah terdapat pada konsentrasi 2500 ppm pada hari ke 8 sebesar 0.0091 mmpy dan didapatkan nilai efisiensi dari inhibitor pada HCl pH 2, nilai efisiensi tertinggi dengan nilai 95.8%.



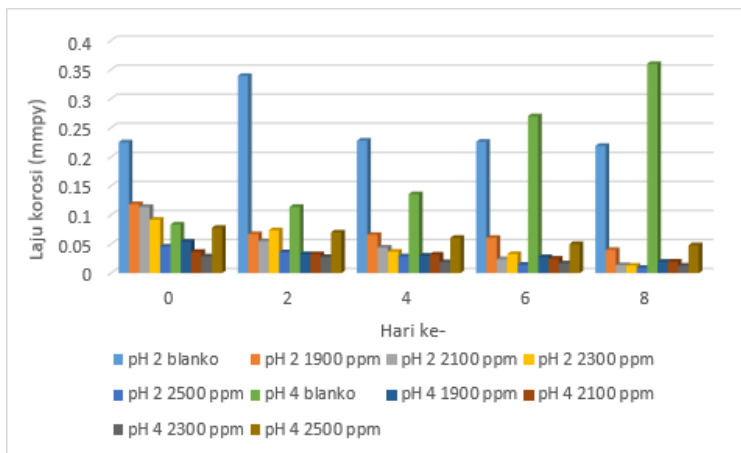


**Gambar 4.2** Grafik (a) nilai laju korosi inhibitor isoniazid dalam media HCl pH 4 grafik (b) efisiensi inhibitor isoniazid pada media HCl pH 4

Dari Gambar 4.2 diperoleh nilai laju korosi terendah terdapat pada konsentrasi 2300 ppm pada hari ke 8 sebesar 0.013 mmpy dan didapatkan nilai efisiensi dari inhibitor pada HCl pH 4, nilai efisiensi tertinggi dengan nilai 96.4%.

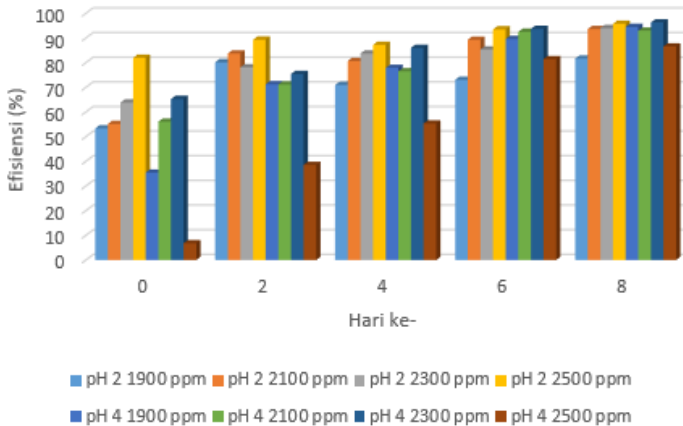
Dari data laju korosi dan efisiensi pada Gambar 4.1 dan 4.2 didapatkan perbandingan laju korosi dan efisiensi pada masing-masing pH berdasarkan hari pengujian yang sama.

Berikut Gambar 4.3 yang menunjukkan perbandingan laju korosi pada pH 2 dan pH 4.



**Gambar 4.3** Perbandingan laju korosi pH 2 dan pH 4

Berikut Gambar 4.4 merupakan grafik perbandingan efisiensi inhibitor isoniazid berdasarkan konsentrasi yang digunakan.



**Gambar 4.4** Grafik perbandingan efisiensi inhibitor isoniazid dalam media HCl pH 2 dan pH 4

Dari Gambar 4.3 dan 4.4 dapat diketahui bahwa pada media HCl pH 2 nilai laju korosi terendah terdapat pada inhibitor dengan konsentrasi 2500 ppm korosi sebesar 0.009 mmpy dengan efisiensi sebesar 95.8%. Sedangkan pada media HCl pH 4 nilai laju korosi terendah terdapat pada konsentrasi 2300 ppm sebesar 0.013 mmpy dengan efisiensi sebesar 96.4%. Dari hasil pengujian didapatkan nilai efisiensi tertinggi terdapat pada hari ke 8.

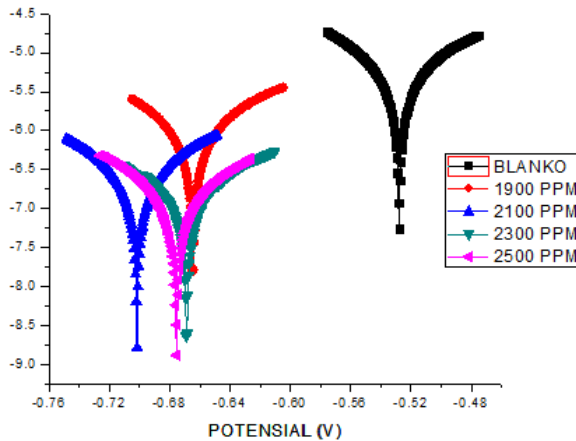
Dari hasil efisiensi terbaik dilakukan pengujian lebih lanjut yaitu potensiodinamik dan EIS.

Dibawah ini ditampilkan kurva potensiodinamik untuk efisiensi terbaik pada pH 2 dan pH 4 yaitu pada hari ke 8.

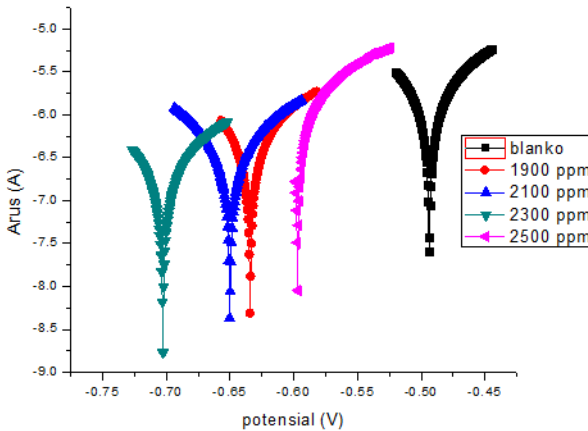
#### 4.1.2 Analisis Data Pengujian Potensiodinamik

Dari pengujian ini didapatkan kurva tafel E vs I dari inhibitor isozianid konsentrasi 2500 ppm pada pH 2 dan 2300 ppm pada pH 4 pada hari ke 8.

Gambar 4.5 dan 4.6 merupakan kurva tafel yang didapatkan dari pengujian potensiodinamik.



**Gambar 4.5** Kurva polarisasi dengan variasi konsentrasi inhibitor isoniazid pH 2 Hari ke 8



**Gambar 4.6** Kurva polarisasi dengan variasi konsentrasi inhibitor isoniazid pH 4 Hari ke 8

Dari kurva tafel pada Gambar 4.5 dan 4.6 didapatkan hasil Uji Potensiodinamik inhibitor. Dari kurva yang diperoleh, bahwa

kurva dengan penambahan inhibitor pada masing-masing pH cenderung bergeser ke arah kiri-bawah. Hal ini dapat dilihat bahwa potensial dan densitas arus mengalami penurunan.

Berikut Tabel 4.2 parameter hasil uji potensiodinamik inhibitor isoniazid.

