



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR – TL 141584

**STUDI KINERJA PENGARUH PENCAMPURAN
INHIBITOR EKSTRAK DAUN PEGAGAN DENGAN
INHIBITOR SARANG SEMUT DAN INHIBITOR
EKSTRAK DAUN URANG-ARING DENGAN
INHIBITOR EKSTRAK SARANG SEMUT TERHADAP
KETAHANAN KOROSI BAJA API 5L GRADE B
DALAM LARUTAN 1M HCL DENGAN VARIASI
TEMPERATURE**

**MOCHAMAD ALVAN MIFTA CHUSURURI
NRP.02511440000122**

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

**DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



TUGAS AKHIR – TL 141584

**STUDI KINERJA PENGARUH PENCAMPURAN
INHIBITOR EKSTRAK DAUN PEGAGAN DENGAN
INHIBITOR SARANG SEMUT DAN INHIBITOR
EKSTRAK DAUN URANG-ARING DENGAN
INHIBITOR EKSTRAK SARANG SEMUT
TERHADAP KETAHANAN KOROSI BAJA API 5L
GRADE B DALAM LARUTAN 1M HCL DENGAN
VARIASI TEMPERATURE**

**MOCHAMAD ALVAN MIFTA CHUSURURI
NRP.0251144000122**

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

**DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



FINAL PROJECT – TL 141584

**STUDY EFFECT OF ADDING EXTRACT PEGAGAN
INHIBITOR WITH EXTRACT SARANG SEMUT AND
EXTRACT URANG ARING INHIBITOR WITH
EXTRACT SARANG SEMUT INHIBITOR ON
CORROSION RESISTANCE OF STEEL API 5L
GRADE B IN 1M HCL SOLUTION WITH
TEMPERATURE VARIOUS**

**MOCHAMAD ALVAN MIFTA CHUSURURI
NRP.0251144000122**

Supervisor :
Prof. Dr. Ir, Sulistijono, DEA
Tubagus Noor Rohmannudin, ST, M.Sc

**DEPARTMENT OF MATERIAL ENGINEERING
INDUSTRIAL TECHNOLOGY FACULTY
INSTITUT TECHNOLOGY OF SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI KINERJA PENGARUH PENCAMPURAN INHIBITOR EKSTRAK DAUN PEGAGAN DENGAN INHIBITOR SARANG SEMUT DAN INHIBITOR EKSTRAK DAUN URANG-ARING DENGAN INHIBITOR EKSTRAK SARANG SEMUT TERHADAP KETAHANAN KOROSI BAJA API 5L GRADE B DALAM LARUTAN 1M HCL DENGAN VARIASI TEMPERATURE

TUGAS AKHIR

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

Oleh :

Mochamad Alvan Mifta Chusururi

NRP. 0251144000122

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir

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





STUDI KINERJA PENGARUH PENCAMPURAN INHIBITOR EKSTRAK DAUN PEGAGAN DENGAN INHIBITOR SARANG SEMUT DAN INHIBITOR EKSTRAK DAUN URANG-ARING DENGAN INHIBITOR EKSTRAK SARANG SEMUT TERHADAP KETAHANAN KOROSI BAJA API 5L GRADE B DALAM LARUTAN 1M HCL DENGAN VARIASI TEMPERATURE

Nama : Mochamad Alvan Mifta Chusururi
NRP : 02511440000122
Departemen : Teknik Material
Dosen Pembimbing 1 : Prof. Dr. Ir, Sulistijono, DEA
Dosen Pembimbing 2 : Tubagus Noor Rohmannudin, ST, M.Sc

ABSTRAK

Inhibitor organic memiliki beberapa kelebihan daripada inhibitor anorganik, antara lain: bersifat aman, biodegradable, dan ramah lingkungan dan tentunya harga yang murah, namun inhibitor organic memiliki kelemahan yaitu mengalami kerusakan pada kenaikan temperature, sehingga tidak bisa digunakan pada pipa baja di industri minyak dan gas bumi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh pencampuran inhibitor Centella asiatica (pegagan) dengan inhibitor Myrmecodia Pendans (sarang semut) dan inhibitor Eclipta alba (urang aring) dengan inhibitor Myrmecodia Pendans (sarang semut) terhadap ketahanan korosi baja API 5L Grade B pada kenaikan temperature. Pengujian Pada penelitian ini menggunakan FTIR, Weightloss, Electrochemical, SEM dan EDS. Perbandingan konsentrasi terbaik yang didapatkan pada penelitaian ini adalah 70CA+30MP(%wt) dan 70EA+30MP(%wt). Pada pengujian FTIR menunjukkan beberapa gugus fungsi seperti O-H; $C\equiv N$; NH_3^+ dan



NO₂ yang teradsorpsi pada permukaan baja. Pada pengujian polarisasi menunjukkan kedua konsentrasi bertipe mixing inhibitor kecuali pada konsentrasi 70EA+30MP(%wt) ditemperature 50°C bertipe anodic inhibitor. Pengujian EIS menunjukkan laju korosi logam dengan pencampuran inhibitor dikontrol oleh proses difusi. Pengujian SEM terlihat terbentuk lapisan barrier akibat adsorpsi molekul inhibitor dan EDS menunjukkan persebaran atom N dan S. dengan nilai efisiensi maksimum pada konsentrasi 70CA+30MP(%wt) adalah 91.53583% pada temperature 70°C dan konsentrasi 70EA+30MP(%wt) 90.54553% pada temperature 40°C. Mekanisme ikatan secara kimia dengan kenaikan temperature .

Kata Kunci: *Inhibitor Korosi, Potensiodinamik, Electrochemichal Impedance Spectroscopy, Weightloss*



STUDY EFFECT OF ADDING EXTRACT PEGAGAN INHIBITOR WITH EXTRACT SARANG SEMUT AND EXTRACT URANG ARING INHIBITOR WITH EXTRACT SARANG SEMUT INHIBITOR ON CORROSION RESISTANCE OF STEEL API 5L GRADE B IN 1M HCL SOLUTION WITH TEMPERATURE VARIOUS

Name : Mochamad Alvan Mifta Chusururi
NRP : 02511440000122
Department : Material Engineering
Supervisor 1 : Prof. Dr. Ir, Sulistijono, DEA
Supervisor 2 : Tubagus Noor Rohmannudin, ST, M.Sc

ABSTRACT

Organic inhibitors have some advantages over inorganic inhibitors, among others: safe, biodegradable, and environmentally friendly and of course cheap price, but organic inhibitors have a weakness that is damaged at the rise in temperature so it can not be used in oil pipelines in oil and gas industry. This study aims to analyze the effect of mixing of Centella asiatica (pegagan) inhibitor with Myrmecodia Pendans (sarang semut) inhibitor and inhibitor Eclipta alba (urang aring) with Myrmecodia Pendans(sarang semut) inhibitor on steel corrosion resistance of API 5L Grade B at temperature rise. Tests In this study used FTIR, Weightloss, Electrochemical, SEM, EDS. Comparison The best concentrations obtained in this study were 70CA + 30MP (wt%) and 70EA + 30MP (% wt). The FTIR test shows several functional groups such as O-H; C≡N; NH₃⁺ and NO₂ are adsorbed on the steel surface. In the polarization test showed both concentration of type mixing inhibitor except at concentration 70EA + 30MP (% wt) at 50°C type anodic inhibitor.



The EIS test shows that the rate of corrosion of metals with controlled by the diffusion process. SEM testing appears to form a barrier layer due to adsorption of molecular inhibitors and EDS shows the spread of N and S. atoms with maximum efficiency value at 70CA + 30MP (% wt) concentration is 91.53583% at 70 ° C and 70EA + 30MP (% wt) 90.54553 % at 40 ° C. Chemical bonding mechanism with temperature rise.

Key Word: *Corrosion Inhibitor, Electrochemical Impedance Spectroscopy, Weightloss*



KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr.Wb.

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan nikmat, anugerah, serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir pada jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS yang berjudul **“Studi Kinerja Pengaruh Pencampuran Inhibitor Ekstrak Daun Pegagan dengan Inhibitor Sarang Semut dan Ekstrak Daun Urang-aring dengan Inhibitor Ekstrak Sarang Semut terhadap Ketahanan Korosi Baja API 5L Grade B dalam Larutan 1M HCl dengan Variasi Temperature ”** Tugas Akhir ini disusun untuk melengkapi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di jurusan Teknik Material dan Metalurgi 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. Allah SWT karena dengan rahmat dan kuasa-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan baik dan tepat waktu.
2. Orang tua Penulis, Bapak Mudawari Alwi dan Ibu Yayuk Ruqoiyah yang telah mendukung penulis melalui doa, motivasi dan semangat.
3. KH.Thoha Daughlas Yahya dan Habib Lutfi bin Yahya selaku guru yang memberikan doa dan motivasi dan sebagai panutan
4. Bapak Prof. Dr. Ir, Sulistijono, DEA selaku dosen pembimbing tugas akhir dan telah memberikan ilmu, bimbingan serta wawasan kepada penulis, dan menjadi panutan penulis.



5. Bapak Tubagus Noor Rohmannudin, ST, M.Sc. selaku dosen copembimbing tugas akhir penulis yang telah memberikan arahan saat menulis Tugas akhir ini.
6. Bapak Budi Agung Kurniawan, ST. M.Sc. selaku Dosen Wali penulis pada Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS.
7. Bapak Dr. Agung Purniawan, ST., M.Eng. selaku Ketua Jurusan pada Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS.
8. Anrio-Xhatmi Group Gopi yang selalu menemani dikala senang dan susah semoga dan selamannya bersama .
9. Group gopi SDI Al-huda
10. Alip selaku partner TA yang luarbiasa.
11. Ical teman sekamar yang hobinya menebar cinta.
12. Gerry dan Laily yang sangat berjasa tugas akhir dan jalan kehidupan ini.
13. Teman kopi Chang, Cino jowo, Habib, Megah, Kades, Sinung, Alif, Abrar, Bp, Brahmanu, Abyan, Azmi, Arifa dan masih banyak yang tak tersebutkan.
14. Vigita Maria sebagai teman diskusi yang juara.
15. Dosen dan karyawan yang telah membantu penulis untuk menyelesaikan perkuliahan di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS.
16. Teman-teman MT 16 yang selalu membantu penulis dengan baik.
17. Teman PP.Asyaadah Kota Kediri
18. Serta 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.

Surabaya, Juli 2018
Penulis,



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	viii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Teori Dasar Korosi.....	5
2.2 Mekanisme Korosi.....	9
2.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Laju Korosi.....	10
2.4 Pengaruh HCl terhadap Korosi.....	18
2.5 Klasifikasi Korosi.....	19
2.6 Metode Pengendalian Korosi.....	20
2.7 Inhibitor Korosi.....	23



2.8 Klasifikasi Inhibitor	24
2.8.1 Inhibitor Anorganik	25
2.8.2 Inhibitor Organik	29
2.9 Perhitungan Laju Korosi	35
2.9.1 Metode <i>Weight Loss</i>	35
2.9.2 Polarisasi Tafel	36
2.9.3 Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)	38
2.10 Sarang Semut	42
2.11 Pegagan	45
2.12 Urang Aring	49
2.13 Pelarut, Faktor, dan Jenis-Jenisnya	52
2.14 Flavonoid	55
2.14.1 Penggolongan Flavonoid	57
2.15 Triterpenoid	59
2.16 Alkaloid	63
2.17 Asam Amino	66
2.18 Penelitian Sebelumnya	68
BAB III	69
METODOLOGI PENELITIAN	69
3.1 Diagram Alir	69
3.2 Prosedur Peneletian	71
3.2.1 Studi Literatur	71
3.2.2 Experimental	71
3.2.3 Peralatan Penelitian	72
3.2.4 Bahan Penelitian	73



3.2.5 Preparasi Inhibitor	74
3.2.6 Preparasi Spesimen	77
3.2.7 Preparasi Larutan Elektrolit.....	79
3.2.8 Pengujian.....	79
3.2.9 Rancangan Pengambilan Data	84
BAB IV	91
HASIL DAN PEMBAHASAN	91
4.1 Analisis Data	91
4.1.1 Hasil Pengujian Weightloss.....	91
4.1.2 Hasil Pengujian Potentiodynamic	98
4.1.3 Hasil Pengujian Electrochemical Impedance Spectromety	107
4.1.4 Adsorpsi isotherm	116
4.1.5 Pengujian FTIR	117
4.1.6 Pengujian SEM dan EDS	121
4.2 Pembahasan	126
BAB V	133
KESIMPULAN DAN SARAN	133
5.1 Kesimpulan.....	133
5.2 Saran.....	133
DAFTAR PUSTAKA	xvii
LAMPIRAN A.....	xvii
BIOGRAFI PENULIS.....	lxv

(“Halaman ini sengaja dikosongkan”)



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pembentukan Sel Korosi.....	6
Gambar 2. 2 Anoda pada Sel Galvanik (Zaki, 2006).....	7
Gambar 2. 3 Reduksi Hidrogen pada Elektrolit Asam (Zaki, 2006)	7
Gambar 2. 4 Arus Mengalir pada Sel Galvanik (Zaki, 2006)	8
Gambar 2. 5 Pembentukan Karat pada Air Laut (Zaki, 2006)	10
Gambar 2. 6 Pengaruh Daya Oksidasi terhadap Laju Korosi (Sankara, 2014).....	12
Gambar 2. 7 Daya Oksidasi terhadap Jenis Material (Sankara, 2014).....	13
Gambar 2. 8 Pengaruh Oksigen terhadap Laju Korosi(Sankara, 2014).....	14
Gambar 2. 9 Pengaruh kecepatan angin terhadap laju reaksi (Sankara, 2014).....	15
Gambar 2.10 Pengaruh Temperatur Terhadap Laju Korosi (Sankara, 2014).....	16
Gambar 2.11 Pengaruh Konsentrasi terhadap Laju Reaksi (Sankara, 2014).....	17
Gambar 2.12 Sel Galvanik Logam Platinum dan Seng (Sankara, 2014).....	18
Gambar 2. 13 Klasifikasi Inhibitor Korosi (Sankara, 2014)	25
Gambar 2. 14 Diagram Polarisasi Anodik Inhibitor (Alexandre,2010)	26
Gambar 2. 15 Mekanisme Inhibitor Anodik (Alexandre,2010) ..	26
Gambar 2. 16 Polarisasi inhibitor katodik (Alexandre,2010)	28
Gambar 2. 17 Mekanisme efek katodik inhibitor disistem korosi (Alexandre,2010).....	28
Gambar 2. 18 Polarisasi inhibitor campuran (Alexandre,2010)..	30
Gambar 2. 19 Mekanisme organic inhibitor (Alexandre,2010) ..	30
Gambar 2. 20 Contoh grafik Polarisasi (Rahman 2016)	37
Gambar 2. 21 Perubahan kurva sinusoidal (Gamry Instruments, 2012)	39



Gambar 2. 22 Plot Nyquist dengan Vektor Impedansi (Gamry Instruments, 2012).....	40
Gambar 2. 23 Rangkaian listrik sederhana dengan satu model waktu konstan (Gamry Instruments, 2012).....	40
Gambar 2. 24 Aliran Nyquist.	41
Gambar 2. 25 Sarang Semut (Janti, 2015).....	44
Gambar 2. 26 Daun Pegagan (Sakshi, 2010).....	46
Gambar 2. 27 Asiatic acid derivatives (Sakshi, 2010).....	47
Gambar 2. 28 Madecassic acid (Sakshi, 2010).....	47
Gambar 2. 29 Asiaticoside (Sakshi, 2010).....	48
Gambar 2. 30 Daun urang aring (Jaglan, 2013).....	50
Gambar 2. 31 Wedelolactone (Shyamala,2012).....	51
Gambar 2. 32 Kerangka Flavonoid (Markham, 1988).....	55
Gambar 2. 33 Penomoran Flavonoid (Shashank, 2013).....	56
Gambar 2. 34 Turunan flavonoid (Shashank, 2013).....	58
Gambar 2. 35 Struktur skualena (Rustaman,2000).....	60
Gambar 2. 36 Struktur amberin (Rustaman,2000).....	60
Gambar 2. 37 Struktur lanosferol (Rustaman,2000).....	61
Gambar 2. 38 Struktur alpha amirin (Rustaman,2000).....	61
Gambar 2. 39 Saponin steroida (Farnsworth, 1966).	63
Gambar 2. 40 Saponin triterpenoida (Farnsworth, 1966).....	63
Gambar 2. 41 Tipe senyawa alkaloid (Tarek,2013).....	65
Gambar 2. 42 Kafein senyawa turunan alkaloid (Tarek,2013) ...	66
Gambar 2. 43 Contoh Senyawa Asam Amino.....	67
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	70
Gambar 3. 2 Alat rotary evaporator.....	72
Gambar 3. 3 Inhibitor sarang semut.....	75
Gambar 3. 4 Inhibitor daun urang aring.....	76
Gambar 3. 5 Inhibitor daun pegagan.....	77
Gambar 3. 6 Sampel Uji Weightloss.....	78
Gambar 3. 7 Sampel Uji Electrochemical.....	78
Gambar 3. 8 Alat FTIR.....	80
Gambar 3. 9 Pengujian Weightloss ke-1 dan ke-2.....	81
Gambar 3. 10 Pengujian Weightloss ke-3 Variasi Temperature.....	81



Gambar 3. 11 Pengujian Electrochemical Variasi Temperature .	83
Gambar 3. 12 Alat uji SEM dan EDX	84
Gambar 4. 1 Effisiensi masing masing inhibitor uji weightloss ke-1.....	93
Gambar 4. 2 Effisiensi inhibitor dengan ratio konsentrasi berbeda uji weightloss ke-2	96
Gambar 4. 3 Effisiensi inhibitor pada kenaikan temperature uji weightloss ke-3.....	98
Gambar 4. 4 Kurva tafel pada temperature 30°C	100
Gambar 4. 5 Kurva tafel pada temperature 40°C	101
Gambar 4. 6 Kurva tafel pada temperature 50°C	102
Gambar 4. 7 Kurva tafel pada temperature 60°C	103
Gambar 4. 8 Kurva tafel pada temperature 70°C	104
Gambar 4. 9 Grafik effisiensi uji potensiodinamik inhibitor dengan variasi temperature.....	107
Gambar 4. 10 Sirkuit equivalent pada pengujian EIS	108
Gambar 4. 11 Kurva Nyquist temperature 30°C.....	109
Gambar 4. 12 Kurva Nyquist temperature 40°C.....	110
Gambar 4. 13 Kurva Nyquist temperature 50°C.....	111
Gambar 4. 14 Kurva Nyquist temperature 60°C.....	112
Gambar 4. 15 Kurva Nyquist temperature 70°C.....	113
Gambar 4. 16 Grafik effisiensi pengujian EIS variasi temperature	116
Gambar 4. 17 kurva FTIR adsorpsi molekul inhibitor 70%EA+30%MP pada baja setelah immerse	120
Gambar 4. 18 kurva FTIR adsorpsi molekul inhibitor 70%CA+30%MP pada baja setelah immerse	120
Gambar 4. 19 uji SEM morfologi permukaan baja dengan (a) SEM baja sebelum immerse (b) SEM baja setelah immerse tanpa inhibitor (c) SEM baja setelah immerse inhibitor 70EA+30MP(% wt) (d) SEM baja setelah immerse inhibitor 70CA+30MP(% wt)...	122
Gambar 4. 20 Gambar 4.23 Uji EDX baja (a) sebelum immerse (b) sesudah immerse tanpa inhibitor (c) sesudah immerse konsntrasi 70CA+30MP(% wt) dan (d)	



sesudah immerse konsentrasi 70CA+30MP(% wt)
..... 125



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan adsorbs fisik dan adsorbs kimia (Firmansyah,2011).....	33
Tabel 2. 2 Kandungan senyawa kimia umbi sarang semut secara umum (Janti Sudiono,2015).....	45
Tabel 2. 3 Kandungan kimia daun pegagan secara umum (Rashmi Saxena Pal,2016)	49
Tabel 2. 4 Kandungan dalam urang aring (Dharmender Jaglan,2013)	51
Tabel 2. 5 Kandungan senyawa kimia daun urang aring secara umum (Sharma Ambika,2011).....	52
Tabel 2. 6 Konstanta Dielektrikum Pelarut Organik (Sudarmadji, 1989)	53
Tabel 2. 7 Penelitian Tentang Inhibitor Organik	68
Tabel 3. 1 Komposisi kimia baja API 5L Grade B(Linzhou Fengbao Pipe Industry CO., LTD.).....	73
Tabel 3. 2 Data FTIR inhibitor ekstrak sarang semut	84
Tabel 3. 3 Data FTIR inhibitor ekstrak daun pegagan	85
Tabel 3. 4 Data FTIR inhibitor ekstrak daun urang aring	85
Tabel 3. 5 Data pengujian weightloss pada masing masing inhibitor sarang semut, daun urang aring dan daun pegagan.....	85
Tabel 3. 6 Data pengujian weightloss pencampuran inhibitor sarang semut dengan daun pegagan dan sarang semut dengan daun urang aring.....	86
Tabel 3. 7 Data pengujian weightloss campuran inhibitor dengan variasi temperature	86
Tabel 3. 8 Data pengujian potensiodinamik campuran inhibitor dengan variasi temperature	87
Tabel 3. 9 Data pengujian EIS campuran inhibitor dengan variasi temperature.....	88



Tabel 4. 1 Laju korosi dan efisiensi inhibisi masing masing inhibitor	92
Tabel 4. 2 Presentase konsentrasi masing masing inhibitor.....	94
Tabel 4. 3 Laju korosi, efisiensi inhibitor pada ratio konsentrasi yang berbeda	95
Tabel 4. 4 Laju korosi dan efisiensi inhibitor pada variasi kenaikan temperature.....	97
Tabel 4. 5 Parameter pengujian potensiodinamik	99
Tabel 4. 6 Parameter hasil uji potensiodinamik inhibitor dengan variasi temperature	105
Tabel 4. 7 Parameter uji EIS.....	108
Tabel 4. 8 Parameter hasil pengujian EIS variasi temperature..	114
Tabel 4. 9 Nilai energi bebas adsorpsi pada uji weightloss dan electrochemical.....	117
Tabel 4. 10 Gugus fungsi FTIR masing masing inhibitor dan baja setelah immerse	118



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Korosi atau pengkaratan menjadi suatu permasalahan yang dialami oleh suatu industri. Korosi mengakibatkan kerugian finansial cukup besar pada industri. Contohnya akibat korosi berdasarkan survei 2002, perusahaan minyak dan gas di negara Amerika Serikat mengalami kerugian cukup besar mencapai 276 miliar dolar AS per tahunnya. Untuk total kerugian yang dialami perusahaan di Indonesia akibat korosi diperkirakan mencapai 2-5 persen. Meski belum ada angka pasti berapa kerugian akibat korosi di Indonesia, Angkanya rata-rata bisa mencapai 2-5 persen dari produk domestik bruto suatu Negara. Korosi sendiri adalah serangan yang merusak logam melalui bahan kimia atau reaksi elektrokimia dengan lingkungannya (Revie,2008).

Pada aplikasi industri, inhibitor yang digunakan adalah inhibitor kimia sintesis yaitu inhibitor dengan senyawa yang mengandung silikat, borat, kromat, dikromat, tungstat, molibdat, fosfat, dan arsenat. Namun senyawa tersebut bersifat tidak ramah lingkungan, toksik, dan mahal. Oleh karena itu, dikembangkan suatu inhibitor korosi alternatif yang ramah lingkungan atau lebih dikenal dengan istilah *green inhibitor*, *Green inhibitor* mengandung atom N, O, P, S dan atom-atom yang mempunyai pasangan elektron bebas. Atom-atom tersebut selanjutnya akan dapat membentuk senyawa kompleks dengan logam, sehingga logam menjadi terlindungi (Rana 2016).

Inhibitor organik memiliki beberapa kelebihan daripada inhibitor anorganik, antar lain: bersifat aman, biodegradable, dan ramah lingkungan. Namun, inhibitor organik ini memiliki kelemahan yaitu mengalami kerusakan pada aplikasi temperatur di atas 60°C sehingga tidak bisa digunakan pada pipa-pipa baja di industri minyak dan gas bumi. Penelitian Atria dkk tahun 2016 , menunjukkan bahwa ikatan senyawa flavonoid pada inhibitor



sarang semut yang berfungsi sebagai pembentuk lapisan pelindung di permukaan logam baja akan rusak dengan meningkatnya temperature, begitu juga yang dikatakan isreal dkk tahun 2014 semakin meningkatnya temperature aktivasi energi korosi meningkat yang berkenaan dengan sifat elektrostatik desorpsi inhibitor pada permukaan sampel. Hal ini mendorong untuk mencari bahan organik yang dapat tahan pada temperatur diatas 60°C. Penelitian M. Shyamala dkk, tahun 2011, menunjukkan bahwa inhibitor yang terbuat dari 8% v/v dari ekstrak *Eclipta alba* dan 10% v/v dari ekstrak *Centella asiatica* yang terdapat di Negara India dapat bertahan sampai temperatur 80°C dengan nilai efesiensi 87.1% dan 84.14%. Oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan alat uji potensiodinamik dan *Electrochemichal Impedance Spectroscopy* untuk menganalisa dan mencari solusi atas permasalahan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh penambahan *Eclipta alba* ke inhibitor sarang semut dan *Centella asiatica* ke inhibitor sarang semut asal Indonesia terhadap ketahanan pada temperatur di atas 60°C. Penelitian ini menggunakan bahan alam *Myrmecodia Pendans*, *Eclipta alba* dan *Centella asiatica* dari Indonesia sebagai inhibitor. Karakterisasi gugus fungsi ketiga bahan alam ini dan komponen molekul yang teradsorpsi pada permukaan baja di uji dengan menggunakan Fourier Transform Infra Red (FTIR). Selain itu, untuk mengetahui laju korosi dan proses inhibisi digunakan *uji weightloss* dan uji potensiodinamik, dan uji SEM dan EDS digunakan untuk mengetahui morfologi dan persebaran unsur pada permukaan baja setelah proses imersi dengan dan tanpa inhibitor. Baja API 5L grade B digunakan sebagai sampel uji dengan kondisi lingkungan asam HCl 1M. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai alternatif inhibitor yang ramah lingkungan sehingga dapat diproduksi untuk diaplikasikan kedalam dunia industri khususnya di Indonesia.



