



TUGAS AKHIR - TL 141584

**PENGARUH KONSENTRASI INHIBITOR KOROSI
KERAK DAN INHIBITOR ANTIMIKROBA
TERHADAP LAJU KOROSI BAJA AISI 1010
PADA SISTEM PENDINGIN SEKUNDER RSG-GAS
BATAN SERPONG**

JAN WESLIN SARAGIH
NRP 2713 100 087

Dosen Pembimbing :
Dr. Lukman Noerochim, S.T., M.Sc.Eng.
Haniffudin Nurdiansah, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



FINAL PROJECT - TL 141584

THE EFFECT OF CRUST CORROSION INHIBITOR AND ANTIMICROBE INHIBITOR FOR THE CORROSION RATE OF CARBON STEEL IN THE COOLING SYSTEM RSG-GAS BATAN SERPONG

JAN WESLIN SARAGIH
NRP 2713 100 087

Advisor:
Dr. Lukman Noerochim, S.T., M.Sc.Eng.
Haniffudin Nurdiansah, S.T., M.T.

Materials Engineering Department
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2017

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**PENGARUH KONSENTRASI INHIBITOR KOROSI
KERAK DAN INHIBITOR ANTI MIKROBA
TERHADAP LAJU KOROSI BAJA KARBON DI
SISTEM PENDINGIN SEKUNDER RSG-GAS BATAN
SERPONG**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi Korosi dan Analisa Kegagalan
Program Studi S-1 Departemen Teknik Material
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

Jan Weslin Saragih

NRP. 2713 100 087

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir

Dr. Lukman Noerochim, S.T., M.Sc.Eng. (Pembimbing 1)

Haniffudin Nurdiansah, S.T., M.T. (Pembimbing 2)



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

PENGARUH KONSENTRASI INHIBITOR KOROSI KERAK DAN INHIBITOR ANTIMIKROBA TERHADAP LAJU KOROSI BAJA AISI 1010 DI SISTEM PENDINGIN SEKUNDER RSG-GAS BATAN SERPONG

Nama Mahasiswa : Jan Weslin Saragih
NRP : 2713100087
Departemen : Teknik Material
**Dosen Pembimbing : Dr. Lukman Noerochiem, S.T., M.Sc.Eng.
Haniffudin Nurdiansah, S.T., M.T.**

ABSTRAK

Sistem pendingin sekunder RSG-GAS merupakan sistem pendingin resirkulasi ulang terbuka sehingga komponen pada sistem tersebut mudah berinteraksi dengan oksigen yang ada di lingkungan sekitar yang menyebabkan proses oksidasi. Pengendalian korosi dilakukan dengan penambahan inhibitor. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi inhibitor korosi kerak dan inhibitor antimikroba terhadap laju korosi baja AISI 1010 sebagai material pendingin sekunder RSG-GAS di dalam media air PAM Puspipstek dengan variasi konsentrasi 0 ppm, 75 ppm, 100 ppm, dan 150 ppm. Analisis laju korosi menggunakan alat potensiostat kemudian dikarakterisasi dengan menggunakan FTIR dan XRD. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan laju korosi terendah pada konsentrasi 150 ppm untuk inhibitor korosi kerak dan 0 ppm untuk inhibitor antimikroba. Pengujian FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi pada inhibitor yang menempel pada permukaan baja.

Kata kunci: Antimikroba, Inhibitor, Kerak, Konsentrasi, Korosi.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**THE EFFECT OF CRUST CORROSION
INHIBITOR AND ANTIMICROBE INHIBITOR FOR
THE CORROSION RATE OF AISI 1010 STEEL IN
THE COOLING SYSTEM RSG-GAS BATAN
SERPONG**

Student Name : Jan Weslin Saragih
NRP : 2713100087
Department : Teknik Material
Advisor : Dr. Lukman Noerochiem, S.T., M.Sc.Eng.
Haniffudin Nurdiansah, S.T., M.T.

ABSTRACT

RSG-GAS secondary colling system is an open resirculation cooling system that means the components of the cooling system directly interact with oxygen from the surrounding or opened air. The interaction with oxygen caused oxidation/corrosion process. One of the handling corrosion in secondary cooling system is adding crust corrosion inhibitor and antimicrobe inhibitor. The purpose of this research is to found the effect of crust corrosion inhibitor and antimicrobe inhibitor for the corrosion rate of AISI 1010 steel in the PAM Puspiptek water with concentration variation 0 ppm, 75 ppm, 100 ppm, and 150 ppm. The corrosion rate analized with potensioestat instrument and characterized by FTIR and XRD. From this research founded the minimum corrosion rate for crust corrosion inhibitor is 150 ppm and 0 ppm for antimicrobe inhibitor. FTIR results indicated the fungtional group of inhibitor adsorb on the surface of steel.

Keywords: Antimicrobe, Consentration, Corrosion, Crust, Inhibitor.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan segala kasih dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir pada Departemen Teknik Material FTI-ITS yang berjudul:

PENGARUH KONSENTRASI INHIBITOR KOROSI KERAK DAN INHIBITOR ANTIMIKROBA TERHADAP LAJU KOROSI BAJA AISI 1010 DI SISTEM PENDINGIN SEKUNDER RSG-GAS BATAN SERPONG

Tugas Akhir ini disusun untuk melengkapi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Departemen Teknik Material FTI-ITS. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, Tugas Akhir ini tidak dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberi dukungan, bimbingan, dan kesempatan kepada penulis hingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.

1. Tuhan Yesus Kristus karena kasih dan kuasa-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan baik dan tepat waktu.
2. Orangtua penulis, Resmaludin Saragih dan Rida Hermi Purba yang selalu memberikan segalanya untuk penulis.
3. Bapak Dr. Lukman Noerochim, S.T., M.Sc.Eng. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan ilmu, bimbingan dan arahan kepada penulis.
4. Bapak Haniffudin Nurdiansah, S.T., M.T. selaku dosen co-pembimbing tugas akhir penulis yang telah memberikan arahan saat menulis Tugas Akhir ini.
5. Bapak Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng. selaku Ketua Departemen Teknik Material FTI-ITS.
6. Teman-teman ABISS 2013, PKKTM 2013, dan angkatan 2013 Departemen Teknik Material FTI-ITS.

7. Bu Rahayu, Mas Anni, dan Pak Maryo yang sangat membantu penulis selama penelitian di BATAN Serpong.
8. Dan seluruh pihak yang telah memberikan partisipasi atas penulisan tugas akhir ini.

Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi seluruh pihak yang membaca. Penulis juga menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan Tugas Akhir ini, sehingga penulis sangat menerima kritik dan saran dari para pembaca yang dapat membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Sistem Pendingin Sekunder.....	5
2.1.1 Pompa Pendingin Sekunder.....	8
2.1.2 Filter Mekanik.....	8
2.1.3 Menara Pendingin.....	8
2.2 Korosi dan Mekanisme Korosi.....	9
2.3 Faktor Penyebab Korosi	11
2.3.1 Faktor Gas dan Kandungan Terlarut	11
2.3.2 Temperatur	12
2.3.3 Faktor pH.....	12
2.3.4 Faktor Bakteri Pereduksi	13
2.3.5 Faktor Aliran Fluida	13
2.4 Jenis-Jenis Korosi.....	13
2.5 Laju Korosi.....	17
2.6 Penghitungan Laju Korosi.....	17
2.6.1 Metode <i>Weight loss</i>	17
2.6.2 Metode Polarisasi Tafel.....	19
2.7 Inhibitor Korosi	22
2.7.1 <i>Environmental Conditioners</i>	23

2.7.2 <i>Interface Inhibitor</i>	24
2.7.2 Inhibitor Korosi Kerak dan Inhibitor Antimikroba	27
2.8 Isoterm Adsorpsi Langmuir.....	28
2.9 Penelitian Sebelumnya	29
BAB III METODOLOGI	
3.1 Diagram Alir.....	31
3.2 Metode Penelitian.....	32
3.2.1 Studi Literatur.....	32
3.2.2 Eksperimen	32
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	32
3.2.1 Alat Penelitian	32
3.2.2 Bahan Penelitian.....	32
3.4 Prosedur Penelitian.....	33
3.4.1 Preparasi Spesimen Uji.....	33
3.4.2 Penambahan Inhibitor Korosi.....	33
3.5 Pengujian	34
3.5.1 Pengujian Laju Korosi (Polarisasi).....	34
3.5.2 Pengujian XRD.....	35
3.5.3 Pengujian FTIR	37
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	
4.1 Analisis Data	39
4.1.1 Hasil Pengujian Polarisasi	39
4.1.2 Hasil Pengujian XRD	43
4.1.3 Hasil Pengujian FTIR	44
4.1.4 Perhitungan Adsorpsi Isoterm	51
4.2 Pembahasan	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	55
5.2 Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA	xix
LAMPIRAN	xxi
BIODATA PENULIS	xxxix

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sistem Pendingin Sekunder RSG-GAS	7
Gambar 2.2	Reaksi Evolusi Hidrogen pada Asam	10
Gambar 2.3	Korosi <i>Uniform</i> (API 571)	14
Gambar 2.4	Korosi Sumuran dan Bentuk-Bentuknya (API 571)	14
Gambar 2.5	Skema Korosi Erosi (API 571).....	15
Gambar 2.6	Korosi Cavitasi (API 571).....	16
Gambar 2.7	Skema <i>Fretting</i> (API 571).....	16
Gambar 2.8	Korosi Galvanik (API 571).....	16
Gambar 2.9	Skema Kurva Polarisasi yang Menunjukkan Ekstrapolasi Tafel (Perez, 2004).....	21
Gambar 2.10	Klasifikasi Inhibitor (Uhlig, 2000).....	23
Gambar 2.11	<i>Physical Adsorption</i> Antara Anion Inhibitor dan Muatan Positif Logam (Ahmad, 2006).....	26
Gambar 3.1	Diagram Alir Percobaan	31
Gambar 3.2	Proses Pengamplasan Sampel Uji (kiri) dan Kondisi Sampel Uji setelah Pengamplasan (kanan).....	33
Gambar 3.3	Skema Alat Pengujian Polarisasi	35
Gambar 3.4	Mesin <i>XRD Pan Analytical</i>	36
Gambar 3.5	Alat Pengujian FTIR	37
Gambar 4.1	Kurva Polarisasi Baja AISI 1010 pada Air PAM Puspiptek dengan Penambahan Inhibitor Korosi Kerak 0 ppm, 75 ppm, 100 ppm, dan 150 ppm	39
Gambar 4.2	Grafik Laju Korosi <i>Potensiostat</i> Baja AISI 1010 pada Air PAM Puspiptek dengan Penambahan Inhibitor Korosi Kerak 0 ppm, 75 ppm, 100 ppm, dan 150 ppm.	40
Gambar 4.3	Kurva Polarisasi Baja AISI 1010 pada Air PAM Puspiptek dengan penambahan Inhibitor Antimikroba 0 ppm, 75 ppm, 100 ppm, dan 150 ppm.	41

Gambar 4.4 Grafik Laju Korosi Potensiostat Baja AISI 1010 pada Air PAM Puspiptek dengan penambahan Inhibitor Antimikroba 0 ppm, 75 ppm, 100 ppm, dan 150 ppm.	42
Gambar 4.5 Hasil Pengujian XRD pada Spesimen Tanpa Penambahan Inhibitor, Penambahan Inhibitor Korosi Kerak sebesar 150 ppm, dan Penambahan Inhibitor Antimikroba 75 ppm.	43
Gambar 4.6 Hasil Pengujian FTIR Baja AISI 1010.....	44
Gambar 4.7 Hasil Pengujian FTIR pada Inhibitor Korosi Kerak	45
Gambar 4.8 Hasil Pengujian FTIR pada Spesimen Baja dengan Penambahan Inhibitor Korosi Kerak 150 ppm.	46
Gambar 4.9 Perbandingan Hasil Pengujian FTIR pada Baja, Inhibitor Korosi Kerak, dan Spesimen Baja dengan Penambahan Inhibitor Korosi Kerak 150 ppm.....	47
Gambar 4.10 Hasil Pengujian FTIR pada Inhibitor Antimikroba	48
Gambar 4.11 Hasil Pengujian FTIR pada Spesimen dengan Penambahan Inhibitor Antimikroba 150 ppm.	49
Gambar 4.12 Hasil Pengujian FTIR pada Baja, Inhibitor Antimikroba, dan Spesimen dengan Penambahan Inhibitor Antimikroba 150 ppm.	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hubungan Laju Korosi dan Ketahanan Korosi	17
Tabel 2.2 Konstanta laju korosi (ASTM G1-03)	18
Tabel 3.1 Skema Pengujian	34
Tabel 3.2 Parameter Pengujian Polarisasi	34
Tabel 3.3 Rancangan Data Hasil Uji Polarisasi	35
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Polarisasi Baja R St 37,2 pada Air PAM Puspipstek dengan penambahan Inhibitor Korosi Kerak 0 ppm, 75 ppm, 100 ppm, dan 150 ppm.....	40
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Polarisasi Baja R St 37,2 pada Air PAM Puspipstek dengan penambahan Inhibitor Korosi Kerak 0 ppm, 75 ppm, 100 ppm, dan 150 ppm.....	42
Tabel 4.3 Hasil Analisa FTIR Baja Karbon R St 37,2.....	45
Tabel 4.4 Hasil Analisa FTIR Inhibitor Korosi Kerak	46
Tabel 4.5 Hasil Analisa FTIR Spesimen dengan Penambahan Inhibitor Korosi Kerak 150 ppm.....	47
Tabel 4.6 Hasil Analisa FTIR Inhibitor Antimikroba	49
Tabel 4.7 Hasil Analisa FTIR Spesimen dengan Penambahan Inhibitor Antimikroba 150 ppm	50
Tabel 4.8 Energi Bebas Adsorpsi Pada Inhibitor Korosi Kerak	51

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1. 1. Latar Belakang

Korosi merupakan salah satu permasalahan yang tidak dapat dihindari pada sistem pendingin reaktor yang memanfaatkan air sebagai media perpindahan panas, terlebih lagi untuk pendingin tipe sirkulasi terbuka. Sistem pendingin sekunder Reaktor Serba Guna-GA. Siwabessy (RSG-GA. Siwabessy) merupakan sistem pendingin resirkulasi ulang terbuka sehingga sangat mudah sekali komponen pada sistem tersebut berinteraksi dengan oksigen yang ada di lingkungan sekitar atau udara terbuka. Interaksi dengan oksigen inilah yang akan menyebabkan proses oksidasi/korosi. Salah satu pengendalian korosi pada sistem pendingin sekunder dilakukan penambahan inhibitor diantaranya adalah penambahan inhibitor korosi kerak dan penambahan inhibitor antimikroba. Inhibitor korosi mengandung bahan dasar senyawa fosfat. Inhibitor korosi kerak berfungsi untuk mengurangi korosi dan kerak. Bahan aktifnya fosfat dalam bentuk kompleks *zink-phosphat*. *Zink* menurunkan laju korosi dengan menaikkan polarisasi katodik yaitu dengan mempengaruhi reaksi katodik yaitu reduksi O_2 dalam medium netral atau basa. Ortofosfat menggeser kurva-kurva polarisasi anodik ke atas. Selain penambahan inhibitor korosi kerak juga dilakukan penambahan inhibitor antimikroba. Inhibitor antimikroba yang digunakan adalah sodium hipoklorit ($NaClO$) yang akan bekerja secara langsung membunuh mikroorganisme. Penambahan inhibitor antimikroba ke dalam sistem pendingin sekunder RSG-GAS menyebabkan kandungan klorin pada sistem tersebut mengalami kenaikan. Klorin merupakan oksidator kuat yang akan membunuh bakteri secara langsung. Klorin merupakan zat aktif yang mampu menghilangkan mikroorganisme dalam air melalui reaksi klorinasi.

Pengukuran laju korosi pada material baja karbon dengan penambahan inhibitor nalco 23226 pada media air PAM Puspipstek dengan variasi 0 ppm, 50 ppm, 75 ppm, 100 ppm, 125 ppm, dan



150 ppm diperoleh kesimpulan pada konsentrasi inhibitor nalco sebanyak 100 ppm diperoleh laju korosi paling kecil yaitu 0,0873 mpy. (Diyah, 2004)

Dalam pemberian inhibitor tersebut pada sistem pendingin sekunder, sampai saat ini belum diketahui berapa konsentrasi yang efektif. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan konsentrasi inhibitor korosi kerak dan inhibitor antimikroba terhadap laju korosi baja karbon sebagai material pendingin sekunder RSG-GAS di dalam media air PAM Puspipstek. Hal ini dilakukan dengan cara melakukan beberapa eksperimen terkait pengukuran laju korosi pada material baja karbon dalam lingkungan air PAM Puspipstek dengan ditambahkan inhibitor inhibitor korosi kerak dan inhibitor antimikroba dengan variasi konsentrasi 0 ppm, 75 ppm, dan 150 ppm sehingga diperoleh laju korosi yang paling kecil.

1. 2. Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh penambahan konsentrasi inhibitor korosi kerak terhadap laju korosi baja AISI 1010 sebagai material pendingin sekunder RSG-GAS di dalam media air PAM Puspipstek?
2. Bagaimana pengaruh penambahan konsentrasi inhibitor antimikroba terhadap laju korosi baja AISI 1010 sebagai material pendingin sekunder RSG-GAS di dalam media air PAM Puspipstek?

1. 3. Batasan Masalah

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

1. Kondisi permukaan pada tiap-tiap sampel dianggap homogen dan bebas cacat.
2. Temperatur, volume dan tekanan larutan selama pengujian dianggap tetap.



1. 4. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh penambahan konsentrasi inhibitor korosi kerak terhadap laju korosi baja AISI 1010 sebagai material pendingin sekunder RSG-GAS di dalam media air PAM Puspipstek.
2. Mengetahui pengaruh penambahan konsentrasi inhibitor antimikroba terhadap laju korosi baja AISI 1010 sebagai material pendingin sekunder RSG-GAS di dalam media air PAM Puspipstek.

1. 5. Manfaat Penelitian

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Hasil dari penelitian dapat dijadikan sebagai sumber informasi yang dapat melengkapi penelitian-penelitian sebelumnya mengenai studi laju korosi.
2. Memberikan inspirasi dan motivasi bagi peneliti lain agar dapat terus mengembangkan studi ketahanan suatu material terhadap korosi dengan menambahkan inhibitor.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Pendingin Sekunder

Sistem pendingin sekunder adalah tempat untuk pembuangan panas yang terakhir dari reaktor. Panas yang terbentuk pada sistem primer dipindahkan ke sistem sekunder melalui alat penukar panas dan akhirnya dibuang ke atmosfer melalui menara pendingin. Fluida kerja sistem pendingin sekunder adalah air yang diambil langsung dari sistem penyediaan air setempat. Sistem terdiri dari dua jalur pemipaan yang masing-masing bagian mempunyai kapasitas 50% yang terdiri dari pompa, alat penukar kalor, saringan mekanik dan dua blok menara pendingin dengan masing-masing dilengkapi tiga *blower* menara pendingin.