**Tabel 4.2** Hasil uji potensiodinamik inhibitor

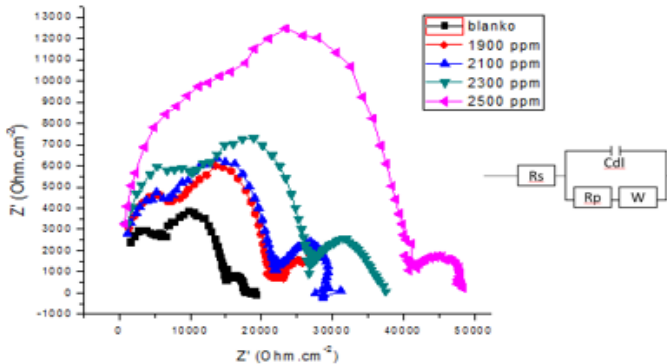
| Media       | Sampel (ppm) | $E_{corr}$ (V) |
|-------------|--------------|----------------|
| HCl<br>pH 2 | 0            | -0.528         |
|             | 1900         | -0.669         |
|             | 2100         | -0.702         |
|             | 2300         | -0.676         |
|             | 2500         | -0.682         |
| HCl<br>pH 4 | 0            | -0.499         |
|             | 1900         | -0.634         |
|             | 2100         | -0.650         |
|             | 2300         | -0.703         |
|             | 2500         | -0.597         |

Pada Tabel 4.2 diperoleh bahwa Jika dilihat pada nilai potensialnya, Penambahan konsentrasi inhibitor menyebabkan kurva cenderung bergeser ke kiri dibandingkan dengan spesimen tanpa penambahan inhibitor (blanko). Rentang nilai potensial korosi yang didapatkan sebesar 254 mV. Jika nilai yang didapatkan lebih dari 85mV maka tipe inhibitor anodik atau katodik, jika kurang dari 85 mV merupakan mixing-type inhibitor (Sulistijono.2000). Dari nilai yang diperoleh bahwa inhibitor isoniazid bekerja secara katodik.

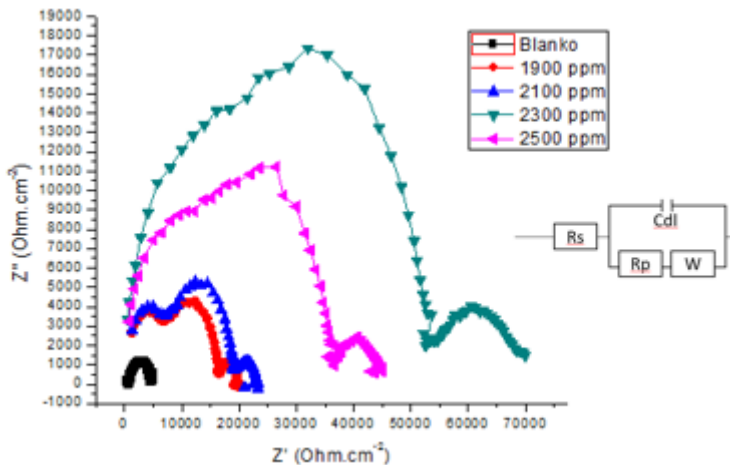
#### 4.1.3 Analisis Data pengujian EIS

Mekanisme inhibitor pada baja ASTM A106 Grade B menggunakan variasi konsentrasi dapat diketahui dengan melakukan pengujian EIS. Hasil dari pengujian EIS berupa kurva nyquist dengan bentuk setengah lingkaran, dimana sumbu absisnya menyatakan impedensi nyata ( $Z'$ ) dan sumbu ordinatnya sebagai

impedensi imajiner ( $Z''$ ). Berikut Gambar 4.7 dan 4.8 merupakan kurva Nyquist dengan konsentrasi 0 ppm, 1900 ppm, 2100 ppm, 2300 ppm, dan 2500 ppm pada hari ke 8.



**Gambar 4.7** Grafik Nyquist dengan berbagai konsentrasi pada pH 2 hari ke 8



**Gambar 4.8** Grafik Nyquist dengan berbagai konsentrasi pada pH 4 hari ke 8

Dari Gambar 4.7 dan 4.8 diketahui bahwa penambahan inhibitor menjadikan diameter setengah lingkaran cenderung semakin besar. Pada media HCl pH 2 diameter lingkaran paling besar terdapat pada konsentrasi 2500 ppm. Namun terjadi perbedaan pada media HCl pH 4 dimana diameter dengan konsentrasi tertinggi tidak terdapat pada diameter yang paling besar, diameter paling besar dalam media HCl pH 4 ini terdapat pada konsentrasi 2300 ppm. Dari gambar juga dapat diperoleh equivalent circuit dengan persamaan sebagai pada Gambar 2.10.

Dari persamaan pada Gambar 2.10 didapatkan data pada Tabel 4.4 berikut:

**Tabel 4.3** Analisis data hasil uji EIS pH 2 dan pH 4

| Media       | Sampel (ppm) | $R_s$<br>( $\Omega\text{cm}^2$ ) | $R_p$<br>( $\Omega\text{cm}^2$ ) | EI (%) |
|-------------|--------------|----------------------------------|----------------------------------|--------|
| HCl<br>pH 2 | 0            | 4454                             | 10848                            | -      |
|             | 1900         | 2083                             | 18588                            | 41.6   |
|             | 2100         | 2094                             | 20957                            | 48.9   |
|             | 2300         | 1890                             | 25699                            | 57.7   |
|             | 2500         | 1268                             | 39186                            | 72.3   |
| HCl<br>pH 4 | 0            | 937                              | 4234                             | -      |
|             | 1900         | 1793                             | 13953                            | 65.6   |
|             | 2100         | 1449                             | 12300                            | 69.7   |
|             | 2300         | 923.9                            | 45044                            | 90.6   |
|             | 2500         | 1111                             | 29990                            | 85.9   |

Dari Tabel 4.3 diperoleh nilai  $R_s$  (tahanan larutan),  $R_p$  (tahanan permukaan logam), dan efisiensi inhibisi inhibitor isoniazid pada masing-masing konsentrasi. Dari Tabel 4.4 diketahui bahwa pada nilai  $R_s$  menurun seiring dengan penambahan konsentrasi inhibitor isoniazid. Berkebalikan dengan nilai  $R_s$ , nilai dari  $R_p$  mengalami kenaikan seiring dengan penambahan konsentrasi inhibitor isoniazid. Nilai  $R_p$  merepresentasikan resistensi pertukaran muatan pada permukaan. Semakin besar nilai

$R_p$  semakin besar resistensi pertukaran muatan pada permukaan sehingga laju korosi mengalami penurunan.

Dari Tabel 4.3 diperoleh bahwa pada pH 2 dan pH 4 nilai  $R_s$  lebih kecil dibandingkan dengan nilai  $R_p$ . hal ini terjadi karena pertukaran muatan terhambat pada permukaan logam sehingga nilai tahanan logam ( $R_p$ ) menjadi besar. Pada pH 2 Nilai  $R_p$  tertinggi terdapat pada konsentrasi 2500 ppm sebesar  $39186 \Omega\text{cm}^2$  dan pada pH 4 nilai  $R_p$  tertinggi terdapat pada konsentrasi 2300 ppm sebesar  $45044 \Omega\text{cm}^2$ .