1.2 Perumusan Masalah

Dari uraian latar belakang tersebut diatas, maka didapatkan perumusan masalah antara lain:

1. Bagaimana pengaruh penambahan masing masing bahan ekstrak , Urang-aring(*Eclipta alba*) ataupun pegagan (*Centella asiatica*) dari Indonesia dalam inhibitor ekstrak sarang semut(*Myrmecodia Pendans*) terhadap ketahanan korosi pada kenaikan temperatur dalam lingkungan HCl 1M ?
2. Bagaimana mekanisme inhibisi inhibitor campuran ekstrak Urang-aring(*Eclipta alba*) ataupun pegagan (*Centella asiatica*) dari Indonesia kedalam ekstrak sarang semut(*Myrmecodia Pendans*) pada lingkungan asam HCl 1M dengan kenaikan temperature?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Komposisi dan dimensi material yang digunkakan dianggap sama.
2. Kehalusan permukaan tiap spesimen dianggap sama.
3. Volume, tekanan dan pH larutan dianggap konstan sepanjang waktu.

1.4 Tujuan Penelitian

Maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisa pengaruh penambahan masing masing bahan ekstrak , Urang-aring(*Eclipta alba*) ataupun pegagan (*Centella asiatica*) dari Indonesia dalam inhibitor ekstrak sarang semut(*Myrmecodia Pendans*) terhadap ketahanan korosi pada kenaikan temperatur dalam lingkungan HCl 1M
2. Menganalisa mekanisme inhibisi inhibitor campuran ekstrak Urang-aring(*Eclipta alba*) ataupun ataupun pegagan (*Centella asiatica*) dari Indonesia dengan ekstrak sarang



semut(*Myrmecodia Pendans*) pada lingkungan asam HCl 1M dengan kenaikan temperature.

1.5 Manfaat

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Untuk memperkaya kajian di bidang pengendalian korosi tentang green inhibitor yang berbahan dasar bahan alam Indonesia
2. Memperluas kajian mengenai pemanfaatan inhibitor *Myrmecodia Pendans* dan *Eclipta Alba* dan *Centella Asiatica* dari Indonesia yang diaplikasikan pada baja karbon terutama dalam bidang industri minyak dan gas.
3. Memberikan pengetahuan mengenai potensi inhibisi yang diperoleh dari ekstrak tumbuhan sarang semut dan *Eclipta Alba* dan *Centella Asiatica* dari Indonesia berdasarkan kandungan gugus fungsi ikatan serta mekanisme proteksi melalui pengujian elektrokimia dan karakterisasinya.
4. Hasil penelitian ini diharapkan bisa dimanfaatkan oleh industri migas untuk pengendalian korosi *pipeline* baja karbon.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Dasar Korosi

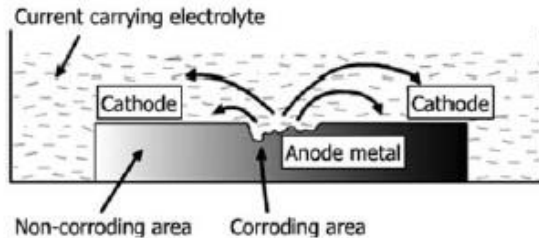
Korosi merupakan penurunan kualitas suatu material yang disebabkan oleh reaksi kimia material tersebut dengan unsur-unsur lain yang terdapat di lingkungan sekitar. Korosi juga dapat didefinisikan sebagai reaksi kimia antara logam dengan dengan partikel-partikel lain yang ada di dalam matriks logam itu sendiri (Teuku, 2012). Secara umum korosi dapat digolongkan berdasarkan bentuk dan struktur yang dimiliki, baik secara mikroskopis maupun makroskopis. Terdapat dua jenis mekanisme korosi, yaitu korosi akibat reaksi kimia dan reaksi elektrokimia.

Salah satu korosi akibat reaksi kimia pada material logam adalah korosi temperatur tinggi antara logam dan gas (Supardi, 1997). Pada umumnya, logam-logam pada temperatur tinggi mudah mengalami kegagalan akibat reaksi dengan oksigen di lingkungan sekitar logam. Akan tetapi, logam mulia yang mempunyai daya *affiniteit* yang sangat rendah terhadap oksigen sehingga lapisan oksida yang terbentuk sangat tipis. Apabila dipanaskan, maka oksida tersebut akan terurai kembali. Contoh logam mulia adalah perak dengan kondisi temperatur di atas 180°C yang tidak akan membentuk oksida dan paladium pada 450°C. Air tidak diperlukan dalam korosi ini karena korosi terjadi pada sudu-sudu pertama dari turbin gas bekerja di bawah temperatur antara 650°C atau di bawah 700°C. Sudu-sudu tersebut mengalami reaksi oksidasi yang sangat cepat (*accelerated oxidation*). Wolfram yang dipanaskan di udara tidak mengalami perubahan warna, tetapi beratnya bisa berkurang dikarenakan proses penguapan dari oksida.

Pada logam-logam ringan kecuali Aluminium, oksidanya tidak membentuk lapisan yang cukup tahan air, hingga pada temperatur tinggi logam-logam ringan akan lebih mudah teroksidasi. Pada umumnya, besi dapat membentuk lapisan oksida



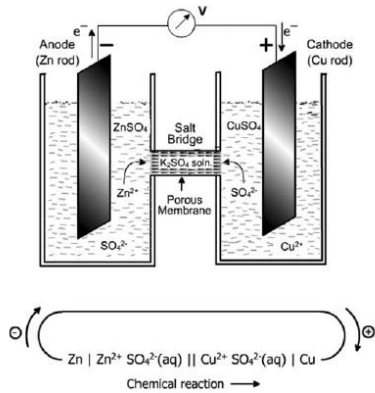
yang merata dan kedap air, tetapi logam besi sering mengalami *cracking* karena molekul oksida besi lebih besar dari molekul besi dan oksigen dapat berdifusi pada ion Fe, sehingga akan terjadi proses oksidasi yang menyebabkan korosi. Pembentukan sel korosi pada dasarnya terdiri dari empat komponen berikut seperti pada Gambar 2.1



Gambar 2. 1 Pembentukan Sel Korosi (Fontana, 1987)

1. Anoda :

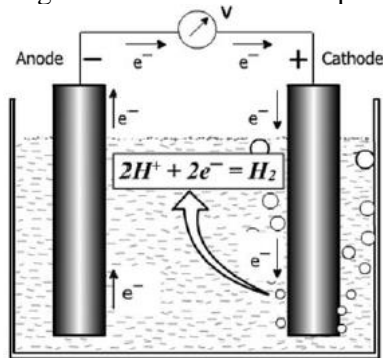
Anoda merupakan salah satu elektroda logam dalam sel elektrolitik sebagai terminal negatif sel. Elektron yang dilepaskan pada anoda, yang merupakan logam yang lebih reaktif. Elektron tidak larut dalam elektrolit likuid sehingga electron mengalir melalui sambungan kontak metalik menuju katoda. Contohnya di dalam baterai, *casing* Zn berfungsi sebagai anoda. Selain itu, dalam sel galvanik, Zn adalah anoda karena terjadi reaksi oksidasi dan pelepasan electron seperti yang tertera pada Gambar 2.2



Gambar 2. 2 Anoda pada Sel Galvanik (Fontana, 1987)

2. Katoda :

Katoda merupakan salah satu elektroda logam yang mengalami reaksi reduksi dalam sel elektrolitik sebagai terminal positif sel. Contoh dari katoda adalah elektroda karbon pada baterai dan elektroda tembaga pada sel Galvanik. Gambar 2.3 menunjukkan reduksi ion hidrogen. Elektron selalu merupakan zat pereduksi.



Gambar 2. 3 Reduksi Hidrogen pada Elektrolit Asam (Fontana,1987)

3. Elektrolit :

Elektrolit merupakan salah satu syarat terjadinya korosi yang berupa larutan konduktif, seperti larutan garam. Akan tetapi, air

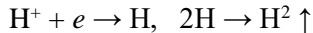


murni merupakan konduktor listrik yang buruk. Muatan listrik positif sebagai kation bergerak dari anoda menuju katoda melalui elektrolit. Contohnya ion Zn^{2+} yang larut dari anoda Zn yang kemudian membawa arus positif melalui elektrolit.

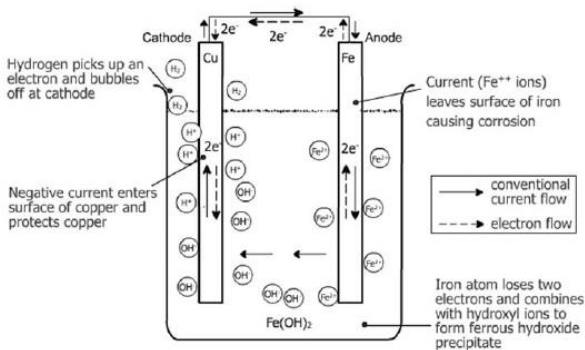
4. Kontak Metalik

Kontak Metalik merupakan penghubung dua elektroda secara eksternal oleh konduktor logam. Melalui kontak metalik, terdapat jalur untuk mengalirkan elektron dari anoda menuju katoda.

Arus yang mengalir berupa arus konvensional dari dari katoda menuju anoda. Arus dialirkan oleh ion bermuatan positif, seperti Zn^{2+} .



Meskipun anoda seperti Fe atau Zn menjadi anoda pada sel galvanik, reaksi ini tidak terjadi karena permukaan logam melepaskan ion Fe^{2+} yang menyebabkan ion H^+ pada elektrolit terpecah dan terjadi *vacancy* (kekosongan) pada ion elektrolit. Arus listrik yang mengalir dilengkapi dengan ion negatif yang bergerak dari katoda ke anoda. Maka, akibat arus yang mengalir akan terbentuk senyawa $Fe(OH)_2$ dan ion Fe^{2+} yang berasal dari anoda. Anion berpindah ke arah anoda (OH^-) tetapi diendapkan sebagai $Fe(OH)_2$. Sedangkan kation berpindah ke arah katoda (Fe^{2+}).



Gambar 2. 4 Arus Mengalir pada Sel Galvanik (Fontana,1987)



2.2 Mekanisme Korosi

Salah satu kelemahan besi adalah mudah mengalami korosi. Korosi menimbulkan banyak kerugian, karena umur pakai berbagai barang atau bangunan yang menggunakan besi atau baja. Besi membentuk dua deret garam yang penting, yaitu :

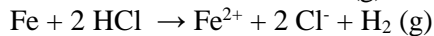
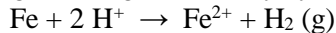
1. Garam besi (II) oksida yang diturunkan dari besi (II) oksida (FeO)

Dalam kondisi larutan *aqueous*, garam besi tersebut mengandung kation Fe^{2+} (ion besi II) dapat dengan mudah dioksidasikan menjadi ion Fe^{3+} (ion besi III) dalam suasana netral, basa, atau bahkan dalam kondisi atmosfer yang mengandung oksigen tinggi.

2. Garam besi (III) oksida yang diturunkan dari besi (III) oksida (Fe_2O_3)

Garam ini bersifat lebih stabil dibandingkan garam besi (II). Dalam kondisi *aqueous*, kation dari Fe^{3+} berwarna kuning muda, jika larutan mengandung klorida, maka warna kuning yang dihasilkan di permukaannya semakin kuat.

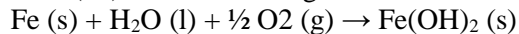
Reaksi antara besi dengan asam klorida menghasilkan garam-garam besi (II) dan gas hidrogen, reaksinya yaitu :



Sedangkan, reaksi antara asam sulfat panas dan baja menghasilkan ion-ion besi (III) dan belerang dioksida. Reaksi sebagai berikut :



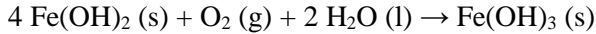
Selain itu, endapan putih besi (II) hidroksida ($Fe(OH)_2$), apabila bereaksi dengan atmosfer, maka mudah bereaksi dengan oksigen yang pada akhirnya menghasilkan besi (III) hidroksida yang berwarna coklat kemerahan. Pada kondisi normal, ($Fe(OH)_2$) tampak seperti endapan hijau kotor. Mekanisme korosi yang terjadi pada logam besi (Fe) dituliskan sebagai berikut :



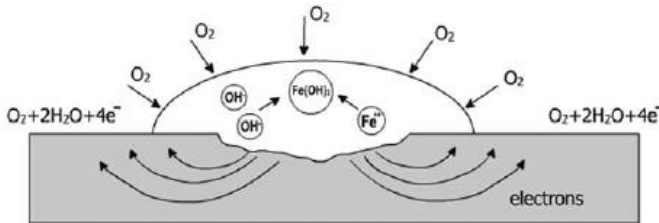
Fero hidroksida [$Fe(OH)_2$] yang terjadi merupakan hasil sementara yang dapat teroksidasi secara alami oleh air dan udara menjadi ferri



hidroksida [Fe(OH)₂], sehingga mekanisme reaksi selanjutnya adalah :



Ferri hidroksida yang terbentuk akan berubah menjadi Fe₂O₃ yang berwarna merah kecoklatan yang biasa kita sebut korosi (Vogel, 1979). Reaksinya adalah :



**Gambar 2. 5 Pembentukan Karat pada Air Laut
(Fontana,1987)**

2.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Laju Korosi

Faktor-faktor gangguan udara seperti temperatur, kondisi cuaca dan kelembaban relatif serta bentuk dari permukaan dan kondisi permukaan yang merupakan penyebab basahnya permukaan, adalah faktor yang sangat penting dalam tingkat penyerapan korosi yang berpengaruh terhadap laju korosi itu sendiri. Berikut ini adalah faktor-faktor yang mempengaruhi laju korosi :

1. Polarisasi

Suatu reaksi elektrokimia dikatakan terpolarisasi apabila terjadi proses perlambatan dari laju reaksi kimia. Polarisasi bertindak sebagai pelapis tambahan, dan mempengaruhi tingkat pH dan konsentrasi ion pada elektrolit. Kecepatan pada reaksi elektrokimia terbatas oleh bermacam-macam factor fisis dan kimia. Oleh karena itu, reaksi elektrokimia dapat dikatakan sebagai polarisasi atau penurunan yang disebabkan oleh faktor lingkungan. Polarisasi aktivasi adalah polarisasi yang disebabkan oleh faktor pelambat yang berasal dari reaksi elektrokimia itu sendiri, yakni

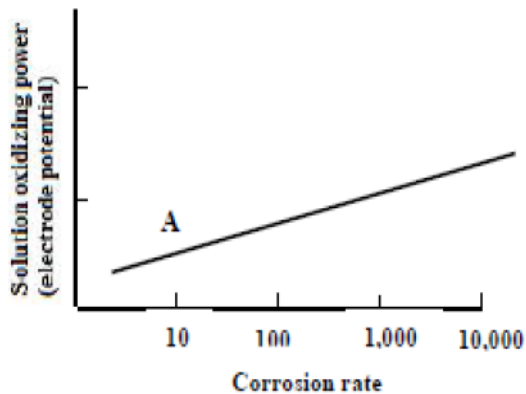


terjadinya terbentuknya gas hidrogen di katoda. Polarisation konsentrasi menyangkut proses perlambatan reaksi elektrokimia sebagai akibat dari perubahan konsentrasi di dalam larutan di dekat permukaan metal. Aktivasi polarisation biasanya dapat dikontrol pada media yang mengandung konsentrasi tinggi dan pada media pengkorosian aktif. Konsentrasi polarisation pada umumnya didominasi ketika konsentrasi pada proses reduksi adalah kecil. Konsentrasi yang berhubungan dengan logam biasanya kecil dan bisa diabaikan. Konsentrasi yang berhubungan dengan logam biasanya kecil dan bisa diabaikan. Konsentrasi polarisation sangat penting hanya pada reaksi reduksi.

2. Pasivasi

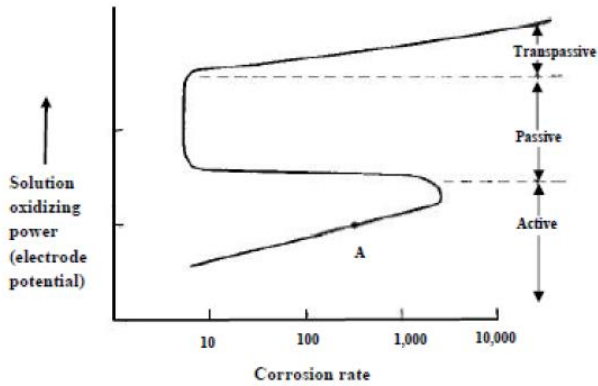
Pada dasarnya, pasivitas adalah lepasnya suatu unsure akibat reaksi kimia yang dialami oleh beberapa logam dan paduan pada suatu kondisi lingkungan khusus. Logam dan paduan yang mengalami pasivitas di antaranya besi, nikel, silikon, kromium, titanium, dan paduan-paduannya. Observasi juga telah dilakukan untuk mengetahui efek pasivitas pada beberapa logam, di antaranya, *zinc, cadmium, tin, dan thorium*.

Pada Gambar 2.6 diilustrasikan suatu pasivitas yang dialami oleh logam, dimana laju korosi logam tersebut dipengaruhi oleh daya oksidasi dengan menggunakan potensial elektron. Gambar tersebut mengilustrasikan bahwa sebuah logam dicelupkan pada lingkungan asam yang terbebas dari kandungan udara, lingkungan tersebut ditambahkan daya oksidasi pada titik A dan laju korosinya digambarkan dengan sebuah garis pada gambar tersebut. Jika daya oksidasi pada lingkungan ini meningkat, maka laju korosi pada logam tersebut juga meningkat (Sankara, 2014)



Gambar 2. 6 Pengaruh Daya Oksidasi terhadap Laju Korosi (Fontana,1987)

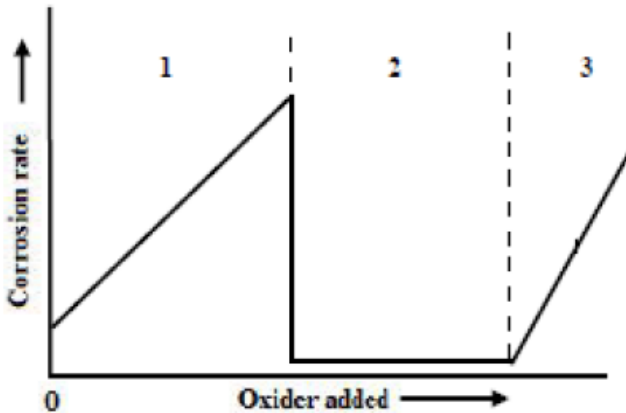
Gambar 2.7 mengilustrasikan jenis-jenis material berdasarkan laju korosinya pada penambahan daya oksidasi dengan menggunakan elektroda potensial. Jenis-jenis material dibagi menjadi tiga kategori yaitu aktif, pasif, dan transpatif. Untuk material pada daerah aktif biasanya daerah ini identik dengan logam pada umumnya, dimana penambahan daya oksidasi dengan menggunakan elektroda potensial diikuti dengan penambahan laju korosi. Untuk material yang berada pada daerah pasif, penambahan daya oksidasi tidak mempengaruhi laju korosi yang terjadi pada material tersebut. Sedangkan untuk daerah transpatif, penambahan daya oksidasi tidak mempengaruhi laju korosi, namun untuk penambahan daya oksidasi yang besar, laju korosi material tersebut juga ikut bertambah (Sankara, 2014).



Gambar 2. 7 Daya Oksidasi terhadap Jenis Material
(Fontana,1987)

3. Konsentrasi Oksigen

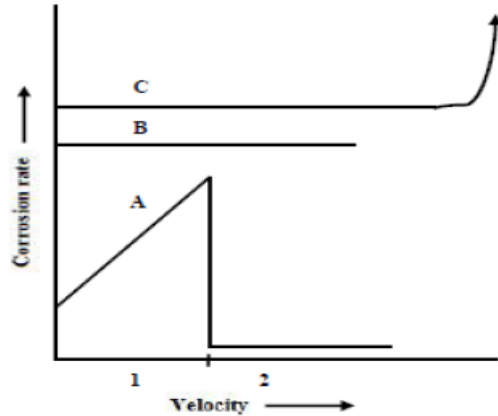
Pengaruh oksigen pada laju korosi dapat digambarkan pada grafik yang ditunjukkan pada Gambar 2.8. Bentuk grafik tersebut dibagi menjadi tiga bagian yang berbeda. Untuk daerah 1 adalah karakteristik pada logam normal dan juga pada logam aktif-pasif di mana logam tersebut berada pada daerah aktif. Untuk logam yang ditunjukkan pada transisi aktif-pasif, sifat pasif dicapai bila kuantitas oksigen tercukupi. Bertambah cepatnya laju korosi seiring dengan bertambahnya konsentrasi oksigen yang ditambahkan hal ini digambarkan pada daerah 1 dimana karakteristik daerah ini dimiliki oleh logam monel dan tembaga pada lingkungan acid solution yang mengandung oksigen (Sankara, 2014).



Gambar 2. 8 Pengaruh Oksigen terhadap Laju Korosi(Fontana,1987)

4. Kecepatan Angin

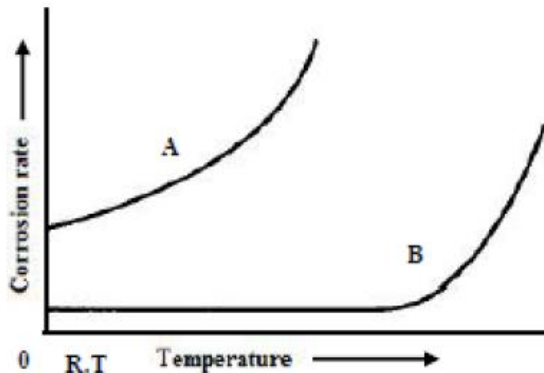
Pengaruh kecepatan angin terhadap laju korosi adalah seperti pengaruh penambahan oksigen terhadap laju korosi. Gambar 2.9 menunjukkan ciri khas pengaruh kecepatan angin terhadap laju reaksi. Untuk proses korosi yang dikendalikan oleh aktivasi polarisasi maka kecepatan tidak memiliki pengaruh terhadap laju reaksi, seperti yang diilustrasikan oleh kurva B. Jika proses korosi dikendalikan oleh difusi katodik. Ketika kecepatan meningkat maka laju korosi meningkat seperti yang ditunjukkan pada kurva A bagian 1. Pengaruh ini umumnya terjadi ketika adanya zat pengoksidasi dalam jumlah yang sedikit, seperti halnya oksigen yang terlarut dalam larutan asam atau air. Jika proses mengalami difusi dan logam bersifat pasif maka besarnya laju reaksi akan digambarkan oleh kurva A bagian 1 dan 2. Beberapa logam memiliki ketahanan korosi pada medium tertentu karena terbentuknya lapisan pelindung yang sangat besar. Ketika material yang terkena sinar matahari dan terdapat angina yang sangat besar maka hal ini dapat menyebabkan kerusakan pada lapisan pelindung tersebut, sehingga laju korosi meningkat. Seperti yang ditunjukkan pada kurva C (Sankara, 2014).



Gambar 2. 9 Pengaruh kecepatan angin terhadap laju reaksi (Fontana,1987)

5. Pengaruh Temperatur

Peningkatan temperatur dapat meningkatkan laju reaksi kimia. Gambar 2.10 menggambarkan pengamatan dua keadaan umum pengaruh temperatur terhadap laju korosi logam. Kurva A menunjukkan kenaikan yang sangat cepat dalam laju korosi disebabkan oleh kenaikan temperatur. Kurva B menggambarkan bahwa laju reaksi tidak terlalu dipengaruhi oleh kenaikan temperatur, yaitu pengaruh temperatur diabaikan terhadap laju reaksi meskipun terjadi dalam temperatur yang sangat tinggi. Sebagai contoh kasus yang terjadi pada baja karbon, monel, dan nikel dalam lingkungan yang asam (Sankara, 2014).



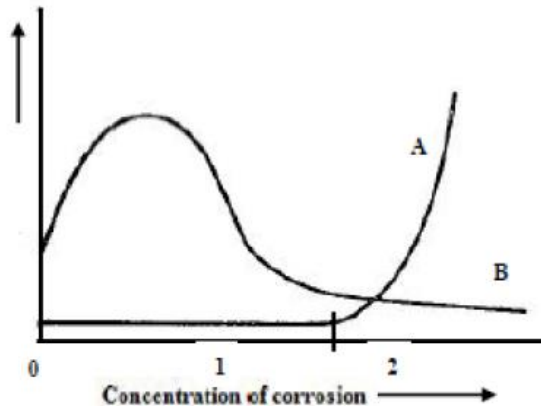
Gambar 2. 10 Pengaruh Temperatur Terhadap Laju Korosi (Fontana,1987)

6. Konsentrasi Korosif

Gambar 2.11 menunjukkan konsentrasi terhadap laju reaksi. Sebagai catatan kurva A memiliki dua bagian, yaitu 1 dan 2. Kebanyakan material menunjukkan bahwa efek konsentrasi korosif tidak terlalu berdampak pada laju korosi. Seperti yang ditunjukkan pada kurva bagian pertama. Adapun material yang lain menunjukkan perilaku yang berbeda ketika konsentrasi korosif meningkat mengakibatkan laju korosi meningkat. Timah adalah contoh yang menunjukkan pengaruh tersebut. Pada konsentrasi yang rendah timah membentuk lapisan pelindung, namun pada konsentrasi yang tinggi lapisan pelindung tersebut larut sehingga laju korosi bertambah seiring dengan pertambahan konsentrasi korosif. Sifat asam yang larut dalam semua konsentrasi air, sering menghasilkan kurva yang mirip dengan kurva B. awalnya pada kurva B, kenaikan konsentrasi korosi menyebabkan laju korosi juga meningkat. Terutama karena fakta menunjukkan bahwa sejumlah ion hydrogen yang bersifat aktif akan bertambah banyak karena konsentrasi asam juga meningkat. Namun karena konsentrasi asam terus meningkat, laju korosi mencapai titik maksimum dan akhirnya akan menurun. Hal ini tidak diragukan lagi karena fakta, bahwa konsentrasi yang sangat tinggi maka



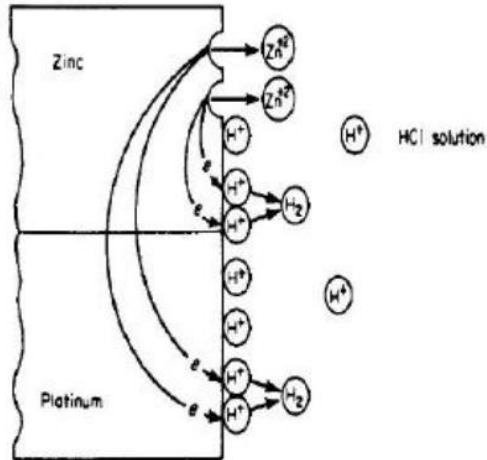
ionisasi asam akan berkurang. Karena ini, kebanyakan larutan asam seperti *sulfuric*, *acetic*, *hydrofluoric*, dan yang lainnya pada hakekatnya tidak dapat bereaksi pada kondisi murni atau 100% konsentrasi (Sankara, 2014).