Mekanisme sistem pendingin sekunder adalah pompa menghisap fluida kerja dari kolam menara pendingin diteruskan ke alat penukar kalor untuk mengambil panas dari sistem pendingin primer kemudian dialirkan lagi ke kolam menara pendingin. Sistem pendingin sekunder didesain juga mampu mendinginkan air primer, sehingga suhu aliran *inlet* ke kolam reaktor tidak melebihi 40°C. Komponen-komponen sekunder terdiri dari tiga buah pompa pendingin sekunder yang terbuat dari besi karbon tuang berbentuk keong dilengkapi sambungan-sambungan untuk ventilasi dan pembuangan air, filter mekanis yang berguna untuk melindungi pompa dari kotoran-kotoran yang mungkin terbawa dari kolam menara pendingin, serta dua jalur menara pendingin yang masing-masing jalur terdiri dari tiga modul yang beroperasi paralel dan satu modul tambahan yang dihubungkan kesalah satu jalur, katup-katup, dan pipa sekunder.

Pada sistem pendingin sekunder pipa yang berada didalam kolam terbuat dari *stainless steel*. Pipa serta katup yang berada diluar gedung reaktor terbuat dari bahan karbon *steel*, sedangkan pipa dan katup didalam gedung reaktor terbuat dari bahan *stainless steel*. Meskipun kesadahan air sistem pendingin sekunder dikondisikan sesuai dengan spesifikasi air pendingin tetapi karena



pengaruh suhu, laju alir, dan pH dapat mendorong pembentukan kerak pada lapisan logam pipa-pipa pendingin dan alat penukar panas. Untuk mencegah pembentukan kerak dibutuhkan bahan penghambat yaitu inhibitor.

Untuk mengurangi adanya/timbulnya kerak pada sistem pendingin sekunder dipakai bola-bola spons yang dilewatkan melalui pipa alat penukar panas dan dipang katub *blow down* otomatis. Bola tersebut terbuat dari karet alami dengan diameter 21 mm, sedangkan model dan ukurannya disesuaikan dengan tabung penukar panas sehingga bola-bola tersebut tidak merusak pipa-pipa yang dilewatinya, tetapi mapu membersihkan kerak-kerak yang mengendap di dalam penukar panas.

Apabila harga konduktivitas air pendingin saluran telah mencapai $950 \mu\text{s}/\text{cm}$, maka katup *blow down* akan terbuka secara otomatis dan air pendingin dibuang ke lingkungan. Kecepatan maksimum pembuangan air adalah $20 \text{ m}^3/\text{jam}$ yang dapat diatur dengan sebuah katup. Kehilangan air sebagai akibat *blow down* ini akan segera dikompensasi air pendingin sekunder telah mencapai $850 \mu\text{s}/\text{cm}$. Katub *blow down* akan menutup secara otomatis.

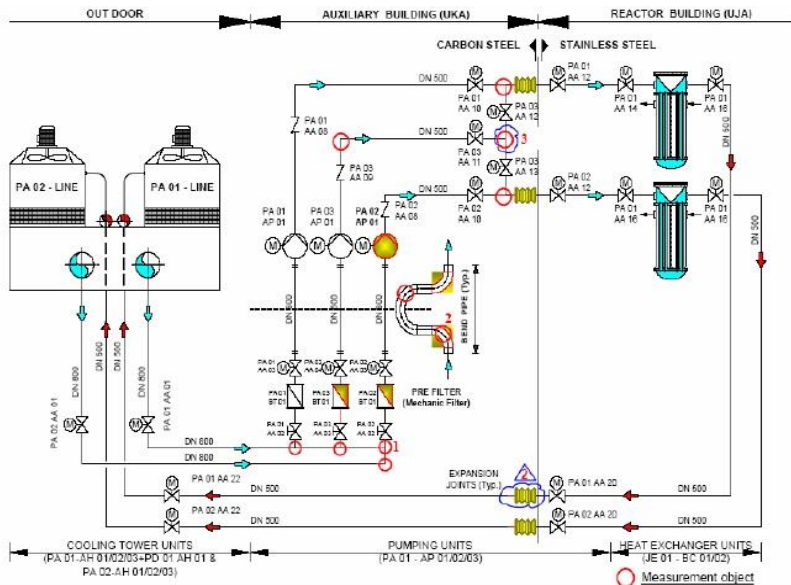
Sebelum reaktor dioperasikan, sistem pendingin sekunder harus dioperasikan terlebih dahulu. Jika sistem pendingin sekunder tidak dapat beroperasi maka reaktor akan ditunda beroperasi. Salah satu kondisi awal yang harus dilalui dalam mengoperasikan sistem pendingin sekunder adalah menaikkan tekanan sistem.

Di sepanjang jalur pemipaan sistem pendingin sekunder seperti yang dituangkan dalam (Gambar 2.1) terpasang beberapa jenis katup, diantaranya adalah katup kupu-kupu (*Butterfly valve*), katup konis (*Conical valve*), katup balik (check valve), katup diafragma (*difragma valve*) dan katup penutup (*plug valve*) akan tetapi sebagian besar katup bermerk Tuflin, untuk katup elektrik penggeraknya menggunakan *actuator AUMA*, sedangkan fungsi katup Tuflin antara lain untuk mengatur arah aliran air pendingin sekunder, mengatur laju alir air pendingin sekunder, mengisolasi air pendingin sekunder bila kontaminasi radiasinya $>1,5\text{Ci}/\text{m}^3$ dan mengisolasi tekanan air pendingin sekunder pada saat pompa

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



sekunder akan dioperasikan. Salah satu katup yang sangat berpengaruh terhadap pengoperasian pompa pendingin sekunder adalah katup isolasi tekanan PA01/02 AA22, katup ini berfungsi untuk menahan tekanan air pendingin sekunder hingga ≥ 1 bar pada saat pompa pendingin sekunder akan dioperasikan. Bila pada saat proses penaikan tekanan air pendingin sekunder yang sesuai protap, akhirnya terjadi penurunan tekanan/*pressure drop* maka sudah dipastikan bahwa katup isolasi terakhir mengalami kebocoran/kurang rapat, konsekuensi pengoperasian pipa sekunder dimundurkan hingga tekanan air pendingin sekunder mencapai ≥ 1 bar.



Gambar 2.1 Sistem Pendingin Sekunder RS-GAS

Sistem pendingin sekunder reaktor G.A. SIWABESSY merupakan sistem air pendingin resirkulasi terbuka, yang dalam artian pendinginan berhubungan langsung dengan sirkulasi udara luar. Sistem pendingin terbuka akan memungkinkan udara luar dari



lingkungan sekitarnya berinteraksi langsung dengan air pendingin sekunder pada *cooling tower*. Salah satu permasalahan yang timbul pada sistem air pendingin resirkulasi terbuka adalah pertumbuhan mikroorganisme. Keberadaan mikroorganisme dalam air serta dalam jaringan pipa distribusi akan menimbulkan lendir yang merupakan sekresi dari mikroorganisme. Lendir ini akan mengikat padatan yang tersuspensi dan terakumulasi pada persimpangan pipa distribusi sehingga akan mengurangi debit air dalam sistem pendingin dan efisiensi panas dari alat penukar panas. Disamping itu mikroorganisme juga dapat menimbulkan korosi dan kerak pada pipa sistem pendingin. Hal ini akan mempengaruhi kinerja sistem pendingin sekunder Reaktor Serba Guna G.A. Siwabessy. Untuk mengendalikan pertumbuhan mikroorganisme dilakukan dengan menambahkan inhibitor antimikroba.

Berikut ini kegunaan komponen-komponen pada sistem pendingin sekunder:

2.1.1. Pompa Pendingin Sekunder

Tiga buah pompa pendingin sekunder yang terbuat dari baja tuang berbentuk keong dan dilengkapi dengan sambungan-sambungan untuk *venting* dan *drainase*.

2.1.2 Filter Mekanik

Filter mekanik yang berguna untuk melindungi pompa dari kotoran-kotoran yang mungkin terbawa dari kolam menara pendingin.

2.1.3 Menara Pendingin

Dua jalur menara pendingin yang masing-masing jalur terdiri dari 3 modul yang beroperasi paralel dan satu modul tambahan yang dihubungkan ke salah satu jalur. Modul-modul menara pendingin tersebut terbuat dari bahan sintetis, termasuk bingkai, packing dan lapisan luar semua tahan karat. Air hangat disebarkan ke dalam bagian atas menara melalui *sprinkle*, kemudian dijatuhkan ke bagian dasar kolam; sementara itu udara dialirkan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



oleh *fan* kearah atas dengan demikian akan terjadi penguapan. Panas laten penguapan ini diambil dari air sehingga menjadi dingin, disini terjadi proses pembuangan panas ke atmosfer dan penguapan air. Kehilangan air karena penguapan dan percikan digantikan dengan cara menambahkan air dari PAM Puspipstek melalui kolam *raw water* yang sistem kerjanya berdasarkan kondisi kontrol level.

2.2 Korosi dan Mekanisme Korosi

Korosi didefinisikan sebagai degradasi dari material yang diakibatkan oleh reaksi kimia dengan material lainya dan lingkungan (Jones, 1996). Akibat adanya reaksi korosi, suatu material akan mengalami perubahan sifat ke arah yang lebih rendah atau dapat dikatakan kemampuan dari material tersebut akan berkurang. Dalam bidang metalurgi, peristiwa korosi dapat dipandang sebagai suatu peristiwa atau reaksi senyawa kembali ke bentuk asalnya atau bisa disebut sebagai kebalikan dari proses metalurgi ekstraksi.

Peristiwa korosi terjadi akibat adanya reaksi kimia dan elektrokimia. Namun, untuk terjadinya peristiwa korosi terdapat beberapa elemen utama yang harus dipenuhi agar reaksi tersebut dapat berlangsung. Elemen-elemen utama yang dapat menyebabkan korosi terdiri dari material, lingkungan, kontak metalik, dan elektrolit. (Fontana, 1986)

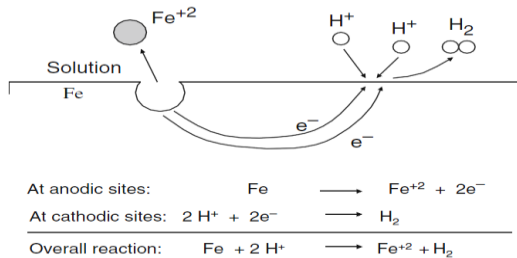
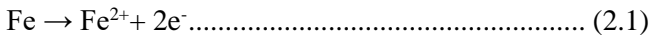
Dalam suatu peristiwa korosi, suatu material akan bersifat sebagai anoda. Anoda adalah suatu bagian dari suatu reaksi yang akan mengalami oksidasi. Akibat reaksi oksidasi, suatu logam akan kehilangan elektron, dan senyawa logam tersebut berubah menjadi ion-ion bebas. Suatu lingkungan akan bersifat sebagai katoda dikarenakan adanya elektron bebas hasil reaksi oksidasi anoda yang memancing terjadinya reaksi pada katoda. Beberapa lingkungan yang dapat bersifat katoda adalah lingkungan air, atmosfer, gas, mineral *acid*, tanah, dan minyak.

Adanya reaksi antara suatu material dengan lingkungannya merupakan suatu persyaratan yang sangat penting dalam terjadinya



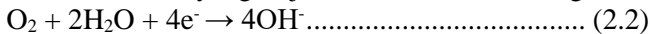
suatu peristiwa korosi. Reaksi korosi hanya akan terjadi jika terdapat hubungan atau kontak langsung antara material dan lingkungan. Akibat adanya hubungan tersebut, akan terjadi reaksi reduksi dan oksidasi yang berlangsung secara spontan. Untuk mendukung suatu reaksi reduksi dan oksidasi dan melengkapi sirkuit elektrik, antara anoda dan katoda harus dilengkapi dengan elektrolit. Elektrolit menghantarkan listrik karena mengandung ion-ion yang mampu menghantarkan *elektroequivalen force* sehingga reaksi dapat berlangsung.

Oksigen adalah salah satu penyebab terjadinya korosi. Selain pada udara, oksigen dapat ditemukan pada air. Baja dan paduannya merupakan material yang paling banyak diaplikasikan untuk lingkungan air. Reaksi korosi yang terjadi pada baja di lingkungan air adalah:



Gambar 2.2 Reaksi Evolusi Hidrogen pada Asam
(McCafferty,2009)

Karena air mengalami kontak dengan atmosfer sehingga mengandung oksigen yang terlarut. Air biasanya bersifat netral, sehingga reaksi katodik yang terjadi adalah reduksi oksigen.



Secara keseluruhan, reaksi yang terjadi adalah:

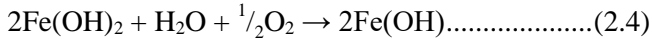


$\text{Fe}(\text{OH})_2$ atau *iron (II) hydroxide* mengendap dan tidak stabil.

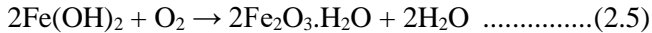
BAB II TINJAUAN PUSTAKA



Dengan adanya oksigen di air, $2\text{Fe}(\text{OH})_2$ teroksidasi kembali membentuk $\text{Fe}(\text{OH})_3$ atau *hydrated iron (III) oxide*. Reaksi yang terjadi sebagai berikut;



Ferrous hidroksida ($\text{Fe}(\text{OH})_2$) diubah menjadi *hydrat ferric oxide* atau biasa disebut karat, dengan oksigen:



$\text{Fe}(\text{OH})_2$ merupakan endapan berwarna hijau atau hijau kehitaman, sedangkan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dan $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ merupakan endapan berwarna coklat kemerahan. (Mario, 2010)

2.3 Faktor Penyebab Korosi

Korosi dipengaruhi oleh interaksi (reaksi) antara logam atau paduan dengan lingkungannya. Korosi disebabkan oleh sifat dari kedua logam atau paduan dengan lingkungannya. (ASM International, 1992). Faktor yang mempengaruhi laju korosi diantaranya:

2.3.1 Faktor Gas dan Kandungan Terlarut

a. CH_3COOH (Asam Asetat)

Asam asetat bersifat korosif terhadap banyak logam seperti besi, magnesium, dan seng, membentuk gas hidrogen dan garam-garam asetat (disebut logam asetat). Asam Asetat menghasilkan logam etanoat bila bereaksi dengan logam, dan menghasilkan logam etanoat, air, dan karbondioksida bila bereaksi dengan garam karbonat atau bikarbonat.

b. Klorida (Cl^-)

Klorida menyerang lapisan *mild steel* dan lapisan *stainless steel*. Padatan ini menyebabkan terjadinya *pitting*, *crevice corrosion*, dan juga menyebabkan pecahnya paduan. Klorida biasanya ditemukan pada campuran minyak-air dalam konsentrasi tinggi yang akan menyebabkan proses korosi. Proses korosi juga dapat disebabkan oleh kenaikan konduktivitas larutan garam, dimana larutan garam yang lebih konduktif, laju korosinya juga akan lebih tinggi.



c. Oksigen (O₂)

Adanya oksigen yang terlarut akan menyebabkan korosi pada metal seperti laju korosi pada *mild steel alloys* akan bertambah dengan meningkatnya kandungan oksigen. Untuk tekanan 1 atm dan temperatur kamar, kelarutan oksigen adalah 10 ppm dan kelarutannya akan berkurang dengan bertambahnya temperatur.

d. Sulfat (SO₄²⁻)

Ion sulfat ini biasanya terdapat dalam minyak. Dalam air, ion sulfat juga ditemukan dalam konsentrasi yang cukup tinggi dan bersifat kontaminan, dan oleh bakteri SRB sulfat diubah menjadi sulfide yang korosif.

2.3.2 Temperatur

Temperatur adalah faktor eksternal yang kompleks. (ASM International, 1992). Kenaikan temperatur akan menyebabkan bertambahnya kecepatan reaksi korosi. Hal ini terjadi karena makin tinggi temperatur maka energi kinetik dari partikel-partikel yang bereaksi akan meningkat sehingga melampaui besarnya nilai energi aktivasi dan akibatnya laju kecepatan reaksi (korosi) juga akan makin cepat, begitu juga sebaliknya. (Fogler, 1992). Walaupun pada kenyataannya kelarutan oksigen berkurang pada saat temperaturnya meningkat. (ASM International, 1992)

2.3.3 Faktor pH

PH dalam proses korosi sangat berpengaruh untuk terjadi atau tidaknya proses korosi. Besarnya pH biasanya dinyatakan dengan angka berkisar antara 0-14. Jika pH berkisar antara 0–7 maka lingkungan bersifat asam sedangkan bila pH berkisar antara 7–14 maka lingkungan bersifat basa. Lingkungan dinyatakan netral bila memiliki pH 7. Sedangkan untuk besi, laju korosi rendah pada pH antara 7 sampai 13. Laju korosi akan meningkat pada pH < 7 dan pada pH > 13.



2.3.4 Faktor Bakteri Pereduksi

Pada kasus tertentu pada lingkungan bisa hidup sejenis bakteri anaerob yang hanya bertahan dalam kondisi tanpa zat asam. Adanya bakteri pereduksi sulfat akan mereduksi ion sulfat menjadi gas H₂S, yang mana jika gas tersebut kontak dengan besi akan menyebabkan terjadinya korosi.

2.3.5 Faktor Aliran Fluida

Aliran fluida yang tinggi diatas kecepatan kritisnya di dalam pipa berpotensi menimbulkan korosi. Kerusakan permukaan logam yang disebabkan oleh aliran fluida yang sangat deras itu yang disebut erosi. Bagian yang kasar dan tajam yang akan mudah terserang korosi dan bila ada gesekan akan menimbulkan abrasi lebih berat lagi. (Bayuseno, 2012). Proses erosi dipercepat oleh kandungan partikel padat dalam fluida yang mengalir tersebut atau oleh adanya gelembung-gelembung gas. Dengan rusaknya permukaan logam, rusak pula lapisan film pelindung sehingga memudahkan terjadinya korosi. Kalau hal ini terjadi maka proses ini disebut karat erosi.