#### 4.1.4 Perhitungan Adsorpsi Isoterm Langmuir

Perhitungan adsorpsi isoterm Langmuir ini dilakukan untuk mendapatkan model interaksi antara larutan dengan permukaan logam. Larutan HCl tanpa penambahan inhibitor maupun larutan yang sudah dilakukan penambahan inhibitor. Kemampuan adsorpsi suatu logam pada permukaannya mempengaruhi efisiensi inhibisi.

Berikut merupakan Tabel 4.5 yang menunjukkan efisiensi inhibisi dan laju korosi inhibitor isoniazid pada pH 2 dan pH 4 dengan waktu perendaman 8 hari.

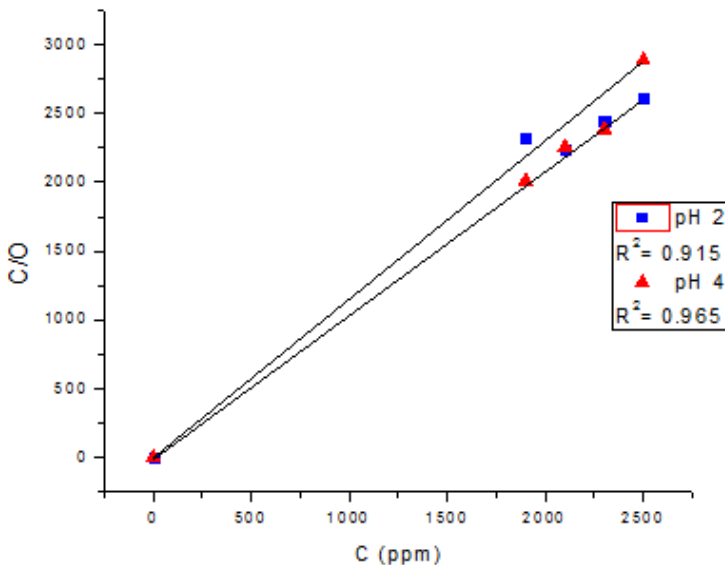
**Tabel 4.4** Efisiensi inhibisi dan laju korosi inhibitor isoniazid dalam HCl pH 2 dan pH 4

| Media       | C/Konsentrasi<br>(ppm) | CR<br>(mppy) | $\Theta$ | C/ $\Theta$ |
|-------------|------------------------|--------------|----------|-------------|
| HCl pH<br>2 | 0                      | 0.219        | -        | -           |
|             | 1900                   | 0.040        | 0.8174   | 2324.58     |
|             | 2100                   | 0.014        | 0.9370   | 2241.23     |
|             | 2300                   | 0.013        | 0.9407   | 2445.16     |
|             | 2500                   | 0.009        | 0.9584   | 2608.38     |
| HCl pH<br>4 | 0                      | 0.360        | -        | -           |
|             | 1900                   | 0.020        | 0.9456   | 2009.39     |
|             | 2100                   | 0.020        | 0.9306   | 2256.71     |
|             | 2300                   | 0.013        | 0.9639   | 2386.16     |
|             | 2500                   | 0.048        | 0.8667   | 2884.60     |



Dari Tabel 4.4 didapatkan parameter yang digunakan untuk menghitung Langmuir isoterm yang nantinya dibuat grafik Langmuir isoterm. Dengan menggunakan persamaan 2.6 dan 2.7 berikut:

Dari persamaan 2.6 dan 2.7 didapatkan grafik adsorpsi Langmuir yaitu  $C/\theta$  terhadap  $C$  yang menghasilkan garis lurus seperti pada Gambar 4.11 berikut:



**Gambar 4.9** Hasil perhitungan Langmuir

Dari Gambar 4.9 tersebut didapatkan dari persamaan dasar sehingga dihasilkan nilai koefisien korelasi ( $R^2$ ) sebesar 0.915 pada pH 2 dan 0.965 pada pH 4. Dari data Langmuir isoterm yang diperoleh, dapat dianalisis data energi bebas dari adsorpsi ( $\Delta G_{ads}^0$ ) dengan persamaan 2.6 dan 2.7:

Dari perhitungan menggunakan persamaan 2.6 dan 2.7 didapatkan data yang ditunjukkan pada Tabel berikut:

**Tabel 4.5** Parameter adsorpsi permukaan Baja ASTM A 106 Grade B pada HCl pH 2 dan pH 4

| Media       | Inhibitor (ppm) | Kads ( $10^{-5}$ ) | $\Delta G^0_{ads}$ (kJ/mol) |
|-------------|-----------------|--------------------|-----------------------------|
| HCl<br>pH 2 | 1900            | 7.857              | - 13.5                      |
|             | 2100            | 2.811              | - 16.0                      |
|             | 2300            | 2.428              | - 16.4                      |
|             | 2500            | 1.593              | - 17.4                      |
| HCl<br>pH 4 | 1900            | 4.62               | - 14.8                      |
|             | 2100            | 3.08               | - 16.1                      |
|             | 2300            | 1.51               | - 17.5                      |
|             | 2500            | 2.71               | - 15.8                      |

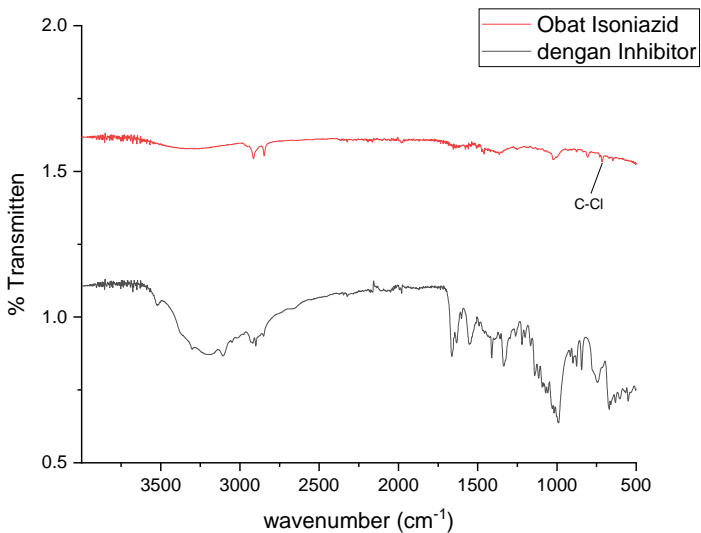
Dari Tabel 4.5, didapatkan nilai energi bebas dari inhibitor dalam masing-masing konsentrasi pada permukaan Baja ASTM A106 Grade B. Nilai energi bebas terendah sebesar - 17.5 kJ/mol. Nilai energi bebas dalam reaksi dengan nilai -20kJ/mol atau lebih tinggi menandakan bahwa mekanisme reaksi tersebut berlangsung secara fisisorpsi sedangkan reaksi dengan nilai energi bebas kurang dari -40kJ/mol menandakan bahwa mekanisme reaksi tersebut berlangsung secara kemisorpsi (Umoren,2006). Hal ini menandakan bahwa mekanisme adsorpsi pada permukaan baja ASTM A106 bekerja secara fisika.