Gambar 2. 11 Pengaruh Konsentrasi terhadap Laju Reaksi (Fontana,1987)

7. Pengaruh Pasangan Galvanik

Pada pemanfaatan material secara umum, kontak antara material-material yang berbeda adalah sesuatu yang sulit untuk dihindarkan. Di dalam proses aliran fluida dan pemipaan, perbedaan material dan paduan sering terjadi kontak antara material tersebut. Sepotong seng dicelupkan ke dalam larutan asam klorida dan disambungkan dengan logam mulia seperti platinum. Karena platinum tidak dapat bereaksi dalam medium tersebut, hal itu akan menyebabkan terjadinya evolusi ion hidrogen di permukaan platinum tersebut. Selanjutnya, evolusi hidrogen lebih mudah terjadi pada permukaan platina dibandingkan dengan seng. Akibat dari pasangan galvanik pada contoh tersebut adalah hampir identic dengan penambahan oksidator pada larutan korosif. Dalam kasus tersebut logam akan kehilangan elektronnya dan karenanya tingkat pelarutan logam juga meningkat (Sankara, 2014).



**Gambar 2. 12 Sel Galvanik Logam Platinum dan Seng
(Fontana 1987)**

2.4 Pengaruh HCl terhadap Korosi

Korosi pada baja karbon antara lain dipengaruhi oleh agresif seperti ion klorida (Cl^-). Konsentrasi ion klorida yang semakin tinggi akan semakin meningkatkan kecenderungan korosi. Mekanisme korosi baja pada HCl yaitu laju korosi tinggi pada semua konsentrasi asam di $\text{pH} < 3$. Ion klorida umumnya bertindak sebagai ion triger atau ion agresif karena kemampuannya, yaitu menghancurkan lapisan pasif pada permukaan baja karbon dan mempercepat laju korosinya. Selain itu, adanya ion sulfat juga mempengaruhi laju korosi, namun lebih kecil pengaruhnya dibandingkan ion klorida. Ion klorida bukan merupakan unsur alamiah yang terdapat dalam air, namun biasanya ditambahkan untuk mengontrol perkembangan organisme air. Ketika terlarut di dalam air, maka ion klorida akan berubah menjadi asam hipoklorit (HClO) dan asam klorida (HCl), yang mana akan menurunkan nilai pH (Febriyanti, 2008). Ion klorida dikenal memiliki efek perusak terhadap baja karbon. Ion tersebut memiliki kemampuan untuk terserap di permukaan logam dan berinterferensi membentuk



lapisan pasif. *Pitting* merupakan salah satu jenis serangan utama yang terjadi akibat ion klorida. Area kecil dimana ion Cl⁻ terserap di permukaan logam merupakan daerah anodik menuju lapisan oksida pasif katodik yang luas. Ketika proses korosi dimulai, reaksi hidrolisis ion logam dari reaksi anodik menyebabkan penurunan pH, yang mana menghambat perbaikan lapisan film dan mempercepat serangan korosi. Baja karbon akan terkorosi di dalam air yang mengandung klorida terutama dalam bentuk korosi uniform dibandingkan dalam bentuk *localized attack*. Dengan adanya sejumlah komponen tambahan seperti garam dapat mempengaruhi efek komponen lain yang ada di dalam sistem. Misalnya, ketergantungan laju korosi baja karbon terhadap konsentrasi ion klorida dapat menurunkan laju korosi di dalam larutan netral yang mengandung oksigen terlarut. Sebagai tambahan, dengan peningkatan konsentrasi garam maka kelarutan oksigen menurun sehingga menutupi efek ion klorida. Pengaruh ion klorida terhadap laju korosi tergantung kation larutan konsentrasi garam (Febriyanti, 2008).

2.5 Klasifikasi Korosi

Korosi telah diklasifikasikan melalui berbagai metode. Ada metode yang membagi korosi menjadi korosi temperatur rendah dan korosi temperatur tinggi. Ada yang mengklasifikasikan korosi menjadi dua kombinasi (untuk oksidasi) korosi elektrokimia. Namun yang lebih sering digunakan adalah korosi basah dan korosi kering (Fontana, 1986).

Korosi basah terjadi ketika terdapat *liquid*. Ini biasanya melibatkan larutan berair atau elektrolit dan memberikan jumlah korosi terbanyak sejauh ini. Contoh paling sederhana adalah korosi baja oleh air. Korosi kering terjadi apabila tidak ada fase *liquid* atau di atas titik pengembunan dari lingkungan. Uap dan gas biasanya merupakan agen korosi. Korosi kering paling sering dihubungkan dengan temperatur tinggi. Sebagai contoh adalah serangan korosi pada baja oleh gas pada *furnace* (Fontana, 1986).



Adanya sejumlah kecil embun dapat mengubah penggambaran korosi seluruhnya. Contoh klorin kering bersifat tidak korosif pada baja, namun adanya embun atau kelembapan atau klorin terlarut dalam air, sangatlah korosif dan serangan pada umumnya menyerang logam dan paduannya. Berbeda dengan titanium, gas klorin kering lebih korosif dibandingkan dengan klorin basah (Fontana, 1986)

Sedangkan berdasarkan jenis kerusakan dan morfologinya terdapat delapan jenis korosi yang menyerang logam, yaitu sebagai berikut : (Fontana, 1986)

1. Korosi Merata (*Uniform*)
2. Korosi Galvanik
3. Korosi Celah (*Crevice Corrosion*)
4. Korosi Sumuran (*Pitting Corrosion*)
5. Korosi Batas Butir
6. Korosi Erosi
7. *Stress Corrosion Cracking*
8. Dealloying (*selective leaching*)

2.6 Metode Pengendalian Korosi

Korosi tidak dapat dicegah, namun laju korosi ini dapat dikurangi. Untuk mengurangi bahkan menghindari kerugian yang dapat disebabkan karena masalah korosi ini dapat dilakukan beberapa pencegahan korosi. Dengan dasar pengetahuan tentang proses korosi yang dapat menjelaskan mekanisme dari korosi, dapat dilakukan usaha-usaha untuk pencegahan terbentuknya korosi, antara lain :

- a. Desain Material

Laju korosi atau perusakan lapisan pelindung yang diberikan kepada logam akan dipengaruhi oleh perubahan perubahan faktor diantaranya kelembaban relatif, temperatur, pH, konsentrasi oksigen, bahan pengotor padat atau terlarut, konsentrasi, dan kecepatan elektrolit. Variasi variasi kondisi lingkungan ini sedapat mungkin harus telah diidentifikasi sejak tahapan perancangan.



b. Pengubahan Media

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

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

c. Pemilihan Material

Metode umum yang sering digunakan dalam pencegahan korosi, yaitu pemilihan logam atau paduan dalam suatu lingkungan korosif tertentu untuk mengurangi resiko terjadinya korosi. Pemilihan bahan-bahan tersebut terutama didasarkan pada pola tegangan dalam struktur, Teknik fabrikasi, dan penyambungan yang hendak digunakan. Pemilihan material yang sesuai lingkungan dapat meminimalkan kerugian akibat terjadinya korosi.

d. Proteksi Katodik (*Cathodic Protection*)

Proteksi katodik merupakan salah satu cara perlindungan terhadap korosi, yaitu dengan pemberian arus searah (DC) dari suatu sumber eksternal untuk melindungi logam dari korosi khusus di lingkungan yang terbenam air maupun di dalam tanah, seperti perlindungan pada kapal laut, instalasi pipa bawah tanah, dan sebagainya. Proteksi katodik adalah jenis perlindungan korosi dengan menghubungkan logam yang mempunyai potensial lebih tinggi ke struktur logam sehingga tercipta suatu sel elektrokimia dengan logam berpotensi rendah bersifat katodik dan terproteksi. Macam-macam proteksi katodik, antara lain :

- *Impressed Current*
- *Galvanic Sacrificial Anode*
- *Galvanic Zinc Application*
- *Zinc Metallizing*
- *Zinc-Rich Paints*
- *Hot-Dip Galvanizing*



e. Proteksi Anodik (*Anodic Protection*)

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

f. Inhibitor Korosi

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya korosi adalah dengan penggunaan *inhibitor* korosi. Secara umum suatu *inhibitor* adalah suatu zat kimia yang dapat menghambat atau memperlambat suatu reaksi kimia.

g. Pengubahan Media / Lingkungan Kerja (*Environment Change*)

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

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

h. Pelapisan (*Coatings*)

Prinsip umum dari pelapisan yaitu melapiskan logam induk dengan suatu bahan atau material pelindung. Adanya lapisan pada permukaan logam akan meminimalkan kontak antara logam dengan lingkungannya. Jenis - jenis *coating* :

- *Metallic coatings* □
- *Paint /organic coatings*
- *Chemical conversion coatings*
- *Miscellaneous coatings (enamel, thermoplastics)*



2.7 Inhibitor Korosi

Inhibitor merupakan senyawa yang jika ditambahkan dalam jumlah kecil pada suatu sistem korosi dapat meminimalkan laju korosi pada konsentrasi tertentu (Uhlig, 2004). Inhibitor korosi ditambahkan ke dalam media dalam tingkat *parts per million* (ppm). Inhibitor korosi bekerja adalah dengan membentuk lapisan pasif berupa lapisan tipis atau film dipermukaan material yang berfungsi sebagai penghalang antara logam dengan media yang korosif. Banyak jenis inhibitor yang tersedia yang dapat dipilih untuk mengatasi permasalahan korosi. Metode ini biasanya diaplikasikan pada interior dari pipa, bejana, dan peralatan lainnya. Pemilihan inhibitor korosi tergantung pada kondisi actual dari lapangan. Seleksi dan kualifikasi inhibitor korosi di laboratorium perlu dilakukan sebelum digunakan. Faktor seperti temperatur dan kondisi laju aliran perlu dipelajari sebelum menentukan inhibitor korosi. Perhatian juga harus diberikan seperti faktor komposisi dan mikrostruktur dari material yang digunakan, absorpsi inhibitor oleh partikel yang tersuspensi dalam air. Efektivitas inhibitor korosi juga sangat ditentukan oleh temperatur dan komposisi hidrokarbon pada sistem karena akan mempengaruhi kelarutan inhibitor. Dalam pemakaian inhibitor, produsen menjelaskan secara spesifik atau merekomendasikan jumlah/dosis pemakaian produknya. Sangat penting untuk diketahui kinerja produk apabila kelebihan atau kekurangan dosis. Jumlah inhibitor harus cukup untuk melindungi permukaan material dari sistem. Apabila dosis yang diberikan kurang dari yang diperlukan, maka akan ada bagian permukaan material yang tidak terlindungi, sehingga bagian ini akan terkorosi (Sofia, 2010).

Inhibitor korosi terdiri dari inhibitor anorganik dan organik (*green inhibitor*). Inhibitor anorganik antara lain arsenat, kromat, silikat, dan fosfat yang merupakan jenis bahan kimia yang mahal, berbahaya, dan tidak ramah lingkungan, sehingga akan memberikan efek buruk bila berinteraksi langsung dengan tubuh manusia. Inhibitor organik lebih aman dan ramah lingkungan karena berasal dari bahan alami. Kandungan senyawa antioksidan

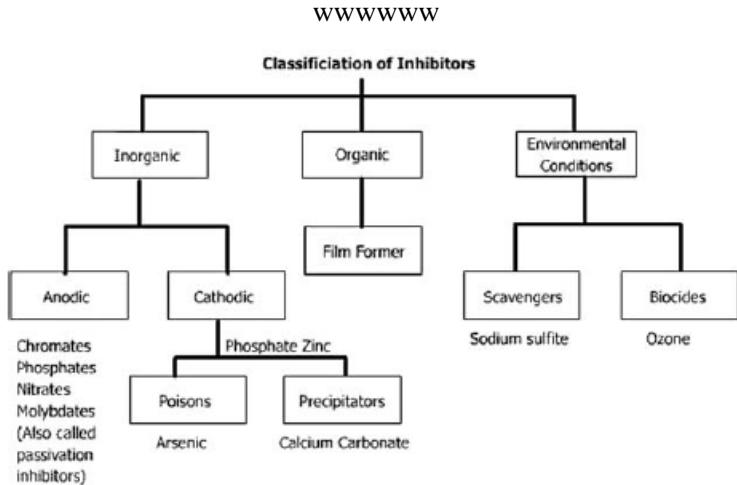


seperti polifenol, tanin, alkaloid, saponin, minyak atsiri, dan asam amino mempunyai banyak unsur N, O, P, dan S yang dapat membentuk senyawa kompleks sulit larut dengan ion logam yang mampu menghambat korosi pada logam. Inhibitor korosi secara umum akan membentuk lapisan tipis protektif yang mencegah terjadinya kontak antara larutan korosif dengan baja. Keunggulan dari penambahan inhibitor korosi ini adalah tidak membutuhkan biaya perawatan, dapat ditambahkan ke dalam lingkungan jika kemampuan untuk menginhibisi menurun dan lebih murah (Sazha, 2014).

2.8 Klasifikasi Inhibitor

Inhibitor korosi dapat berupa bahan kimia baik sintetis atau alami dan dapat diklasifikasikan menurut:

- sifat kimiawi sebagai organik atau anorganik;
- mekanisme kerja inhibitor anodik, katodik atau anodik-katodik(campuran) atau adsorpsi, atau;
- sebagai oksidan atau bukan oksidan. Secara umum, inhibitor anorganik bekerja dengan katodik atau anodik. Penghambat organik memiliki kedua tindakan, katodik dan anodik dan protektif oleh adsorpsi film. Klasifikasi seperti Gambar 2.13

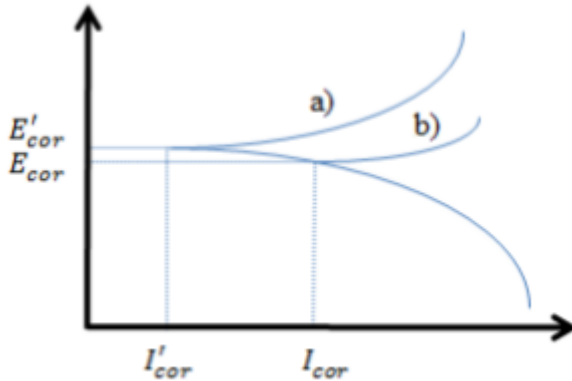


Gambar 2. 13 Klasifikasi Inhibitor Korosi (Sankara, 2014)

2.8.1 Inhibitor Anorganik

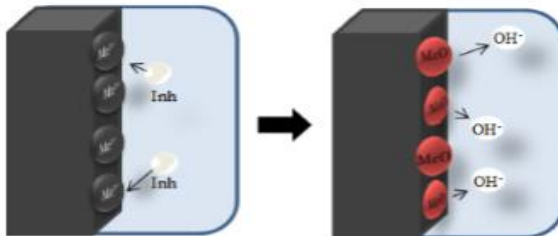
2.8.1.1. Inhibitor Anodik

Inhibitor anodik (juga disebut Inhibitor passivation) bekerja dengan reaksi anodik reduksi, yaitu menghambat reaksi anoda dan mendukung reaksi alami permukaan logam pasif, juga karena pembentukan film yang teradsorpsi pada logam. Secara umum, inhibitor bereaksi dengan produk korosi, yang pada awalnya terbentuk, menghasilkan lapisan yang kohesif dan tidak larut pada permukaan logam Gambar 2.14 menunjukkan diagram polarisasi potentiostatik larutan dengan penghambat perilaku anodik. Reaksi anodik dipengaruhi oleh inhibitor korosi dan potensi korosi logam digeser ke nilai yang lebih positif. Selain itu, nilai arus dalam kurva menurun seiring dengan adanya inhibitor korosi.



Gambar 2. 14 Diagram Polarisasi Anodik Inhibitor (Alexandre,2010)

Inhibitor anodik bereaksi dengan ion logam Me^+ yang dihasilkan pada anoda, membentuk hidroksida yang tidak larut secara umum, yang didepositkan pada permukaan logam sebagai film yang tidak larut dan tidak kedap pada ion metalik. Dari hidrolisis inhibitor menghasilkan OH^- ion. Gambar 2.15 menunjukkan bagaimana mekanisme efek penghambatan anodik.



Gambar 2. 15 Mekanisme Inhibitor Anodik (Alexandre,2010)

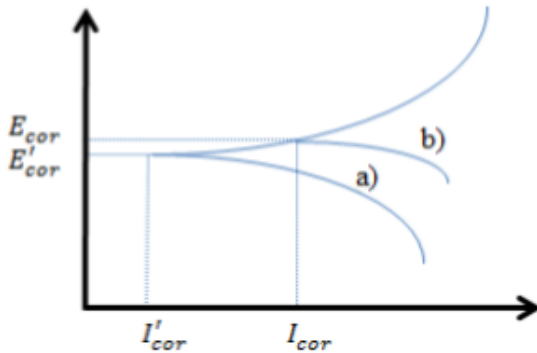
Bila konsentrasi inhibitor menjadi cukup tinggi, kerapatan arus katodik pada potensial pasivasi primer menjadi lebih tinggi daripada kerapatan arus anodik kritis, yaitu menggeser potensi ke yang lebih mulia, dan akibatnya logam tersebut dipasifkan. Untuk



efek penghambat anodik, sangat penting bahwa konsentrasi inhibitor harus cukup tinggi dalam larutan. Jumlah inhibitor yang tidak cukup untuk pembentukan proteksi film, tidak akan menutupi logam sepenuhnya, membiarkan impuritas terkena logam, sehingga menyebabkan korosi terlokalisir. Konsentrasi di bawah ini untuk nilai kritis lebih buruk daripada tanpa inhibitor sama sekali. Secara umum dapat menyebabkan pitting, karena reduksi pada daerah anodik relatif terhadap katodik, atau dapat mempercepat korosi, seperti korosi umum, karena kerusakan total pada kepasifan. Beberapa contoh inhibitor anorganik anodik adalah nitrat, molibden, natrium kromat, fosfat, hidroksida dan silikat

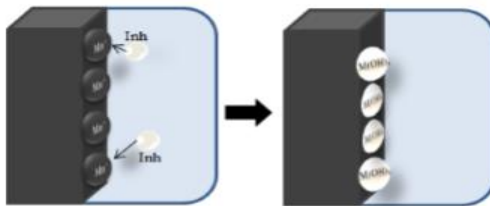
2.8.1.2 Inhibitor Katodik

Selama proses korosi, inhibitor korosi katodik mencegah terjadinya reaksi katodik logam. Penghambat ini memiliki ion logam yang mampu menghasilkan reaksi katodik karena alkalinitas, sehingga menghasilkan senyawa tak larut yang mengendap secara selektif pada tempat katodik. deposit di atas logam merupakan lapisan film yang kompak, yang membatasi penyebaran unsur yang dapat direduksi di daerah ini. Dengan demikian, meningkatkan impedansi permukaan dan pembatasan difusi spesies yang dapat direduksi, yaitu difusi oksigen dan elektron yang konduktif di daerah ini. Penghambat ini menyebabkan penghambatan katodik yang tinggi. Gambar 2.16 menunjukkan contoh kurva polarisasi logam pada larutan dengan penghambat katodik. Bila reaksi katodik dipengaruhi, potensi korosi digeser ke nilai yang lebih negatif.



Gambar 2. 16 Polarisasi inhibitor katodik (Alexandre,2010)

Inhibitor katodik membentuk penghalang endapan yang tidak larut di atas logam, menutupinya. Dengan demikian, membatasi kontak logam dengan lingkungan, bahkan jika benar-benar terbenam, mencegah terjadinya reaksi korosi. Karena ini, penghambat katodik tidak bergantung pada konsentrasi, sehingga lebih aman daripada inhibitor anodik. Gambar 2.17 menunjukkan ilustrasi efek mekanis penghambat katodik untuk menahan proses korosi.



Gambar 2. 17 Mekanisme efek katodik inhibitor disistem korosi (Alexandre,2010)

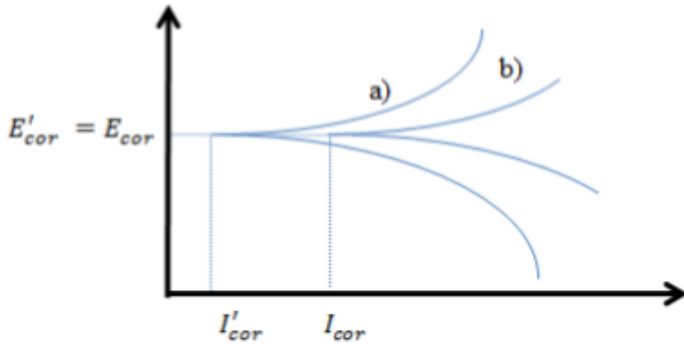
Beberapa contoh penghambat katodik anorganik adalah ion magnesium, seng, dan nikel yang bereaksi dengan hidroksil (OH^-) air yang membentuk hidroksida yang tidak larut sebagai ($\text{Mg}(\text{OH})_2$, $\text{Zn}(\text{OH})_2$, $\text{Ni}(\text{OH})_2$) yang terbentuk di tempat katodik



permukaan logam dan melindunginya. Juga dapat seperti senyawa polifosfat, fosfonat, tanin, lignin dan garam kalsium sebagai contoh mekanisme reaksi yang sama. Terlihat semacam mekanisme inhibisi ini, akibat efek magnesium atau kalsium bikarbonat di atasnya. Ketika air mengalir di atas logam, ia dapat membantu nukleasi karbonat, membiarkan reaksi mendekati ekuilibrium dan membentuk presipitasi pada permukaan logam. Presipitasi ini, seperti CaCO_3 , menutupi area katodik, melindungi logam. Jadi inhibitor katodik ini hanya bergantung pada kimia air, bukan karena komposisi logam, karena ini berlaku untuk semua logam. Sebagai contoh, dapat disebutkan oksida dan garam antimon, arsen dan bismut, yang disimpan di daerah katoda dalam larutan asam. Inhibitor katodik ini meminimalkan pelepasan ion hidrogen karena suatu fenomena yang dapat menyulitkan pelepasan hidrogen, yang disebut tegangan lebih.

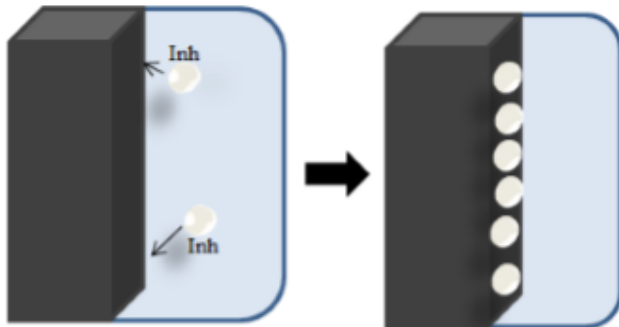
2.8.2 Inhibitor Organik

Senyawa organik yang digunakan sebagai inhibitor, kadang-kadang, mereka bertindak sebagai katalisator katodik, anodik atau campuran, sebagai inhibitor katodik dan anodik, bagaimanapun, sebagai aturan umum, bertindak melalui proses adsorpsi permukaan, yang ditetapkan sebagai pembentuk film. Tentu saja terjadinya molekul yang menunjukkan afinitas kuat untuk senyawa permukaan logam yang menunjukkan efisiensi inhibisi yang baik dan risiko lingkungan yang rendah. Inhibitor ini membentuk sebuah film hidrofobik pelindung yang teradsorpsi pada permukaan logam, yang memberikan penghalang pada pelarutan logam dalam elektrolit. Mereka harus larut atau terdispersi dalam medium yang mengelilingi logam. Pada Gambar 2.18, yang menunjukkan kurva polarisasi potensiostatik teoritis, dapat dilihat bahwa efek larutan yang mengandung inhibitor organik pada logam menunjukkan perilaku anodik dan katodik. Setelah penambahan inhibitor, potensi korosi tetap sama, namun arus turun dari I_{cor} ke I'_{cor} .



Gambar 2. 18 Polarisasi inhibitor campuran
(Alexandre,2010)

Gambar 2.19 mekanisme aktiasi inhibitor organik, bila diadsorpsi ke permukaan logam dan membentuk lapisan pelindung di atasnya



Gambar 2. 19 Mekanisme organic inhibitor (Alexandre,2010)

Efisiensi inhibitor organik tergantung dari:

- Struktur kimia, seperti ukuran molekul organik;
- ikatan aromatik dan / atau ikatan terkonjugasi, sebagai rantai karbon;



- jenis dan jumlah atom atau kelompok ikatan dalam molekul (baik π atau σ);
- sifat dan muatan permukaan logam dari jenis adsorpsi seperti kekuatan ikatan terhadap substrat logam;
- Kemampuan lapisan untuk menjadi kompak atau cross-linked,
- Kemampuan untuk membentuk kompleks dengan atom sebagai padatan dalam kisi logam;
- Jenis larutan elektrolit seperti kelarutan yang memadai di lingkungan.

Efisiensi inhibitor korosi organik ini terkait dengan adanya gugus fungsi polar dengan atom S, O atau N dalam molekul, senyawa heterosiklik dan elektron pi, umumnya memiliki bagian hidrofilik atau hidrofobik yang dapat diionisasi. Fungsi kutub biasanya dianggap sebagai pusat reaksi pembentukan proses adsorpsi. Penghambat asam organik yang mengandung oksigen, nitrogen dan / atau sulfur teradsorpsi pada permukaan logam yang menghalangi lokasi korosi aktif. Meskipun penghambat organik yang paling efektif dan efisien adalah senyawa yang memiliki ikatan pi, toksisitas biologis dan karakteristik lingkungan berbahaya. Karena permukaan logam yang tertutup sebanding dengan konsentrator inhibitor, konsentrasi inhibitor dalam medium sangat penting. Beberapa contohnya adalah amina, urea, Mercaptobenzothiazole (MBT), benzotriazol e toliotriazol, aldehida, senyawa nitrogen heterosiklik, senyawa yang mengandung belerang dan senyawa asetilenat dan juga asam askorbat, asam suksinat, tryptamine, kafein dan ekstrak zat alami. Masih ada beberapa inhibitor yang beraksi pada fase uap (volatile corrosion inhibitor). Beberapa contohnya adalah: dicicloexilamônio benzoate, diisopropylammonium nitrite atau benzoate, ethanalamine benzoate atau carbonate dan juga kombinasi urea dan sodium nitrite.