2.4 Jenis-Jenis Korosi

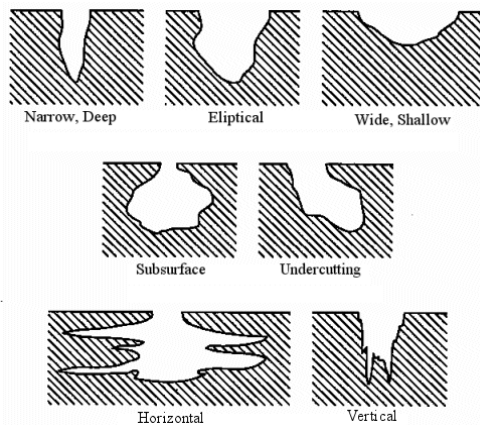
Berdasarkan bentuk kerusakan yang dihasilkan, penyebab korosi, lingkungan tempat terjadinya korosi, maupun jenis material yang diserang, korosi terbagi menjadi beberapa macam, diantaranya adalah korosi merata (*uniform corrosion*), korosi galvanic (*galvanic corrosion*), korosi celah (*crevice corrosion*), korosi sumuran (*pitting corrosion*), korosi batas butir (*intergranular corrosion*), korosi erosi (*erosion corrosion*), *fretting*, *dealloying*, *hydrogen damaged* dan *environmentally induced corrosion*. (Jones, 1996)

Jenis-jenis korosi yang terjadi pada suatu material dapat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan sekitar. Jenis korosi yang umum terjadi diantaranya sebagai berikut. (Aziz, 2011)



Gambar 2.3 Korosi *Uniform* (API 571)

Korosi uniform merupakan jenis korosi yang terjadi secara menyeluruh pada permukaan logam seperti yang terlihat pada Gambar 2.2. Pada korosi *uniform*, kita dapat memprediksi umur pakai dari suatu peralatan. Pada korosi jenis ini, lingkungan korosif harus memiliki akses yang sama terhadap seluruh permukaan logam. Karakteristik utama dari korosi *uniform* adalah jenis reaksi kimia atau elektrokimia yang terjadi pada permukaan logam berjalan secara seragam pada semua permukaan yang terekspos pada lingkungan.



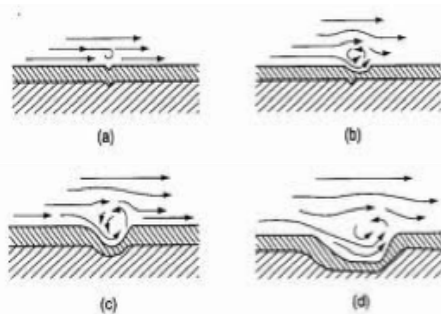
Gambar 2.4 Korosi Sumuran dan Bentuk-Bentuknya (API 571)

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada korosi sumuran, area anoda pada permukaan logam terlokalisasi pada suatu tempat sehingga korosi yang terjadi hanya pada daerah tersebut. Seluruh gaya pendorong (*driving force*) korosi terkonsentrasi pada daerah anoda sehingga laju korosi terjadi lebih cepat dibandingkan dengan laju korosi permukaan logam secara keseluruhan.

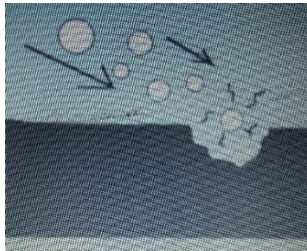
Korosi sumuran merupakan korosi yang paling sering menyerang logam dengan keadaan permukaan:

1. Mengalami kerusakan lapisan protektif (lapisan pasif) akibat perlakuan mekanik maupun kimia.
2. Memiliki cacat bentuk yang diakibatkan oleh dislokasi atau slip akibat tegangan tarik.
3. Memiliki komposisi kimia yang heterogen.
4. Adanya inklusi, segregasi, atau presipitasi.



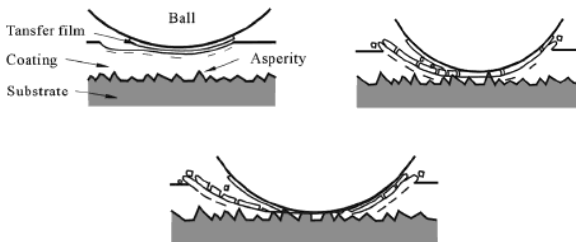
Gambar 2.5 Skema Korosi Erosi (API 571)

Korosi erosi yang terjadi akibat pergerakan relatif antara fluida korosif dengan permukaan logam. Pada umumnya, pergerakan yang terjadi cukup cepat, sehingga terjadi efek keausan mekanis atau abrasi. Pergerakan yang cepat dari fluida korosif mengerosi secara fisik dan menghilangkan lapisan pasif. Pasir dan padatan lumpur mempercepat korosi erosi.



Gambar 2.6 Korosi Cavitasi (API 571)

Cavitasi merupakan salah satu jenis korosi erosi. Cavitasi disebabkan oleh pecahnya gelembung udara yang dihasilkan karena perubahan tekanan disepanjang permukaan yang terekspose fluida dengan kecepatan tinggi. Ledakan menghasilkan ledakan bertekanan yang sangat tinggi yang mengganggu lapisan film dan bisa mengeluarkan partikel dari logamnya.



Gambar 2.7 Skema *Fretting* (API 571)

Fretting juga merupakan salah satu jenis dari korosi erosi. Erosi disebabkan oleh pergerakan yang berulang, bisa juga dari getaran, antara logam dan padatan yang lainnya.



Gambar 2.8 Korosi Galvanik (API 571)



Korosi galvanik adalah korosi yang terjadi apabila dua logam yang berbeda potensialnya saling terhubung secara elektrik, atau terhubung dalam suatu elektrolit. Logam yang memiliki potensial lebih mulia (lebih positif dalam deret galvanik) akan menjadi katoda, sedangkan logam yang kurang mulia (lebih negatif dalam deret galvanik) menjadi anoda. Pada akhirnya korosi pada anoda terjadi lebih cepat, dan korosi di katoda akan terhambat atau bahkan berhenti (laju korosi mendekati nol).

2.5 Laju Korosi

Laju korosi didefinisikan sebagai banyaknya logam yang terlepas tiap satuan waktu pada permukaan tertentu. Laju korosi umumnya dinyatakan dengan satuan *mils per year* (mpy). Satu *mils* adalah setara dengan 0,001 inci.

Tabel 2.1 Hubungan Laju Korosi dan Ketahanan Korosi
(Callister, 2000)

Ketahanan Korosi Relatif	Laju Korosi				
	mpy	mm/yr	$\mu\text{m/yr}$	nm/hr	pm/s
Sangat baik	<1	< 0,02	< 25	<2	<1
Baik	1-5	0,02 - 0,1	25 - 100	2 - 10	1 - 5
Cukup	5 - 20	0,1 - 0,5	100 - 500	10 - 50	20 - 50
Kurang	20 - 50	0,5 - 1	500 - 1000	50 - 150	20 - 50
Buruk	50 - 200	1 - 5	1000 - 5000	150-	50 - 200

Laju korosi dapat ditentukan dengan berbagai cara, diantaranya dengan ekstrapolasi tafel. Pada Tabel 2.1 berikut dapat dilihat hubungan laju korosi dengan ketahanan korosinya (relatif).

2.6 Penghitungan Laju Korosi

2.6.1 Metode *Weight Loss*

Metode *weight loss* memiliki prinsip dengan memperhatikan pengurangan massa yang terjadi pada waktu tertentu. Dalam hal ini



pengukurannya dilakukan dengan menggunakan spesimen yang diekspose pada larutan tertentu. Sebelum dilakukan proses pengujian, terlebih dahulu dilakukan preparasi terhadap sampel yang akan digunakan. Pada umumnya sampel yang digunakan berbentuk segiempat atau silinder. Permukaan sampel kemudian dibersihkan dari oksida yang menempel, ada dua cara untuk menghilangkan oksida yang menempel yaitu dengan cara mekanik atau cara kimia. Untuk cara mekanik spesimen diampelas menggunakan kertas ampelas hingga oksida yang menempel hilang sedangkan untuk cara kimia spesimen dicelupkan kedalam larutan HCl pekat dengan waktu tertentu, setelah dilakukan proses pembersihan hasil oksida dilanjutkan dengan melakukan pengukuran berat awal sampel. Kemudian sampel direndam kedalam larutan selama waktu yang telah ditentukan. Setelah proses perendaman selesai, dilakukan pembersihan dan pengukuran berat akhir sampel. Perbedaan berat awal dan berat akhir tersebut akan menjadi data untuk mengukur laju korosi sesuai dengan ASTM G1-03.

Dalam penentuan laju korosi suatu logam, maka digunakan persamaan berikut ini:

$$CR = \frac{K \cdot W}{D \cdot A \cdot T} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana:

W = Berat yang hilang (gram)

D = Berat jenis logam (gram/cm³)

A = Luas permukaan kontak (cm²)

T = Waktu paparan (jam)

K = Konstanta laju korosi

Tabel 2.2 Konstanta Laju Korosi (ASTM G1-03)

Satuan Laju Korosi	Konstanta (K)
mils per year (mpy)	3.45 x 10 ⁶
Inches per year (ipy)	3.45 x 10 ³
Inches per month (ipm)	2.87 x 10 ⁴

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



Millimeters per year (mm/y)	8.76×10^4
Micrometers per year ($\mu\text{m}/\text{y}$)	8.76×10^7
Picometers per second (pm/s)	2.78×10^6
Gram per square meter per hour ($\text{g}/\text{m}^2.\text{h}$)	$1.00 \times 10^4 \times D^A$
Miligrams per square decimeter per day (mdd)	$2.40 \times 10^6 \times D^A$
Micrograms per square meter per second ($\mu\text{g}/\text{m}^2.\text{s}$)	$2.78 \times 10^6 \times D^A$

2.6.2 Metode Polarisasi Tafel

Polarisasi merupakan suatu fenomena dimana terjadi penyimpangan potensial dari kondisi kesetimbangannya. Pada pengujian polarisasi biasanya menggunakan sel tiga elektroda. Sel tiga elektroda adalah perangkat laboratorium baku yang digunakan untuk uji korosi yang terdiri dari konfigurasi beberapa komponen. Komponen sel tiga elektroda adalah sebagai berikut:

a. Elektroda Kerja (*Working Electrode*)

Elektroda kerja merupakan benda uji (anoda) yang dicelupkan pada fluida kerja. Ini sebutan yang diberikan kepada elektroda yang diteliti.

b. Elektroda Bantu (*Auxiliary Electrode*)

Elektroda kerja merupakan elektroda yang digunakan untuk membantu memberikan potensial pada elektroda kerja dan mengangkut arus listrik yang timbul akibat reaksi korosi.

c. Elektroda Acuan (*Reference Electrode*)

Elektroda acuan disebut juga elektroda pembanding berguna untuk acuan potensial yang diberikan pada elektroda kerja serta potensial yang diberikan pada elektroda kerja. Arus yang mengalir melalui elektroda ini harus sekecil-kecilnya sehingga dapat diabaikan.

Dengan metode polarisasi, laju korosi dapat ditentukan oleh kerapatan arus yang timbul (*current density*) untuk menghasilkan suatu kurva polarisasi (tingkat perubahan potensial sebagai fungsi



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

Pengujian polarisasi tafel ini akan menghasilkan grafik ekstrapolasi yang akan menginformasikan beberapa data, salah satunya adalah laju korosi ketika diolah dengan *software*.

Untuk menghitung laju korosi dari kurva polarisasi dapat menggunakan persamaan yang diatur pada ASTM G59 tentang “*Sandard Test Method for Conducting Potentiodynamic Polarization Resistance Measurements*”.

Berikut adalah persamaan yang akan digunakan dalam menentukan laju korosi.

$$B = \frac{b_a \cdot b_c}{2,303 (b_a + b_c)} \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana:

B = *Stern-Geary constant* (V)

b_a = *slope of anodic Tafel reaction* (V/decade)

b_c = *slope of cathodic Tafel reaction* (V/decade)

Setelah dilakukan perhitungan i_{COR} dengan persamaan dibawah ini.

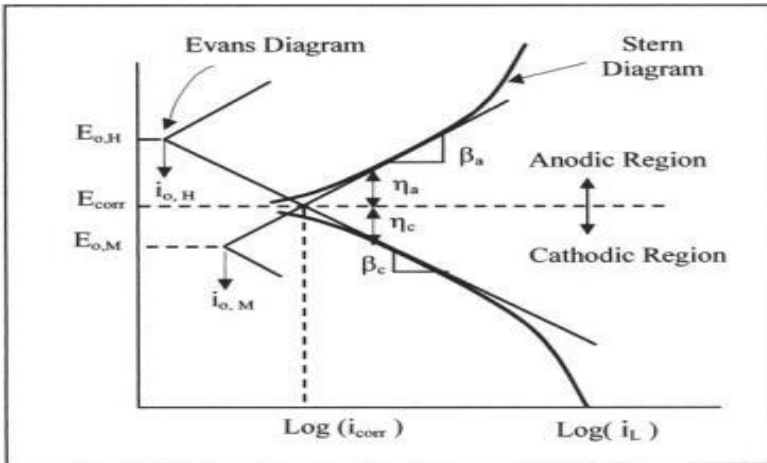
$$i_{cor} = \frac{B}{R_p} \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana:

i_{cor} = *corrosion current density* ($\mu A/cm^2$)

R_p = *polarization resistance* (Ωcm^2)

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



Gambar 2.9 Skema Kurva Polarisasi yang Menunjukkan Ekstrapolasi Tafel (Perez, 2004)

Kemudian dilakukan perhitungan *corrosion rate* dengan persamaan berikut.

$$CR = K_1 \cdot (i_{cor} / \rho) \cdot EW \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana:

CR = *corrosion rate* (mpy)

$K_1 = 0,1288$ (mpy g/ $\mu\text{A cm}$)

ρ = densitas logam (g/cm^3)

EW = *equivalent weight* (g/mol)

Berat ekivalen dapat dicari dengan menggunakan persamaan:

$$EW = \sum \frac{1}{\frac{n f i}{W_i}} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana:

f_i = % unsur pada baja

W_i = nomor massa unsur pada baja



ni = valensi dari unsur pada baja

Normalnya hanya unsur-unsur yang kandungannya lebih besar dari 1% yang dimasukkan dalam perhitungan. (ASTM G102)

2.7 Inhibitor Korosi

Inhibitor korosi digunakan pada berbagai industri minyak dan gas bumi untuk mengurangi laju korosi pada baja karbon. Syarat-syarat inhibitor korosi yang baik harus murah, tidak beracun, aman bagi lingkungan dan tersedia di alam. Penambahan inhibitor korosi banyak digunakan karena harganya yang relatif murah dan metode penggunaannya lebih fleksibel. Inhibitor korosi dapat melekat pada permukaan logam dan membentuk penghalang terhadap agen penyebab korosi yang akan menyerang logam. Efisiensi penggunaan inhibitor korosi bergantung pada seberapa besar interaksi antara inhibitor dan permukaan logam. (Zhang, 2007). Inhibitor bekerja untuk mengurangi laju korosi dengan berbagai cara yaitu:

- a. Memodifikasi polarisasi katodik dan anodik (*tafel slope*)
- b. Mengurangi pergerakan ion menuju ke permukaan logam
- c. Meningkatkan tahanan di permukaan logam

Secara umum, semakin meningkat konsentrasi inhibitor, maka efisiensi inhibitor akan semakin meningkat. Inhibitor komersial telah banyak diproduksi dengan berbagai merk, tetapi tidak memberikan informasi secara detail terkait dengan komposisi kimia. Sehingga, inhibitor komersial sangat susah untuk dibedakan antara produk dari sumber yang berbeda, karena mengandung agen antikorosi yang sama. Inhibitor komersial biasanya mengandung satu atau lebih senyawa inhibitor dengan tambahan zat adiktif seperti sulfaktan, *oxigen scavenger*, *demulsifier*, zat untuk meningkatkan pembentukan lapisan film. (Roberge, 2000)

Efisiensi penggunaan inhibitor dapat ditentukan dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:



$$IE = 100 \% \frac{CR_{uninhibited} - CR_{inhibited}}{CR_{uninhibited}} \dots\dots\dots (2.11)$$

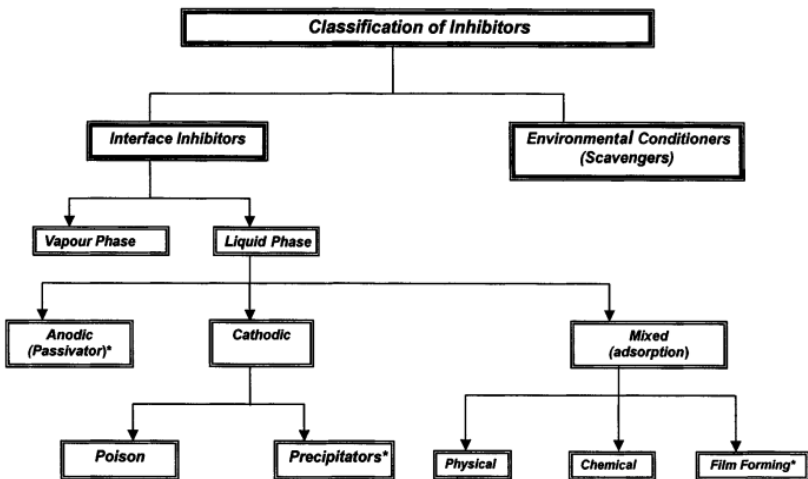
Dimana:

IE = Efisiensi Inhibitor (%)

CR_{uninhibited} = Laju Korosi tanpa Inhibitor (mpy)

CR_{inhibited} = Laju Korosi dengan Inhibitor (mpy)

Inhibitor dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian, yaitu *enviromental conditioner* dan *interface inhibitor*. Gambar 2.10 menunjukkan klasifikasi inhibitor berdasarkan jenisnya adalah sebagai berikut:



Gambar 2.10 Klasifikasi Inhibitor (Uhlig, 2000)

2.7.1 Enviromental Conditioners

Pengendalian korosi dilakukan dengan cara menghilangkan penyebab terjadinya korosi pada media tersebut. Karena, zat-zat agresif penyebab korosi telah dihilangkan dari media tersebut, maka laju korosi akan menurun. Proses pengambilan zat-zat yang



bersifat agresif disebut *enviromental conditioners* atau *scavengers*. Pada situasi pada larutan alkali atau daerah sekitar kondisi netral, penggunaan *scavengers* dapat mengontrol laju korosi dengan menurunkan kandungan oksigen.

2.7.2 Interface Inhibitor

Pengendalian korosi pada *interface inhibitor* dilakukan dengan cara membentuk lapisan tipis pada daerah *interface* atau daerah yang kontak langsung dengan lingkungan. *Interface inhibitor* dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu inhibitor fasa uap (*vapour phase*) dan inhibitor fasa cair (*liquid phase*).