#### 4.1.5 Analisis Data Pengujian FTIR

Pengujian ini dilakukan untuk menganalisis karakteristik komposisi dari inhibitor obat isoniazid dan baja ASTM A106 Grade B setelah proses immerse larutan HCl pH 2 dengan penambahan inhibitor isoniazid berkonsentrasi 2500 ppm . Setelah dilakukan pengujian didapatkan kurva uji FTIR yang dibandingkan antara spesimen dengan laju korosi paling rendah dengan spesimen hasil uji yang memiliki laju korosi tertinggi (tanpa inhibitor). Hal ini untuk menganalisis gugus fungsi yang bekerja sebagai penghambat laju korosi pada spesimen tersebut. Pengujian ini dilakukan untuk menganalisis gugus fungsi yang berfungsi sebagai

penghambat laju korosi dengan beracuan pada buku dengan judul “*A handbook of Spectroscopy Data Chemistry*” oleh B.D Mistry (2009).

Gambar 4.10 merupakan grafik hasil pengujian FTIR dari Obat isoniazid dan spesimen yang sudah ditambah dengan inhibitor isoniazid dengan konsentrasi 2500 ppm pada media HCl pH 2.



**Gambar 4.10** Spektrum hasil pengujian FTIR

Dari Spektrum FTIR yang didapatkan kemudian dianalisis pick dengan buku acuan yang sudah disebutkan diatas.

Dari Gambar 4.10 dapat diketahui bahwa peak dengan nilai 1000-1600 cm<sup>-1</sup> mengalami pengurangan pada inhibitor isoniazid dibandingkan dengan obat aslinya.

Tabel 4.6 dan 4.7 merupakan hasil pengujian FTIR dengan kecocokan gugus fungsi dari wavenumber yang didapatkan.

**Tabel 4.6** Gugus fungsi obat isoniazid

| Wave Number<br>( $\text{cm}^{-1}$ ) | Ikatan   |
|-------------------------------------|--|
| 3183.54                             | N-H str.   |
| 3107.09                             | N-H str., O-H str., N-H str.C-H str.   |
| 2918.95                             | C-H str.   |
| 2900.06                             | C-H str.   |
| 1663.11                             | C=O str. Dan C=N str.  |
| 1632.92                             | C=N str., $\text{NH}_3^+$ def., C=C str., NH def., dan $\text{NO}_2$ str.        |
| 1602.46                             | C=O str., NH def + CN str., N=N str., $\text{NH}_2^+$ def., $\text{NH}_3^+$ def. |
| 1551.81                             | NH def + CN str. C= N dan N-H def. C-N str.                                      |
| 1411.49                             | S=O str., C-H def., O-H def.   |
| 1358.84                             | $\text{NO}_2$ str.   |
| 1335.86                             | $\text{NO}_2$ str. dan $-\text{N}_3$ str.  |
| 1260.51                             | O- $\text{NO}_2$ Vib. dan ROR str.   |
| 1220.54                             | R-O-Ar str., ROR str., P-O str. dan S=O str.                                     |
| 1201.08                             | R-O-Ar str., ROR str., P-O str. dan S=O str.                                     |
| 1166.25                             | C=S str. dan ring C-H  |
| 1140.28                             | S=O str. dan ring C-H  |
| 1115.07                             | C-OH str. dan ring C-H   |
| 1071.18                             | R-O-R str. dan ring C-H  |
| 1018.59                             | C-OH str. dan ring C-H   |
| 988.86                              | C-H def.   |
| 898.96                              | C-H def.   |
| 875.83                              | C-H def.   |
| 844.19                              | C-H def.   |
| 745.74                              | C-H def.   |

**Tabel 4.7** Gugus fungsi spesimen dengan penambahan konsentrasi inhibitor isoniazid

| Wave Number<br>( $\text{cm}^{-1}$ ) | ikatan   |
|-------------------------------------|--|
| 2915.11                             | C-H str.   |
| 2847.53                             | C-H str.   |
| 1654.09                             | C=N str., C=O str., N=O str.,<br>C=C str.                                      |
| 1647.86                             | C=N str., C=O str., N=O str.,<br>C=C str.                                      |
| 1636.82                             | C=N str., C=O str., N=O str.,<br>dan C=C str.                                  |
| 1617.67                             | NH def., NO <sub>2</sub> str., C=O str.,<br>N=N str., dan N=O str.             |
| 1577.51                             | O=O vib., N=N str., NO <sub>2</sub> str.                                       |
| 1559.86                             | C=C+C=N str., NH def.+CN<br>str., dan N-H def.                                 |
| 1541.78                             | N-H def., C=C+C=N str., dan<br>NH def.+CN str.                                 |
| 1508.10                             | C=C+C=N str., dan NH <sub>3</sub> <sup>+</sup> def.                            |
| 1501.27                             | C=C+C=N str.   |
| 1490.86                             | C=C+C=N str. dan N=O str.  |
| 1473.31                             | N=O str. dan C-H def.  |
| 1459.34                             | N=O str. dan C-H def.  |
| 1363.62                             | S-O str., O-H def., dan NO <sub>2</sub> str.                                   |
| 1252.01                             | C-F str., -N <sub>3</sub> str., C-N def., O-<br>NO <sub>2</sub> , dan ROR str. |
| 1024.73                             | C-N vib., C-OH str., dan ring C-<br>H  |
| 877.02                              | C-H def. dan C-H def.  |
| 805.77                              | C-Cl def.  |

Dari Tabel 4.6 dan Tabel 4.7 diketahui gugus yang terdapat pada obat isoniazid aslinya dan gugus yang terdapat pada spesimen

---

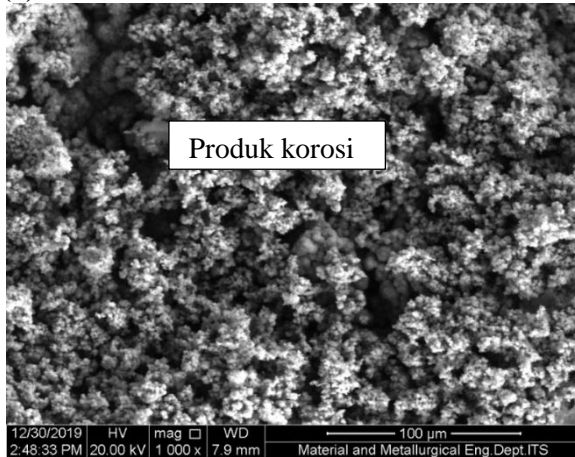
dengan penambahan inhibitor isoniazid konsentrasi 2500ppm pada media HCl pH 2.

Dari tabel tersebut terdapat beberapa peak baru yang muncul dan beberapa peak bergeser nilai wavenumbernya dalam gugus fungsi yang sama pada permukaan spesimen dengan penambahan konsentrasi 2500 ppm pada pH 2 dibandingkan dengan obat isoniazid aslinya.

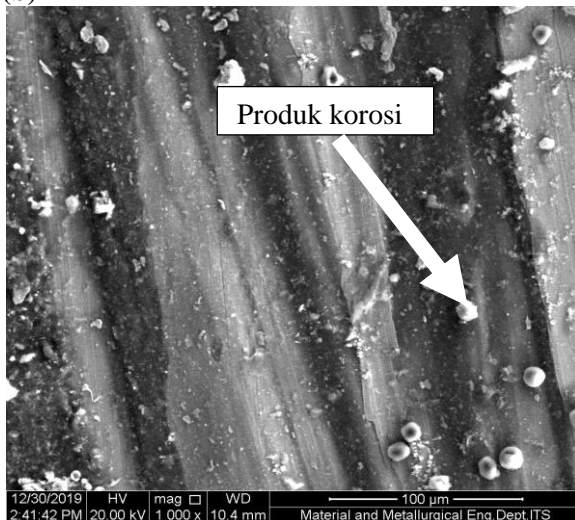
Peak yang muncul pada permukaan spesimen dengan penambahan inhibitor isoniazid konsentrasi 2500 ppm pada pH 2 yaitu peak dengan wavenumber  $805.77 \text{ cm}^{-1}$  dengan gugus C-Cl str. sedangkan peak yang mengalami pergeseran wavenumber terdapat pada gugus C=C dan C-C.