2.8.2.1 Mekanisme Inhibisi secara Adsorpsi

Penyerapan suatu zat oleh zat lain disebut sorpsi. Ada dua jenis sorpsi, yaitu absorpsi dan adsorpsi. Pada adsorpsi, zat yang diserap hanya terdapat pada bagian permukaan zat penyerap, sedangkan pada absorpsi, zat atau ion yang diserap masuk ke bagian dalam zat penyerap. Adsorpsi semata-mata hanya suatu efek permukaan, sedangkan dalam absorpsi, zat cair dan gas yang diabsorpsi menembus kedalam ruang - ruang kapiler dari zat pengabsorpsi. Ada dua jenis komponen yang terlibat dalam adsorpsi, yaitu zat terserap (adsorbat) dan zat penyerap (adsorben). Ada tiga cara yang dilakukan inhibitor teradsorpsi terhadap permukaan logam, yaitu :

- a) Pembentukan penghalang secara fisika atau kimia
- b) Isolasi langsung situs-situs anodik dan katodik
- c) Berinteraksi dengan antarmediasi reaksi korosi

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

1. *Physical adsorption*

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

2. *Chemisorption*

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



3. Film Forming

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

Tabel 2. 1 Perbandingan adsorpsi fisik dan adsorpsi kimia (Firmansyah, 2011)

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

Kemampuan inhibisi korosi dari senyawa karbon tergantung pada sifat adsorpsi dan konsentrasi inhibitor teradsorpsi dalam melindungi permukaan logam dari media korosif, dan atau memodifikasi reaksi elektroda dari pelarutan logam pada proses anodik. Adanya adsorpsi senyawa organik pada permukaan elektroda memberikan informasi tentang lapisan rangkap listrik,



kinetika transfer elektron, dan peran antarmedia dalam mekanisme inhibisi dari proses elektroda seperti pada sintesis elektroorganik dan elektroplating. Adsorpsi sangat tergantung pada sifat fisika dan kimia dari molekul inhibitor, seperti gugus fungsi, faktor sterik, sifat aromatis, rapat electron atom donor, dan karakter orbital π dari donor electron (Firmansyah, 2011).

Pembentukan film adalah mekanisme inhibitor dimana molekul inhibitor yang teradsorpsi mengalami reaksi di permukaan, sehingga dapat terbentuk film polimeric 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. 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. Berikut ini adalah jenis adsorption isotem yang digunakan untuk menentukan efisiensi inhibitor. (Uhlig, 2000).

Terdapat beberapa tipe isoterm adsorpsi yang dapat dijadikan referensi ketika mempelajari mekanisme inhibitor korosi. Salah satunya adalah isoterm adsorpsi *Langmuir* yang merupakan model paling sederhana dengan asumsi tidak ada interaksi antar molekul adsorbat, lapisan terbentuk berupa *monolayer*, maksimum fraksi penutupan =1 (saat permukaan adsorbat jenuh dengan adsorben), permukaan adsorbat homogen sehingga setiap area permukaan memiliki energi ikatan yang sama dan molekul yang teradsorpsi tidak bergerak pada permukaan. (Dada, 2012).

$$K_{ads} = \frac{\theta}{C(1-\theta)} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\Delta G^{\circ}_{ads} = RT - \ln(C_{solvent}K_{ads}) \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\theta = \frac{CR_0 - CR_1}{CR_0} \dots\dots\dots(2.3)$$



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 Perhitungan Laju Korosi

Laju korosi adalah kecepatan rambatan atau kecepatan penurunan kualitas bahan terhadap waktu.

2.9.1 Metode *Weight Loss*

Metode *weight loss* adalah metode paling sederhana dan paling mudah daripada semua metode pengukuran laju korosi yang lain. Dalam metode ini dimensi awal seperti panjang, diameter dan berat spesimen diukur secara akurat. Kemudian spesimen ditanam dalam media korosif selama beberapa hari. Spesimen akan mendapatkan reaksi dengan lingkungan pada durasi tertentu sehingga dapat spesimen akan mengalami kehilangan berat. Setelah durasi paparan tertentu spesimen dikeluarkan dari media korosif kemudian dibersihkan dan ditimbang. Berdasarkan ASTM G31-72, persamaan untuk menghitung laju korosi adalah sebagai berikut

$$\text{Laju korosi} = \frac{K.W}{D.A.T} \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana :

K = konstanta (mmpy = 8.75×10^4)

W = kehilangan berat (gram)

D = densitas (gram/cm³)

A = luas permukaan yang terendam (cm²)

T = waktu (jam)

- Efisiensi inhibitor korosi



$$E_{inh} = \frac{CR_0 - CR_I}{CR_0} \dots\dots\dots(2.5)$$

dimana

E_{inh} = efisiensi inhibitor korosi

CR_0 = laju korosi dengan zero inhibitor

CR_I = laju korosi dengan adanya inhibitor

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

$$Q_{inh} = \frac{V_{fluid}}{1.0 \times 10^6} \times C_{inh} \text{ (ppm)} \dots\dots\dots(2.6)$$

dimana,

Q_{inh} = jumlah inhibitor, kg

V_{fluid} = volume cairan yang harus dihambat

C_{inh} = konsentrasi inhibitor, ppm

2.9.2 Polarisasi Tafel

Polarisasi adalah perubahan potensial dari keadaan seimbang. Ketika suatu logam tidak berada pada kesetimbangan dengan larutan yang mengandung ion-ionnya, potensial elektrodanya berbeda dari potensial korosi bebas dan selisih antar keduanya bisa disebut polarisasi (Thretewey, 1991).

Laju korosi sebenarnya belum dapat dilihat dari perbedaan perbedaan potensial antara katoda dan anoda. Namun juga tergantung dari kerapata arus yang muncul. Korosi dapat digambarkan dengan kurva tegangan fungsi arus yang selanjutnya disebut dengan polarisasi.

Potensial polarisasi , η atau potensial lebih, adalah selisih antara potensial terapan terhadap potensial korosi logam pada keadaan kesetimbangan dengan ionnya dalam larutan (elektrolit).



Parameter ini dapat digunakan untuk menyatakan laju pelarutan atau laju proses korosi logam yang bersangkutan, yang dikenal dengan persamaan Tafel sebagai berikut ,

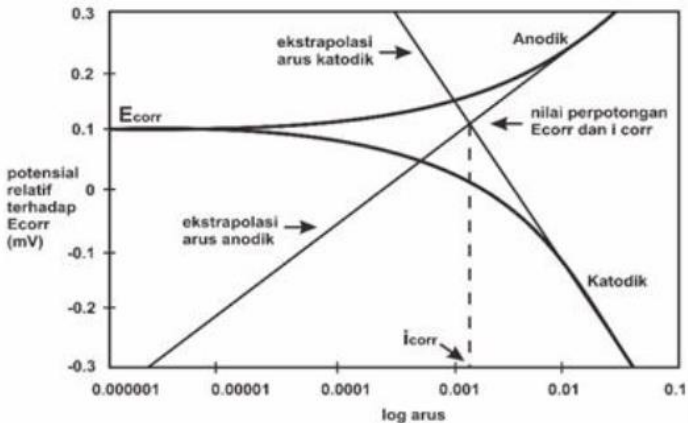
Untuk polarisasi anodik,,

$$\eta_a = \beta_a \log i_a - \beta_a \log i_0 \dots \dots \dots (2.7)$$

Untuk polarisasi katodik,

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

Dengan η_a η_k i_a i_k dan i_0 berturut turut adalah potensial polarisasi anodik, potensial polarisasi katodik, rapat arus anodik, rapat arus katodik dan rapat arus korosi pada kesetimbangan . sedangkan β_a dan β_k disebut sebagai tetapan tetapan Tafel atau beta anodik dan beta katodik. Ungkapan persamaan diatas menunjukkan bahwa aluran η terhadap $\log I$ baik pada proses anodic maupun proses katodik akan berupa suatu garis lurus dengan kemiringan sama dengan tetapan Tafel yang bersangkutan. Pada saat E_{corr} $\eta = 0$ dan tetapan tetapan Tafel dinyatakan dalam besaran mV/decade. Tetapan ini digunakan untuk menentukan rapat arus korosi yang berbanding langsung dengan laju korosi. Kurva yang diperoleh dari pengukuran ini seperti pada gambar 2.20



Gambar 2. 20 Contoh grafik Polarisasi (Rahman 2016)



Rapat arus sebanding dengan laju korosi, karena arus yang sama bila terkonsentrasi pada luas permukaan yang lebih kecil akan menghasilkan laju korosi yang lebih besar. Dengan anggapan bahwa korosi berlangsung seragam, atau merata pada seluruh permukaan logam, laju penetrasi korosi persatuan waktu dapat dinyatakan dalam mm/year.

Laju korosi kemudian dapat dihitung baik dengan perangkat lunak ataupun dengan mekanisme perhitungan manual dengan membuat garis linear pada kurva anodik dan katodik, kemudian dilihat perpotongannya dan didapatkan nilai i_{corr} , kemudian memasukkan nilai tersebut ke dalam persamaan sebagai berikut :

$$mpy = 0.129 \times i_{corr} \times EWD \dots\dots\dots(2.9)$$

D = Berat Jenis Material

I = Rapat Arus Korosi

EW = Berat Ekuivalen Material yang Mengalami Korosi (Octoviawan, 2012)

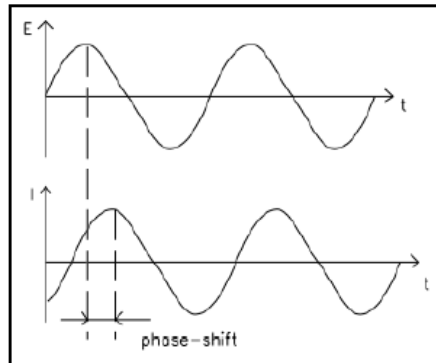
2.9.3 Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)

Electrochemical Impedance Spectroscopy sering digunakan dalam berbagai bidang korosi, seperti *coating*, pembentukan lapisan pasif dan keperluan evaluasi inhibitor, mempelajari kinetika reaksi elektrokimia, sifat listrik antar muka, mekanisme korosi, serta mekanisme inhibisi. Metode ini juga dapat digunakan untuk memprediksi perilaku korosi secara akurat yang direpresentasikan sebagai model rangkaian listrik. Pengujian EIS dikenal sebagai metode yang kuat untuk memberikan informasi mengenai laju korosi, baik mengenai kinetika proteksi dan mekanismenya (Gusmano, 2006), pada penelitian ini digunakan EIS untuk mempelajari pembentukan film pada inhibitor campuran impendansi elektrokimia biasa diukur dengan memberikan potensial AC (*Alternating Current*) pada sel elektrokimia dan dengan pengukuran melalui sel, asumsi jika diaplikasikan eksitasi potensial sinusoidal. Respon terhadap potensial ini adalah sinyal



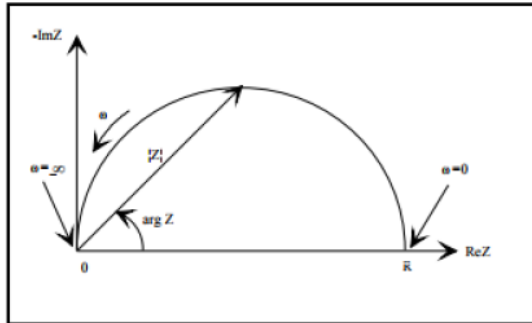
arus AC. Lalu daya sinyal ini dapat di analisis dengan penjumlahan fungsi sinusoidal (Jenis Fourier)

Pada umumnya, impedansi diukur dengan menggunakan sinyal kecil eksitasi. Ini dilakukan agar respon berupa *pseudo-linear*. Dalam sistem linear atau *pseudo-linear*, respon arus menjadi potensial sinusoidal akan menjadi sinusoid dengan frekuensi yang sama, namun di ubah dalam beberapa tahapan yang dapat dilihat pada gambar 2.21



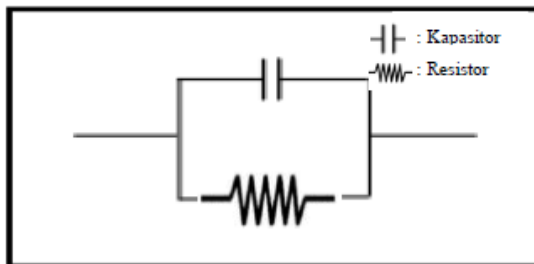
Gambar 2. 21 Perubahan kurva sinusoidal (Gamry Instruments, 2012)

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



Gambar 2. 22 Plot Nyquist dengan Vektor Impedansi (Gamry Instruments, 2012)

Harus diketahui jika sumbu Y dari grafik adalah negatif dan setiap titik pada plot kurva nyquist adalah impedansi pada satu frekuensi. Data dengan frekuensi lebih rendah ada pada sisi kanan dari plot kurva, sedangkan frekuensi lebih tinggi ada pada sisi kiri, pada plot Nyquist impedansi dapat di representasikan sebagai vektor (panah) dari panjang $|Z|$. Sudut antara vector ini dan sumbu-X biasa disebut dengan *phase angle*, adalah Θ (Gamry Instruments, 2012)



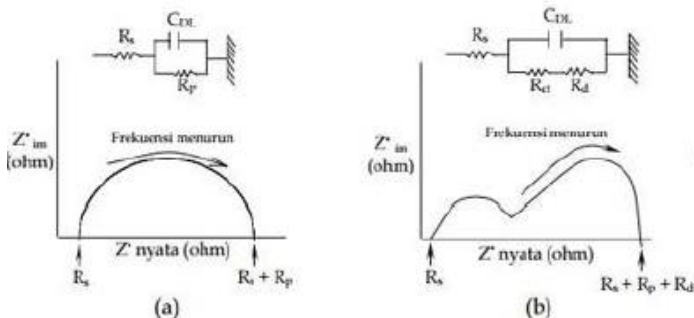
Gambar 2. 23 Rangkaian listrik sederhana dengan satu model waktu konstan (Gamry Instruments, 2012)

Gambar 2.23 merupakan hasil sirkuit listrik dari gambar 2.22. Hasil tersebut menggambarkan setengah lingkaran yang menunjukkan karakteristik dari sebuah “waktu konstan”. Impedansi elektrokimia biasanya menunjukkan beberapa setengah



lingkaran, umumnya beberapa bagian dari setengah lingkaran dapat terlihat, dari hasil pengujian EIS didapatkan nilai tahanan polarisasi (R_p), tahanan larutan (R_s), kapasitansi lapisan rangkap ganda (CDL).

Gambar 2.24 merupakan contoh model sirkuit sistem elektrokimia logam yang tercelup dalam larutan elektrolit (a) menunjukkan pada *interface* logam dengan larutan terdapat tahanan polarisasi (R_p) adalah hambatan transisi antara elektroda dan elektrolit, apabila terjadi peningkatan hambatan polarisasi terhadap aliran pada sel elektrokimia disebabkan oleh reaksi pada elektroda (b) menunjukkan adanya hambatan transfer muatan (R_{ct}), serta hambatan difusi (R_d) paralel dengan lapisan rangkap yang dinyatakan dengan adanya kapasitansi lapis rangkap (CDL) dan secara seri dengan hambatan listrik larutan yang dinyatakan sebagai (R_s). Lalu tergambar spektrum EIS berupa kurva Nyquist di bawah masing – masing sirkuit ekuivalen seperti gambar 2.24 (Amalia, 2005)



Gambar 2. 24 Aliran Nyquist.

(a) untuk reaksi antarmuka yang dikendalikan oleh hambatan perpindahan muatan listrik (b) untuk reaksi antarmuka yang dikendalikan proses difusi Pengaruh Konsentrasi NaCl Terhadap Laju Korosi (Amalia, 2015)



Impedansi dari sel elektrokimia, Z , ditentukan berdasarkan analogi dari hukum Ohm seperti di bawah ini. Dengan ω adalah frekuensi radial atau kecepatan sudut yang diterapkan ($\text{rad}\cdot\text{sec}^{-1}$).

$$Z(\omega) = E(t)/I(t) = Z'(\omega) + jZ''(\omega) \dots \dots \dots (2.10)$$

$$Y(\omega) = I(t)/E(t) = Y'(\omega) + jY''(\omega) \dots \dots \dots (2.11)$$

dimana :

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

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

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

f = frekuensi sinyal (Hz)

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

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

t = waktu (s)

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

$j^2 = -1$

Nilai kapasitansi *double layer*, didapatkan dari elemen kapasitansi *double layer* (Cdl) yang dihasilkan dari fitting sirkuit ekuivalen listrik.

2.10 Sarang Semut

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



Sedangkan, di Sumatera disebut kepala beruk dan rumah semut. Sarang semut terdiri atas empat bagian yakni daun, batang, umbi, dan bunga (Subroto, 2007). Adapun secara morfologi, sarang semut mempunyai ciri - ciri sebagai berikut:

1. Umbi

Umbi pada tumbuhan sarang semut umumnya berbentuk bulat saat muda, kemudian menjadi lonjong memendek atau memanjang setelah tua. Umbinya hampir selalu berduri. Dalam umbi sarang semut terdapat labirin yang dihuni oleh semut atau cendawan. Keunikan tumbuhan ini terletak pada koloni semut yang bersarang pada umbi sehingga terbentuk lubang -lubang atau labirin. Di habitat aslinya, sarang semut dihuni oleh ratusan semut. Pusat Penelitian dan Pengembangan Zoologi mengidentifikasi semut di dalam labirin adalah jenis *Ochetellus sp.* Simbiosis mutualisme terjadi diantara semut dan *Myrmecodia*. Semut akan melindungi *Myrmecodia* dari herbivora dan predator lain dan *Myrmecodia* menjadi rumah yang nyaman sekaligus menyediakan sumber pakan untuk kelangsungan hidup koloni semut

2. Batang

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

3. Daun

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

4. Bunga

Pembungaan dimulai sejak terbentuknya beberapa ruas (internodal) pada batangnya dan ada pada tiap nodus (buku), bunga berwarna putih. Sarang semut adalah tumbuhan yang



melakukan penyerbukan sendiri. Tanaman sarang semut adalah anggota famili *Rubiaceae*. Berikut ini adalah klasifikasi tumbuhan sarang semut (Florentinus, 2013) :

Kingdom : *Plantae*

Divisi : *Tracheophyta*

Kelas : *Magnoliopsida*

Subkelas : *Lamiidae*

Ordo : *Rubiales*

Famili : *Rubiaceae*

Genus : *Myrmecodia*

Spesies : *Myrmecodia pendans*



Gambar 2. 25 Sarang Semut (Janti, 2015)

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

Flavonoid merupakan golongan senyawa bahan alami dari senyawa fenolik yang merupakan pigmen tumbuhan. Flavonoid pada tumbuhan sarang semut dinilai sebagai zat antioksidan yang bersifat kuat karena kemampuan untuk memberikan hidrogen atau



elektron untuk membentuk radikal intermediet yang stabil (Wang dkk, 2010). Selain senyawa flavonoid, sarang semut juga mengandung senyawa tanin dan tokoferol serta beberapa mineral. Tanin merupakan astringen dan polifenol tanaman berasa pahit yang dapat mengikat dan mengendapkan protein. Tumbuhan sarang semut juga kaya akan antioksidan tokoferol (Vitamin E) dan beberapa mineral penting untuk tubuh seperti kalsium, natrium, kalium, seng, besi, fosfor dan magnesium.

Secara umum kandungan kimia dari sarang semut tersaji dalam tabel 2.2

Tabel 2. 2 Kandungan senyawa kimia umbi sarang semut secara umum (Janti Sudiono,2015)

S. No.	Phytoconstituents	Presence/Absence
1	saponin	+
2	tanin	+
3	phenolic	+
4	flavonoid	+
5	alkaloid	+
6	triterpenoid	+
7	steroid	-
8	glycoside	+

2.11 Pegagan

Centella asiatica L. telah digunakan sebagai ramuan obat selama ribuan tahun di India, China, Srilanka, Nepal dan Madagaskar. *Centella asiatica* adalah salah satu ramuan utama untuk mengobati masalah kulit, menyembuhkan luka, untuk merevitalisasi saraf dan sel otak, yang karenanya dikenal sebagai "makanan otak" di India. *Centella asiatica* (Linn.) Sistem perkotaan. sinonim *Hydrocotyle asiatica* Linn. Umumnya dikenal sebagai Indian Pennywort, milik keluarga Apiaceae (sebelumnya dikenal sebagai Umbelliferae). Di India tanaman itu sebelumnya dikacaukan dengan *Bacopa monnieri* Wettst., Karena kedua tanaman tersebut telah dijual di pasaran dengan nama "Brahmi". Namun, kontroversi tersebut telah terselesaikan dan disimpulkan



bahwa rahmi adalah *B.monnieri* dan *mandookaparni* adalah *C. asiatica*¹. Menurut laporan Ekspor dan Impor Bank India *Centella asiatica* adalah salah satu tanaman obat penting di pasar Internasional Perdagangan Tanaman Obat. Namun, stok liar dari spesies tanaman ini telah berkurang drastis, karena eksploitasi skala besar dan tak terbatas ditambah dengan penanaman terbatas dan upaya penggantinya tidak mencukupi. Selain itu, sekarang telah terdaftar sebagai spesies tanaman yang terancam oleh Persatuan Internasional untuk Konservasi Alam dan Sumber Daya Alam (IUCN) 2, dan juga sebagai spesies yang terancam punah



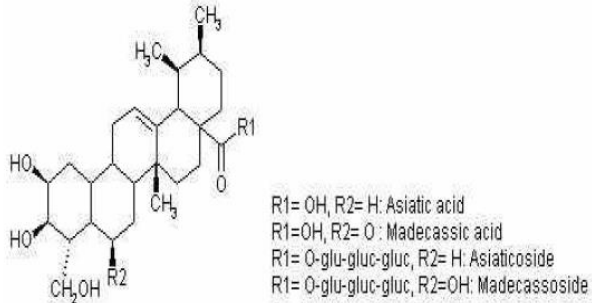
Gambar 2. 26 Daun Pegagan (Sakshi, 2010)

Studi ilmiah telah membuktikan klaim sistem obat India dan berbagai komponen Biokimia yaitu metabolit sekunder telah ditemukan di *Centella asiatica* dan karenanya secara ilmiah penting dalam sistem pengobatan modern juga. *Centella asiatica* memiliki jenis kimia berikut:

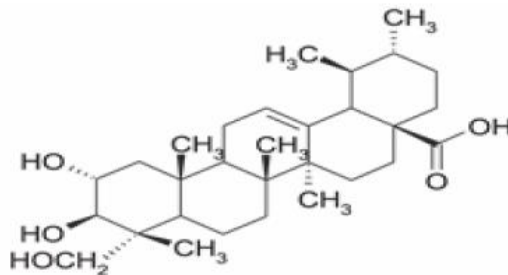
- Triterpenoid
- Asam volatil dan berlemak
- Alkaloid
- Glikosida
- Flavanoid
- lain-lain - Vitamin B, C, G dan beberapa asam amino dll.



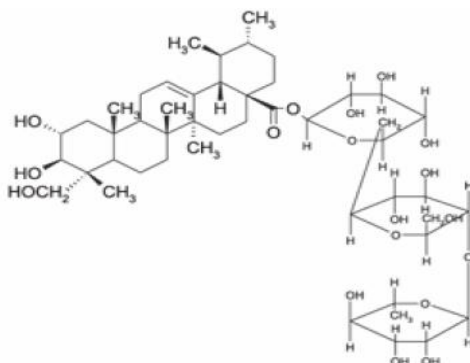
• **Triterpenoid:** Sertakan asiaticoside, centelloside, madecossoside, thankunside, asam isotankunat, centellose, asam asiatic, centellic dan madecassic dan brahmoside, brahminoside, brahmicaacid, struktur genin mereka, asam brahmica telah terbentuk sebagai 2,6-hydroxy, 23-hydroxy-methyl ursolic acid. Asiaticoside dan madecossoside didominasi oleh daun dan sedikit di akar.



Gambar 2. 27 Asiatic acid derivatives (Sakshi, 2010)



Gambar 2. 28 Madecassic acid (Sakshi, 2010)



Gambar 2. 29 Asiaticoside (Sakshi, 2010)

- Asam Volatile dan Fatty: Minyak lemak terdiri dari gliserida dari palmitat, stearat, lignokerik, oleat, linoleat. dan asam linolenat.
- Alkaloid: Alkaloid, hidroktin ($C_{22}H_{33}NO_8$) telah diisolasi dari tanaman kering.
- Glikosida: Asiaticoside, madecossoside dan centelloside telah diisolasi dari bagian tanaman. Pada hidrolisis, glikosida ini menghasilkan asam triterpena, asam asiatik, asam madagascaric dan asam sentris, kecuali asam Centella ini, semua di atas hadir dalam bentuk bebas di dalam tabung.
- Flavanoid: Flavanoid, 3-glucosylquercetin, 3-glucosylkaemferol dan 7-glukosilkaemferol telah diisolasi dari daun. Tanaman ini dilaporkan mengandung tanin, gula, asam anorganik dan resin, asam amino, yaitu. asam aspartat, glisin, asam glutamat, α -alanin dan fenilalanin. Abu total mengandung klorida, sulfat, fosfat, besi, kalsium, magnesium, natrium dan kalium. Daunnya kaya vitamin seperti vit.B, vit.C dan vit.G

Secara umum kandungan dari daun pegagan memiliki beberapa senyawa kimia yang tersaji pada tabel 2.3



Tabel 2. 3 Kandungan kimia daun pegagan secara umum (Rashmi Saxena Pal,2016)

No.	Phytoconstituents	Presence/Absence
1	Alkaloids	+
2	Carbohydrates	+
3	Glycosides	+
4	Phenolic Compounds	+
5	Proteins and Free Amino Acids	+
6	Saponins	+
7	Sterols	-

2.12 Urang Aring

Famili : *Asteraceae Eclipta Alba* (Asteraceae) adalah tanaman herba tahunan, yang umumnya dikenal sebagai daisy palsu. tegak lurus, bercabang, berambut kasar, tahunan, di simpul; Daunnya berlawanan, sessile dan lanceolate. Hal ini juga dikenal sebagai Bhringaraj dan Karisilakanni, yang dapat ditemukan seluruh India diketinggian 6000 kaki sebagai gulma. *Eclipta Alba* yang putih yang mengacu pada warna bunga. Prinsip aktif utama terdiri dari coumestans seperti wedelolactone, desmethylwedelolactone (Wagner H. et al., 1986), furanocoumarins, oleanane & taraxastane glycosides (Amritpal Singh et al., 2010).