1. Inhibitor Fasa Cair (Liquid Phase)

Inhibitor fasa cair dapat dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu inhibitor anodik, inhibitor katodik dan inhibitor campuran. Pembagian ini berdasarkan reaksi mana yang dihambat apakah reaksi anodik, katodik, maupun keduanya.

a. Inhibitor Anodik

Inhibitor anodik bekerja untuk mengurangi laju korosi dengan cara membentuk atau memfasilitasi pembentukan lapisan film yang akan menghambat reaksi terlarutnya logam anoda. Penggunaan inhibitor anodik harus memperhatikan konsentrasi kritisnya. Apabila, konsentrasi kurang dari konsentrasi kritisnya, maka korosi akan menyerang permukaan logam. Konsentrasi kritis dalam pemberian inhibitor ini bergantung pada lingkungan dan konsentrasi ion yang bersifat agresif. (Uhlig, 2000)

b. Inhibitor Katodik

Inhibitor katodik adalah inhibitor yang dapat menurunkan laju korosi dengan cara menghambat salah satu tahap pada proses katodik. Molekul organik netral teradsorpsi di permukaan logam, sehingga mengurangi akses ion hidrogen menuju permukaan elektroda. Dengan berkurangnya akses ion



hidrogen yang menuju permukaan elektroda, maka *hydrogen overvoltage* akan meningkat, sehingga menghambat reaksi evolusi hidrogen yang berakibat menurunkan laju korosi. Inhibitor katodik dianggap aman meskipun jumlah inhibitor yang ditambahkan terlalu sedikit. Hal ini karena seberapapun bagian dari katoda yang terselimuti oleh lapisan garam tetap akan menurunkan laju korosi. (Paksi, 2015)

c. Inhibitor Campuran

Inhibitor campuran pada dasarnya adalah senyawa organik yang tidak dapat dikelompokkan ke dalam golongan anodik maupun katodik. Keefektifan inhibitor organik dikaitkan dengan luasnya daerah adsorpsi yang melindungi permukaan logam dari korosi. Penyerapan atau adsorpsi inhibitor bergantung pada struktur inhibitor, muatan yang ada di permukaan logam dan jenis elektrolit. Inhibitor campuran melindungi permukaan logam dengan tiga cara yaitu *physical adsorption*, *chemisorption*, dan pembentukan film.

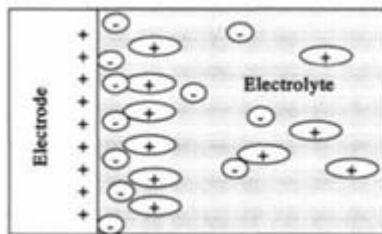
Physical (electrostatic) adsorption, proses penyerapan atau adsorpsinya dapat terjadi karena adanya gaya tarik menarik (elektrostatik) antara permukaan logam dan inhibitor. Ketika permukaan logam bermuatan positif, maka inhibitor dengan muatan negatif (anion) akan terjadi penyerapan atau adsorpsi. Apabila molekulnya memiliki muatan positif, molekul tersebut akan bergabung dengan muatan negatif sebagai perantara, sehingga dapat menghambat muatan positif logam. Inhibitor ini memiliki kelebihan yaitu proses adsorpsinya sangat cepat tetapi memiliki kekurangan yaitu mudah lepas dari permukaan logam. Peningkatan temperatur juga akan mengakibatkan kerusakan molekul yang teradsorpsi.

Chemisorption Adsorption adalah penyerapan yang melibatkan terjadinya berbagi muatan (*sharing electron*) atau serah terima muatan antara inhibitor dan permukaan logam. Penyerapan secara *chemisorption* membutuhkan



waktu yang lebih lama bila dibandingkan dengan *physical adsorption*. Proses penyerapan chemisorpsi merupakan reaksi yang tidak dapat balik. Inhibitor organik dapat mengurangi laju korosi dengan penyerapan *chemisorption* pada permukaan logam melalui ikatan antara logam dan hetero atom seperti atom P, N, S, O.

Pembentukan film adalah mekanisme inhibitor dimana molekul inhibitor yang teradsorpsi mengalami reaksi di permukaan, sehingga dapat terbentuk film *polymeric* dengan ketebalan sekitar seratus angstrom. Proses inhibisi ini akan efektif jika lapisan film yang terbentuk tidak larut dan rusak, sehingga efektif untuk melindungi permukaan logam.



Gambar 2.11 *Physical adsorption* antara anion inhibitor dan muatan positif logam (Ahmad, 2006)

Kekuatan adsorpsi inhibitor pada permukaan logam dapat ditunjukkan pada *Adsorption Isoterm*, yang menunjukkan hubungan antara konsentrasi inhibitor di permukaan logam dan di larutan. Untuk mengetahui kekuatan adsorpsi dilakukan dengan menggunakan rumus isoterm. Dari hasil yang paling bagus, kemudian data termodinamik adsorpsi dilakukan evaluasi.



2. Vapour Phase Inhibitor

Penggunaan inhibitor ini adalah untuk melindungi permukaan logam dari serangan korosi atmosfer. Penggunaannya dilakukan dengan menggunakan kertas pembungkus atau menempatkannya pada wadah tertutup. Proses inhibisinya disebabkan oleh penguapan yang lambat dari inhibitor sehingga logam terlindungi dari udara dan kelembapan. (Uhlig, 2000)

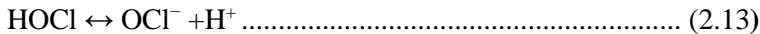
2.7.3 Inhibitor Korosi Kerak dan Inhibitor Anti Mikroba

Inhibitor korosi kerak berfungsi untuk mengurangi korosi dan kerak. Bahan aktifnya fosfat dalam bentuk kompleks *zink-phosphat*. Zink menurunkan laju korosi dengan menaikkan polarisasi katodik yaitu dengan mempengaruhi reaksi katodik yaitu reduksi O_2 dalam medium netral atau basa. Kadar O_2 turun karena terbentuk $Zn(OH)_2$. Zn^{2+} yang bereaksi dengan OH^- akan mengurangi kadar O_2 sistem pendingin sehingga menurunkan laju oksidasi Fe dan menurunkan laju korosi sistem. Ortofosfat menggeser kurva-kurva polarisasi anodik ke atas dan bersenyawa dengan ion-ion Ca serta ion-ion Zn untuk membentuk lapisan tipis film pelindung yang tidak larut dalam air pada permukaan logam. Lapisan film yang terbentuk antara ortofosfat dengan ion Ca^{2+} akan berperan besar dalam proses inhibisi. Ortofosfat akan berperan sebagai penghambat terbentuknya endapan $CaCO_3$ (kapur) dengan jalan berikatan dengan Ca^{2+} membentuk kalsium fosfat ($CaSO_4$). Pembentukan kalsium fosfat akan mudah terbentuk pada katoda-katoda setempat dari baja karbon. Penambahan garam-garam Zn yang mudah larut dalam sistem pendingin juga berperan penting dalam proses inhibisi karena akan menambah kemampuan ortofosfat dalam menghalangi proses korosi/perkaratan. (Diyah, 2010)

Inhibitor antimikroba berfungsi untuk membunuh mikroorganisme secara langsung. Inhibitor antimikroba berbasis klorin yaitu sodium hipoklorit ($NaClO$). Jika $NaClO$ dilarutkan dalam air, maka akan terjadi reaksi berikut.



Asam hipoklorit akan terurai sesuai reaksi berikut:



Sodium hipoklorit akan mematikan seluruh mikroorganisme dalam sistem secara cepat, jika klorin bebas melakukan kontak langsung dengan mikroorganisme dengan cukup lama dan dengan dosis yang cukup kuat. Klorin juga mampu menjaga keefektifan kerjanya karena mampu menghilangkan mikroorganisme dalam air melalui reaksi klorinasi. (Rahayu, 2016). Namun, karena klor bersifat korosif terhadap metal, maka konsentrasi sisa klor (*residual chlorine*) dalam air pendingin harus dikontrol. (Diyah, 2010)

2.8 Isoterm Adsorpsi Langmuir

Isoterm adsorpsi Langmuir merupakan salah satu cara paling sederhana untuk mengetahui model adsorpsi. Pada persamaan isoterm adsorpsi Langmuir dapat diturunkan secara teoritis dengan menganggap terjadinya kesetimbangan antara molekul-molekul zat yang diadsorpsi pada permukaan adsorben dengan molekul-molekul zat yang tidak teradsorpsi. (Firmansyah, 2011). Persamaan *isoterm* adsorpsi Langmuir dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\theta = \frac{IE\%}{100} \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana:

θ = derajat *surface coverage*

IE% = efisiensi inhibitor (%)

$$K_{ads} = \frac{\theta}{c(1-\theta)} \dots\dots\dots (2.14)$$

$$\Delta G^0 = -RT \ln (55,5 \times K_{ads}) \dots\dots\dots (2.16)$$

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



Dimana:

C = konsentrasi inhibitor (mg/L)

K_{ads} = konstanta kesetimbangan adsorpsi

θ = derajat *surface coverage*

R = konstanta Gas Ideal (8.314 J/mol K)

T = temperatur (K)

ΔG^0 = Standart Energi Bebas Adsorpsi (kJ/mol)

2.9 Penelitian Sebelumnya

Menurut penelitian yang dilakukan oleh saudara Diyah Erlina Lestari pada tahun 2004 mengenai pengaruh inhibitor korosi terhadap bahan sistem pendingin sekunder RSG-GAS. Adapun fokus penelitiannya yaitu melakukan pengukuran laju korosi pada material baja karbon dengan penambahan inhibitor nalco 23226 pada media air PAM Puspipstek. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi inhibitor nalco yaitu dari 0 ppm, 50 ppm, 75 ppm, 100 ppm, 125 ppm, dan 150 ppm. Selanjutnya dilakukan pengukuran kandungan senyawa ortofosfat pada media tersebut sebelum dan sesudah penyaringan. Dari hasil penelitian Diyah Erlina Lestari diperoleh informasi bahwa pada konsentrasi inhibitor nalco sebanyak 100 ppm diperoleh laju korosi paling kecil yaitu pada 0,0873 mpy dan seiring dengan bertambah besarnya konsentrasi nalco pada media air tersebut, maka jumlah ortofosfat juga semakin besar, sehingga kandungan ortofosfat pada media air berbanding lurus dengan konsentrasi nalco yang ditambahkan pada media air tersebut.

Sumijanto pada tahun 2006 telah melakukan penelitian mengenai analisis efektivitas hidrazin (N_2H_4) sebagai alternatif inhibitor korosi pada sistem pendingin sekunder RSG-GAS dengan hasil bahwa efektivitas hidrazin sebagai alternatif inhibitor korosi pada baja karbon sebagai material pipa pendingin sekunder RSG-GAS dalam medium air pendingin sekunder telah diuji secara elektrokimia menggunakan teknik potensiodinamik. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasi temperatur 35°C, 40°C, dan 50°C dan pada variasi konsentrasi hidrazin 0 ppm, 10 ppm, 30 ppm dan

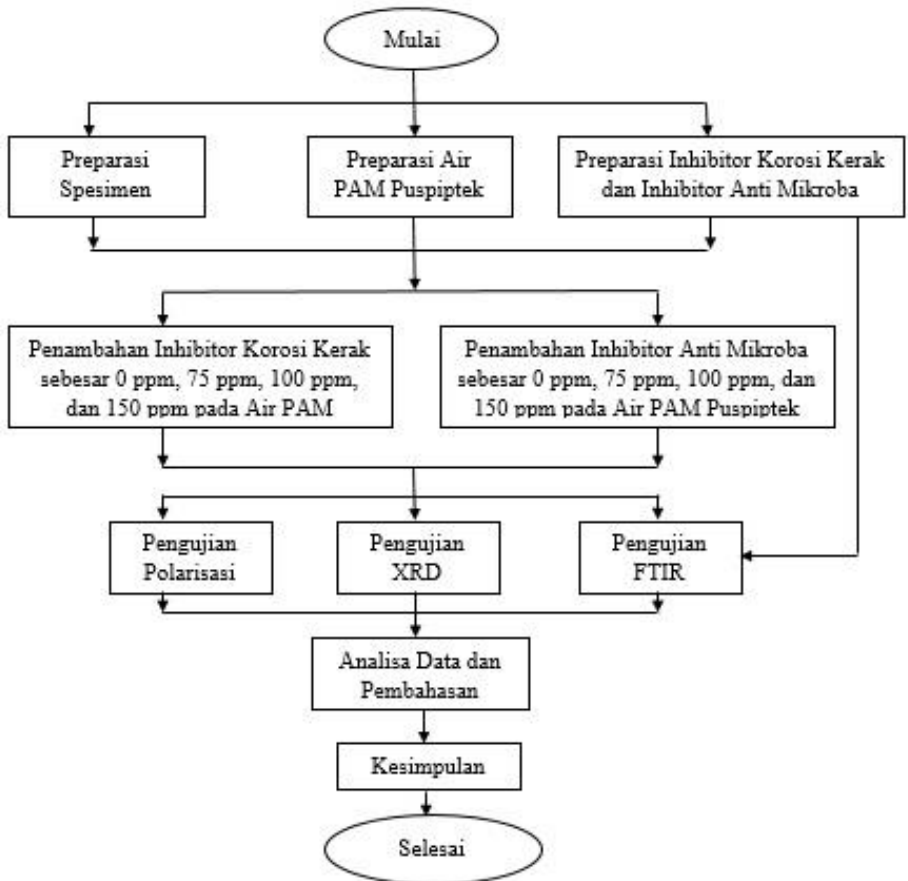


50 ppm. Sehingga diperoleh informasi bahwa dengan naiknya temperatur dan konsentrasi hidrazin, maka efektivitas kinerja hidrazin akan meningkat. Konsentrasi efektif dicapai pada 50 ppm hidrazin.

Pada tahun 2010, Febrianto melakukan penelitian tentang analisis laju korosi dengan penambahan inhibitor korosi pada pipa sekunder reaktor RSG-GAS dengan menggunakan potensiostat dan analisis dilakukan dengan perangkat lunak EDAQ. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan air PAM Puspiptek sebagai air pendingin sekunder RSG-GAS yang ditambahkan inhibitor korosi dengan variasi konsentrasi 0 ppm, 50 ppm, 100 ppm dan 150 ppm dengan menggunakan material baja karbon, dan diperoleh informasi bahwa pada konsentrasi inhibitor korosi sebesar 100 ppm diperoleh nilai laju korosi sebesar 0,13 mpy. Pada penelitian ini Febrianto melakukan pemantauan terhadap kandungan senyawa ortofosfat pada air kolam pendingin sekunder RSG-GAS pada saat injeksi inhibitor korosi beroperasi maupun tidak. Pengukuran ortofosfat dilakukan dengan menggunakan spektroskopi *portable*. Dari hasil penelitian tersebut diperoleh informasi bahwa pada saat terjadi penambahan inhibitor korosi oleh sistem injeksi dan pada saat penambahan inhibitor korosi secara manual maka konsentrasi ortofosfat akan meningkat, dan sebaliknya kandungan senyawa ortofosfat akan menurun jika katub *blow down* membuka atau pada saat penambahan *make up water*. Senyawa ortofosfat akan bersenyawa dengan kalsium untuk membentuk senyawa kompleks yang akan melapisi logam dari serangan oksidasi.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Percobaan



3.2. Metode Percobaan

Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah:

3.2.1 Studi Literatur

Studi literatur mengacu pada buku-buku, jurnal-jurnal dan informasi dari penelitian sebelumnya yang mempelajari mengenai inhibitor korosi, khususnya penelitian yang berkaitan dengan sistem pendingin sekunder Reaktor Serba Guna-GA. Siwabessy (RSG-GA. Siwabessy). Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi inhibitor dan melakukan evaluasi terhadap penelitian sebelumnya.

3.2.2 Eksperimen

Metode ini dilakukan dengan pengujian sesuai dengan prosedur dan metode yang ada. Adapun pengujian yang diperlukan dalam penelitian ini adalah polarisasi, XRD, dan FTIR.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. pH meter
2. Kertas amplas
3. Timbangan digital
4. Gelas beaker 500 ml dan 1000 ml
5. Labu ukur 10 ml
6. Mikropipet
7. Mesin XRD Pan Analytical
8. Mesin FTIR
9. Mesin uji polarisasi M273 *Potensiostat/Galvanostat* dari *EG&G Princeton Applied Research corporation*

3.3.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Baja AISI 1010
2. Air PAM puspipstek
3. Inhibitor antimikroba
4. Inhibitor korosi kerak

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Preparasi Spesimen Uji

Sampel uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon dengan diameter 1,6 cm dan ketebalan 0,3 cm. Sampel uji pada penelitian ini berbentuk silinder. Sampel dilakukan pengamplasan dengan menggunakan kertas amplas untuk menghilangkan lapisan oksida pada permukaan sampel yang dapat mengganggu proses pengukuran laju korosi.



Gambar 3.2 Proses Pengamplasan Sampel Uji (kiri) dan Kondisi Sampel Uji setelah Pengamplasan (kanan)

3.4.2 Penambahan Inhibitor Korosi

Penambahan inhibitor pada air PAM Puspipstek sebanyak 600 ml dengan konsentrasi inhibitor korosi kerak dan inhibitor anti mikroba 0 ppm, 75 ppm, 100 ppm, dan 150 ppm. Sehingga volume inhibitor yang ditambahkan ke dalam air PAM Puspipstek adalah sebesar 0 ml, 0,045 ml, 0,06 ml, dan 0,09 ml. Kemudian dilakukan pengadukan sampai inhibitor larut dengan sempurna.



3.5 Pengujian

Pada Penelitian ini dilakukan beberapa pengujian pada beberapa sampel yang sudah diberikan variabel yang berbeda. Pengujian-pengujian tersebut akan dilakukan sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Skema Pengujian

Tipe Pengujian	Inhibitor Korosi Kerak (ppm)				Inhibitor Anti Mikroba (ppm)			
	0	75	100	150	0	75	100	150
Polarisasi	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
XRD	✓	-	-	✓	✓	✓	-	-
FTIR	✓	-	-	✓	✓	-	-	✓

3.5.1 Pengujian Laju Korosi (Polarisasi)

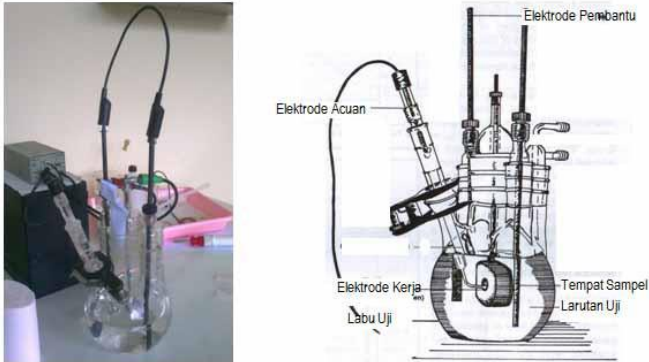
Pengujian laju korosi dilakukan dengan menggunakan *EG&G Potensiostat/Galvanostat Model 273* dimana pengujian diawali dengan menyusun rangkaian sel polarisasi, kemudian pengujian dilakukan sampai didapatkan grafik E (potensial) vs log I (rapat arus).

Tabel 3.2 Parameter Pengujian Polarisasi

Elektroda Kerja	AISI 1010
Equivalent Weight (g/mol)	27,92
Densitas	7,86
Scan Rate	1
Elektroda Pembanding	Ag/AgCl
Elektroda Pembantu	Grafit
Scan Rate (mv/s)	1
Initial E (mv)	-20 vs E
Final E (mv)	20 vs E

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian polarisasi:

1. Menyusun rangkaian sel polarisasi.
2. Menyiapkan dan menjalankan EG&G Potensiostat/Galvanostat Model 273 dan memasukkan parameter-parameter pengujian.
3. Setelah selesai, data disimpan untuk kemudian dilakukan perhitungan laju korosi.