#### 4.1.6 Analisis Data Hasil Pengujian SEM

(a)



(b)



**Gambar 4.11** Uji SEM morfologi Baja ASTM A106 Grade B dengan Perbesaran 1000x, (a) tanpa inhibitor (b) dengan inhibitor 2500 ppm

Dari hasil pengujian SEM, didapatkan morfologi permukaan baja tanpa penambahan inhibitor (0 ppm) dan permukaan baja dengan penambahan konsentrasi inhibitor (2500 ppm). Pada permukaan baja dengan tanpa penambahan inhibitor permukaan lebih kasar. Sedangkan pada permukaan baja dengan penambahan konsentrasi inhibitor permukaan tampak lebih halus yang terdapat pada Gambar 4.11.

## 4.2 Pembahasan

Berdasarkan pengujian yang sudah dilakukan dan sudah disebutkan pada subbab 4.1:

Pengujian pertama yaitu pengujian polarisasi diperoleh hasil bahwa penambahan inhibitor isoniazid mampu menurunkan laju korosi baja ASTM A106 Grade B dalam media HCl baik pH 2 maupun pH 4 sesuai dengan yang ditampilkan pada Tabel 4.1. Pada media HCl pH 2 dapat dilihat bahwa nilai laju korosi mengalami penurunan seiring dengan penambahan konsentrasi inhibitor isoniazid. Laju korosi terendah terdapat pada konsentrasi 2500 ppm dengan nilai sebesar 0.009 mmpy. Dari Gambar 4.1 dapat dilihat efisiensi inhibitor meningkat dengan nilai tertinggi terdapat pada konsentrasi 2500 ppm pada hari ke 8 sebesar 95.845%. Sedangkan dalam media HCl pH 4, penambahan konsentrasi isoniazid pada larutan mampu menurunkan laju korosi, namun sampai dengan 2300 ppm saja, namun ketika larutan ditambahkan dengan konsentrasi sebanyak 2500 ppm, laju korosi kembali naik. Laju korosi terendah terdapat pada konsentrasi 2300 ppm dengan nilai sebesar 0.013mmpy. Dari Gambar 4.2 dapat dilihat efisiensi inhibitor meningkat dengan nilai tertinggi terdapat pada konsentrasi 2300 ppm pada hari ke 8 sebesar 96.389%. nilai optimum pada inhibitor isoniazid pada media HCl pH 4 terdapat pada konsentrasi 2300 ppm. Dari hasil ini diketahui bahwa inhibitor isoniazid dapat menurunkan laju korosi dengan nilai efisiensi tertinggi dari HCl masing-masing pH terdapat pada hari ke-8 atau hari terakhir pengujian.



Setelah laju korosi terendah dan efisiensi tertinggi didapatkan yaitu masing-masing pH terdapat pada hari ke 8, dilakukan analisis lebih lanjut yaitu analisis grafik potensial terhadap densitas arus, dimana kurva tersebut terdapat pada Gambar 4.5 dan 4.6. Pada Gambar 4.5 dan 4.6 tersebut diperoleh bahwa kurva polarisasi bergerak ke kiri bawah jika dibandingkan dengan kurva dari blanko (tanpa penambahan inhibitor). Kurva bergeser ke arah kiri karena mengalami penurunan potensial, sedangkan bergeser kebawah karena densitas arus juga mengalami penurunan dibanding dengan kurva polarisasi dari blanko. Semakin rendah densitas arus semakin baik. Pada Tabel 4.2 HCl pH 2 dapat dilihat bahwa konsentrasi terbaik terdapat pada konsentrasi 2500 ppm karena memiliki densitas arus terendah dibanding dengan konsentrasi lain yang digunakan dengan nilai  $0.0788 (10^{-5} \text{ A/cm}^2)$ , Sedangkan pada HCl pH 4 dapat dilihat konsentrasi terbaik terdapat pada konsentrasi 2300 ppm karena memiliki nilai densitas yang paling rendah dibandingkan dengan konsentrasi lainnya yang digunakan dengan nilai  $0.2310 (10^{-5} \text{ A/cm}^2)$ . Data potensial digunakan untuk menentukan tipe dari inhibitor, semakin rendah nilai potensial dibandingkan dengan blanko maka tipe inhibitor tersebut adalah katodik, jika dilihat pada Gambar 4.5 dan 4.6 penurunan dari potensial dapat dilihat dari pergeseran kurva ke arah kiri. Dalam menentukan tipe inhibitor juga mempertimbangkan selisih nilai potensial ( $E_{\text{corr}} = E_{\text{corr inhibited}} - E_{\text{corr uninhibited}}$ ). Dari data diperoleh bahwa inhibitor isoniazid memiliki rentang nilai potensial korosi yang didapatkan sebesar 254 mV maka inhibitor isoniazid ini merupakan tipe inhibitor katodik.

Pengujian kedua yaitu pengujian *Elektrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS), pengujian ini dilakukan pada hari 8 karena efisiensi tertinggi pada masing-masing konsentrasi terdapat di hari ke 8 baik dalam media HCl pH 2 maupun HCl pH 4. Pengujian ini menghasilkan grafik setengah lingkaran atau biasa disebut kurva nyquist. Hasil pengujian EIS dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan 4.8. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa penambahan