Eclipta Alba telah digunakan di berbagai wilayah tropis dan subtropis seperti Amerika Selatan, Asia, Afrika. Ada tiga jenis atau *Eclipta Alba*-bunga putih, bunga kuning, dan buah hitam, tapi ketiganya tumbuh di seluruh India oleh rawa-rawa, sungai, dan danau atau di kaki pegunungan Himalaya. Ini adalah ramuan aktif dari banyak formulasi herbal yang diresepkan untuk penyakit hati dan menunjukkan efek pada pembentukan sel hati. Ini digunakan sebagai tonik dan diuretik dalam pembesaran hati dan limpa. Hal ini juga digunakan dalam ikterus katarak dan penyakit kulit (Scott Treadway1998). Ekstrak alkohol tanaman telah menunjukkan aktivitas antivirus terhadap virus penyakit Ranikhet (Sunita Dalal,



et al., 2010). Tanaman ini biasa digunakan di minyak rambut di seluruh India untuk rambut hitam dan panjang yang sehat (Roy RK, et al., 2008). Jus segar daun digunakan untuk meningkatkan nafsu makan, memperbaiki pencernaan (Cheryl Lans, 2007) dan sebagai regulator usus ringan. Hal ini umumnya digunakan dalam hepatitis virus untuk memperlancar aliran empedu dan melindungi parenkim dan populer digunakan untuk meningkatkan memori dan pembelajaran (Otilia Banji, 2007)



Gambar 2. 30 Daun urang aring (Jaglan, 2013)

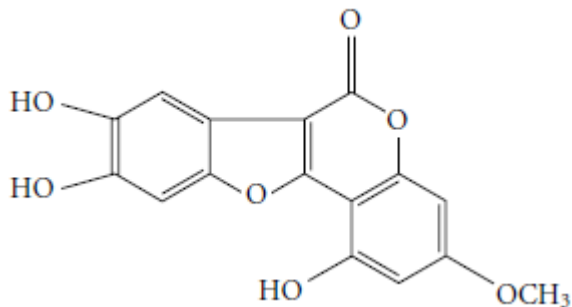
Tanaman ini memiliki reputasi sebagai agen antipenuaan di Ayurveda (Thakur VD, et al., 2005). Ini digunakan sebagai tonik ageneral untuk kelemahan. Eksternal digunakan untuk peradangan (Amritpal singh, et al., 2008; dan Mahesh Sawant, dkk., 2004), potongan kecil dan luka bakar dan jus daun segar dianggap sangat efektif dalam menghentikan pendarahan (Mukherjee DR, dkk. , 1976).). Ini banyak digunakan di India sebagai chologuague dan deobstruent dalam pembesaran hati, untuk penyakit kuning dan penyakit hati lainnya dan kandung empedu (Scott Treadway, 1998). Ekstrak air *Eclipta prostrata* (keseluruhan tanaman) menunjukkan aktivitas penghambatan yang paling kuat melawan HIV-1 integrase (HIV-1 IN) (Tewtrakul S, dkk., 2007). Vedic



Guard, formulasi polyherbal adalah kombinasi sinergis dari 16 ekstrak tumbuhan obat yang mengandung *Eclipta Alba* sebagai bahan utama (Rema Razdan, et al., 2008). Charaka menyarankan untuk mengambil jus *Eclipta Alba* dengan madu untuk mencegah timbulnya kepikunan, dan minyaknya sebagai minyak pijat obat terbaik untuk terapi peremajaan. Phytochemistry: *Eclipta Alba* (L.) mengandung berbagai prinsip aktif yang meliputi coumestans, alkaloid, flavonoid, glikosida, poliasetil, triterpenoid. Daunnya mengandung stigmasterol, β -terthienylmethanol, wedelolactone, demethylw-edelolactone dan demethylwedelolactone-7-glucoside (Wagner H. et al., 1986)

Tabel 2. 4 Kandungan dalam urang aring (Dharmender Jaglan,2013)

S.No.	Parts	Chemical constituents
1	Leaves	Wedelolactone[1.6%], Desmethylwedelolactone, Desmethylwedelolactone-7-glucoside, stigmasterol
2	Roots	Hentriacontanol, Heptacosanol & Stigmasterol, Ecliptal, Eclalbatin.
3	Aerial parts	β -amyrin & Luteolin-7-O-glucoside, Apigenin, Cinnaroside, Sulphur compounds, Eclalbasaponins I-VI
4	Stems	Wedelolactone
5	Seeds	Sterols, Ecliptalbine (alkaloid)
6	Whole plant	Resin, Ecliptine, Reducing sugar, Nicotine, Stigmasterol, Triterpene saponin, Eclalbatin, Ursolic acid, Oleanolic acid.



Gambar 2. 31 Wedelolactone (Shyamala,2012)

Kandungan daun urang aring secara umum tersaji dalam Tabel 2.5



Tabel 2. 5 Kandungan senyawa kimia daun urang aring secara umum (Sharma Ambika,2011)

No.	Phytoconstituents	Presence/Absence
1.	Carbohydrates	+
2.	Proteins	-
3.	Amino acids	+
4.	Steroids	+
5.	Cardiac Glycosides	-
6.	Anthraquinone glycosides	-
7.	Saponins	+
8.	Flavonoids	+
9.	Alkaloids	+
10.	Tannins & Phenolics	+

2.13 Pelarut, Faktor, dan Jenis-Jenisnya

Pelarut adalah benda cair atau gas yang melarutkan benda padat, cair atau gas, yang menghasilkan sebuah larutan. Pelarut juga umum digunakan adalah bahan kimia organik (mengandung karbon) yang juga disebut pelarut organik. Pelarut organik berdasarkan konstanta dielektrik dapat dibedakan menjadi dua yaitu pelarut polar dan pelarut non-polar. Konstanta dielektrik dinyatakan sebagai gaya tolak menolak antara dua partikel yang bermuatan listrik dalam suatu molekul. Semakin tinggi konstanta dielektriknya maka pelarut bersifat semakin polar (Sudarmadji dkk., 1989). Konstanta dielektrik dari beberapa pelarut yang dapat dilihat pada Tabel 2.6.



**Tabel 2. 6 Konstanta Dielektrikum Pelarut Organik
(Sudarmadji, 1989)**

Pelarut	Konstanta Dielektrik
n-heksan	2,0
Etil Asetat	6,0
Kloroform	4,8
Asam Asetat	6,2
Benzen	2,3
Etanol	24,3
Metanol	33,1
Aseton	21
Air	80,4

Pelarut biasanya memiliki titik didih rendah dan lebih mudah menguap, meninggalkan substansi terlarut yang didapatkan. Menurut Guenther, 1987, pelarut sangat mempengaruhi proses ekstraksi. Pemilihan pelarut pada umumnya dipengaruhi oleh faktor-faktor antara lain :

1. Selektivitas
2. Pelarut dapat melarutkan semua zat yang akan diekstrak dengan cepat dan sempurna.
3. Titik didih pelarut
4. Pelarut harus mempunyai titik didih yang cukup rendah sehingga pelarut mudah diuapkan tanpa menggunakan temperatur tinggi pada proses pemurnian dan jika diuapkan tidak tertinggal dalam minyak.
5. Pelarut tidak larut dalam air
6. Pelarut bersifat inert sehingga tidak bereaksi dengankomponen lain.
7. Harga pelarut semurah mungkin.
8. Pelarut mudah terbakar.



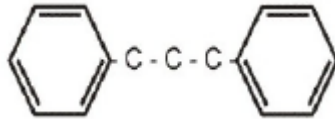
Pelarut-pelarut yang umum digunakan dalam proses ekstraksi bahan antara lain :

- Etanol
Sering digunakan sebagai pelarut dalam laboratorium karena mempunyai kelarutan yang relatif tinggi dan bersifat inert sehingga tidak bereaksi dengan komponen lainnya. Etanol memiliki titik didih yang rendah sehingga memudahkan pemisahan minyak dari pelarutnya dalam proses distilasi.
- n-Heksana
Merupakan pelarut yang paling ringan dalam mengangkat senyawa yang terkandung dalam biji-bijian dan mudah menguap sehingga memudahkan untuk refluks. Pelarut ini memiliki titik didih antara 65°-70°C.
- Isopropanol
Merupakan jenis pelarut polar yang memiliki massa jenis 0,789 g/ml. Pelarut ini mirip dengan ethanol yang memiliki kelarutan yang relatif tinggi. Isopropanol memiliki titik didih 81°-82°C.
- Etil Asetat
Etil asetat merupakan jenis pelarut yang bersifat semi polar. Pelarut ini memiliki titik didih yang relatif rendah, yaitu 77°C sehingga memudahkan pemisahan minyak dari pelarutnya dalam proses destilasi.
- Aseton
Aseton larut dalam berbagai perbandingan dengan air, etanol, dietil eter, dan lain-lain. Ia sendiri juga merupakan pelarut yang penting. Aseton digunakan untuk membuat plastik, serat, obat-obatan, dan senyawa-senyawa kimialainnya.
- Metanol
Pelarut metanol merupakan pelarut yang paling banyak digunakan dalam proses isolasi senyawa organik bahan alam.



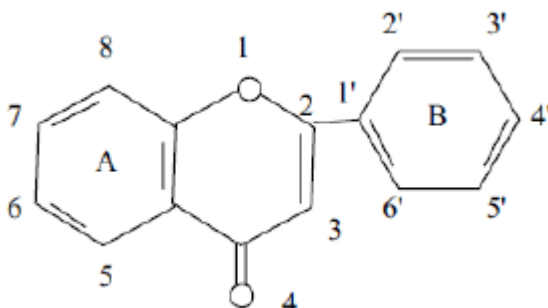
2.14 Flavonoid

Flavonoid merupakan salah satu kelompok senyawa metabolit sekunder yang paling banyak ditemukan di dalam jaringan tanaman (Rajalakshmi, 1985). Flavonoid mempunyai kerangka dasar 15 atom karbon yang terdiri dari dua cincin benzen (C_6) terikat pada suatu rantai propana (C_3) sehingga membentuk suatu susunan $C_6-C_3-C_6$ (Lenny, 2006). Kerangka karbonnya terdiri atas dua gugus C_6 (cincin benzen tersubstitusi) disambungkan oleh rantai alifatik tiga-karbon. Kerangka flavonoid dapat dilihat pada Gambar 2.31



Gambar 2. 32 Kerangka Flavonoid (Markham, 1988)

Pengelompokan flavonoid dibedakan berdasarkan cincin heterosiklik-oksigen tambahan dan gugus hidroksilnya. Pada tumbuhan tingkat tinggi flavonoid terdapat baik dalam bagian vegetatif maupun dalam bunga (Robinson, 1995). Kelas-kelas yang berlainan dalam golongan ini dibedakan berdasarkan cincin heterosiklik-oksigen tambahan dan gugus hidroksil yang tersebar menurut pola yang berlainan. Flavonoid sering terdapat sebagai glikosida. Golongan terbesar flavonoid berciri mempunyai cincin piran yang menghubungkan rantai tiga karbon dengan salah satu dari cincin benzena. Sistem penomoran flavonoid dapat dilihat pada Gambar



Gambar 2. 33 Penomoran Flavonoid (Shashank, 2013)

Flavonoid merupakan kandungan khas tumbuhan hijau dengan mengecualikan alga. Senyawa ini berperan sebagai penangkap radikal bebas karena mengandung gugus hidroksil. Karena bersifat sebagai reduktor, flavonoid dapat bertindak sebagai donor hidrogen terhadap radikal bebas (Silalahi, 2006). Flavonoid terdapat pada semua bagian tumbuhan termasuk daun, akar, kayu, kulit, tepung sari, nektar, bunga, buah, dan biji. Penyebaran jenis flavonoid pada golongan tumbuhan yang terbesar, yaitu angiospermae (Markham, 1988). Segi penting dari penyebaran flavonoid dalam tumbuhan ialah adanya kecenderungan kuat bahwa tumbuhan yang secara taksonomi berkaitan akan menghasilkan flavonoid yang jenisnya serupa. Jadi, informasi yang berguna tentang jenis flavonoid mungkin ditemukan pada tumbuhan yang sedang ditelaah, seringkali dapat diperoleh dengan melihat pustaka mengenai telaah flavonoid terdahulu dalam tumbuhan yang berkaitan, misalnya dari marga atau suku yang sama (Markham, 1988). Aglikon flavonoid adalah polifenol dan karena itu mempunyai sifat kimia senyawa fenol, yaitu bersifat agak asam sehingga dapat larut dalam basa. Karena mempunyai sejumlah gugus hidroksil yang tidak tersulih, atau suatu gula, flavonoid merupakan senyawa polar, maka umumnya flavonoid larut dalam pelarut polar seperti etanol (EtOH), metanol (MeOH), butanol (BuOH), aseton, dimetilsulfoksida (DMSO), dimetilformamida (DMF), air, dan lain-lain. Sebaliknya, aglikon



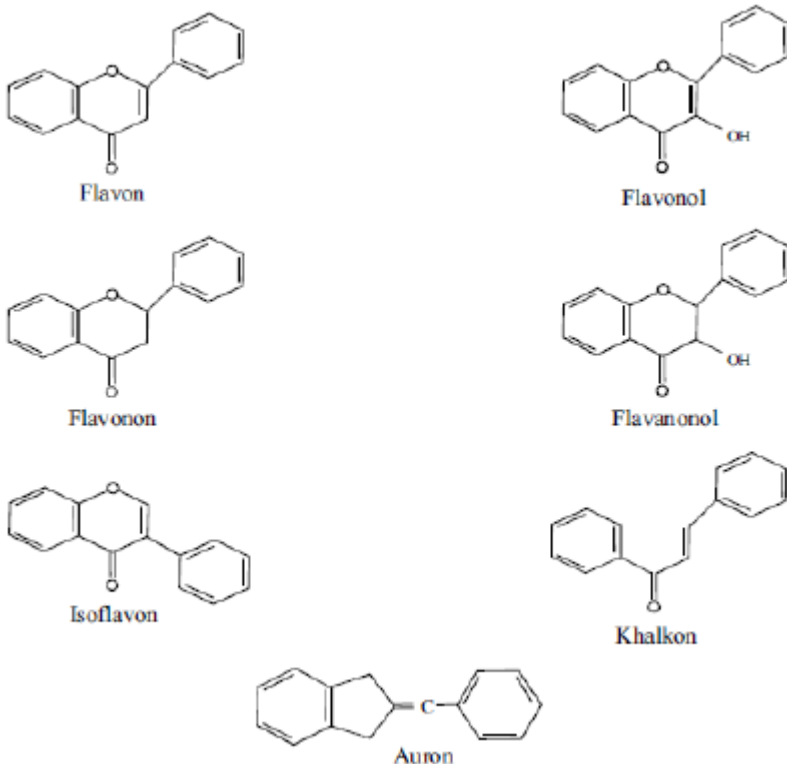
yang kurang polar seperti isoflavan, flavanon, dan flavon serta flavonol yang termetoksilasi cenderung lebih mudah larut dalam pelarut seperti eter dan kloroform (Markham, 1988). Flavonoid memberikan kontribusi pada aktivitas antioksidannya secara *in vitro* dengan cara flavonoid mengikat (kelasi) ion-ion metal seperti Fe dan Cu. Ion-ion metal seperti Cu dan Fe ini, dapat mengkatalisis reaksi yang akhirnya memproduksi radikal bebas (Miranda *et al.*, 1998). Flavonoid merupakan pembersih radikal bebas yang efektif secara *in vitro*. Walaupun, mengonsumsi flavonoid dalam jumlah tinggi, konsentrasi flavonoid dalam plasma dan intraseluler manusianya sekitar 100 – 1000 kali lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi antioksidan lain seperti asam askorbat (vitamin C). Sebagian besar Fe dan Cu terikat dengan protein pada organisme hidup, mengakibatkan membatasinya untuk ikut dalam reaksi pembentukan radikal bebas. Walaupun flavonoid mempunyai kemampuan untuk mengikat ion-ion metal, akan tetapi tidak diketahui senyawa flavonoid ini dapat berfungsi sebagai pengikat ion metal pada kondisi normal. (Frei dan Higdon, 2003).

2.14.1 Penggolongan Flavonoid

Penggolongan jenis flavonoid dalam jaringan tumbuhan mula-mula didasarkan kepada telah sifat kelarutan dan reaksi warna. Kemudian diikuti dengan pemeriksaan ekstrak tumbuhan yang telah dihidrolisis, secara kromatografi satu arah, dan pemeriksaan ekstrak etanol secara dua arah. Akhirnya, flavonoid dapat dipisahkan dengan cara kromatografi. Komponen masing-masing diidentifikasi dengan membandingkan kromatografi dan spektrum, dengan memakai senyawa pembanding yang sudah dikenal. Senyawa baru yang sudah ditemukan sewaktu menelaah memerlukan pemeriksaan kimia dan spektrum yang lebih terinci (Harborne, 1996). Struktur berbagai tipe atau golongan flavonoid bervariasi sesuai dengan kerangka dasar heterosiklik beroksigen yang dapat berupa gama piron, piran atau pirilium. Kecuali pada auron dan khalkon, siklisasi terjadi antara atom karbon didekat cincin benzen (B) dan satu gugus



hidroksil cincin A. Kelas-kelas yang berlainan di flavonoid dibedakan berdasarkan cincin heterosiklik oksigen dan juga hidroksil yang tersebar menurut pola yang berlainan (Robinson, 1991). Perbedaan di bagian rantai karbon nomor 3 menentukan klasifikasi dari senyawa flavonoid yaitu flavon, flavonol, flavanon, flavanonol, isoflavon, auron dan khalkon. Kerangka dari tipe-tipe flavonoid dapat dilihat pada Gambar 2.34.



Gambar 2. 34 Turunan flavonoid (Shashank, 2013)



2.15 Triterpenoid

Triterpenoid adalah senyawa yang kerangka karbonnya berasal dari enam satuan isoprene dan secara biosintesis diturunkan dari hidrokarbon C₃₀ asiklik yaitu skualen. Senyawa ini berstruktur siklik yang nisbi rumit, kebanyakan berupa alcohol, aldehid atau asam karboksilat. Uji yang banyak digunakan adalah reaksi Lieberman-Buchard (anhidrida asetat-H₂SO₄ pekat) yang dengan kebanyakan triterpen dan sterol memberikan warna hijau-biru (Harborne, 1987).

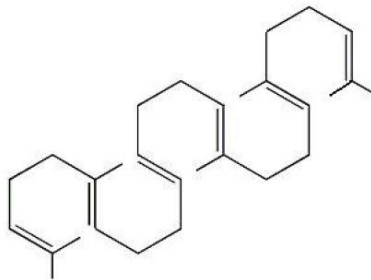
Triterpen sekurang-kurangnya dapat dibagi menjadi empat golongan senyawa: triterpena sebenarnya, steroid, saponin, dan glikosida jantung. Kedua golongan yang terakhir sebenarnya triterpen atau steroid yang terutama terdapat pada glikosida. Triterpen tertentu terkenal karena rasanya, terutama kepahitannya. Contohnya limonin, suatu senyawa pahit yang larut dalam lemak dan terdapat dalam buah jeruk, *Citrus nobilis*. Sterol adalah triterpen yang kerangka dasarnya sistem cincin siklopentana perhidrofenantrena. Dahulu sterol dianggap sebagai senyawa satwa (sebagai hormon kelamin, asam empedu, dan lain-lain), tetapi pada tahun-tahun terakhir ini makin banyak senyawa tersebut yang ditemukan dalam jaringan tumbuhan. Sterol tertentu hanya terdapat dalam tumbuhan rendah, contohnya ergosterol yang terdapat pada kamir dan sejumlah jamur. Sterol lainnya terutama terdapat juga dalam tumbuhan rendah, tetapi kadang-kadang terdapat juga dalam berbagai tumbuhan tinggi, misalnya fukosterol, yaitu steroid utama pada alga coklat dan juga terdeteksi pada kelapa. (Rustaman, et al.2000)

Berdasarkan jumlah cincin yang terdapat dalam struktur molekulnya triterpen sebenarnya dapat dibagi atas:

1. Triterpen asiklik yaitu triterpen yang tidak mempunyai cincin tertutup, misalnya skualena.
2. Triterpen trisiklik adalah triterpen yang mempunyai tiga cincin tertutup pada struktur molekulnya, misalnya: ambrein.

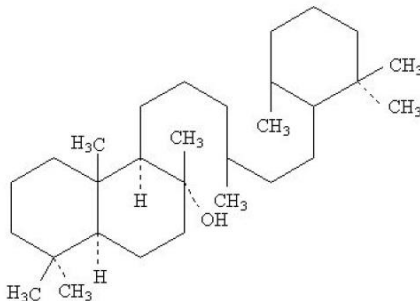


3. Triterpen tetrasiklik adalah triterpen yang mempunyai empat cincin tertutup pada struktur molekulnya, misalnya:lanosterol.
4. Triterpen pentasiklik adalah triterpen yang mempunyai lima cincin tertutup pada struktur molekulnya, misalnya α -amirin.



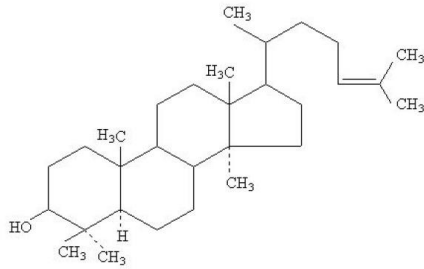
Skualena

Gambar 2. 35 Struktur skualena (Rustaman,2000)



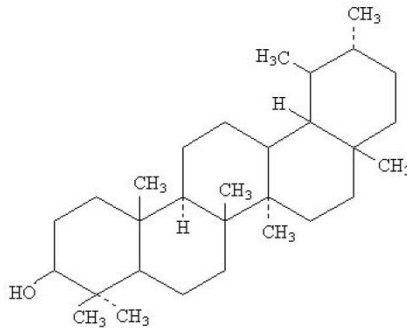
Amberin

Gambar 2. 36 Struktur amberin (Rustaman,2000)



Lanosterol

Gambar 2. 37 Struktur lanosterol (Rustaman,2000)



Alpha Amirin

Gambar 2. 38 Struktur alpha amirin (Rustaman,2000)

Sterol atau steroid adalah triterpenoid yang kerangka dasarnya cincin siklopentana perhidrofenantren. Senyawa sterol pada tumbuhan disebut dengan fitosterol, yang umum terdapat pada tumbuhan tinggi adalah sitosterol, stigmasterol dan kampesterol (Harborne, 1987). Inti steroida dasar sama dengan inti kolesterol, tetapi pada posisi 10 dan 13 terdapat gugus metil yang terikat pada sistem cincin. Pada umumnya steroida tumbuhan berupa alkohol dengan gugus hidroksil pada C3 sehingga steroida sering juga disebut sterol. Steroid adalah suatu golongan senyawa triterpenoid yang mengandung inti siklopentana perhidrofenantren



yaitu dari tiga cincin sikloheksana dan sebuah cincin siklopentana. Dahulu sering digunakan sebagai hormon kelamin, asam empedu, dll. Tetapi pada tahun-tahun terakhir ini makin banyak senyawa steroid yang ditemukan dalam jaringan tumbuhan. Tiga senyawa yang biasa disebut fitosterol terdapat pada hampir setiap tumbuhan tinggi yaitu: sitosterol, stigmasterol, dan kampesterol. (Harborne, 1987; Robinson, 1995) Menurut asalnya senyawa steroid dibagi atas:

1. Zoosterol, yaitu steroid yang berasal dari hewan misalnya kolesterol.
2. Fitosterol, yaitu steroid yang berasal dari tumbuhan misalnya sitosterol dan stigmasterol
3. Mycoosterol, yaitu steroid yang berasal dari fungi misalnya ergosterol
4. Marinosterol, yaitu steroid yang berasal dari organisme laut misalnya spongosterol.

Berdasarkan jumlah atom karbonnya, steroid terbagi atas:

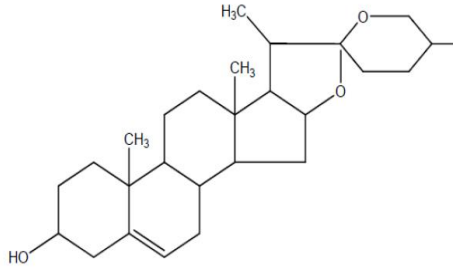
1. Steroid dengan jumlah atom karbon 27, misalnya zimasterol
2. Steroid dengan jumlah atom karbon 28, misalnya ergosterol
3. Steroida dengan jumlah atom karbon 29, misalnya stigmasterol .

Saponin atau glikosida sapogenin adalah salah satu tipe glikosida yang tersebar luas dalam tanaman. Tiap saponin terdiri dari sapogenin yang terdiri dari sapogenin yang merupakan molekul aglikon dan sebuah gula. Saponin merupakan senyawa yang menimbulkan busa jika dikocok dalam air dan pada konsentrasi yang rendah sering menyebabkan hemolisis sel darah merah, sering digunakan sebagai detergen (Clauss dkk, 1970). Berdasarkan bagian aglikonnya, dikenal dua jenis saponin, yaitu saponin steroida dan saponin triterpenoida (Farnsworth, 1966).