Gambar 3.3 Skema Alat Pengujian Polarisasi

Tabel 3.3 Rancangan Data Hasil Uji Polarisasi

Jenis Inhibitor	Konsentrasi Inhibitor (ppm)	-E _{corr} (mv)	I _{corr} (μA/cm ²)	CR (mpy)
Korosi Kerak	0			
	75			
	100			
	150			
Anti Mikroba	0			
	75			
	100			
	150			

3.5.2 Pengujian XRD



Analisa difraksi sinar X dilakukan untuk mengetahui senyawa yang terbentuk sebagai produk korosi pada material yang telah direndam selama 7 hari dengan tanpa diberikan inhibitor, yang diberikan inhibitor korosi kerak 150 ppm, dan yang diberikan inhibitor antimikroba 75 ppm. Pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin XRD dan dimensi spesimen berbentuk silinder adalah \varnothing 1,6 cm x 0,3 cm. Karakterisasi XRD dilakukan menggunakan alat *Pan Analytical* XRD di Laboratorium Karakterisasi Departemen Teknik Material. Grafik dari pengujian XRD diolah menggunakan *software Jade* untuk mengidentifikasi fasa yang terbentuk pada permukaan spesimen.



Gambar 3.4 Mesin XRD *Pan Analytical*

Pada pengujian XRD, sampel ditempatkan pada titik fokus hamburan sinar-X yaitu tepat di tengah-tengah *plate* yang digunakan sebagai tempat yaitu sebuah plat tipis yang berlubang di tengah berukuran sesuai dengan sampel (*plate*) dengan perekat pada sisi baliknya.



3.5.3 Pengujian FTIR

Pengujian FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk pada inhibitor korosi kerak, antimikroba, dan pada baja AISI 1010 yang telah dilakukan perendaman dalam inhibitor korosi kerak 150 ppm dan inhibitor antimikroba 150 ppm selama 1 hari. Pengujian FTIR dilakukan di Laboratorium Karakterisasi Material Departemen Teknik Material ITS. Metode spektroskopi yang digunakan dalam pengujian FTIR adalah metoda absorpsi yaitu suatu metoda yang didasarkan atas perbedaan penyerapan radiasi inframerah. Spektrum inframerah tersebut dihasilkan dari pentransmision cahaya yang melewati *sample*, pengukuran intensitas cahaya dengan detektor dan dibandingkan dengan intensitas tanpa sampel sebagai fungsi dari panjang gelombang. Dari panjang gelombang tersebut, akan dapat ditentukan gugus fungsi yang bersesuaian dengan panjang gelombang yang terekam pada masing-masing sampel.



Gambar 3.5 Alat Pengujian FTIR



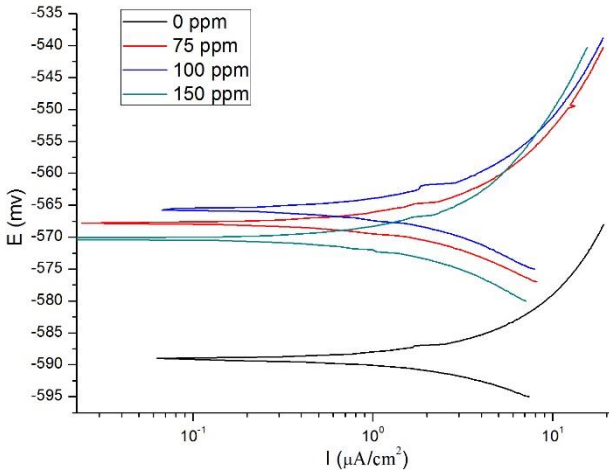
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data

4.1.1 Hasil Pengujian Polarisasi

Pengujian polarisasi dilakukan untuk memperoleh laju korosi yang terjadi pada spesimen pada media yang digunakan. Pengujian dilakukan dengan variabel bebas konsentrasi inhibitor korosi kerak dan inhibitor antimikroba. Media yang digunakan adalah air PAM Puspipstek. Hasil pengujian ini berupa kurva polarisasi tafel. Dari hasil pengujian juga didapatkan laju korosi dari spesimen yang diuji. Hasil pengujian polarisasi untuk media yang ditambahkan inhibitor korosi kerak ditunjukkan pada Tabel 4.1.



Gambar 4.1 Kurva Polarisasi Baja AISI 1010 pada Air PAM Puspipstek dengan penambahan Inhibitor Korosi Kerak 0 ppm, 75 ppm, 100 ppm, dan 150 ppm.

Kurva polarisasi sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 menunjukkan bahwa dengan penambahan inhibitor korosi

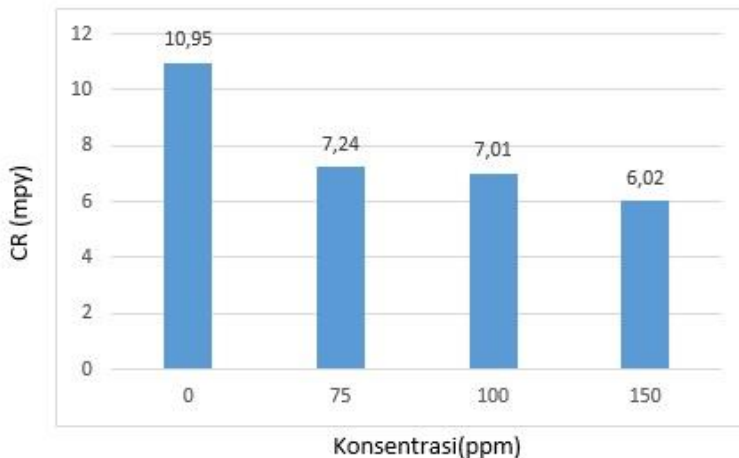


kerak menggeser kurva polarisasi keatas. Bergesernya kurva polarisasi keatas menunjukkan bahwa inhibitor korosi kerak bersifat anodik.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Polarisasi Baja AISI 1010 pada Air PAM Puspipstek dengan penambahan Inhibitor Korosi Kerak 0 ppm, 75 ppm, 100 ppm, dan 150 ppm.

Jenis Inhibitor	Konsentrasi Inhibitor (ppm)	-Ecorr (mv)	Icorr ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	Efisiensi Inhibitor (%)
Korosi Kerak	0	588,96	23,73	-
	75	567,52	15,70	33,88
	100	565,43	15,20	35,98
	150	569,91	13,05	45,20

Pada Tabel 4.1 didapatkan hasil pengujian polarisasi pada setiap spesimen dengan berbagai parameter yang didapat dari hasil pengujian polarisasi, yaitu E_{Corr} dan I_{Corr} .



Gambar 4.2 Grafik Laju Korosi Potensiostat Baja AISI 1010 pada Air PAM Puspipstek dengan penambahan Inhibitor Korosi

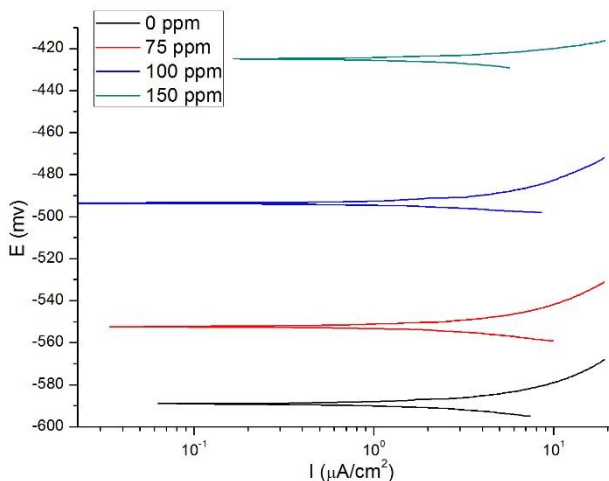
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN



Kerak 0 ppm, 75 ppm, 100 ppm, dan 150 ppm.

Dari Gambar 4.2 didapatkan bahwa semakin meningkatnya konsentrasi inhibitor korosi kerak yang digunakan, menurunkan laju korosi yang terjadi pada spesimen baja AISI 1010 yang digunakan.

Nilai laju korosi terendah terjadi pada pemberian inhibitor dengan konsentrasi 150 ppm yaitu sebesar 6,02 mpy. Sedangkan, nilai laju korosi tertinggi terjadi pada pemberian inhibitor dengan konsentrasi 0 ppm yaitu sebesar 10,95 mpy.



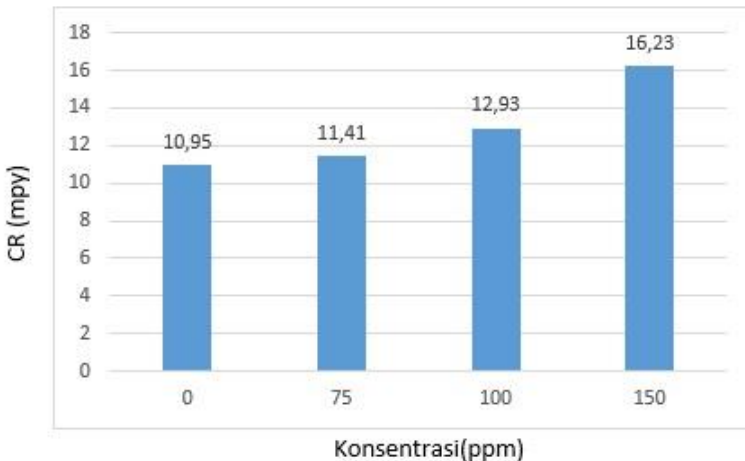
Gambar 4.3 Kurva Polarisasi Baja AISI 1010 pada Air PAM Puspipetek dengan penambahan Inhibitor Antimikroba 0 ppm, 75 ppm, 100 ppm, dan 150 ppm.

Kurva polarisasi sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 4.3 tidak dapat menentukan sifat inhibitor anodik atau katodik karena inhibitor antimikroba bukan merupakan inhibitor korosi melainkan inhibitor untuk membunuh mikroorganisme.



Tabel 4.2 Hasil Pengujian Polarisasi Baja AISI 1010 pada Air PAM Puspipstek dengan penambahan Inhibitor Korosi Kerak 0 ppm, 75 ppm, 100 ppm, dan 150 ppm.

Jenis Inhibitor	Konsentrasi Inhibitor (ppm)	-Ecorr (mv)	Icorr (μ A)
Anti Mikroba	0	588,96	23,73
	75	551,97	24,72
	100	493,27	28,02
	150	425,12	35,16



Gambar 4.4 Grafik Laju Korosi Potensiostat Baja AISI 1010 pada Air PAM Puspipstek dengan penambahan Inhibitor Antimikroba 0 ppm, 75 ppm, 100 ppm, dan 150 ppm.

Dari Gambar 4.4 didapatkan bahwa semakin meningkatnya konsentrasi inhibitor antimikroba yang digunakan, menaikkan laju korosi yang terjadi pada spesimen baja AISI 1010 yang digunakan. Nilai laju korosi yang terendah adalah pada pemberian inhibitor

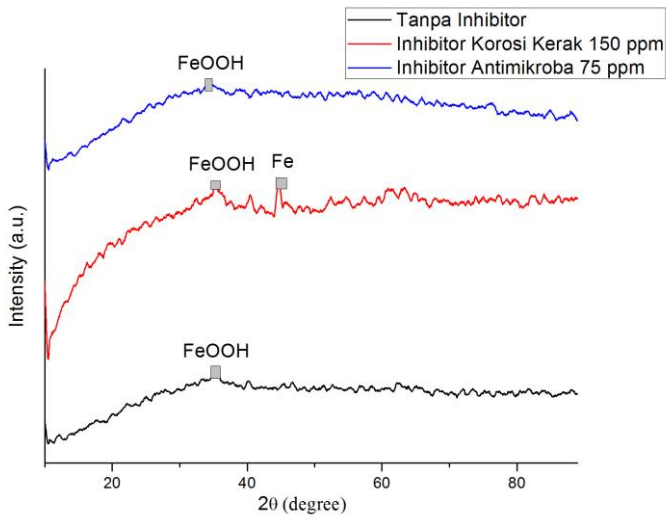
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN



dengan konsentrasi 0 ppm yaitu sebesar 10,95 mpy. Sedangkan, nilai laju korosi tertinggi terjadi pada pemberian inhibitor dengan konsentrasi 150 ppm yaitu sebesar 16,23 mpy.

4.1.2 Hasil Pengujian XRD

Pengujian XRD dilakukan pada spesimen tanpa penambahan inhibitor, dengan penambahan inhibitor korosi kerak sebesar 150 ppm dan inhibitor antimikroba sebesar 75 ppm. Pengujian XRD dilakukan untuk mengetahui senyawa atau unsur apa yang terbentuk pada permukaan spesimen setelah dilakukan perendaman selama tujuh hari. Hasil pengujian XRD dianalisa dengan menggunakan *software* Jade dan dilakukan pencocokan berdasarkan *peak* tertinggi yang muncul.

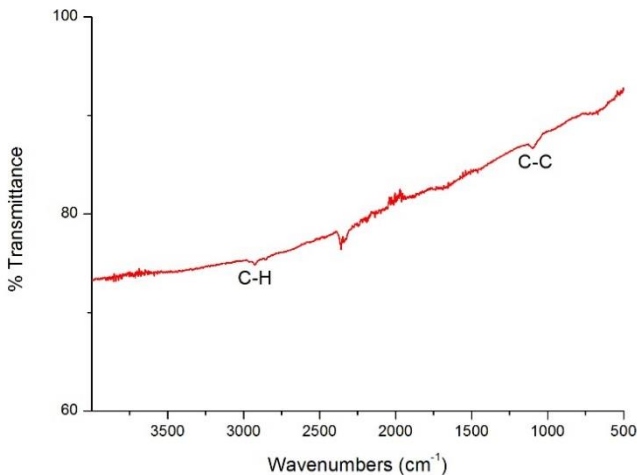


Gambar 4.5 Hasil Pengujian XRD pada Spesimen Tanpa Penambahan Inhibitor, Penambahan Inhibitor Korosi Kerak sebesar 150 ppm, dan Penambahan Inhibitor Antimikroba 75 ppm.



Pada hasil pengujian XRD dapat dilihat pada Gambar 4.5 dimana ditemukan puncak untuk spesimen tanpa inhibitor, spesimen dengan penambahan inhibitor korosi kerak, dan spesimen dengan penambahan inhibitor antimikroba berupa senyawa FeOOH. Adanya FeOOH tersebut menunjukkan bahwa produk korosi terbentuk dan mengendap pada permukaan baja. Untuk hasil XRD pada spesimen dengan penambahan inhibitor korosi kerak sebesar 150 ppm terdapat puncak yang menunjukkan adanya unsur besi (Fe). Hal ini dapat terjadi karena spesimen yang diuji adalah spesimen baja yang sudah terkorosi dan munculnya Fe diakibatkan oleh pengujian XRD yang mengenai bagian dasar baja.

4.1.3 Hasil Pengujian FTIR



Gambar 4.6 Hasil Pengujian FTIR Baja AISI 1010

Inhibitor korosi kerak, inhibitor antimikroba, dan spesimen yang telah dilakukan perendaman dianalisis dengan menggunakan FTIR untuk mengidentifikasi senyawa fungsional yang terkandung dalam masing-masing inhibitor. Berikut adalah analisa dari masing-

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

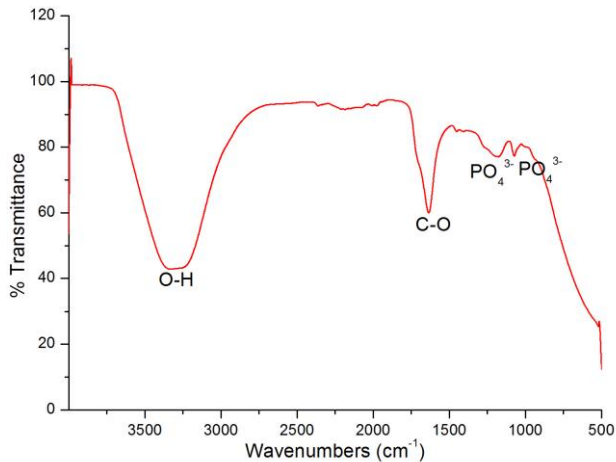


masing pengujian FTIR inhibitor dan spesimen dengan penambahan inhibitor. Analisis ini berdasarkan referensi “*A Handbook of Spectroscopic Data Chemistry*” oleh B.D. Mistry (2009).

Tabel 4.3 Hasil Analisa FTIR Baja AISI 1010

Wavenumbers (cm ⁻¹)	Range Wavenumber (cm ⁻¹)	Ikatan	Gugus Fungsi
2926,65	2962-2853	C-H	Alkana
1096,57	1260-700	C-C	Alkana

Dari Tabel 4.3 terlihat adanya gugus-gugus yang menunjukkan hasil pengujian FTIR pada spesimen baja AISI 1010. Gugus-gugus yang muncul yaitu C-H (alkana) dan C-C (alkana).



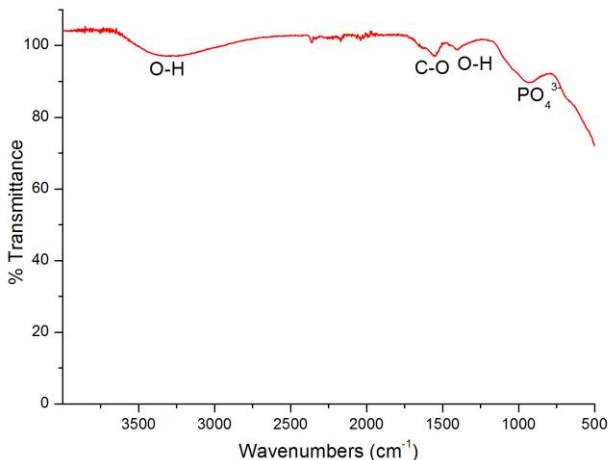
Gambar 4.7 Hasil Pengujian FTIR pada Inhibitor Korosi Kerak



Tabel 4.4 Hasil Analisa FTIR Inhibitor Korosi Kerak

Wavenumbers (cm ⁻¹)	Range Wavenumber (cm ⁻¹)	Ikatan	Gugus Fungsi
3315,72	3400-3230	O-H	Hidroksil
1636,09	1640-1540	C-O	β diketon
1175,79	1180-900	-PO ₄ ³⁻	Phosphate
1074,09	1075-1000	-PO ₄ ³⁻	Phosphate

Dari Tabel 4.4 terlihat adanya gugus-gugus yang menunjukkan hasil pengujian FTIR pada inhibitor korosi kerak. Gugus-gugus yang muncul yaitu O-H (hidroksil), C-O (β diketon), dan PO₄³⁻ (*phosphat*). Gugus *phosphate* yang muncul menunjukkan kesesuaian dengan inhibitor korosi kerak yang mempunyai rumus senyawa Zn₃(PO₄)₂.