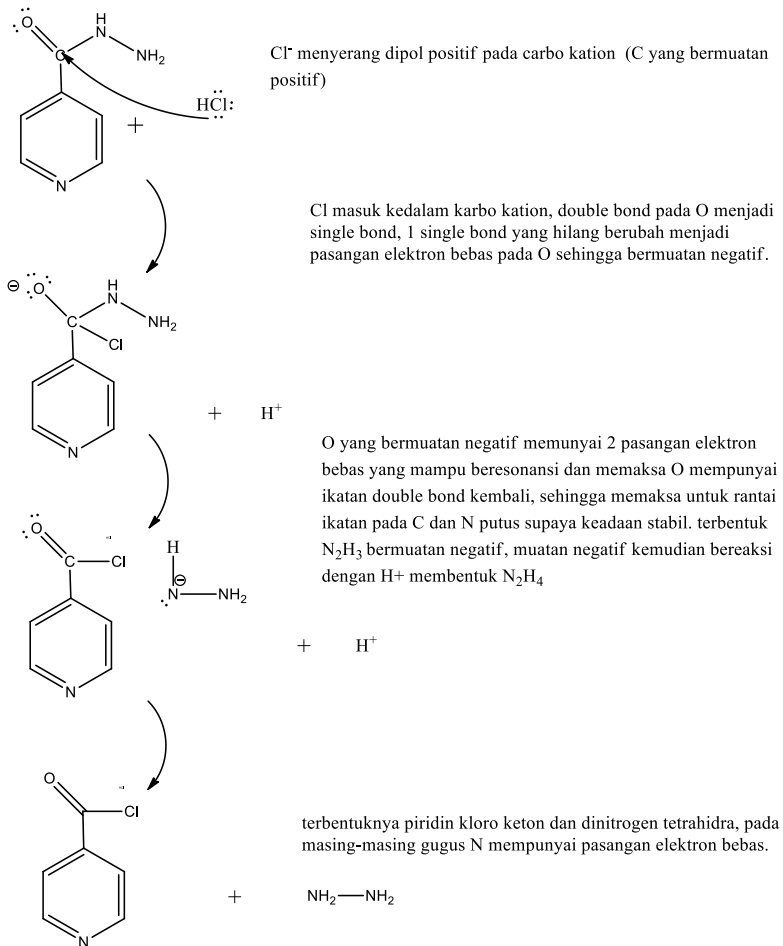
inhibitor pada larutan menyebabkan kurva setengah lingkaran mengalami perbesaran diameter. Bentuk dari setengah lingkaran yang terjadi tidak sempurna, hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu kekerasan permukaan, impuritas, diskolasi, porous layer (DeSouza 2009). Dari diameter yang diperoleh, didapatkan nilai  $R_p$  (Resistance Polarization) yaitu tahanan permukaan logam/baja, semakin besar diameter yang dihasilkan maka nilai  $R_p$  yang didapatkan juga semakin besar hal ini dapat dilihat pada Tabel 4.3. Dari data diperoleh bahwa nilai tahanan logam dalam media HCl pH 2 pada konsentrasi 0 ppm sebesar  $10848 \Omega\text{cm}^2$  dan pada konsentrasi 2500 ppm sebesar  $39186 \Omega\text{cm}^2$ , dari nilai tahanan logam yang didapatkan, diperoleh nilai efisiensi sebesar 72.3%. Sedangkan dalam media HCl pH 4 nilai tahanan logam pada konsentrasi 0 ppm sebesar  $4234 \Omega\text{cm}^2$  dan pada konsentrasi 2300 ppm sebesar  $45044 \Omega\text{cm}^2$ , dari nilai tahanan permukaan logam yang didapatkan, diperoleh efisiensi sebesar 90.6%. meningkatnya nilai tahanan permukaan baja (impedansi) menunjukkan bahwa inhibitor isoniazid mencegah atau menghalangi proses transfer elektron pada permukaan baja dengan larutan sehingga laju korosi baja ASTM A106 Grade B dapat menurun. Hal ini sesuai dengan hasil polarisasi bahwa penambahan konsentrasi isoniazid dapat menurunkan laju korosi pada baja ASTM A106 Grade B.

Dari hasil impedansi dibandingkan dengan hasil polarisasi didapatkan bahwa nilai laju korosi konsisten dengan penambahan konsentrasi inhibitor isoniazid pada masing-masing pH. Dari hasil impedansi, efisiensi terbaik pH 2 terdapat pada penambahan konsentrasi inhibitor isoniazid 2500 ppm dan pada pH 4 efisiensi tertinggi terdapat pada penambahan konsentrasi inhibitor 2300 ppm. Hal ini terjadi karena semakin besar nilai  $R_p$  yang didapatkan maka transfer muatan pada permukaan logam terhambat sehingga laju korosi yang terjadi dipermukaan dapat menurun.

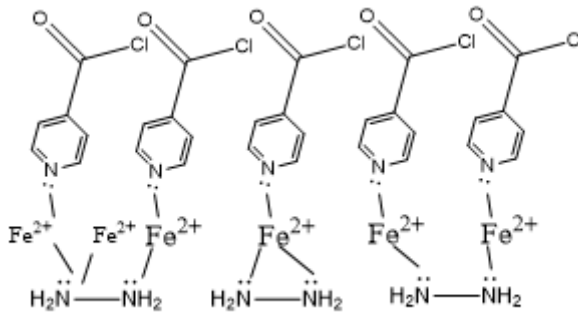
Dari pengujian polarisasi dan EIS, dapat dianalisis adsorpsi yang terjadi pada permukaan menggunakan persamaan Langmuir isotherm yang terdapat pada persamaan 2.6 dan 2.7. Dari

perhitungan yang dilakukan, diperoleh data plotting C dan C/Ø yang terdapat dilihat pada Tabel 4.4. Dari persamaan 2.6 didapatkan garis linear terhadap koefisien korelasi sebesar 0.915 pada pada pH 2 dan 0.965 pada pH 4. pada Tabel 4.4 diketahui bahwa nilai energi bebas terendah sebesar -17.5 kJ/mol.K. Dari nilai energi bebas yang didapatkan, dapat dikatakan bahwa proses adsorpsi inhibitor isoniazid pada permukaan baja ASTM A106 Grade B merupakan adsorpsi fisika.

Pengujian ketiga yaitu pengujian FTIR, didapatkan hasil yang terdapat pada Tabel 4.6 dan 4.7. Dalam media HCl, inhibitor isoniazid bereaksi secara kimia dengan larutan HCl, gambar puncak C-C dan C=C pada rentang  $1000-1600\text{ cm}^{-1}$  mengalami pergeseran dan dengan terputusnya ikatan C-N terbentuk senyawa  $\text{N}_2\text{H}_4$  (di-nitrogen tetrahidra) dan piridin kloro keton yang merupakan representasi dari senyawa aromatik rantai panjang. Rantai ikatan pada gugus aromatik dapat dilihat pada Gambar 4.12. Selain itu, dapat dilihat bahwa muncul peak baru dengan wavenumber  $805\text{ cm}^{-1}$ , yang diketahui bahwa peak dengan wavenumber tersebut merupakan gugus C-Cl. Hal ini terjadi karena pemutusan ikatan yang terjadi pada gugus aromatik berikatan dengan C yang memiliki momen dipol positif. Reaksi kimia yang terjadi pada inhibitor isoniazid dan larutan HCl terdapat pada Gambar 4.12 berikut:



**Gambar 4. 12** Reaksi kimia inhibitor isoniazid dengan larutan HCl



**Gambar 4. 13** Ikatan pada permukaan baja ASTM A106 Grade B

Dari Gambar 4.12 dapat dilihat bahwa terjadi reaksi antara HCl dengan isoniazid. Pada ikatan O=C-N, gaya tarik dari unsur O dan unsur N sangat tinggi menyebabkan C menjadi dipol positif yang sangat membutuhkan elektron sehingga menarik ion klorida untuk berikatan dengan C, berikatannya ion klorida pada carbon menyebabkan ikatan *double bond* pada O berubah menjadi *single bond* dan unsur O mempunyai 3 pasangan elektron bebas sehingga O bermuatan negatif, O memaksa untuk tetap stabil sehingga 1 pasang elektron bebas beresonansi dan memutuskan ikatan C-N sehingga menghasilkan senyawa baru berupa senyawa kompleks piridin kloro keton dan dinitrogen tetrahedra. Reaksi yang terjadi pada inhibitor isoniazid dengan HCl menandakan bahwa reaksi yang terjadi adalah reaksi katodik hal ini sesuai dengan hasil potensiodinamik yang menunjukkan bahwa nilai potensial menurun dibandingkan dengan blanko.