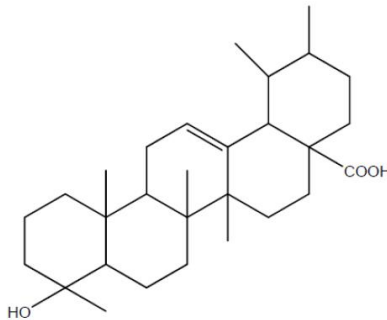
Saponin adalah glikosida triterpenoid dan sterol. Saponin merupakan senyawa aktif permukaan dan bersifat seperti sabun



serta dapat dideteksi berdasarkan kemampuannya dalam membentuk busa dan menghemolisis darah. (Harbone, 1987)



Gambar 2. 39 Saponin steroida (Farnsworth, 1966)



Gambar 2. 40 Saponin triterpenoida (Farnsworth, 1966)

2.16 Alkaloid

Senyawa yang berasal dari makhluk hidup yang bisa didapatkan dari bakteri jamur ataupun tumbuhan, senyawa kimia alami yang mengandung atom nitrogen dasar. Alkaloid dapat dimurnikan dengan ekstraksi asam-basa, senyawa ini mempunyai efek obat seperti anestesi local kokain, morfin analgesic, antimalaria, antikanker dll. Beberapa alkaloid memiliki rasa pahit. Senyawa alkanoid dapat diklasifikasikan berdasarkan strukturnya seperti non nitrogen atau organisme pembentuk ,

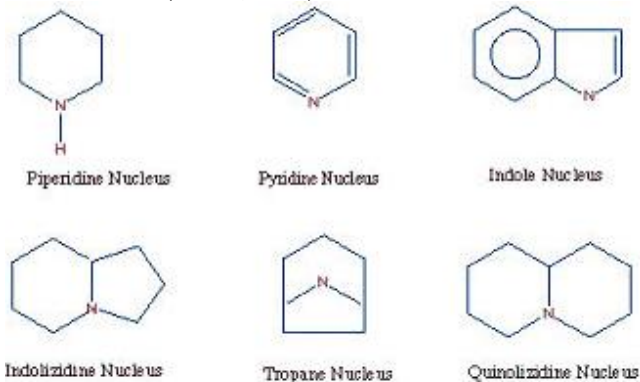


- **Pyridine group :**
piperine, coniine, trigonelline, arecoline, arecaidine, guvacine, cytisine, lobeline, nicotine, anabasine, sparteine, pelletierine.
- **Pyrrolidine group :**
hygrine, cuscohygrine, nicotine.
- **Tropane group :**
atropine, cocaine, ecgonine, scopolamine, catuabine.
- **Indolizidine group :**
senecionine, swainsonine.
- **Quinoline group :**
quinine, quinidine, dihydroquinine, dihydroquinidine, strychnine, brucine, veratrine, cevadine.
- **Isoquinoline group :**
opium alkaloids (papaverine, narcotine, narceine), pancratistatin , sanguinarine , hydrastine , berberine , emetine , berbamine , oxyacanthine .
- **Phenanthrene alkaloids :**
opium alkaloids (morphine , codeine , thebaine , oripavine)
- **Phenethylamine group :**
mescaline , ephedrine , dopamine
- **Indole group :**
Tryptamines : serotonin , bufotenine , psilocybin
Ergolines : ergine , ergotamine , lysergic acid
Beta - carbolines : harmine , harmaline , tetra hydro harmine
Yohimbans : reserpine, yohimbine .
Vinca alkaloids : vinblastine, vincristine .
Kratom) alkaloids : mitragynine , 7- hydroxy mitragynine .
Tabernanthe iboga : ibogaine , voacangine , coronaridine .
Strychnos nux-vomica : strychnine , brucine .

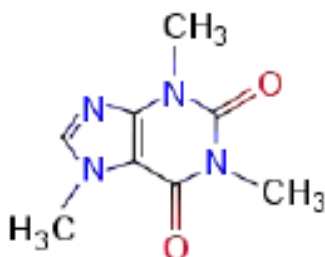


- **Purine group :**
Xanthines , caffeine , theobromine , theophylline .
- **Terpenoid group :**
Aconitum alkaloids : aconitine .
Steroid alkaloids : (containing a steroid skeleton in a nitrogen containing structure) :
Solanum alkaloids (e.g. potato and tomato) : (solanidine , solanine , chaconine) .
Veratrum alkaloids : (veratramine , cyclo pamine , cycloposine , jervine , muldamine)
Fire Salamander alkaloids : (samandarin) . *thers* : conessine . *Quaternary ammonium* compounds : muscarine , choline , neurine .
Miscellaneous : capsaicin , cynarin , phytolaccine , phytolaccotoxin

Berat molekul pada alkaloid tanpa adanya donor hydrogen rendah seperti gugus hidroksil, nicotine coniine. Ikatan alkaloid tergantung daripada ikatan electron bebas atom nitogen. Sebagai contoh garam organic alkaloid seperti hydrochloric acid dan sulfuric acid sedangkan organic asam alkaloid seperti asam tartarat dan asam maleat. Garam ini biasanya mudah larut dalam air dalam bentuk basa bebas. (Tarek,2013)



Gambar 2. 41 Tipe senyawa alkaloid (Tarek,2013)



Gambar 2. 42 Kafein senyawa turunan alkaloid (Tarek,2013)

2.17 Asam Amino

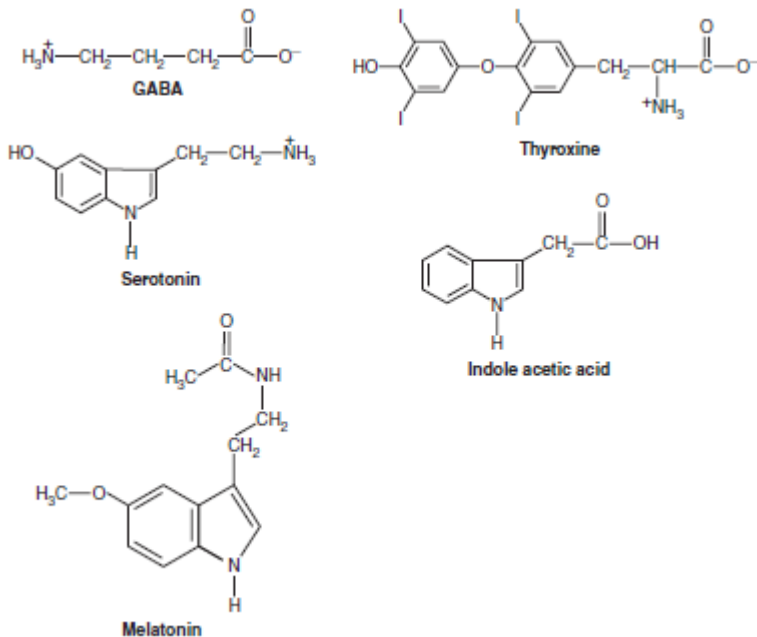
Merupakan bagian terkecil dari protein, memiliki gugus fungsional karboksil yang bersifat asam dan amina yang bersifat basa. Asam amino biasanya banyak ditemukan dalam sayuran ataupun hewan. Struktur dari asam amino sendiri Atom C mengikat 4 gugusgugus amina (NH₂), gugus karboksil (COOH), atom hidrogen (H), dan satu gugus sisa (R, dari *residue*) atau disebut juga gugus atau rantai samping yang membedakan satu asam amino dengan asam amino lainnya. Asam amino biasanya diklasifikasikan berdasarkan sifat kimia rantai samping tersebut menjadi empat kelompok. Rantai samping dapat membuat asam amino bersifat asam lemah, basa lemah, hidrofilik jika polar, dan hidrofobik jika nonpolar.

Selain fungsi utama sebagai komponen protein, asam amino memiliki peran biologis yaitu

1. Beberapa asam amino dan turunannya sebagai chemical messenger Misalnya, glisin, glutamat, amino butyric acid (GABA, turunan glutamat), dan serotonin dan melatonin (turunan dari try-ptophan) adalah neurotransmitter, zat yang dilepas dari satu sel saraf yang mempengaruhi fungsi sel saraf kedua atau sel otot. Tiroksin (turunan tirosin yang diproduksi di kelenjar tiroid hewan) dan asam asetat indol (turunan triptofan yang ditemukan pada tumbuhan) adalah



- hormone sinyal kimia mole-cules diproduksi dalam satu sel yang mengatur fungsi dari sel lainnya
2. Asam amino adalah prekursor dari berbagai kandungan nitrogen kompleks molekul. Contohnya termasuk komponen dasar nitrogen dari nukleotida dan asam nukleat, heme (kelompok organik yang mengandung besi) diperlukan untuk aktivitas biologis dari beberapa protein penting), dan klorofil (pigmen yang sangat penting dalam fotosintesis)
 3. Beberapa asam amino standar dan nonstandar bertindak sebagai intermediet metabolik. Misalnya, arginin citrulline, dan ornithine adalah komponen dari siklus urea Sintesisnya urea, sebuah molekul yang terbentuk di hati vertebrata, adalah mekanisme utama untuk pembuangan limbah nitrogen.



Gambar 2. 43 Contoh Senyawa Asam Amino (Tarek,2013)



2.18 Penelitian Sebelumnya

Beberapa penelitian sebelumnya yang berkenaan dengan inhibitor organik.

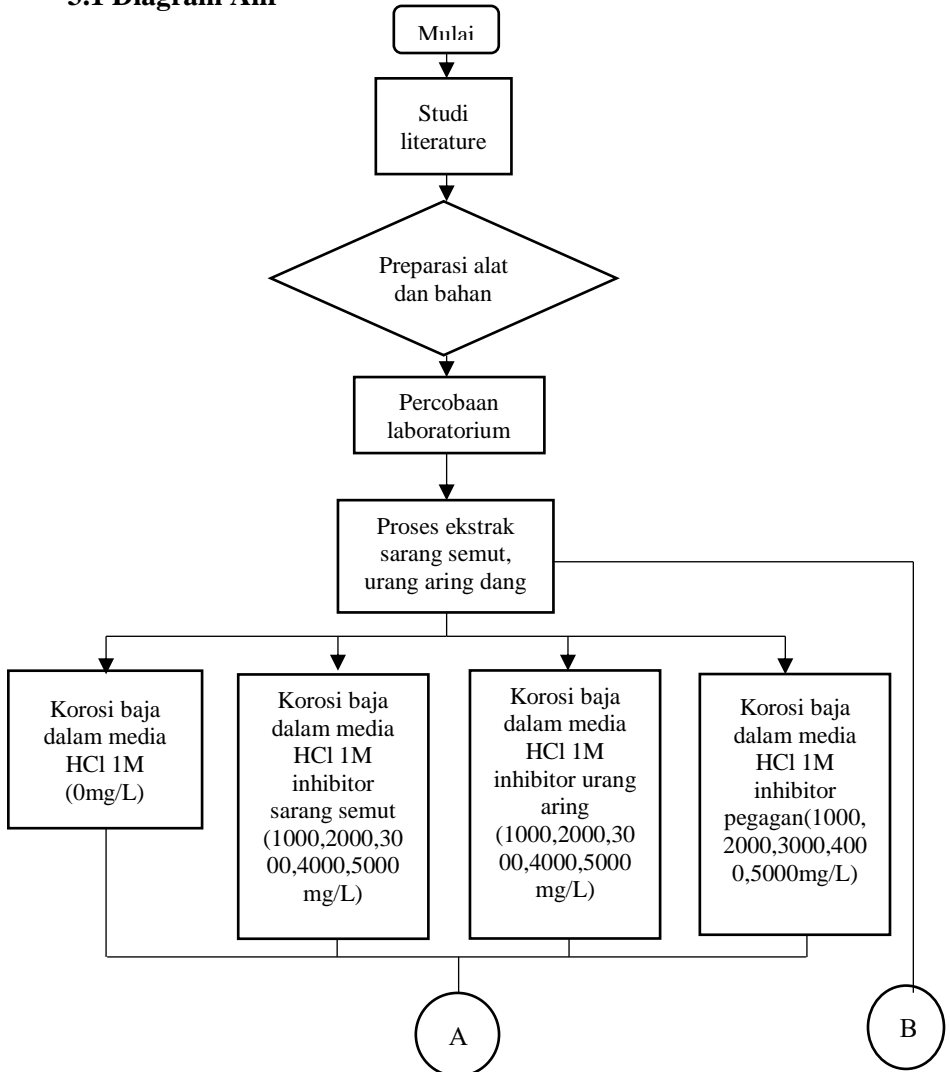
Tabel 2. 7 Penelitian Tentang Inhibitor Organik

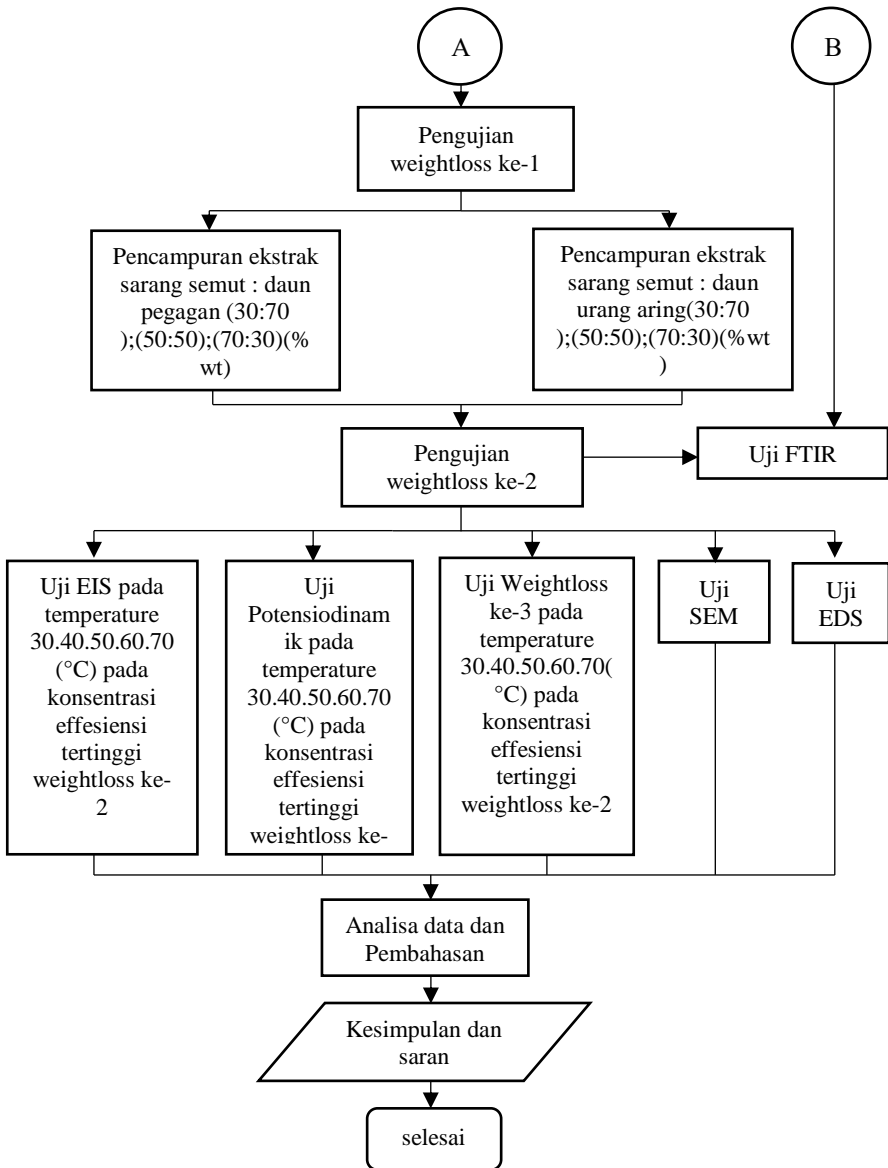
No	Peneliti	Logam	Media	Inhibitor	Metoda
1	Sulistijono, 2016	NaCl 3.5%	Mild Steel	Sarang semut	Electrochemic al dan weightloss
2	Atria, 2016	HCl 1M	Mild Steel	Sarang semut	Electrochemic al dan weightloss
3	M. Shyamala 1, 2012	HCl 1M	Mild Steel	Adathod a vasica, <i>Eclipta alba,</i> and <i>Centella asiatica</i>	Electrochemic al dan weightloss dan hydrogen evolution
4	Yuslinur, 2015	NaCl 3.5%	Baja API 5L Grade B	Sarang semut dan sirih merah	Electrochemic al dan weightloss
5	Jimmy, 2015	H ₂ SO ₄ 1 M	Baja API 5L Grade B	Sarang semut dan sirih merah	Electrochemic al dan weightloss



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir





Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian



3.2 Prosedur Penelitian

Dalam melakukan penelitian, harus memiliki tahapan prosedur yang harus diikuti, langkah langkah yang harus dilakukan oleh peneliti secara terstruktur dan runtut, adapun prosedur yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

3.2.1 Studi Literatur

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

3.2.2 Experimental

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

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

Pemilihan elektrolit HCl 1M karena pada industry banyak digunakan cleaning chemical menggunakan larutan ini khususnya pada pembersihan pipa pada industry oil dan gas.



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

3.2.3 Peralatan Penelitian

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

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



Gambar 3. 2 Alat rotary evaporator



3.2.4 Bahan Penelitian

1. Material

Adapun material yang digunakan pada penelitian ini adalah baja karbon API 5L Grade B. Untuk ukuran dalam pengujian *Weight Loss* 20x20x3 mm, sedangkan untuk pengujian EIS dan polarisasi dengan baja yang sama berukuran 10x10x3 mm. untuk komposisi baja API 5L Grade B:

Tabel 3. 1 Komposisi kimia baja API 5L Grade B(Linzhou Fengbao Pipe Industry CO., LTD.)

Unsur	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo	Al
%	0.23	0.23	0.47	0.013	0.01	0.033	0.18	0.03	0.01	0.001

2. Inhibitor

Inhibitor yang digunakan dalam penelitian ini ada 3 macam inhibitor organic yaitu ekstrak sarang semut, ekstrak daun pegagan dan ekstrak daun urang aring. Untuk penelitian inhibitor tunggal pada ketiga macam ekstrak inhibitor organic divariasasi pada konsentrasi 1000,2000,3000,4000,5000 (mg/l), dan untuk inhinitor campuran ekstrak sarang semut dan ekstrak daun pegagan digunakan perbandingan konsentrasi (30%SS:70%P ; 50%SS;50%P ; 70%SS:30%P) dan untuk inhibitor ekstrak sarang semut dan ekstrak daun urang aring (30%SS:70%UA ; 50%SS;50%UA ; 70%SS:30%UA) untuk perbandingan persentase konsentrasi dengan mengambil acuan konsentrasi nilai maksimum proteksi pada inhibitor tunggal.

3. Elektrolit

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

4. Air sabun

5. Aquades



3.2.5 Preparasi Inhibitor

3.2.5.1 Preparasi dan Ekstrak Tumbuhan Sarang Semut

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

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



Gambar 3. 3 Inhibitor sarang semut

3.2.5.2 Preparasi dan Ekstrak daun *Eclipta alba* (urang aring)

Eclipta alba (urang aring) mengalami beberapa perlakuan yaitu:

1. Urang aring diproses menjadi serbuk :
 - Daun urang aring dihaluskan pada mesin blender
 - Disaring sampai dihasilkan produk serbuk halus (± 1000 gram)
2. Untuk mengekstraksi tanaman urang aring sebagai inhibitor alami :
 - Menyiapkan alat dan bahan yaitu kertas saring, gelas ukur 1000 ml, jiriken 25L, *rotary evaporator*, corong kaca, blender, spatula, ± 1000 gram serbuk urang aring dan larutan methanol 70%
 - Melakukan maserasi yaitu perendaman serbuk urang aring dengan pelarut 12.629L methanol 70% dalam jiriken 25L (3x24 jam). Dan mengaduk beberapa kali agar serbuk homogen
 - Menyaring hasil maserasi dengan kertas saring sehingga dihasilkan ekstrak air dan ampas



- Mengevaporasi ekstrak air hasil maserasu menggunakan *rotary evaporator*
- Hasil dari *rotary evaporator* dijadikan sebagai inhibitor green corrosion.



Gambar 3. 4 Inhibitor daun urang aring

3.2.5.3 Preparasi dan Ekstrak *Centella asiatica* (pegagan).

Centella asiatica (pegagan) mengalami beberapa perlakuan yaitu:

1. pegagan diproses menjadi serbuk :
 - Daun pegagan dihaluskan pada mesin blender
 - Disaring sampai dihasilkan produk serbuk halus (± 1000 gram)
2. Untuk mengekstraksi tanaman urang aring sebagai inhibitor alami :
 - Menyiapkan alat dan bahan yaitu kertas saring, gelas ukur 1000 ml, jiriken 25L , *rotary evaporator*, corong kaca , blender, spatula, ± 1000 gram serbuk pegagan dan larutan methanol 70%



- Melakukan maserasi yaitu perendaman serbuk pegagan dengan pelarut 12.629L methanol 70% dalam jiriken 25L (3x24 jam).
- Menyaring hasil maserasi dengan kertas saring sehingga dihasilkan ekstrak.
- Mengevaporasi ekstrak air hasil maserasi menggunakan *rotary evaporator*
- Hasil dari *rotary evaporator* dijadikan sebagai inhibitor green corrosion



Gambar 3. 5 Inhibitor daun pegagan

3.2.6 Preparasi Spesimen

Dalam penelitian ini menggunakan baja API 5L Grade B, ukuran spesimen untuk pengujian weightloss adalah 20x20x3mm sedangkan untuk pengujian EIS dan Polarisasi adalah 10x10x3mm.

3.2.6.1 Spesimen uji weightloss

1. Memotong baja API 5L Grade B dengan ukuran 20x20x3mm sebanyak 160 buah.
2. Mengamplas/menggrinding pada permukaan spesimen untuk membersihkan kotoran seperti produk korosi dan



coating ataupun impuritas dengan kertas ampalas dari grade 80 sampai grade 1200.



Gambar 3. 6 Sampel Uji Weightloss

3.2.6.2 Spesimen uji EIS dan polarisasi

1. Memotong baja API 5L Grade B dengan ukuran 20x20x3mm sebanyak 12 buah.
2. Membungkus spesimen dengan isolasi hitam/resin untuk menutupi permukaan sehingga ukuran menjadi 10x10x3mm.
3. Mengamplas/menggrinding pada permukaan spesimen kertas ampalas dari grade 80 sampai grade 1200.



Gambar 3. 7 Sampel Uji Electrochemical



3.2.7 Preparasi Larutan Elektrolit

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

1. Mengukur HCl 37% sebanyak 83ml pada gelas ukur.
2. Mengukur Aquades sebanyak 1000ml pada gelas ukur.
3. Menuangkan terlebih dahulu sedikit aquades kedalam tabung uji weightloss
4. Menuangkan HCl kedalam tabung uji Weightloss.
5. Menuangkan sisa aquades kedalam tabung uji dan mengaduknya agar homogen.

3.2.8 Pengujian

Dalam penelitian ini terdapat beberapa pengujian yang akan dilakukan sebagai data pendukung diantaranya yaitu:

3.2.8.1 Pengujian FTIR

Pengujian FTIR ini dilakukan pada Laboratorium Pengujian Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya menggunakan alat Nicolet iS10.

Pengujian FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus-gugus fungsi yang terbentuk pada inhibitor ekstrak sarang semut, ekstrak daun pegagan dan ekstrak daun urang aring serta baja API 5L Grade B yang telah dilakukan perendaman dalam uji weightloss. 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. 8 Alat FTIR

3.2.8.2 Pengujian Weightloss

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

1. Menimbang berat awal masing-masing spesimen uji.
2. Melilitkan spesimen dengan benang nylon.
3. Menggantungkan spesimen uji pada stik es.
4. Merendam spesimen dalam toples kaca yang berisi larutan elektrolit dan masing masing sampel inhibitor dengan konsentrasi 0, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 (mg/L) untuk weightloss ke-1 dan campuran inhibitor dengan perbandingan (30%:70% ; 50%:50% ; 70%:30%) untuk weightloss ke-2 dengan konsentrasi maksimal dari pengujian tunggal setiap inhibitor dan weightloss ke-3 dengan memvariasi temperature (30,40,50,60,70 °C).
5. Mengambil spesimen setelah 3 jam.
6. Mencuci pada air sabun kurang lebih selama 3 menit dan mengerikannya lalu menimbang berat akhir dari spesimen.
7. melakukan langkah 4, 5 dan 6 dengan sampel inhibitor yang berbeda.



Gambar 3. 9 Pengujian Weightloss ke-1 dan ke-2



Gambar 3. 10 Pengujian Weightloss ke-3 Variasi Temperature

3.2.8.3 Pengujian Polarisasi Potensiodinamik

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

Pengujian ini dengan menggunakan alat uji CorrTest dengan software CS Studio5. Yang terdiri dari elektroda acuan, elektroda kerja, dan elektroda bantu yang bertujuan untuk



mengetahui laju korosi material pada larutan HCl 1M dengan konsentrasi inhibitor konsentrasi 0, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 (mg/l) dan campuran inhibitor dengan perbandingan (30%:70% ; 50%:50% ; 70%:30%) dengan konsentrasi maksimal dari pengujian tunggal setiap inhibitor. Dan akan didapatkan pula kurva polarisasi potensial material yang digunakan dengan acuan standard ASTM G-5 (Standard Method for Making Potentiostatic and Potentiodynamic Anodic Polarization Measurement).

Prosedur pengujian polarisasi adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan alat dan bahan yaitu spesimen, campuran larutan (1M HCl dan ekstrak masing- masing sampel inhibitor dengan konsentrasi inhibitor konsentrasi 0, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 (mg/l) dan campuran inhibitor dengan perbandingan (30%:70% ; 50%:50% ; 70%:30%) dengan konsentrasi maksimal dari pengujian tunggal setiap inhibitor) gelas ukur 1000ml, heater untuk mengatur temperature (30,40,50,60,70 °C) dan alat pengujian polarisasi beserta komponennya.
2. Memasang elektroda pada rangkaian polarisasi
3. Menyalakan alat uji polarisasi potensiodinamik CorrTest.
4. Mengaktifkan program CR Studio5 dan memasukkan parameter pengujian lalu menjalankan program.

3.2.8.4 Pengujian EIS

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



diperoleh dari diameter semicircles dari *Nyquist* plot. Prosedur pengujian polarisasi adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan alat dan bahan yaitu spesimen, campuran larutan (1M HCl dan ekstrak masing- masing sampel inhibitor dengan konsentrasi inhibitor konsentrasi 0. 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 (mg/l) dan campuran inhibitor dengan perbandingan (30%:70% ; 50%:50% ; 70%:30%) dengan konsentrasi makasimal dari pengujian tunggal setiap inhibitor) gelas ukur 1000ml, heater untuk mengatur temperature (30,40,50,60,70 °C) dan alat pengujian polarisasi beserta komponennya.
2. Memasang elektroda pada rangkaian EIS
3. Menyalakan alat uji EIS CorrTest.
4. Mengaktifkan program ZView dan memasukkan parameter pengujian lalu menjalankan program.