Gambar 4.8 Hasil Pengujian FTIR pada Spesimen Baja dengan Penambahan Inhibitor Korosi Kerak 150 ppm.

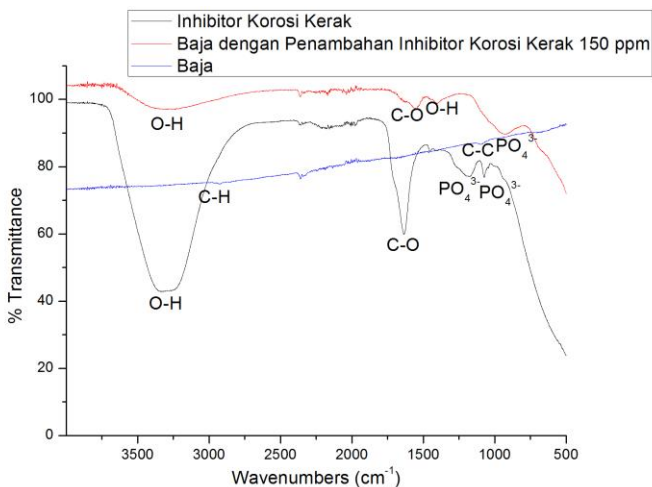
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN



Tabel 4.5 Hasil Analisa FTIR Spesimen dengan Penambahan Inhibitor Korosi Kerak 150 ppm

Wavenumbers (cm ⁻¹)	Range Wavenumber (cm ⁻¹)	Ikatan	Gugus Fungsi
3237,40	3400-3230	O-H	Hidroksil
1551,44	1640-1540	C-O	β diketon
1400,47	1570-1300	O-H	Hidroksil
931,01	1180-900	-PO ₄ ³⁻	Phosphate

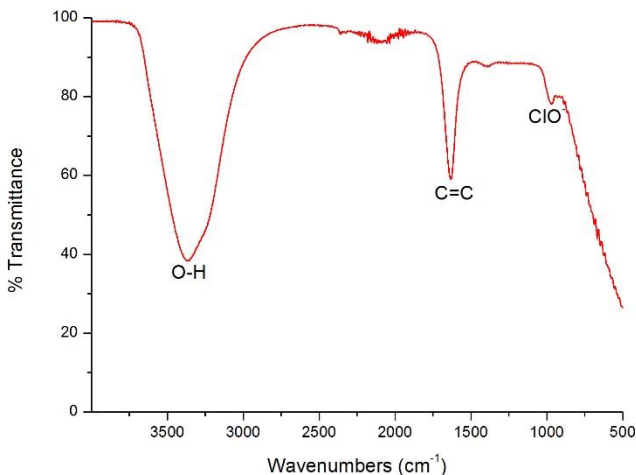
Dari Tabel 4.5 terlihat adanya gugus-gugus yang menunjukkan hasil pengujian FTIR pada spesimen dengan inhibitor korosi kerak. Gugus-gugus yang muncul yaitu O-H (hidroksil), C-O (β diketon), dan PO₄³⁻ (*phosphate*).



Gambar 4.9 Perbandingan Hasil Pengujian FTIR pada Baja, Inhibitor Korosi Kerak, dan Spesimen Baja dengan Penambahan Inhibitor Korosi Kerak 150 ppm.



Dari Gambar 4.9 terlihat perbandingan hasil FTIR dari baja, inhibitor korosi kerak, dan spesimen baja dengan penambahan inhibitor korosi kerak sebesar 150 ppm. Dari gambar terlihat bahwa dengan penambahan inhibitor korosi kerak terjadi perbedaan gugus yang dialami oleh spesimen baja. Gugus-gugus yang terdapat pada spesimen baja menyerupai gugus-gugus yang dimiliki oleh inhibitor korosi kerak. Dari gugus-gugus yang muncul terdapat gugus yang bersesuaian yaitu O-H (hidroksil) dan PO_4^{3-} (phosphate). Gugus phosphate yang muncul menunjukkan adanya adsorpsi yang terjadi antara inhibitor korosi kerak yang mempunyai rumus senyawa $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ dengan baja AISI 1010 yang digunakan.



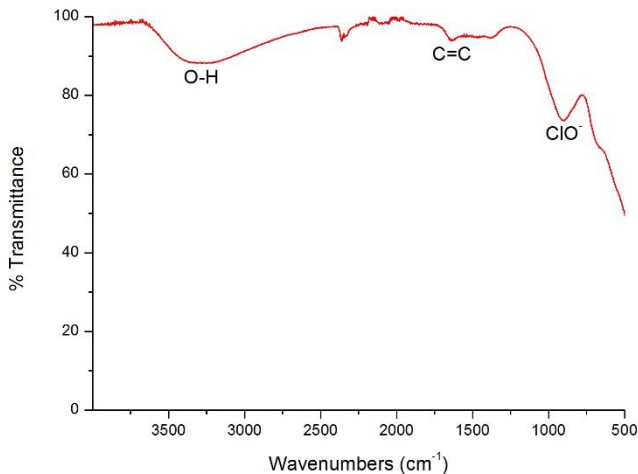
Gambar 4.10 Hasil Pengujian FTIR pada Inhibitor Antimikroba



Tabel 4.6 Hasil Analisa FTIR Inhibitor Antimikroba

Wavenumbers (cm ⁻¹)	Range Wavenumber (cm ⁻¹)	Ikatan	Gugus Fungsi
3356,72	3400-3230	O-H	Hidroksil
1632,49	1680-1610	C=C	Alkena
969,92	1100-900	-ClO ⁻	Hipoklorit

Dari Tabel 4.6 terlihat adanya gugus-gugus yang menunjukkan hasil pengujian FTIR pada inhibitor antimikroba. Gugus-gugus yang muncul yaitu O-H (hidroksil), C=C (alkena), dan ClO⁻ (hipoklorit). Gugus hipoklorit yang muncul menunjukkan kesesuaian dengan inhibitor antimikroba yang mempunyai rumus senyawa NaClO.



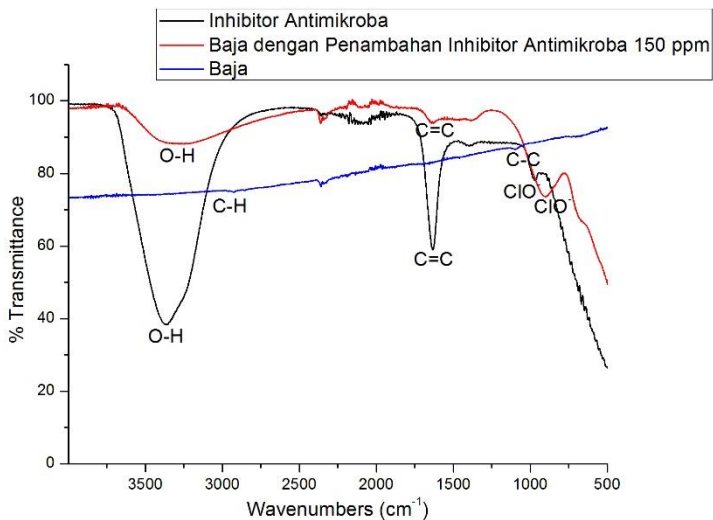
Gambar 4.11 Hasil Pengujian FTIR pada Spesimen dengan Penambahan Inhibitor Antimikroba 150 ppm.



Tabel 4.7 Hasil Analisa FTIR Spesimen dengan Penambahan Inhibitor Antimikroba 150 ppm

Wavenumbers (cm ⁻¹)	Range Wavenumber (cm ⁻¹)	Ikatan	Gugus Fungsi
3276,31	3400-3230	O-H	Hidroksil
1637,81	1680-1610	C=C	Alkena
902,84	1100-900	-ClO ⁻	Hopoklorit

Dari Tabel 4.7 terlihat adanya gugus-gugus yang menunjukkan hasil pengujian FTIR pada spesimen baja dengan penambahan inhibitor antimikroba. Gugus-gugus yang muncul yaitu O-H (hidroksil), C=C (alkena), dan ClO⁻ (hipoklorit).



Gambar 4.12 Hasil Pengujian FTIR pada Baja, Inhibitor Antimikroba, dan Spesimen dengan Penambahan Inhibitor Antimikroba 150 ppm.



Dari Gambar 4.12 terlihat perbandingan hasil FTIR dari baja, inhibitor antimikroba, dan spesimen baja dengan penambahan inhibitor antimikroba sebesar 150 ppm. Dari gambar terlihat bahwa dengan penambahan inhibitor antimikroba terjadi perbedaan gugus yang dialami oleh spesimen baja. Gugus-gugus yang terdapat pada spesimen baja menyerupai gugus-gugus yang dimiliki oleh inhibitor antimikroba. Dari gugus-gugus yang muncul terdapat gugus yang bersesuaian yaitu O-H (hidroksil), C=C (alkena), dan ClO^- (hipoklorit). Gugus hipoklorit yang muncul menunjukkan adanya reaksi antara inhibitor antimikroba dengan baja AISI 1010.

4.1.4 Perhitungan Adsorpsi Isoterm

Teori langmuir *Adsorption Isotherm* ini berfungsi untuk mengidentifikasi interaksi antara inhibitor dengan permukaan baja. Dengan menggunakan perhitungan teori langmuir dapat menunjukkan fenomena adsorpsi apakah yang terdapat pada permukaan baja, sehingga diketahui reaksi berupa *physisorption* ataupun *chemisorption*. Perhitungan pada langmuir *adsorption isotherm* menggunakan persamaan 2.13 untuk mencari θ , kemudian didapatkan K_{ads} dengan persamaan 2.14. sedangkan ΔG_{ads} didapatkan dengan menggunakan persamaan 2.15. Hasil perhitungan menunjukkan nilai ΔG_{ads} pada inhibitor antimikroba dengan masing-masing penambahan konsentrasi inhibitor. Nilai energi bebas adsorpsi secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Energi Bebas Adsorpsi pada Inhibitor Korosi Kerak

Inhibitor	Konsentrasi Inhibitor (ppm)	Sur face Coverage (θ)	K_{ads}	G_{ads} (Kj/mol)
Korosi Kerak	75	0,3388	0,00683	2,402
	100	0,3598	0,00562	2,886
	150	0,4520	0,00549	2,940



Berdasarkan nilai dari ΔG_{ads} metode adsorpsi pada permukaan baja dapat diketahui. Menurut Singh (2012), jika nilai dari ΔG_{ads} lebih positif dari -20 kJ/mol maka proses adsorpsi yang terbentuk adalah fisisorpsi. Jika ΔG_{ads} bernilai antara -20 hingga -40 maka proses adsorpsinya adalah proses campuran dari fisisorpsi dan kemisorpsi. Sedangkan proses kemisorpsi terjadi ketika nilai ΔG_{ads} lebih negatif dari -40 kJ/mol. Pada data yang dihasilkan dari inhibitor korosi kerak nilai ΔG_{ads} lebih besar dari -20 kJ/mol sehingga metode adsorpsi antara permukaan baja dengan inhibitor yang terbentuk pada inhibitor ini adalah proses fisisorpsi.

4.2 Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari pemberian konsentrasi inhibitor korosi kerak dan inhibitor antimikroba. Untuk mengetahui pengaruh dari pemberian konsentrasi inhibitor korosi kerak dan inhibitor antimikroba dilakukan uji polarisasi. Dari pengujian polarisasi didapatkan laju korosi terendah pada spesimen dengan konsentrasi inhibitor korosi kerak sebesar 150 ppm dengan nilai laju korosi sebesar 6,02 mpy dan efisiensi inhibitor sebesar 45,02 %. Kemudian pada spesimen dengan konsentrasi inhibitor antimikroba sebesar 0 ppm dengan nilai laju korosi sebesar 10,95 mpy. Nilai laju korosi pada inhibitor antimikroba mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan konsentrasi inhibitor karena adanya kandungan klorin yang ada pada inhibitor antimikroba yang bersifat korosif sehingga mengoksidasi baja.

Dari kurva polarisasi yang diperoleh menunjukkan bahwa inhibitor korosi kerak mempunyai sifat anodik sedangkan inhibitor antimikroba tidak dapat ditentukan sifatnya karena bukan merupakan inhibitor korosi melainkan inhibitor untuk membunuh mikroorganisme.

Inhibitor korosi kerak merupakan kombinasi inhibitor anodik dan katodik dimana inhibisi katodik disebabkan karena pembentukan lapisan seng hidroksida. Dan pasivasi anodik akan tercapai dengan reaksi *orthophosphate* dan besi membentuk lapisan



besi fosfat pada daerah anodik karena adanya oksigen terlarut. (Diyah,2004)

Pada hasil pengujian XRD dapat dilihat pada Gambar 4.5 dimana ditemukan puncak untuk spesimen tanpa inhibitor, spesimen dengan penambahan inhibitor korosi kerak, dan spesimen dengan penambahan inhibitor antimikroba berupa senyawa FeOOH. Adanya FeOOH tersebut menunjukkan bahwa produk korosi terbentuk dan mengendap pada permukaan baja. Untuk hasil XRD pada spesimen dengan penambahan inhibitor korosi kerak sebesar 150 ppm terdapat puncak yang menunjukkan adanya unsur besi (Fe). Hal ini dapat terjadi karena spesimen yang diuji adalah spesimen baja yang sudah terkorosi dan munculnya Fe diakibatkan oleh pengujian XRD yang mengenai bagian dasar baja.

Diketahui dari hasil FTIR inhibitor korosi kerak di Gambar 4.7 terdapat gugus PO_4^{3-} (*phosphate*) yang merupakan gugus fungsi dari inhibitor korosi kerak. Dimana rumus molekul dari inhibitor korosi kerak sendiri adalah $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$. Kandungan *phosphate* mampu menghambat laju korosi dengan cara bereaksi dengan Fe^{2+} sehingga terbentuk $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$. Pada pengujian FTIR dengan spesimen yang telah mengalami perendamaan dengan inhibitor korosi kerak sebesar 150 ppm terlihat pada Gambar 4.8 juga ditemukan gugus fungsi PO_4^{3-} (*phosphate*) dimana gugus fungsi ini merupakan gugus yang menyusun $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$. Sehingga melalui hasil FTIR dapat diketahui salah satu mekanisme yang terjadi pada inhibitor korosi kerak dengan membentuk lapisan tipis pada permukaan baja.

Untuk pengujian FTIR inhibitor antimikroba seperti yang terlihat pada Gambar 4.10 terdapat gugus ClO^- (hipoklorit) yang merupakan gugus fungsi dari inhibitor antimikroba. Dimana rumus molekul dari inhibitor antimikroba sendiri adalah NaClO . Pada pengujian FTIR dengan baja yang telah mengalami perendaman dengan inhibitor antimikroba sebesar 150 ppm terlihat pada Gambar 4.11 juga ditemukan gugus ClO^- (hipoklorit). Kandungan klorin pada hipoklorit ini dapat mempercepat laju korosi karena klorin bersifat oksidatif.



Kemudian untuk mengetahui interaksi antara inhibitor dengan permukaan baja maka digunakan teori Langmuir *adsorption isotherm*. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai ΔG_{ads} pada inhibitor korosi kerak 75 ppm, 100 ppm, dan 150 ppm berturut-turut adalah 2,402 kJ/mol, 2,886 kJ/mol, dan 2,940 kJ/mol. Dikarenakan nilai ΔG_{ads} lebih besar dari -20kJ/mol berhubungan dengan interaksi elektrostatik antara permukaan logam dan molekul organik sehingga tergolong dalam proses adsorpsi fisisorpsi (*physical adsorption*). (Singh,2012)

Dari pembahasan mengenai inhibitor korosi kerak, inhibitor ini mampu bekerja dengan berbagai konsentrasi pada lingkungan air PAM Puspipstek namun memiliki nilai konsentrasi yang optimum sebesar 150 ppm pada penelitian ini. Sedangkan inhibitor antimikroba menyebabkan kenaikan laju korosi pada baja yang digunakan karena adanya peningkatan ion klorin.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan konsentrasi inhibitor korosi kerak menurunkan laju korosi yang terjadi pada baja AISI 1010. Laju korosi terkecil diperoleh pada penambahan inhibitor korosi kerak sebesar 150 ppm karena terbentuknya lapisan tipis pelindung besi fosfat pada permukaan baja.
2. Penambahan konsentrasi inhibitor antimikroba menaikkan laju korosi yang terjadi pada baja AISI 1010. Laju korosi yang terkecil diperoleh pada penambahan inhibitor antimikroba sebesar 0 ppm karena kandungan klorinnya sedikit.