Dari Gambar 4.13 dapat dilihat bahwa terdapat pasangan elektron bebas pada senyawa kompleks piridin kloro keton dan dinidrogen tetrahedra menyebabkan adanya gaya elektrostatis dengan permukaan baja. Mendekatnya piridin kloro keton dan dinitrogen tetrahedra pada permukaan baja menghambat pertukaran muatan antara permukaan baja dengan larutan sehingga laju korosi pada permukaan menurun. Semakin banyak

konsentrasi inhibitor yang ditambahkan, maka semakin banyak pula senyawa kompleks piridin kloro keton dan dinitrogen tetrahedra pada permukaan logam. Reaksi yang terjadi pada permukaan baja ASTM A106 Grade B tidak terjadi ikatan kimia. Hal ini juga sesuai dengan perhitungan langmuir bahwa ikatan yang terjadi pada permukaan bersifat fisika.

Pengujian ke empat adalah pengujian SEM. Pengujian ini dilakukan untuk menganalisis morfologi permukaan pada spesimen. Pada Gambar 4.11 dapat dilihat perbandingan morfologi permukaan baja tanpa inhibitor dengan permukaan baja yang diberi inhibitor 2500 ppm. Dari perbandingan morfologi permukaannya, penambahan inhibitor isoniazid dapat mengurangi produk korosi yang terbentuk. Pada Gambar 4.13 bagian (a) permukaannya tertutup oleh produk korosi dan produk korosi yang terjadi pada permukaan logam mengindikasikan bahwa pada logam tanpa penambahan inhibitor mengalami korosi seragam (*uniform*), sedangkan pada bagian (b) permukaannya terlihat lebih halus dan terlihat terdapat lapisan pada permukaan, hal ini dapat dilihat bahwa bagian berwarna gelap lebih banyak dibandingkan dengan bagian bagian berwarna terang.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Penambahan inhibitor obat isoniazid mampu menurunkan laju korosi baja ASTM A106 Grade B pada media HCl pH 2 dan HCl pH 4. Laju korosi terendah pH 2 terdapat pada konsentrasi 2500 ppm pada hari ke 8 dengan nilai sebesar 0.0091 mmpy dengan nilai efisiensi sebesar 95.8% dan pada media HCl pH 4 laju korosi terendah terdapat pada konsentrasi 2300 ppm pada hari ke 8 dengan nilai 0.013 mmpy dengan nilai efisiensi 96.4%.
2. Mekanisme kerja inhibitor obat isoniazid adalah dengan tipe katodik inhibitor, dan terjadi adsorpsi fisika antara inhibitor dengan permukaan baja.

#### **5.2 Saran**

Dari penelitian ini memiliki beberapa saran, yaitu:

1. Melakukan pengujian *Weightloss* untuk membandingkan dengan hasil Tafel
2. Penggunaan fluida bergerak untuk memperoleh data lebih akurat (pada perpipaian)

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Z. 2006. **Principles of Corrosion Engineering and Corrosion Control**. Amsterdam: Elsevier.
- Alexander, M., Corrigan, A., Gorski, L. 2010. **Infusion Nursing : An Evidence Based Approach**. Saunders Elsevier Inc.
- Alonso, Marcelo, Finn, dan Edward J. 1992, **Dasar-dasar Fisika Universitas**, Erlangga, Jakarta
- Amstead, B.H., Djaprie, S. (Alih Bahasa), 1995, **Teknologi Mekanik**, Edisi ke-7, Jilid I, PT. Erlangga, Jakarta
- American Piping Products. 2016. **A106 Pipe Specifications**.
- Anam, Choirul. Sirojudin dkk. April 2007. **Analisis Gugus Fungsi Pada Sampel Uji, Bensin Dan Spiritus Menggunakan Metode Spektroskopi FT-IR**. *Berkala Fisika*. Vol 10 no.1. 79– 85
- Anggraeni, N.D. 2008. “Analisa SEM (Scanning Electron Microscopy) dalam Pemantauan Proses Oksidasi Magnetite Menjadi Hematite”. **Seminar Nasional ke-VII. Artikel**. 52.
- Ashadi H.E, Sulistyoweni W, Guniani I. 2002. “Pengaruh Unsur-Unsur Kimia Korosi”. **Jurnal korosi**. Makara Tekhnologi, Vol 6, Mo. , Jakarta.
- Ashari, S., 2013. **Hortikultura: Aspek Budidaya**. Edisi revisi. Jakarta: UI-Press.
- Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. 2018. **Outlook Energi Indonesia 2018**. Jakarta: Perpustakaan Nasional RI.
- Bounougha, Moussa. 2016. **Evaluation Efficiency of Barium Sulfate Scale Inhibitors by Electrochemical Impedance Spectroscopy**. Boumerdes : University of M'Hamed Bougara,.
- Cahyana, A., and Marzuki, A. 2014. **Analisa SEM (Scanning Electron Microscope) Pada Kaca TZN Yang Dikristalkan**

- 
- Callister, W., and David Rethwisch. 2000. **Materials Science and Engineering: An Introduction**. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Chamberlain J., Trethewey KR. 1991. **Korosi untuk Mahasiswa dan Rekayasawan**. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Crick, D.C., Brennan, P.J., dan Mcneil, M.R., 2004, **The Cell Wall of Mycobacterium Tuberculosis**, Lippincots Williams & Willkins, Philadelphia.
- Crolet, J.L., Thevenot, N., dan Dugstat, A., 2000. **Role of free acetic acid on the CO<sub>2</sub> Corrosion of steel**, Corrosion 2000, paper 24, Houston, TX, NACE.
- Fessenden, R.J. and J.S. Fessenden. 1986. **Kimia Organik Dasar Edisi Ketiga**. Jilid 1. Terjemahan oleh A.H. Pudjaatmaka. Erlangga. Jakarta.
- Fessenden, R.J. and J.S. Fessenden. 1986. **Kimia Organik Dasar Edisi Ketiga**. Jilid 2. Terjemahan oleh A.H. Pudjaatmaka. Erlangga. Jakarta.
- Fogler, 1992, **Elements of Chemical Reaction Engineering**, 4th edition, Prentice-Hall International, Inc, Amerika
- Fouda, A. S., Mahmoud, W. M., & Abdul Mageed, H. A. 2016. "Evaluation of an Expired Nontoxic Amlodipine Besylate Drug as a Corrosion Inhibitor for Low-Carbon Steel in Hydrochloric Acid Solutions". **Journal of Bio- and Tribo-Corrosion**, 2(2).
- Fontana, M.G. 1986. **Corrosion Engineering**, Third Edition. McGraw Hill Book Company. Singapura.
- Griffiths, P.R. 1975. **Chemical Analysis: A Series of Monograph on Analytical Chemistry and Its Application, Chemical Infrared Fourier Transform Spectroscopy**. Vol: 43. Toronto: John Willey&SMS
- Gamry Instrument. 2012. **Basics of Electrochemical Impedance Spectroscopy**. USA.
- Haryono, Gogot, dkk. 2010. **Ekstrak Bahan Alam sebagai Inhibitor Korosi**. Yogyakarta: FTI UPN Veteran.
-