Gambar 3. 11 Pengujian Electrochemical Variasi Temperature

3.2.8.5 Pengujian SEM dan EDX

Pengujian SEM dan EDX bertujuan untuk mengetahui bentuk atau penampamng morfologi permukaan sampel logam sebelum



dan sesudah pemberian inhibitor dan persebaran unsur pada permukaan logam. Pembesaran pada penelitian ini 500x dan 1500x . Mekanisme dalam pengambilan data SEM adalah berkas electron yang dipancarkan oleh sumber electron, kemudian berkas electron tersebut berinteraksi dengan sampel material. Sebagian electron akan terobsesi oleh material dan sisanya akan terbantul oleh detector *secondary electron* dan yang terhambur balik akan tertangkap oleh *Back Scattered Electron* (BSE) .Langkah dalam pengujian ini sebagai berikut:

1. meletakkan material sampel didalam sebuah wadah plastin yang tidak menyebabkan material bereaksi dengan lingkungan
2. material diletakkan diatas holder yang sebelumnya telah diletakkan *carbon tape* sebagai pelekat sampel ke holder
3. Holder dimasukkkan ke dalam mesin lalu diamati dengan pembesaran yang dimaksud pada layer monitor.



Gambar 3. 12 Alat uji SEM dan EDX

3.2.9 Rancangan Pengambilan Data

Tabel 3. 2 Data FTIR inhibitor ekstrak sarang semut

No	Adsorption Peak (cm-1)	Bond	Type of Compound	Intensity
1	√	√	√	√



Tabel 3. 3 Data FTIR inhibitor ekstrak daun pegagan

No	Adsorption Peak (cm-1)	Bond	Type of Compound	Intensity
1	√	√	√	√

Tabel 3. 4 Data FTIR inhibitor ekstrak daun urang aring

No	Adsorption Peak (cm-1)	Bond	Type of Compound	Intensity
1	√	√	√	√

Tabel 3. 5 Data pengujian weightloss pada masing masing inhibitor sarang semut, daun urang aring dan daun pegagan

No	Konsentrasi ekstrak(gram)	Corrosion rate (mmpy)	Effisiensi inhibitor(%)
1	0	√	√
2	1	√	√
3	2	√	√
4	3	√	√
5	4	√	√
6	5	√	√



Tabel 3. 6 Data pengujian weightloss pencampuran inhibitor sarang semut dengan daun pegagan dan sarang semut dengan daun urang aring

No	Ratio perbandingan (%wt)	Corrosion rate(mmpy)	Effisiensi inhibitor(%)
1	0	√	√
2	30:70	√	√
3	50:50	√	√
4	70:30	√	√

Tabel 3. 7 Data pengujian weightloss campuran inhibitor dengan variasi temperature

Temperature (°C)	Blank		70EA+30MP(% wt)		70CA+30MP (%wt)	
	CR(m mpy)	EI(%)	CR(m mpy)	CR(m mpy)	EI(%)	CR(m mpy)
30	√	-	√	√	√	√
40	√		√	√	√	√
50	√		√	√	√	√
60	√		√	√	√	√
70	√		√	√	√	√



Tabel 3. 8 Data pengujian potensiodinamik campuran inhibitor dengan variasi temperature

Ekstra k	Ratio pencampuran (%wt)	Temperature(°C)	Ec orr (V)	Icorr (10⁻⁶ A/cm²)	CR (mmp y)	Effisiensi inhibitor (%)
Blank	-	30	√	√	√	√
		40	√	√	√	√
		50	√	√	√	√
		60	√	√	√	√
		70	√	√	√	√
<i>Myrmecodia Pendants + Centella Asiatica</i>	30MP+7 0CA	30	√	√	√	√
		40	√	√	√	√
		50	√	√	√	√
		60	√	√	√	√
		70	√	√	√	√
<i>Myrmecodia</i>	30MP+7 0EA	30	√	√	√	√
		40	√	√	√	√



Ekstra k	Ratio pencam puran (%wt)	Temperat ure(°C)	Ec orr (V)	Icorr (10 ⁻⁶ A/cm ²)	CR (m mp y)	Effesi ensi inhibi tor (%)
<i>Pendan s + Eclipta Alba</i>		50	√	√	√	√
		60	√	√	√	√
		70	√	√	√	√

Tabel 3. 9 Data pengujian EIS campuran inhibitor dengan variasi temperature

Ekstra k	Ratio pencam puran (%wt)	Temper ature (°C)	Rs(Ω cm ²)	Rp(Ω cm ²)	Cdl(μF /cm ²)	% EI
Blank	-	30	√	√	√	√
		40	√	√	√	√
		50	√	√	√	√
		60	√	√	√	√
		70	√	√	√	√
<i>Myrme codia</i>	30MP+7 0CA	30	√	√	√	√
		40	√	√	√	√



Ekstra k	Ratio pencam- puran (%wt)	Temper- ature (°C)	Rs(Ω cm²)	Rp(Ω cm²)	Cdl(μF /cm²)	% EI
<i>Penda- ns + Centell- a Asiatic- a</i>		50	√	√	√	√
		60	√	√	√	√
		70	√	√	√	√
<i>Myrme- codia Penda- ns + Eclipta Alba</i>	30MP+7 0EA	30	√	√	√	√
		40	√	√	√	√
		50	√	√	√	√
		60	√	√	√	√
		70	√	√	√	√



“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data

4.1.1 Hasil Pengujian Weightloss

Uji weightloss dilakukan untuk mengetahui laju korosi pada baja API 5L Grade B pada larutan asam HCl 1M yang beracun pada pengurangan berat. Setelah proses perendaman atau immersion didapatkan laju korosi berdasarkan formula(2.4). Proses pengujian weightloss ini dilakukan sebanyak tiga kali, untuk mencari efisiensi tertinggi pada setiap ekstrak inhibitor menggunakan formula (2.5). Berikut adalah hasil untuk ketiga pengujian weightloss dimana MP adalah *Myrmecodia pendans* simbol untuk sarang semut, CA adalah *Centella asiatica* simbol untuk daun pegagan dan EA adalah *Eclipta alba* symbol untuk daun urang aring.

4.1.1.1 Hasil Pengujian Weightloss Masing-Masing Inhibitor Ekstrak Daun Urang-Aring, Inhibitor Ekstrak Daun Pegagan dan Inhibitor Ekstrak Sarang Semut

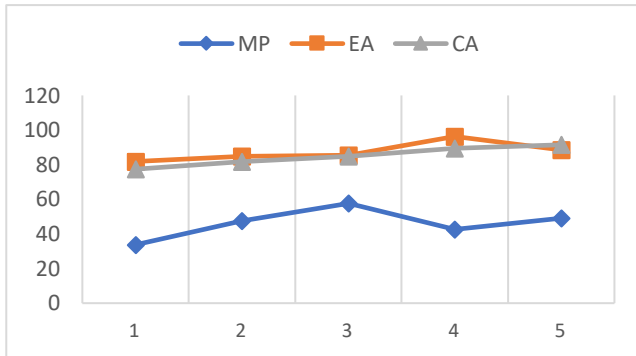
Setelah proses pengujian dilakukan, terjadi pengurangan berat awal dan akhir pada sampel dengan inhibitor ataupun tanpa inhibitor, faktor yang mempengaruhi pengurangan berat diakibatkan oleh faktor waktu perendaman dan faktor konsentrasi inhibitor pada larutan 1M HCl. Untuk menentukan laju korosi dan efisiensi inhibitor menggunakan formula(2.4;2.5) sehingga perhitungan laju korosi dan inhibitor berturut turut pada tabel 4.1 :



Tabel 4. 1 Laju korosi dan effisiensi inhibisi masing masing inhibitor

Concentration inhibitor (gram/L)	MP		EA.		CA	
	Corrosion Rate (mmp/y)	Inhibition Efficiency (%)	Corrosion Rate (mmp/y)	Inhibition Efficiency (%)	Corrosion Rate (mmp/y)	Inhibition Efficiency (%)
0	0.289	-	0.289	-	0.289	-
1	0.191	33.759	0.052	81.859	0.065	77.401
2	0.151	47.615	0.043	84.830	0.052	81.859
3	0.120	57.636	0.041	85.556	0.044	84.692
4	0.165	42.674	0.010	96.292	0.030	89.392
5	0.147	48.963	0.033	88.528	0.024	91.499

Pada tabel 4.1 diatas menunjukkan nilai laju korosi dan effisiensi inhibisi pada masing masing inhibitor dalam larutan 1M HCl dengan waktu immerse 3jam, terlihat pada inhibitor ekstrak sarang semut dengan kenaikan konsentrasi laju korosi mengalami nilai yang fluktuatif dengan nilai laju korosi terendah pada konsentrasi 3gr/L dengan nilai 0.12mmpy dengan nilai effisiensi 57.636%, sedangkan pada inhibitor ekstrak daun urang-aring nilai laju korosi terendah terdapat pada konsentrasi 4gr/L dengan nilai 0.010mmpy dengan nilai effisiensi 96.292% dan pada inhibitor ekstrak daun pegagan laju korosi terendah terdapat pada konsentrasi 5gr/L dengan nilai 0.024mmpy dengan nilai effisiensi 91.499%. tren profile nilai effisiensi terlihat pada gambar 4.1



Gambar 4. 1 Effisiensi masing masing inhibitor uji weightloss ke-1

Pada gambar 4.1 tersebut terlihat untuk efisiensi ketiga inhibitor mengalami nilai efisiensi tertinggi pada konsentrasi yang berbeda. Untuk inhibitor ekstrak sarang semut(MP) penambahan konsentrasi inhibitor menaikkan efisiensi inhibisi terlihat pada konsentrasi 1-3gr/L mengalami kenaikan tetapi pada penambahan konsentrasi 4gr/L mengalami penurunan nilai efisiensi lalu kenaikan efisiensi terjadi kembali pada penambahan konsentrasi 5gr/L. Pada inhibitor ekstrak daun pegagan ,profile nilai efisiensi inhibitor mengalami kenaikan, terlihat pada penambahan konsentrasi 1-5gr/L pada gambar diatas. Sedangkan pada inhibitor ekstrak daun urang-aring penambahan inhibitor mengalami fluktuatif nilai dimana ketika penambahan konsentrasi inhibitor 1-4gr/L mengalami kenaikan efisiensi inhibisi tetapi ketika penambahan konsentrasi pada 5gr/L terjadi penurunan efisiensi. Nilai efisiensi selalu berbanding terbalik dengan nilai laju korosi, semakin tinggi nilai efisiensi inhibitor maka nilai laju korosi rendah. Hal ini terlihat pada tabel 4.1 untuk nilai laju korosi dan effisiensi inhibitor. Setelah dilakukan pengujian weightloss pertama dapat terlihat bahawa nilai efisiensi tertinggi inhibitor ekstrak sarang semut(MP) pada konsentrasi 3gr/L lalu untuk untuk inhibitor ekstrak daun urang-aring(EA) nilai efisiensi tertinggi terletak pada konsentrasi 4gr/L dan untuk inhibitor ekstrak daun pegagan (CA) nilai efisiensi



tertinggi terletak pada konsentrasi 5gr/L. pada tabel 4.2 terlihat persentasi konsentrasi inhibitor yang akan diaplikasikan pada pengujian weightloss kedua berdasarkan konsentrasi pada efisiensi tertinggi untuk masing-masing inhibitor.

Tabel 4. 2 Presentase konsentrasi masing masing inhibitor

Persentase Konsentrasi Inhibitor	MP	EA	CA
30(% wt)	0.9	1.2	1.5
50(% wt)	1.5	2	2.5
70(% wt)	2.1	2.8	3.5

4.1.1.2 Hasil Pengujian Weightloss Campuran Inhibitor Ekstrak Daun Pegagan ataupun Inhibitor Ekstrak Urang-aring dengan Inhibitor Ekstrak Sarang Semut

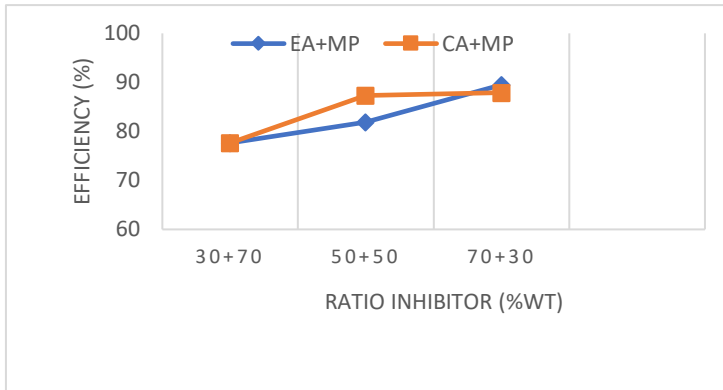
Pada pengujian weightloss kedua mempunyai cara yang sama dengan pengujian weightloss pertama, pengujian laju korosi pada pencampuran inhibitor dengan nilai efisiensi tertinggi pada masing masing inhibitor dari hasil data pengujian weightloss pertama dengan perbandingan konsentrasi (30:70);(50:50);(70:30) (% wt) (SS:P , SS:UA) . pada tabel 4.3 menunjukkan hasil laju korosi dan efisiensi inhibitor serta efek sinergi pencampuran inhibitor. Terlihat bahwa penambahan nilai persentase konsentrasi inhibitor urang-aring ataupun inhibitor daun pegagan kedalam inhibitor sarang semut menurunkan laju korosi pada baja API 5L grade B dari 0.289mmpy tanpa inhibitor menjadi 0.0304mmpy pada 70EA+30MP(% wt) dan 0.035mmpy pada konsentrasi perbandingan 70CA+30MP(% wt) menjadi 0.035mmpy dengan nilai efisiensi berturut turut 89.495% dan 87.906%. Pada nilai *S* efek sinergi campuran inhibitor terlihat semakin tinggi presentase inhibitor ekstrak urang aring ataupun inhibitor ekstrak daun pegagan kedalam inhibitor ekstrak sarang semut menaikkan nilai efek sinergi, pada konsentrasi 70EA+30MP(% wt) adalah 0.96 sedangkan untuk 70CA+30MP(% wt) adalah 0.86.



Tabel 4. 3 Laju korosi, efisiensi inhibitor pada ratio konsentrasi yang berbeda

Comparati on of Concentra tion	EA+MP		S	CA+MP		S
	Corrosi on Rate (mmpy)	Inhibiti on Efficie ncy (%)		Corrosi on Rate (mmpy)	Inhibiti on Efficie ncy (%)	
0	0.289	-	-	0.289	-	-
30% + 70%	0.065	77.643	0.4 6	0.064	77.643	0.2 8
50% + 50%	0.052	81.859	0.4 9	0.036	87.284	0.7 7
70%+ 30%	0.030	89.495	0.9 6	0.035	87.906	0.8 6

Pada Gambar 4.2 terlihat profile tren pencampuran inhibitor ekstrak daun pegagan ataupun inhibitor ekstrak daun urang-aring dengan inhibitor ekstrak sarang semut, kenaikan efisiensi sebanding dengan kenaikan presentase konsentrasi inhibitor ekstrak daun urang aring ataupun Inhibitor ekstrak pegagan kedalam inhibitor ekstrak sarang semut dengan presentase pencampuran inhibitor yang mencapai pada titik efisiensi tertinggi pada 70+30(% wt) untuk kedua pencampuran.



Gambar 4. 2 Effisiensi inhibitor dengan ratio konsentrasi berbeda uji weightloss ke-2

4.1.1.3 Hasil Pengujian Weightloss Campuran pada Variasi Kenaikan Temperature

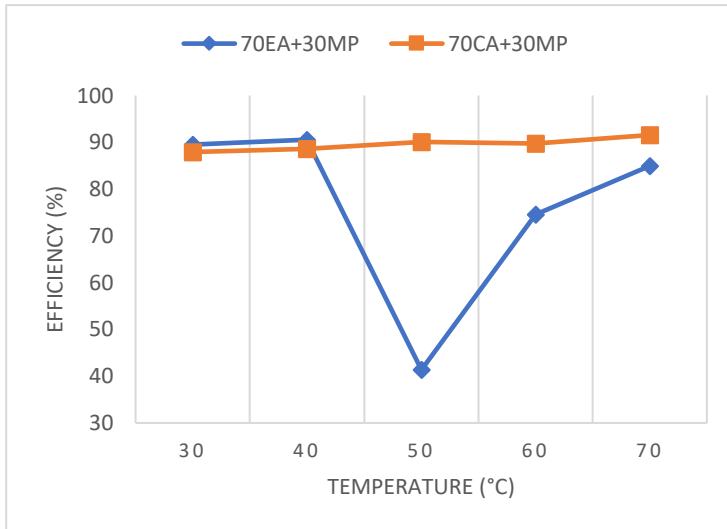
Untuk pengujian weightloss ketiga memiliki cara yang sama dengan pengujian weightloss sebelumnya, pengujian weightloss ketiga menggunakan perbandingan presentase campuran inhibitor 70EA+30MP(%wt) dan 70CA+30MP(%wt) hasil dari pengujian weightloss kedua dengan nilai effisiensi tertinggi. pengujian weightloss ketiga dengan cara immerse dalam larutan 1M HCl selama 3jam dengan kenaikan temperature 30-70°C



Tabel 4. 4 Laju korosi dan efisiensi inhibitor pada variasi kenaikan temperature

Temperature (°C)	Blank		70EA+30MP(% wt)		70CA+30MP(% wt)	
	CR(mm py)	EI(%)	CR(mm py)	EI(%)	CR(mm py)	EI(%)
30	0.289	-	0.030	89.4 95	0.035	87.9 06
40	0.487		0.046	90.5 45	0.055	88.5 35
50	0.698		0.409	41.3 65	0.069	90.0 27
60	0.900		0.228	74.6 11	0.092	89.7 09
70	1.190		0.178	84.9 67	0.101	91.5 38

Pada tabel 4.4 memperlihatkan hasil dari laju korosi dan efisiensi pada konsentrasi 70CA+30MP(%wt) dan 70EA+30MP(%wt) dengan kenaikan temperature. Terlihat pada konsentrasi 70EA+30MP(%wt) kenaikan temperature 30-40°C laju korosi turun, lalu kenaikan temperature pada titik 50°C menyebabkan laju korosi meningkat dan setelah itu terjadi penurunan laju korosi pada kenaikan temperature 60-70°C dengan membandingkan laju korosi tanpa inhibitor(blank) pada temperature yang sama. Efisiensi tertinggi pada temperature 40 °C dengan nilai 90.545%. Pada konsentrasi 70CA+30MP(%wt) kenaikan temperature 30-70°C menyebabkan nilai laju korosi menurun jika dibandingkan dengan nilai laju korosi tanpa inhibitor pada temperature yang sama. Efisiensi tertinggi terletak pada temperature 70°C dengan nilai 91.538%.



Gambar 4. 3 Effisiensi inhibitor pada kenaikan temperature uji weightloss ke-3

Pada gambar 4.3 terlihat profile efisiensi pada kenaikan temperature dengan konsentrasi 70EA+30MP(% wt) dan 70CA+30MP(% wt). pada konsentrasi 70CA+30MP(% wt) terlihat dengan kenaikan temperature profile tren nilai efisiensi juga mengalami kenaikan. Dengan nilai efisiensi maksimal pada temperature 70°C . untuk 70EA+30MP(% wt) kenaikan temperature menyebabkan efisiensi naik tetapi mengalami penurunan dititik 50°C, lalu mengalami kenaikan efisiensi pada kenaikan temperature selanjutnya, dengan nilai efisiensi tertinggi pada temperature 40°C.

4.1.2 Hasil Pengujian Potentiodynamic

Pada pengujian polarisasi potentiodynamic dilakukan di Laboratorium Korosi dan Analisa Kegagalan Teknik Material dan Metalurgi FTI ITS. Pengujian ini dilakukan dengan maksud mengetahui laju korosi pada baja API 5L Grade B. Parameter dan kurva tafel yang didapatkan menunjukkan tipe inhibitor campuran.. Pada penelitian ini menggunakan alat Wuhan Corrtest

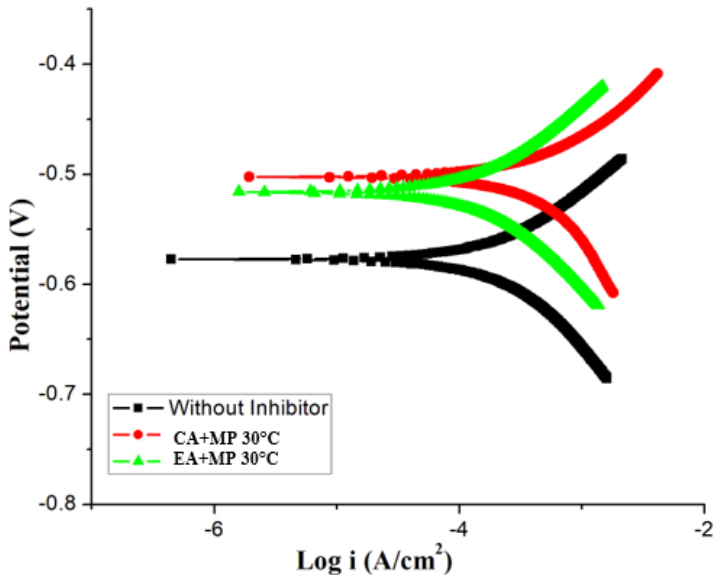


Instrumen yang diolah menggunakan software Corrtest v5.5. pada penelitian ini pengujian polarisasi dilakukan dengan konsentrasi inhibitor campuran 70CA+30MP(% wt) dan 70EA+30MP(% wt) dengan memvariasikan pada temperature 30-70°C . pengujian laju korosi pada kondisi blank(tanpa inhibitor) perlu dilakukan karena sebagai pembanding dengan laju korosi menggunakan inhibitor campuran(Jimmy, 2014). Parameter yang digunakan pada pengujian ini tersaji pada tabel 4.5

Tabel 4. 5 Parameter pengujian potensiodinamik

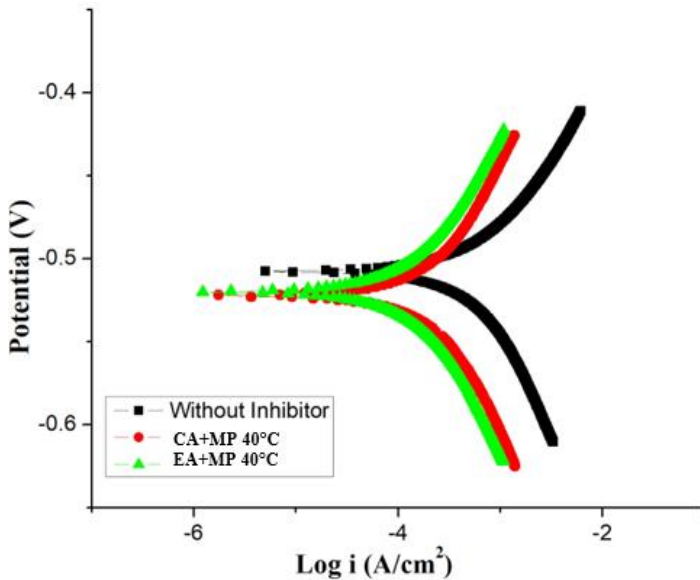
Elektroda Kerja	API 5L Grade B
Elektroda Bantu	Grafit
Elektroda Acuan	Hg/HgCl
Densitas(gr/cm^3)	7.86
Luasan Terekspose(cm^2)	1
Scan Rate(mV/s)	10

Parameter diatas diinput pada software Cortesr 5.5 untuk mendapatkan kurva tafel E vs Log(i). Dimana elektroda kerja merupakan sampel uji, elektroda bantu berupa grafik sebagai pensuplai arus ke elektroda kerja dan elektroda acuan sebagai pembanding nilai potensial.



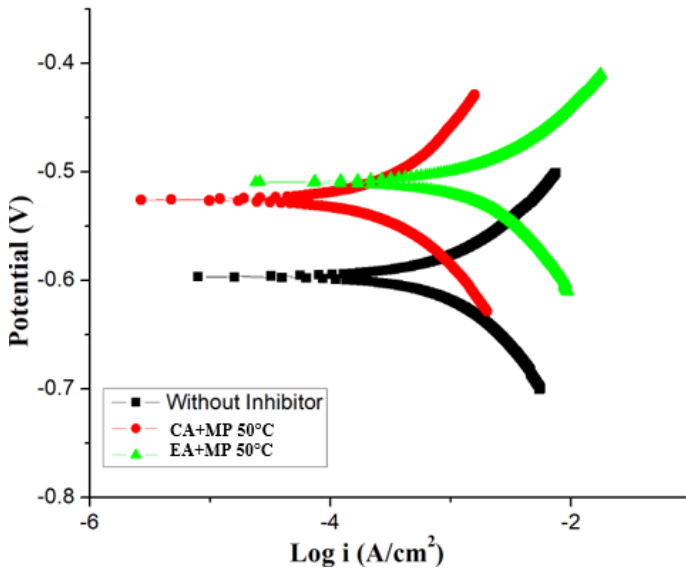
Gambar 4. 4 Kurva tafel pada temperature 30°C

Pada gambar 4.4 menunjukkan bahwa ketika penambahan inhibitor campuran 70CA+30MP(% wt) dan 70EA+30MP(% wt) pada temperature 30°C kurva tafel untuk kedua campuran inhibitor bergeser kearah yang lebih positif, potensial korosi konsentrasi blank bergeser dari -0.577V menjadi -0.502V dan -0.516V dan nilai densitas arus korosi mengalami penurunan dari 1.366 (10^{-6} Am/cm²) menjadi 0.583 (10^{-6} Am/cm²) dan 0.449 (10^{-6} Am/cm²) berturut turut untuk konsentrasi 70CA+30MP(%wt) dan 70EA+30MP(%wt).