5.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, disarankan:

1. Menambahkan variasi pencampuran antara inhibitor korosi kerak dan inhibitor antimikroba pada penelitian selanjutnya untuk melihat pengaruh inhibitor pada aplikasi sebenarnya.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

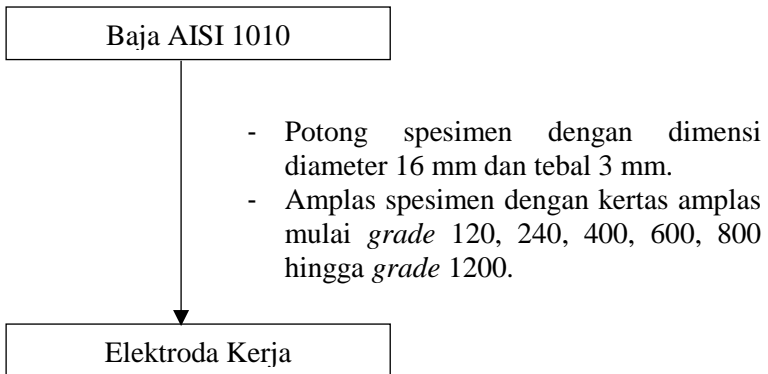
DAFTAR PUSTAKA

- _____. 2003. *ASM Handbook Volume 13A, Corrosion : Fundamentals, Testing, and Protection*. USA : ASM International.
- Adam, Faris. 2016. *Pengaruh pH, Kecepatan Putar, dan Penambahan Asam Asetat terhadap Karakteristik CO₂ Corrosion pada Baja ASME SA 616 Grade 70*. Surabaya: Departemen Teknik Material Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Diyah, Elizabeth. 2004. *Pengaruh Inhibitor Korosi terhadap Bahan Sistem Pendingin Sekunder RSG-GAS*. Serpong: BATAN.
- Diyah, Setyo. 2008. *Pengaruh Penambahan Biosida Pengoksidasi terhadap Kandungan Klorin Untuk Pengendalian Pertumbuhan Mikroorganisme pada Air Pendingin Sekunder RSG-GAS*. Serpong: BATAN.
- Diyah, Setyo. 2010. *Pemantauan Kandungan Orofosfat sebagai Parameter Uji pengoperasian Ssitem Injeksi Inhibitor Korosi (PAQ 2) pada Sistem Pendingin sekunder RSG-GAS*. Serpong: BATAN.
- Febrianto, Sofia. 2010. *Analisis Laju Korosi dengan Penambahan Inhibitor Korosi Pada Pipa Sekunder Reaktor RSG-GAS*. Serpong: BATAN.
- Firmansyah, Dede. 2011. *Studi Inhibisi Korosi Baja Karbon Dalam Larutan Asam 1 M HCL Oleh Ekstrak Daun Sirsak (Annona Muricata)*. Depok : Teknik Metalurgi dan Material UI.
- Fontana. Mars. G. 1986. *Corrosion Engineering, 3rd Edition*. Houston : McGraw-Hill.
- Jones. Denny A. 1996. *Principles and Prevention of Corrosion 2nd Edition Handbook*, Maxwell Macmillan: Singapura.
- Mistry, B.D. 2009. *A handbook of Spectroscopic Data Chemistry*. India : Oxford Book Company

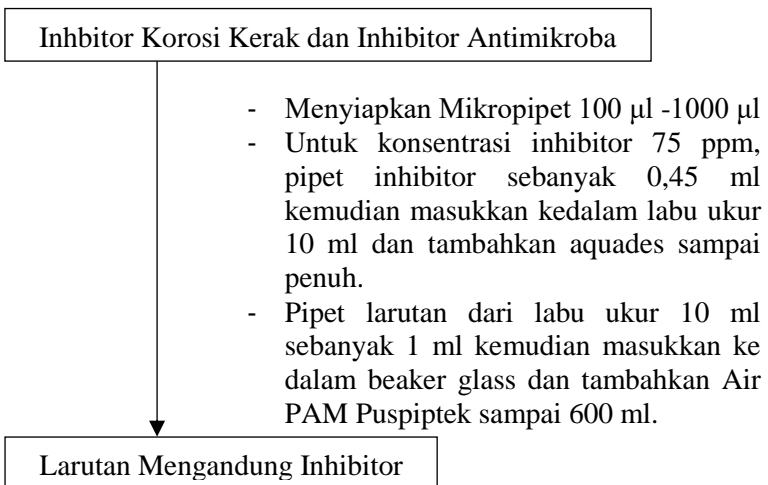
- Paksi, Dekanita Estrie. 2015. *Pengaruh Penambahan Suplemen Vitamin C pada Inhibitor Ekstrak Kulit Kacang Tanah Terhadap Performa Proteksi Korosi Baja API 5L Grade B di Lingkungan Asam dan Netral*. Surabaya: Departemen Teknik Material Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Ravelia, Dendra. 2016. *Pengaruh pH, Kecepatan Putar dan Konsentrasi Inhibitor Berbasis Imidazoline terhadap Laju Korosi Baja AISI 1045 di Lingkungan yang Mengandung Gas CO₂*. Surabaya: Departemen Teknik Material Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Roberge, Pierre R. 1999. *Handbook of Corrosion Engineering*. New York : McGraw-Hill Book Company.
- Singh, AK, M.A. Quraishi, Eno E. Ebenso, "Investigation of adsorption characteristics of N,N0 [(methylimino) dimethylidyne] di-2,4-xylidine as corrosion inhibitor at mild steel/sulphuric acid interface," *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, vol. 43, pp. 463–472, 2012.
- Sumijanto. 2006. *Analisis Efektivitas Hidrazin (N₂H₄) sebagai Alternatif Inhibitor Korosi pada Sistem Pendingin Sekunder RSG-GAS*. Serpong: BATAN.
- Uhlig. 2008. *Corrosion and Corrosion Control. An introduction to corrosion science and engineering, 4th edition* : John Willey and Sons.
- William D. Callister. 2000. *Materials Science and Engineering, An Introduction*, 6th ed., John Wiley & Son, Inc.
- Zhang, Guoan. 2007. *Evaluation of inhibition efficiency of an imidazoline derivative in CO₂-containing aqueous solution*. Beijing : China University xof Petroleum.

LAMPIRAN

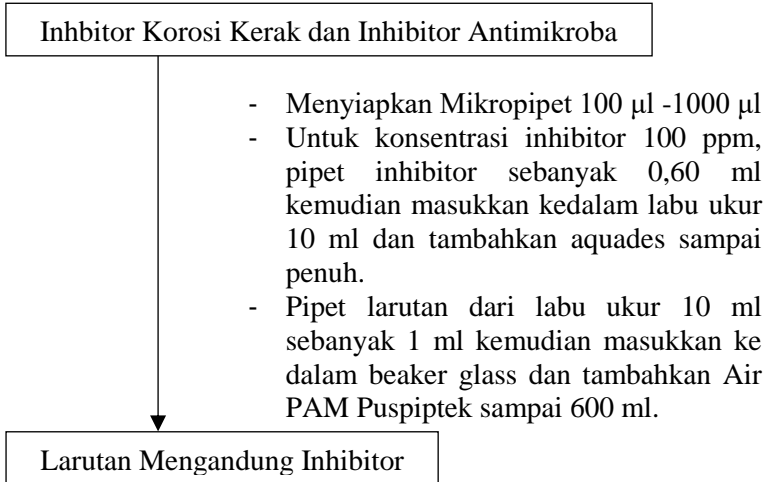
1. Pembuatan Elektroda Kerja



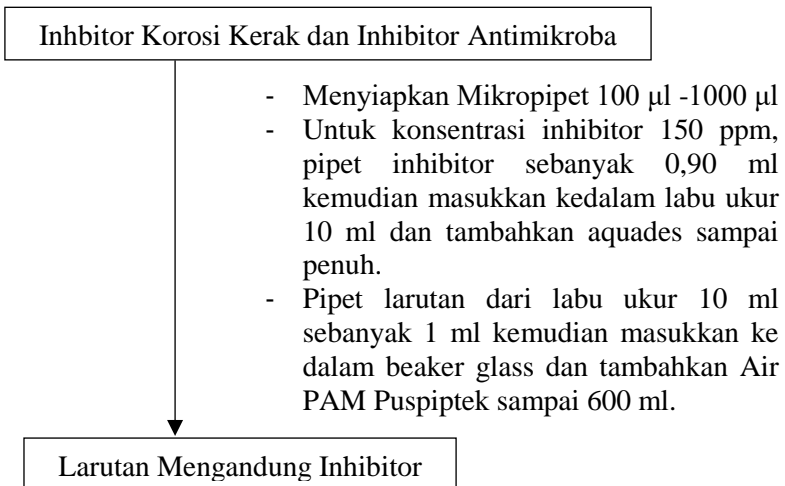
2. Preparasi Inhibitor Korosi Kerak dan Inhibitor Antimikroba dengan Konsentrasi 75 ppm



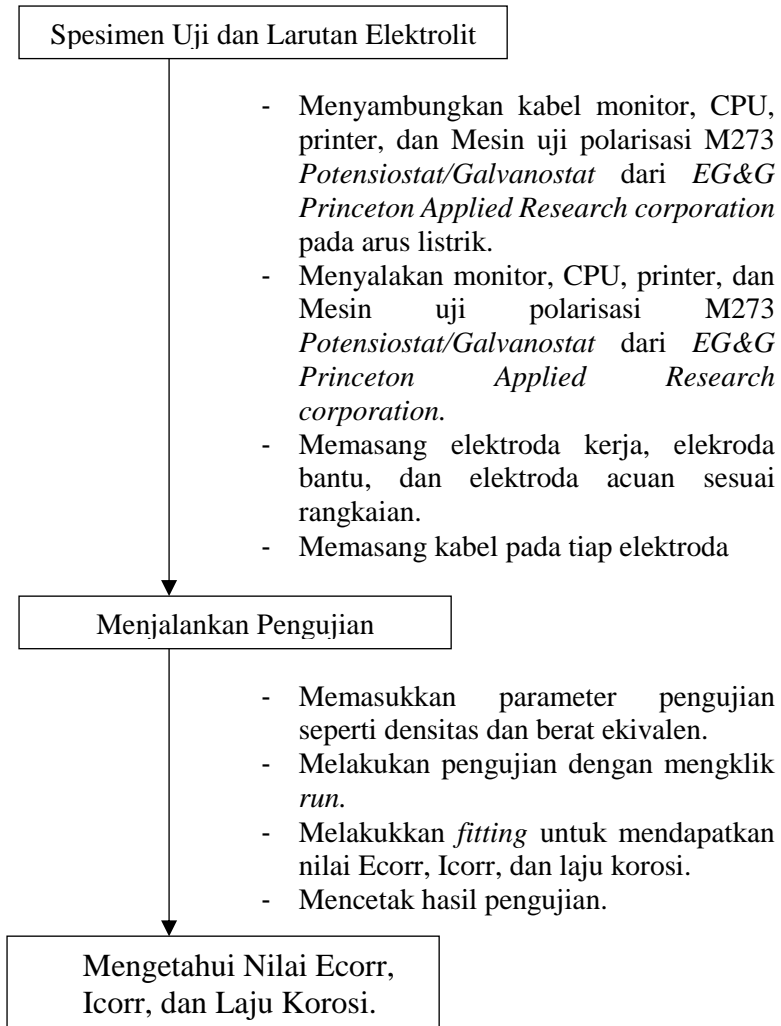
3. Preparasi Inhibitor Korosi Kerak dan Inhibitor Antimikroba dengan Konsentrasi 100 ppm



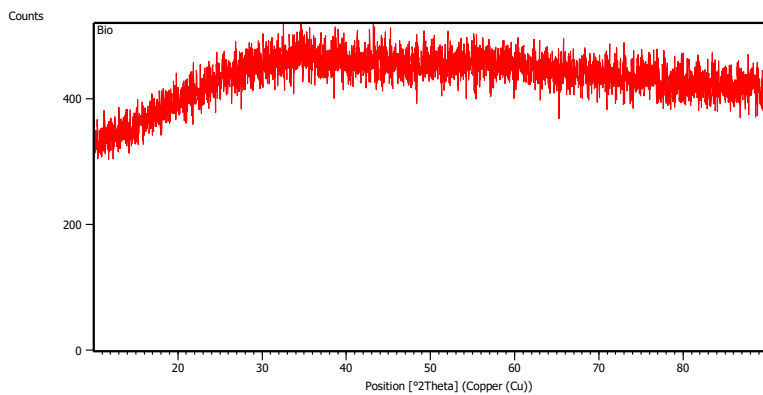
4. Preparasi Inhibitor Korosi Kerak dan Inhibitor Antimikroba dengan Konsentrasi 150 ppm



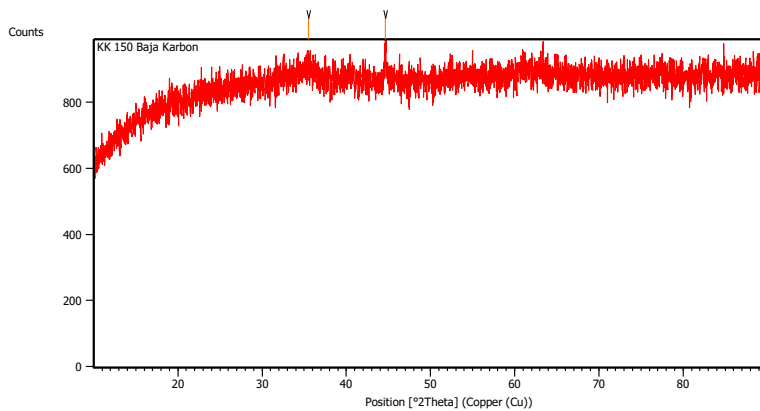
5. Pengujian Polarisasi



6. Hasil Pengujian XRD



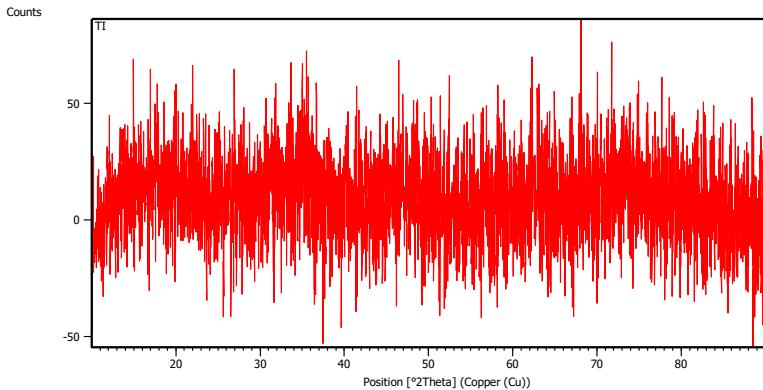
Gambar 1. Hasil Pengujian XRD pada Spesimen tanpa Penambahan Inhibitor



Gambar 2. Hasil Pengujian XRD pada Spesimen dengan Penambahan Inhibitor Korosi Kerak 150 ppm

Peak List: (Bookmark 3)

Pos. [$^{\circ}2\theta$.]	Height [cts]	FWHM Left [$^{\circ}2\theta$.]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
35.5029	42.90	0.0900	2.52649	45.63
44.6383	94.02	0.2448	2.02836	100.00



Gambar 3. Hasil Pengujian XRD pada Spesimen dengan Penambahan Antimikroba 75 ppm

7. PDF Card

7.1 Spesimen tanpa Penambahan Inhibitor

a. FeOOH

PDF#18-0639: QM=Intermediate; d=Other/Unknown;

I=(Unknown)

Iron Oxide Hydroxide

FeOOH

Radiation=CuK α 1 Lambda=1.5406 Filter=

Calibration= d-Cutoff= I/Ic(RIR)=

Ref= Level-1 PDF

Orthorhombic(Unknown) Z= mp=

Cell=10.7x9.8x2.964<90x90x90> Pearson=

Density(c)=0.475 Density(m)= Mwt= Vol=

Ref= Ibid.

Strong Line: 2.50/X 1.63/7 3.14/4 2.68/4 1.48/4 2.28/4 1.45/4
2.19/4

d(A)	I(f)	I(v)	h	k	l	n ²	2-Theta	Theta	1/(2d)	2pi/d
2.500	100.0	93.0	2	1	1		35.891	17.945	0.2000	2.5133
1.634	70.0	100.0	0	6	0		56.251	28.126	0.3060	3.8453
3.140	40.0	30.0	1	3	0		28.401	14.200	0.1592	2.0010
2.680	40.0	35.0	4	0	0		33.407	16.703	0.1866	2.3445
1.482	40.0	63.0	0	0	2		62.632	31.316	0.3374	4.2397
2.280	40.0	41.0	3	0	1		39.491	19.745	0.2193	2.7558
1.452	40.0	64.0	1	1	2		64.078	32.039	0.3444	4.3273
2.190	40.0	43.0	0	3	1		41.186	20.593	0.2283	2.8690
1.858	20.0	25.0	1	4	1		48.985	24.493	0.2691	3.3817
3.340	20.0	14.0	3	1	0		26.667	13.334	0.1497	1.8812
1.948	20.0	24.0	4	1	1		46.584	23.292	0.2567	3.2255
5.400	5.0	2.0	2	0	0		16.402	8.201	0.0926	1.1636
4.900	5.0	2.0	0	2	0		18.089	9.044	0.1020	1.2823

7.2 Spesimen dengan Penambahan Inhibitor Korosi Kerak

a. FeOOH

PDF#18-0639; QM=Intermediate; d=Other/Unknown;

I=(Unknown)

Iron Oxide Hydroxide

FeOOH

Radiation=CuKα1 Lambda=1.5406 Filter=

Calibration= d-Cutoff= I/Ic(RIR)=

Ref= Level-1 PDF

Orthorhombic(Unknown) Z= mp=

Cell=10.7x9.8x2.964<90x90x90> Pearson=

Density(c)=0.475 Density(m)= Mwt= Vol=

Ref= Ibid.

Strong Line: 2.50/X 1.63/7 3.14/4 2.68/4 1.48/4 2.28/4 1.45/4
2.19/4

d(A)	I(f)	I(v)	h	k	l	n ²	2-Theta	Theta	1/(2d)	2pi/d
2.500	100.0	93.0	2	1	1		35.891	17.945	0.2000	2.5133
1.634	70.0	100.0	0	6	0		56.251	28.126	0.3060	3.8453
3.140	40.0	30.0	1	3	0		28.401	14.200	0.1592	2.0010
2.680	40.0	35.0	4	0	0		33.407	16.703	0.1866	2.3445
1.482	40.0	63.0	0	0	2		62.632	31.316	0.3374	4.2397
2.280	40.0	41.0	3	0	1		39.491	19.745	0.2193	2.7558
1.452	40.0	64.0	1	1	2		64.078	32.039	0.3444	4.3273
2.190	40.0	43.0	0	3	1		41.186	20.593	0.2283	2.8690
1.858	20.0	25.0	1	4	1		48.985	24.493	0.2691	3.3817
3.340	20.0	14.0	3	1	0		26.667	13.334	0.1497	1.8812
1.948	20.0	24.0	4	1	1		46.584	23.292	0.2567	3.2255
5.400	5.0	2.0	2	0	0		16.402	8.201	0.0926	1.1636
4.900	5.0	2.0	0	2	0		18.089	9.044	0.1020	1.2823

b. Fe

PDF#06-0696: QM=Star/Calculated; d=Other/Unknown;

I=(Unknown)

Iron, syn

Fe
 Radiation=CuKα1 Lambda=1.5406 Filter=
 Calibration= d-Cutoff= I/Ic(RIR)=
 Ref= Level-1 PDF

Cubic, Im-3m(229) Z=2 mp=
 Cell=2.866x2.866x2.866<90x90x90> Pearson=
 Density(c)=7.874 Density(m)= Mwt= Vol=
 Ref= Ibid.