- 
- Heiderbach, Robert. **Metallurgy and Corrosion Control in Oil and Gas Production**. Canada : John Wiley & Sons, 2011.
- Hermawan, Sri, dkk. 2012. “Penentuan Efisiensi Korosi Baja menggunakan Ekstrak Kulit Buah Kakao (Theobroma Cacao). Universitas Sumatra Utara”: **Jurnal Teknik Kimia USU**
- Hoir et al., 1998, **Multivariate Data Analysis**, Fifth Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River : New Jersey.
- Huang, Xiaohong, Shengtao Zhang, Lianyeu Hu. 2011. “The Effect of pH on the Efficiency of Isoniazid as Corrosion Inhibitors of Brass in 3.0% NaCl Solution”. **Journal of Inhibitor Corrosion**. Chongqing university. China.
- Jawetz, E., Melnick, J., dan Adelberg, E.A., 1996, **Mikrobiologi Kedokteran**, Edisi 20, EGC, Jakarta.
- Jones, Denny A. 1992. **Principles and Prevention of Corrosion**. New York: Macmillan Publishing Company.
- Jones, Loyd W.: **Corrosion and Water Technology for Petroleum Producers**, OGCI Publications, Tulsa, 1988.
- Kirk, R.E & Othmer, D.F., 1965, **Encyclopedia of Chemical Technology**, Vol 10, 1 st, Interscience Encyclopedia, Inc., New York.
- Kirk, R.E & Othmer, D.F., 1965, **Encyclopedia of Chemical Technology**, Vol 12, 2 nd, Interscience Encyclopedia, Inc., New York.
- Kumar, Neeraj, Gupta, CSA Gopal, Vandana S, MA Quiraishi. 2017. **Application of Expired Drugs in Corrosion Inhibitor of Mild Steel**. Dept. of Chemistry IIT-BHU Varanasi. Uttar Pradesh.
- Marcott, C, 1986, **Material Characterization Hand Book Vol.1 Infrared Spectroscopy**, ASM International, USA
- Martindale, 1982, Martindale: **The Extra Pharmacopoeia**, 28th ed., The Pharmaceutical Press, London.
- Moffat, A.C., Osselton, D., Widdop, B., & Clarke, E.G.C., 2012, **Clarke’s Analysis of Drugs and Poisons**, Pharmaceutical Press, London.
-

- 
- Mycek, M.J.,Harvey, R.A., dan Champe, P.C., 2001, **Farmakologi Ulasan Bergambar**, Widya Medika, Jakarta.
- Nazari, M., et. al. 2010. ‘The effects of temperature and pH on the characteristics of corrosion product in CO<sub>2</sub> corrosion of grade X70 steel’. **Materials and Design** **31**, pp. 3559 – 3563.
- Obot, I., et. al. 2018. “Pyrazine derivatives as green oil field corrosion inhibitors for steel”. **Journal of Molecular Liquids** **277**, pp. 749-761.
- Palomino, J.C., Leao, S.C, dan Ritacco, V., 2007, **New Developments and Perspectives, Basic Science to Patient Care**, 661-680.
- Pearlite Steel. 2018. **Difference between Seamless and ERW Steel pipe**.
- Revie, R. Winston. 2011. **Uhlig’s Corrosion Handbook**. Ottawa: John Wiley and Sons, Inc.
- Roberge, P.R., 2008, **Handbook of Corrosion Engineering**, New York: McGraw Hill.
- R.Yildiz, A. Döner, T. Dogan, I. Dehri, 2014 “Experimental Studies of 2-Pyridinecarbonitrile as Corrosion Inhibitor for Mild Steel in Hydrochloric Acid Solution”, **Corrosion Science**.
- Sibuea, Fridaqua Sada Yanitauli. 2015. Ekstraksi Zat Warna Kluwak (Pangium edule Reinw) Menggunakan Pelarut Etanol dan Aquades menjadi Pewarna Makanan. **Tugas Akhir**. Program Studi Teknik Kimia DIII. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Semarang.
- Singh AK, Pandey AK, Banerjee P, Saha SK, Chugh B, Thakur S, Pani B, Chaubey P, Singh G, 2019. “Eco-friendly disposal of expired anti-tuberculosis drug Isoniazid and its role in the protection of metal”, **Journal of Environmental Chemical Engineering**.
- Shi Mo, Ling Jie Li, Hong Qun Luo, Nian Bing Li , 2017 “An example of green copper corrosion inhibitors derived from “. **Journal of Molecular Liquids**.
-

- 
- Smith, B.C., 2011, **Fundamentals of Fourier Transform Infrared Spectroscopy**, 2nd ed., CRC Press, Boca Raton, 19-37.
- Suharyo, 2013, “Determinasi Penyakit Tuberkulosis di Daerah Pedesaan”, **Jurnal KEMAS**, **9**(1): 85-91.
- Sulistijono. 2000. **Korosi dan Analisa Kegagalan**. Surabaya: ITS
- Timmins, G.S., dan Vojo, D., 2006, **Mechanism of Action of Isoniazid**, **Molecular Microbiology**, **62**(5), 1220-1227.
- Uhlig, H. H. 1961. **Corrossion Handbook**. London: John Willey & Sons Inc.
- Widharto, S. 2004. **Karat dan Pencegahannya**. Jakarta: PT. Pradnyaparamita
- Weisiger, R.A., 2007, **Isoniazid hepatotoxicity**, **Emedicine**, **21**: 1-10.
- McDermott, W., 1958, “Microbial Persistence, Yale” **Journal of Biology and Medicine**, **30**(4), 257-291.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## LAMPIRAN A

### Pembuatan Larutan HCl

#### 1. HCl pH 2

Diketahui :

Berat jenis HCl : 1.19 gr/ml  
Mr HCl : 36.5 gr/mol  
%HCl : 37%  
Ditanya : Volume HCl 0.01M?

Jawab :

$$M = \frac{\% \times 10 \times \rho_{\text{HCl}}}{\text{Mr}}$$
$$= \frac{37 \times 10 \times 1.19}{36.5}$$
$$= 12.063$$

Dengan pengasumsian penggunaan 1000ml HCl untuk pH 2 maka pengenceran yang dilakukan,

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

$$V_1 \times 12.063 = 1000 \times 0.01$$

$$V_{\text{HCl}} = 0.828\text{ml}$$

Maka untuk membuat 1L larutan 0.1M HCl dibutuhkan 0.828ml HCl 37% yang kemudian diencerkan dengan aquades hingga volume total mencapai 1000ml.

#### 2. Pembuatan Media HCl pH 4

Diketahui :

Berat jenis HCl : 1.19 gr/ml  
Mr HCl : 36.5 gr/mol  
%HCl : 37%  
Ditanya : Volume HCl 0.0001M?

Jawab :

$$M = \frac{\% \times 10 \times \rho_{\text{HCl}}}{\text{Mr}}$$

---

$$\begin{aligned} &= \frac{37 \times 10 \times 1.19}{36.5} \\ &= 12.063 \end{aligned}$$

Dengan pengasumsian penggunaan 1000ml HCl untuk pH

4 maka pengenceran yang dilakukan,

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

$$V_1 \times 12.063 = 1000 \times 0.0001$$

$$V_{\text{HCl}} = 0.00828\text{ml}$$

Maka untuk membuat 1L larutan 0.0001M HCl dibutuhkan 0.00828ml HCl 37% yang kemudian diencerkan dengan aquades hingga volume total mencapai 1000ml.



---

---

## LAMPIRAN B

### SKEMA PEMBUATAN

#### 1. Pembuatan spesimen