Strong Line: 2.03/X 1.17/3 1.43/2 0.91/1 1.01/1 0.83/1

d(A)	I(f)	I(v)	h	k	l	n ²	2-Theta	Theta	1/(2d)	2pi/d
2.026	100.0	100.0	1	1	0	2	44.673	22.337	0.2467	3.1001
1.433	20.0	28.0	2	0	0	4	65.021	32.511	0.3489	4.3840
1.170	30.0	52.0	2	1	1	6	82.333	41.166	0.4273	5.3693
1.013	10.0	20.0	2	2	0	8	98.945	49.473	0.4934	6.2001
0.906	12.0	27.0	3	1	0	10	116.385	58.192	0.5516	6.9320
0.827	6.0	15.0	2	2	2	12	137.136	68.568	0.6042	7.5930

7.3 Spesimen dengan Penambahan Inhibitor Antimikroba

a. FeOOH

PDF#18-0639: QM=Intermediate; d=Other/Unknown;

I=(Unknown)

Iron Oxide Hydroxide

FeOOH

Radiation=CuKα1 Lambda=1.5406 Filter=
 Calibration= d-Cutoff= I/Ic(RIR)=
 Ref= Level-1 PDF

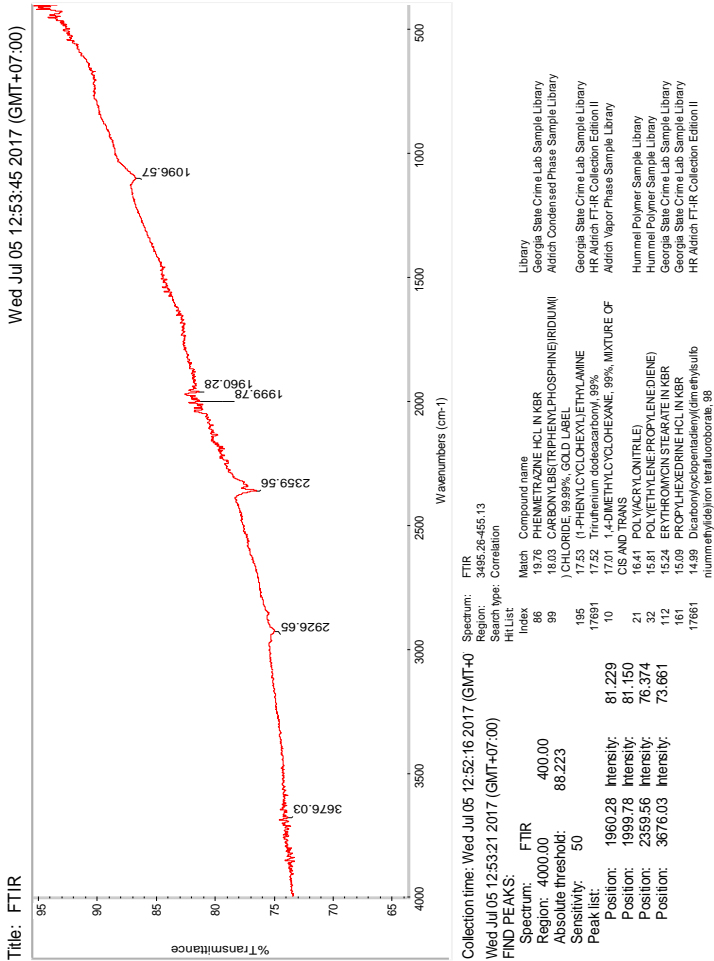
Orthorhombic(Unknown) Z= mp=
 Cell=10.7x9.8x2.964<90x90x90> Pearson=

Density(c)=0.475 Density(m)= Mwt= Vol=
 Ref= Ibid.

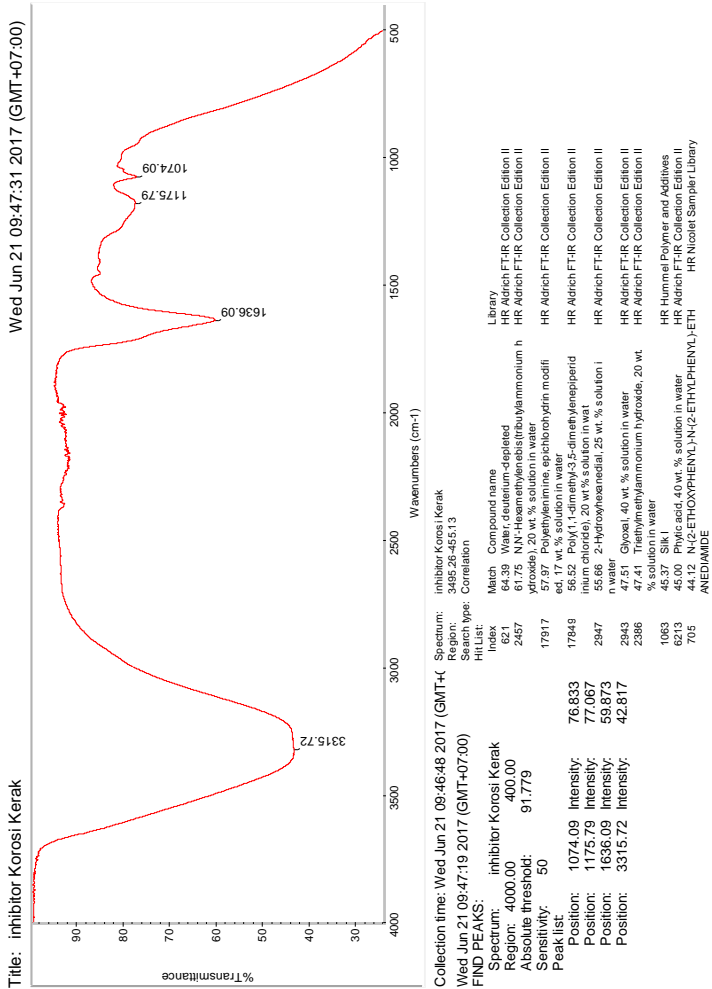
Strong Line: 2.50/X 1.63/7 3.14/4 2.68/4 1.48/4 2.28/4 1.45/4
 2.19/4

d(A)	I(f)	I(v)	h	k	l	n ²	2-Theta	Theta	1/(2d)	2pi/d
2.500	100.0	93.0	2	1	1		35.891	17.945	0.2000	2.5133
1.634	70.0	100.0	0	6	0		56.251	28.126	0.3060	3.8453
3.140	40.0	30.0	1	3	0		28.401	14.200	0.1592	2.0010
2.680	40.0	35.0	4	0	0		33.407	16.703	0.1866	2.3445
1.482	40.0	63.0	0	0	2		62.632	31.316	0.3374	4.2397
2.280	40.0	41.0	3	0	1		39.491	19.745	0.2193	2.7558
1.452	40.0	64.0	1	1	2		64.078	32.039	0.3444	4.3273
2.190	40.0	43.0	0	3	1		41.186	20.593	0.2283	2.8690
1.858	20.0	25.0	1	4	1		48.985	24.493	0.2691	3.3817
3.340	20.0	14.0	3	1	0		26.667	13.334	0.1497	1.8812
1.948	20.0	24.0	4	1	1		46.584	23.292	0.2567	3.2255
5.400	5.0	2.0	2	0	0		16.402	8.201	0.0926	1.1636
4.900	5.0	2.0	0	2	0		18.089	9.044	0.1020	1.2823

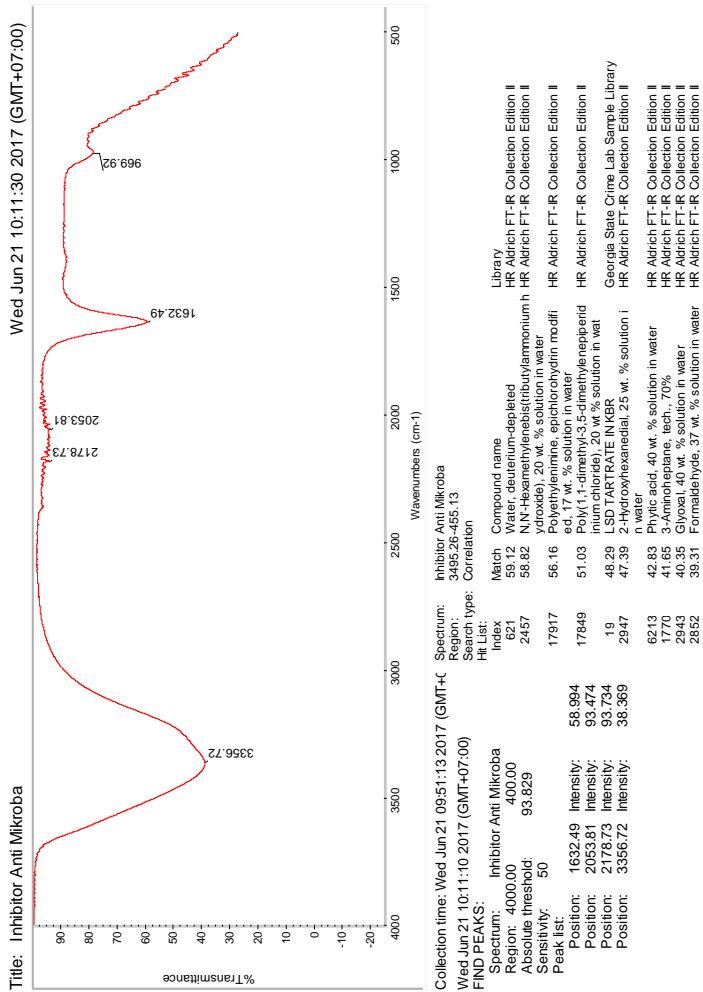
8. Hasil Pengujian FTIR



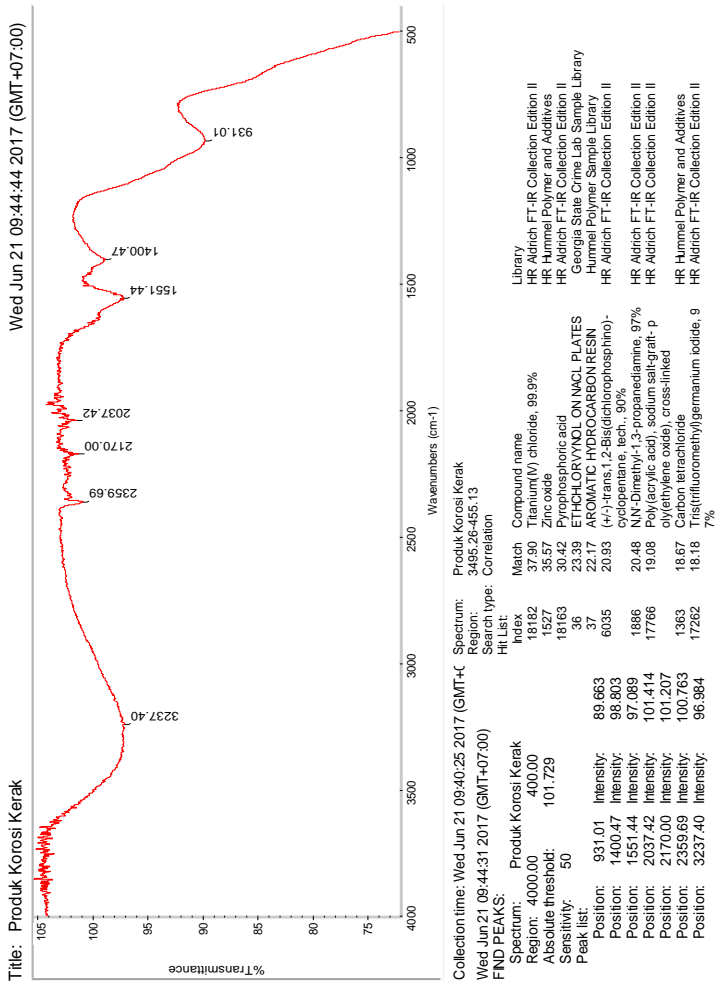
Gambar 4. Hasil Pengujian FTIR pada Baja AISI 1010



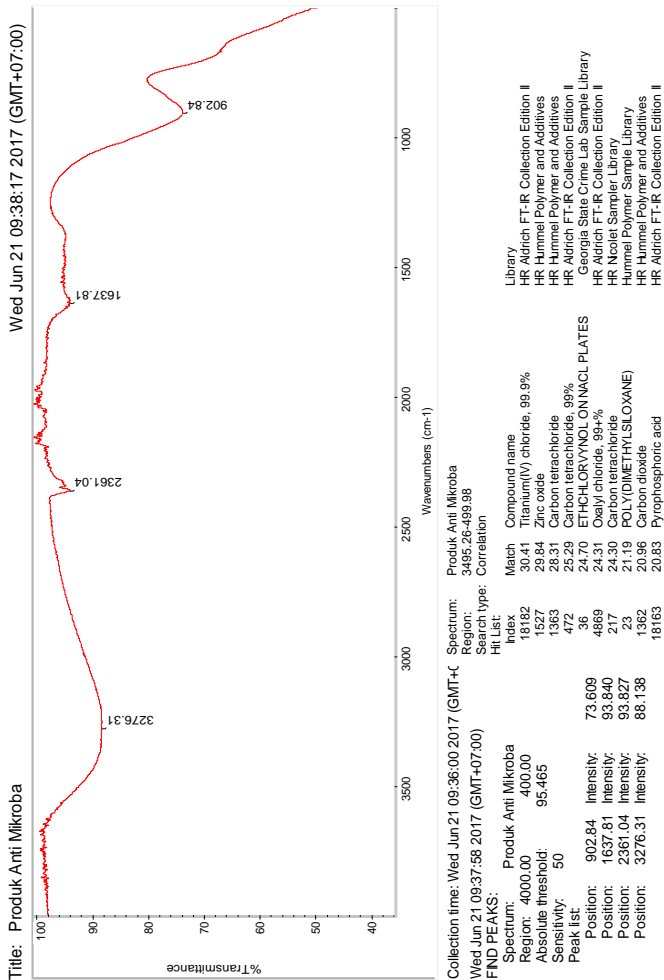
Gambar 5. Hasil Pengujian FTIR pada Inhibitor Korosi Keramik



Gambar 6. Hasil Pengujian FTIR pada Inhibitor Antimikroba



Gambar 7. Hasil Pengujian FTIR pada Spesimen dengan Penambahan Inhibitor Korosi Kerak 150 ppm



Gambar 8. Hasil Pengujian FTIR pada Spesimen dengan Penambahan Inhibitor Antimikroba 150 ppm

9. Perhitungan Konsentrasi Inhibitor

Diketahui :

- konsentrasi inhibitor dalam larutan adalah 75 ppm, 100 ppm, dan 150 ppm.
- Larutan elektrolit = 600 ml

Ditanya : volume inhibitor yang dimasukkan ke dalam larutan

Jawab : $1 \text{ ppm} = \frac{1 \text{ mg inhibitor}}{\text{liter larutan}}$

- 75 ppm

$$75 \text{ ppm} = \frac{\text{mg inhibitor}}{0,6} = 45 \text{ mg}$$

- 100 ppm

$$100 \text{ ppm} = \frac{\text{mg inhibitor}}{0,6} = 60 \text{ mg}$$

- 150 ppm

$$150 \text{ ppm} = \frac{\text{mg inhibitor}}{0,6} = 90 \text{ mg}$$

10. Perhitungan Efisiensi Inhibitor

Diketahui : $CR_{uninhibited}$ dan $CR_{inhibited}$

Ditanya : IE (Efisiensi Inhibitor)

Jawab :

Contoh perhitungan

- Pada larutan dengan konsentrasi inhibitor korosi kerak 150 ppm.

$$IE = 100 \% \frac{CR_{uninhibited} - CR_{inhibited}}{CR_{uninhibited}}$$

$$IE = 100\% \frac{10,95 - 6,02}{10,95}$$

$$IE = 45,02 \%$$

11. Perhitungan Langmuir Isotherm

Diketahui :

- θ = derajat *surface coverage*
- IE% = efisiensi inhibitor (%)
- R = Konstanta Gas Ideal (8,314 J/mol K)
- T = temperatur kamar (298 K)

Ditanya : K_{ads} dan ΔG^0 ?

Jawab :

Contoh perhitungan untuk variasi inhibitor korosi kerak dengan konsentrasi 150 ppm dengan nilai IE% = 45,2 %

Mencari nilai θ :

$$\theta = \frac{IE\%}{100}$$

$$\theta = \frac{45,2}{100}$$

$$\theta = 0,452$$

Mencari nilai K_{ads} :

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

$$K_{ads} = \frac{0,452}{150(1-0,452)}$$

$$K_{ads} = 0,0054987$$


Menacari nilai ΔG^0 :

$$\Delta G^0 = -RT \ln (55,5 \times K_{ads})$$

$$\Delta G^0 = -(8,314 \text{ J/mol K})(298 \text{ K}) \ln (55,5 \times 0,0054987)$$

$$\Delta G^0 = 2940,532485 \text{ J/mol}; \Delta G^0 = 2,94 \text{ KJ/mol}$$

12. Hasil Pengujian OES


barata indonesia PT. (PERSERO)

UNIT FOUNDRY GRESIK

Chemical Results

Sample No : _____ Customer : _____

Furnace : _____ Name of Equipment : _____

Heat No : _____ Order No : _____

Lab. No : 04032017/000 Material : _____

Spektroanalyzer Foundry-MASTER Grade :

	Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni
1	98,9	0,113	0,297	0,538	0,0194	0,0210	0,0068	0,0011	0,0139
2	98,8	0,106	0,246	0,601	0,0184	0,0228	0,0082	0,0026	0,0143
Ave	98,9	0,109	0,271	0,570	0,0189	0,0219	0,0075	0,0019	0,0141

	Al	Co	Cu	Nb	Ti	V	W	Pb	Sn
1	0,0082	0,0075	< 0,0005	0,0111	0,0020	< 0,0010	0,0174	< 0,0025	0,0018
2	0,0065	0,0130	0,0115	0,0201	< 0,0010	< 0,0010	0,0173	0,0027	0,0051
Ave	0,0074	0,0103	0,0057	0,0156	0,0010	< 0,0010	0,0174	< 0,0025	0,0034

	B	Ca	Zr	Bi	As	N	Sh
1	0,0004	< 0,0001	< 0,0015	< 0,0050	0,0058	< 0,0050	< 0,0030
2	0,0007	< 0,0001	< 0,0015	< 0,0050	0,0053	< 0,0050	< 0,0030
Ave	0,0006	< 0,0001	< 0,0015	< 0,0050	0,0055	< 0,0050	< 0,0030

Town	Date	Tester	QC. Manager
Gresik - Jatim	04/04/2017	Agung Setiawan	Ribut Setiawan. ST

Jl. VETERAN No. 241 GRESIK 61123
 Telp. (031) 3990555 Fax. (031) 3990666
 Web: www.barata.co.id e-mail: info@barata.co.id

13. Kualitas Air PAM Puspiptek

NO	Specification	Raw Water Quality		
		Standard	Test Result	
1	pH	7-7,5	7,10	7,12
2	Conductivity	150 μ S/cm	148 μ S/cm	146 μ S/cm
3	Fe	1 ppm	0,04 ppm	0,038
4	SO ₄ ²⁻	67,8 ppm	14 ppm	16 ppm
5	Silica HR	-	22,9 ppm	23 ppm
6	P reactive	-	0,07 ppm	0,075 ppm
7	Cl ⁻	7,1 ppm	9 ppm	9,2 ppm
8	Hardness Total	40 ppm	40 ppm	42 ppm
9	HI	-	41 ppm	40 ppm
10	Ca	34 ppm	32 ppm	34 ppm
11	SiO ₂	-	24,1 ppm	24 ppm

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Jan Weslin Saragih merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Resmaludin Saragih dan Rida Hermi Purba. Penulis menyelesaikan studi formalnya di SDN 097380 Banjaran, SMP RK Bintang Timur Pematangsiantar, dan SMA RK Budi Mulia Pematangsiantar. Setelah lulus dari SMA penulis diterima menjadi mahasiswa di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS melalui jalur SBMPTN pada tahun

2013.

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten laboratorium kimia analitik dan staff departemen perekonomian Perhimpunan Mahasiswa Metalurgi dan Material se-Indonesia. Selain itu, penulis juga pernah melakukan kerja praktek di PT. PUSRI Palembang. Penulis mengambil Tugas Akhir pada bidang studi Korosi dan Analisa Kegagalan.

Penulis dapat dihubungi melalui nomor HP 081375972892 dan email janweslins@gmail.com

(Halaman ini sengaja dikosongkan)