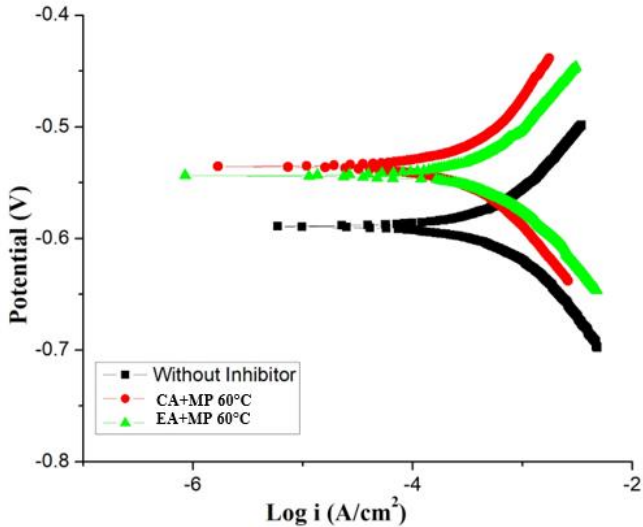
Gambar 4. 5 Kurva tafel pada temperature 40°C

Pada gambar 4.5 menunjukkan bahwa ketika penambahan inhibitor campuran 70CA+30MP(% wt) dan 70EA+30MP(% wt) pada temperature 40°C kurva tafel untuk kedua campuran inhibitor bergeser kearah yang lebih negatif, potensial korosi konsentrasi blank bergeser dari -0.507V menjadi -0.522V dan -0.520V dan nilai densitas arus korosi mengalami penurunan dari $1.464(10^{-6} \text{ Am/cm}^2)$ menjadi $0.532 (10^{-6} \text{ Am/cm}^2)$ dan $0.358 (10^{-6} \text{ Am/cm}^2)$ berturut turut untuk konsentrasi 70CA+30MP(% wt) dan 70EA+30MP(% wt).



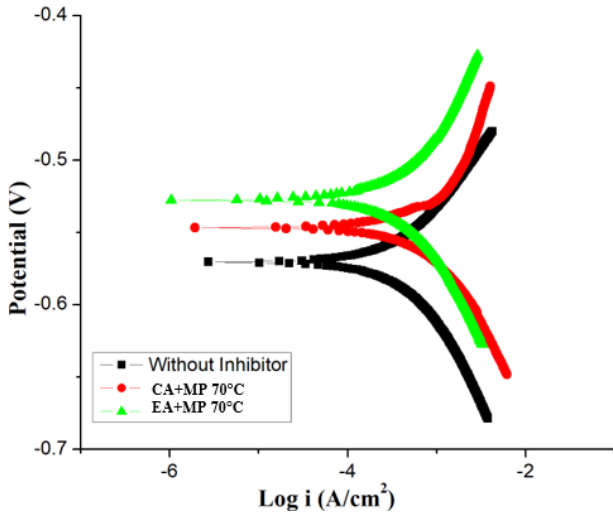
Gambar 4. 6 Kurva tafel pada temperature 50°C

Pada gambar 4.6 menunjukkan bahwa ketika penambahan inhibitor campuran 70CA+30MP(% wt) dan 70EA+30MP(% wt) pada temperature 50°C kurva tafel untuk kedua campuran inhibitor bergeser kearah yang lebih positif, potensial korosi konsentrasi blank bergeser dari -0.596V menjadi -0.526V dan -0.509V dan nilai densitas arus korosi mengalami penurunan dari 2.385 (10^{-6} Am/cm²) menjadi 0.826 (10^{-6} Am/cm²) dan meningkat menjadi 2.734(10^{-6} Am/cm²) berturut turut untuk konsentrasi 70CA+30MP(% wt) dan 70EA+30MP(% wt).



Gambar 4. 7 Kurva tafel pada temperature 60°C

Pada gambar 4.7 menunjukkan bahwa ketika penambahan inhibitor campuran 70CA+30MP(% wt) dan 70EA+30MP(% wt) pada temperature 60°C kurva tafel untuk kedua campuran inhibitor bergeser kearah yang lebih positif, potensial korosi konsentrasi blank bergeser dari -0.587V menjadi -0.535V dan -0.543V dan nilai densitas arus korosi mengalami penurunan dari 4.6035 (10^{-6} Am/cm²) menjadi 0.516 (10^{-6} Am/cm²) dan 0.866 (10^{-6} Am/cm²) berturut turut untuk konsentrasi 70CA+30MP(% wt) dan 70EA+30MP(% wt).



Gambar 4. 8 Kurva tafel pada temperature 70°C

Pada gambar 4.8 menunjukkan bahwa ketika penambahan inhibitor campuran 70CA+30MP(% wt) dan 70EA+30MP(% wt) pada temperature 70°C kurva tafel untuk kedua campuran inhibitor bergeser ke arah yang lebih positif, potensial korosi konsentrasi blank bergeser dari -0.587V menjadi -0.546V dan -0.527V dan nilai densitas arus korosi mengalami penurunan dari 25.704 (10^{-6} Am/cm²) menjadi 0.669(10^{-6} Am/cm²) dan 0.349 (10^{-6} Am/cm²) berturut turut untuk konsentrasi 70CA+30MP(% wt) dan 70EA+30MP(% wt).



Tabel 4. 6 Parameter hasil uji potensiodinamik inhibitor dengan variasi temperature

Ekstrak	Ratio pencampuran (%wt)	Temperature (°C)	Ec orr (V)	Icorr(10 ⁻⁶ A/cm ²)	CR (mm py)	Effisiensi inhibitor (%)
Blank	-	30	- 0.5 77	1.366	0.00 4	
		40	- 0.5 07	1.464	0.00 5	
		50	- 0.5 96	2.385	0.00 8	
		60	- 0.5 87	4.603	0.01 5	
		70	- 0.5 87	25.70 4	0.08 4	
<i>Myrmecodia Pendans</i> + <i>Eclipta Alba</i>	30MP+7 0EA	30	- 0.5 16	0.449	0.00 1	67.092
		40	- 0.5 2	0.358	0.00 1	75.498
		50	- 0.5 09	2.734	0.00 9	- 14.606
		60	- 0.5 43	0.866	0.00 3	81.184

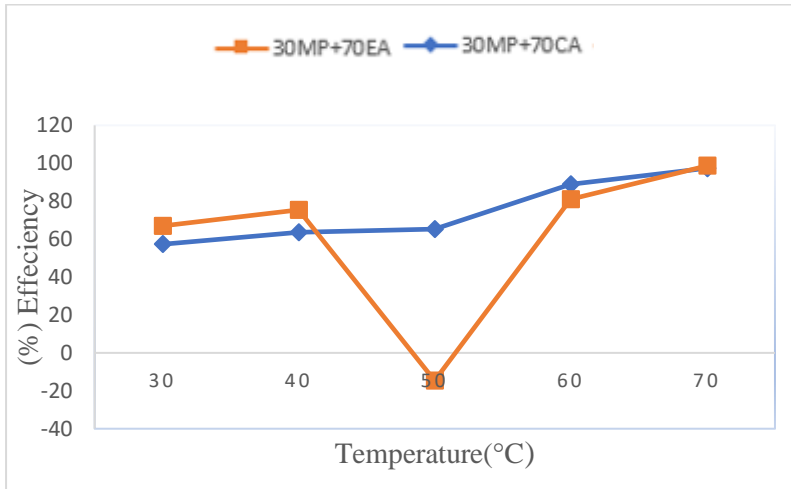


		70	- 0.5 27	0.349	0.00 1	98.640
<i>Myrmecodia Pendans + Centella Asiatica</i>	30MP+7 0CA	30	- 0.5 02	0.583	0.00 2	57.305
		40	- 0.5 22	0.532	0.00 2	63.613
		50	- 0.5 26	0.826	0.00 3	65.350
		60	- 0.5 35	0.516	0.00 2	88.789
		70	- 0.5 46	0.669	0.00 2	97.395

Pada tabel 4.6 didapatkan beberapa parameter seperti icorr efisiensi dan laju korosi ,pada 30MP+70CA(%wt) terlihat ketika temperature mengalami kenaikan icorr mengalami penurunan dibandingkan dengan konsentrasi blank(tanpa inhibitor) pada temperature yang sama, penurunan icorr berbanding lurus dengan penurunan laju korosi dan berbanding terbalik dengan efisiensi inhibitor, kenaikan temperature menyebabkan icorr turun dan efisiensi inhibitor naik, nilai efisiensi tertinggi terletak pada temperature 70°C yaitu 97.395%, setelah itu pada 30MP+70EA(%wt) kenaikan temperature menyebabkan penurunan icorr ketika terjadi kenaikan 30-40°C lalu nilai icorr mengalami kenaikan pada temperature 50°C dan ketika kenaikan temperature sampai 70°C nilai icorr berangsur-angsur mengalami penurunan dibandingkan dengan konsentrasi blank pada temperature yang sama . Dengan efisiensi tertinggi pada



temperature 70°C yaitu 98.640%. pada gambar 4.9 terlihat tren efisiensi pada 30MP+70CA(%wt) meningkat dengan kenaikan temperature dan pada 30MP+70EA(%wt) terjadi penurunan efisiensi pada temperature 50°C lalu efisiensi naik kembali dengan kenaikan temperature berikutnya



Gambar 4. 9 Grafik efisiensi uji potensiodinamik inhibitor dengan variasi temperature

4.1.3 Hasil Pengujian Electrochemical Impedance Spectromety

Untuk mengetahui mekanisme inhibitor pada baja API 5L Grade B dengan campuran inhibitor ataupun konsentrasi blank(tanpa inhibitor) alat yang digunakan pada pengujian EIS sama dengan pengujian polarisasi yaitu Wuhan Corrtest Instrumen dengan software Zview vol 5.5. Pada pengujian EIS ini dilakukan dengan variasi temperature pada konsentrasi blank(tanpa inhibitor) ataupun campuran inhibitor 70CA+30MP(%wt) dan 70EA+30MP(%wt), hasil dari pengujian EIS berupa kurva nyquist dengan bentuk setengah lingkaran, dimana sumbu absisnya menyatakan (Z') impedansi nyata, sumbu ordinatnya (Z'')

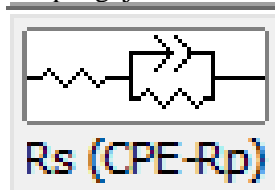


impedansi imajiner. Tabel 4.7 menunjukkan parameter yang digunakan dalam pengujian EIS ini meliputi :

Tabel 4. 7 Parameter uji EIS

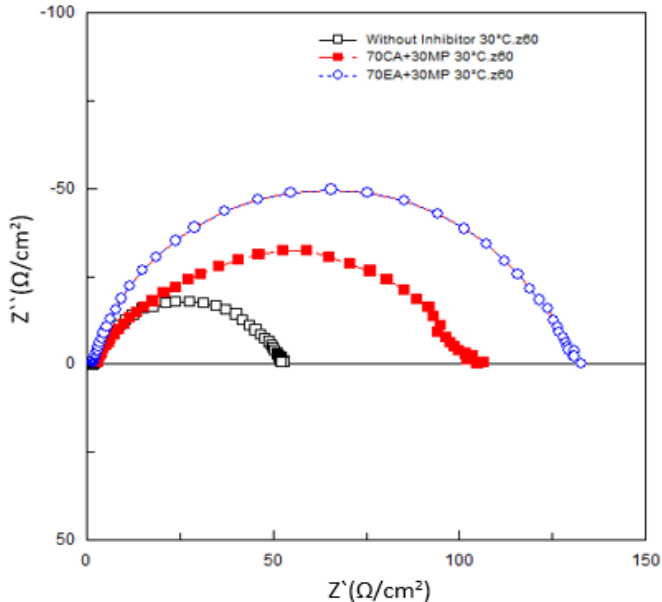
Elektroda Kerja	API 5L Grade B
Elektroda Bantu	Grafit
Elektroda Acuan	Hg/HgCl
Densitas(gr/cm^3)	7.86
Luasan Terekspose(cm^2)	1
Frekuensi mulai(Hz)	10000
Frekuensi selesai(Hz)	0.1

Parameter diatas yang diinput pada software Zview Corrtest v5.5 sebelum memulai pengujian. Sifat listrik pada baja API 5L Grade B yang terekspose pada electrolyte dapat dianalisa dengan metode fitting pada software Zview Corrtest v5.5 dan menghasilkan kurva Nyquist, hasil kurva Nyquist pada konsentrasi blank(tanpa inhibitor) dengan konsentrasi 70CA+30MP(% wt) ataupun 70EA+30MP(% wt) dapat dibandingkan pada titik temperature yang sama. Adapun equivalent circuit yang cocok pada kurva Nyquist hasil pengujian adalah sebagai berikut:



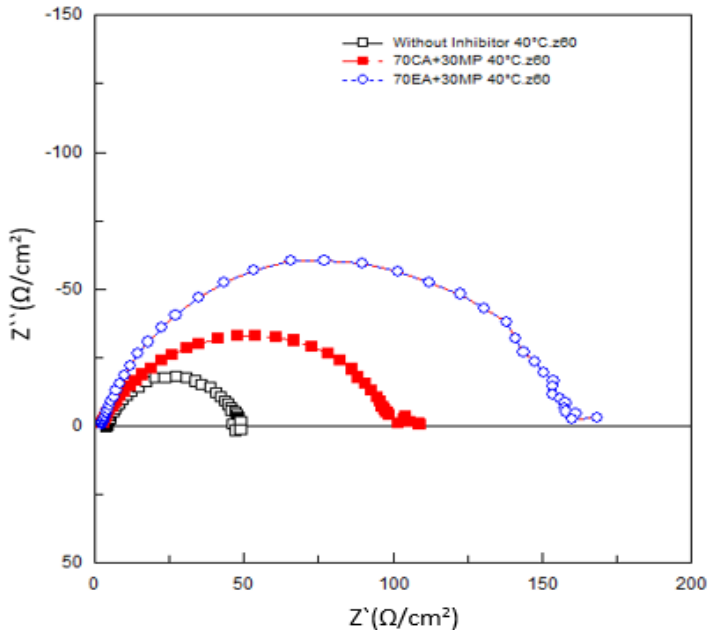
Gambar 4. 10 Sirkit equivalent pada pengujian EIS

Pada gambar 4.10 terlihat parameter sirkuit yang didapatkan pada tabel 4.8, R_s merupakan tahanan larutan, R_p merupakan tahanan logam. CPE adalah konstanta phase element atau biasanya sebanding dengan permukaan double layer dan kurva nyquist setengah lingkaran terbentuk akibat dari tidak homogen permukaan logam, impuritas dan tegangan sisa dll(Souza, 2009).



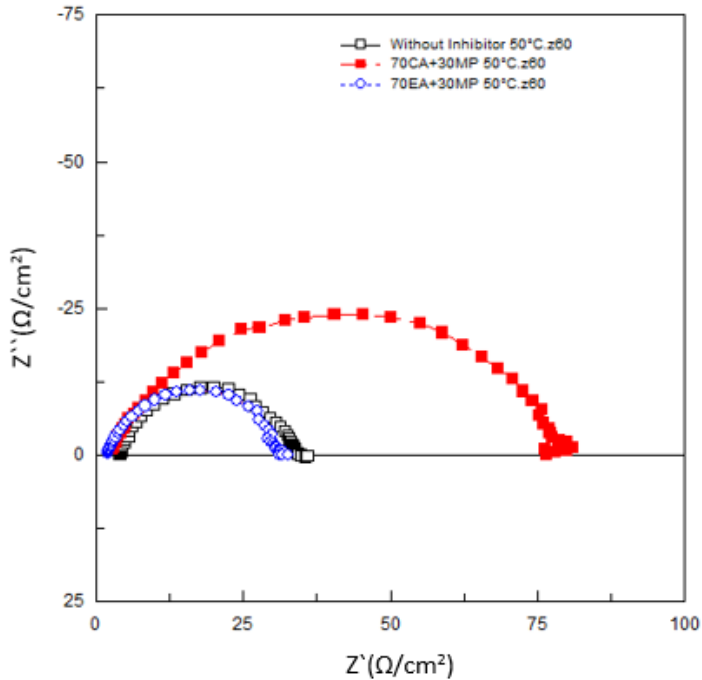
Gambar 4. 11 Kurva Nyquist temperature 30°C

Pada gambar 4.11 kurva Nyquist saat penambahan inhibitor campuran 70CA+30MP(% wt) ataupun 70EA+30MP(% wt) dan konsentrasi blank pada temperature 30°C menunjukkan diameter kurva paling besar dimiliki oleh konsentrasi 70EA+30MP(% wt). penambahan inhibitor campuran juga menaikkan nilai R_p dari 50.08 (Ωcm^2) menjadi 101.7(Ωcm^2) dan 128.8(Ωcm^2) berturut turut yang dimiliki 70CA+30MP(% wt) dan 70EA+30MP(% wt).



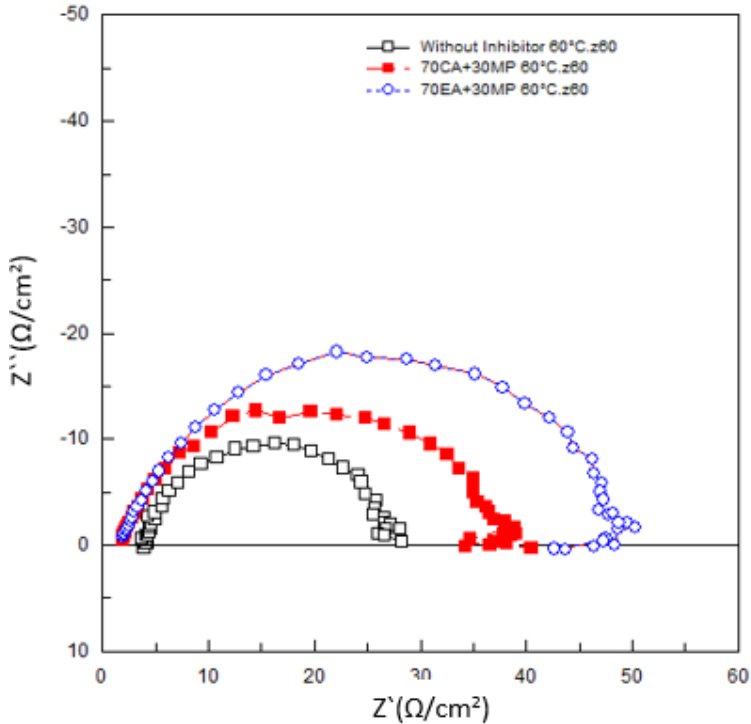
Gambar 4. 12 Kurva Nyquist temperature 40°C

Pada gambar 4.12 kurva Nyquist saat penambahan inhibitor campuran 70CA+30MP(% wt) ataupun 70EA+30MP(% wt) dan konsentrasi blank pada temperature 40°C menunjukkan diameter kurva paling besar dimiliki oleh konsentrasi 70EA+30MP(% wt). penambahan inhibitor campuran juga menaikkan nilai R_p dari 44.76 (Ωcm^2) menjadi 101.6(Ωcm^2) dan 159(Ωcm^2) berturut turut yang dimiliki 70CA+30MP(% wt) dan 70EA+30MP(% wt).



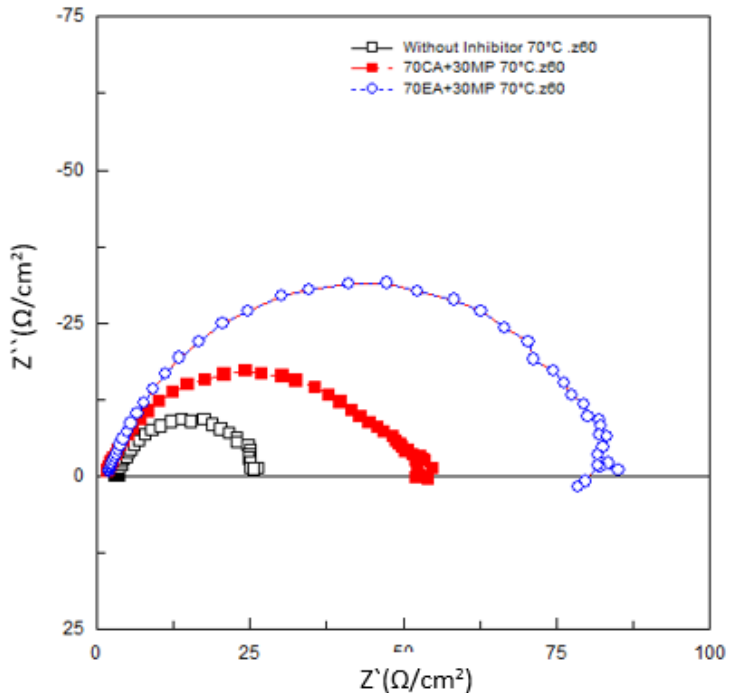
Gambar 4. 13 Kurva Nyquist temperature 50°C

Pada gambar 4.13 kurva Nyquist saat penambahan inhibitor campuran 70CA+30MP(% wt) ataupun 70EA+30MP(% wt) dan konsentrasi blank pada temperature 50°C menunjukkan diameter kurva paling besar dimiliki oleh konsentrasi 70CA+30MP(% wt). penambahan inhibitor campuran juga menaikkan nilai R_p dari 30.19 (Ωcm^2) menjadi 77.41 (Ωcm^2) dan mengalami penurunan nilai R_p menjadi 29.68 (Ωcm^2) berturut turut yang dimiliki 70CA+30MP(% wt) dan 70EA+30MP(% wt).



Gambar 4. 14 Kurva Nyquist temperature 60°C

Pada gambar 4.14 kurva Nyquist saat penambahan inhibitor campuran 70CA+30MP(% wt) ataupun 70EA+30MP(% wt) dan konsentrasi blank pada temperature 60°C menunjukkan diameter kurva paling besar dimiliki oleh konsentrasi 70EA+30MP(% wt). penambahan inhibitor campuran juga menaikkan nilai Rp dari 23.63 (Ωcm^2) menjadi 36.1 (Ωcm^2) dan 47.06 (Ωcm^2) berturut turut yang dimiliki 70CA+30MP(% wt) dan 70EA+30MP(% wt).



Gambar 4. 15 Kurva Nyquist temperature 70°C

Pada gambar 4.15 kurva Nyquist saat penambahan inhibitor campuran 70CA+30MP(% wt) ataupun 70EA+30MP(% wt) dan konsentrasi blank pada temperature 60°C menunjukkan diameter kurva paling besar dimiliki oleh konsentrasi 70EA+30MP(% wt). penambahan inhibitor campuran juga menaikkan nilai R_p dari 23.16(Ωcm^2) menjadi 50.71 (Ωcm^2) dan 82.59 (Ωcm^2) berturut turut yang dimiliki 70CA+30MP(% wt) dan 70EA+30MP(% wt).

Pada tabel 4.8 parameter yang didapatkan ketika pengujian EIS pada kenaikan temperature saat konsentrasi blank dan campuran 70CA+30MP(% wt) dan 70EA+30MP(% wt). saat kenaikan temperature pada konsentrasi 70CA+30MP(% wt) terjadi



kenaikan Rp dengan membandingkan Rp konsentrasi blank dengan efisiensi maksimum pada temperature 40°C yaitu 60.99% kenaikan Rp pada kenaikan temperature juga menaikkan nilai Cdl sedangkan pada konsentrasi 70EA+30MP(%wt) kenaikan temperature menyebabkan nilai Rp juga ikut naik kecuali pada temperature 50°C mengalami penurunan Rp dan nilai Cdl ketika kenaikan temperature mengalami kenaikan dan penurunan, dengan efisiensi tertinggi pada temperature 70°C yaitu 71.95%.

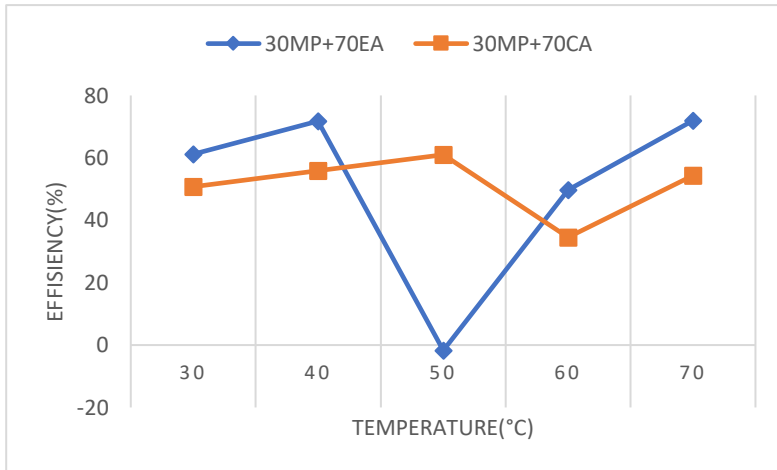
Tabel 4. 8 Parameter hasil pengujian EIS variasi temperature

Plant Extract	Conc. Of extract	Temperature (°C)	Rs(Ω cm ²)	Rp(Ω cm ²)	Cdl(μ F /cm ²)	%E I
	(%wt)					
Blank	-	30	1.834	50.08 0	110.92	-
		40	4.006	44.76 0	46.900	
		50	4.071	30.19 0	53.700	
		60	3.949	23.63 0	44.130	
		70	3.291	23.16 0	43.110	
<i>Myrmecodias + Eclipta Alba</i>	30MP+ 70EA	30	1.547	128.8	88.700	61.110
		40	2.217	159	96.570	71.840
		50	1.876	29.68 0	127.60 0	- 1.7 10



		60	1.763	47.06 0	57.470	49. 780
		70	1.762	82.59 0	72.860	71. 950
<i>Myrmecodia Pendans + Centella asiatica</i>	30MP+ 70CA	30	2.205	101.7	111.5	50. 75
		40	2.161	101.6	84.49	55. 94
		50	2.226	77.41	74.48	60. 99
		60	1.724	36.1	66.79	34. 54
		70	1.429	50.71	52.66	54. 32

Pada gambar 4.16 terlihat grafik antara efisiensi dengan temperature, pada konsentrasi 70CA+30MP(% wt) kenaikan temperatur 30-50°C menyebabkan kenaikan efisiensi inhibitor lalu ketika temperature dinaikan ketitik temperature 60 °C mengalami penurunan efisiensi inhibitor, kenaikan temperature dititik 70°C efisiensi inhibitor berangsur angsur mengalami kenaikan nilai efisiensi sedangkan pada konsentrasi 70EA+30MP(% wt) kenaikan temperature 30-40°C menyebabkan kenaikan efisiensi inhibitor lalu saat temperature dinaikan pada titik 50°C efisiensi inhibitor turun drastic hingga dititik negatif, saat kenaikan 60-70°C efisiensi inhibitor berangsur angsur mengalami kenaikan. Nilai dari efisiensi pada saat kenaikan inhibitor tersaji pada tabel 4.8



Gambar 4. 16 Grafik efisiensi pengujian EIS variasi temperature

4.1.4 Adsorpsi isotherm

Untuk Mengetahui mekanisme kerja interaksi inhibitor terhadap permukaan metal yang dapat diketahui melalui adsorption isotherm. Terdapat 2 tipe yang mungkin terjadi dalam proses adsorpsi berupa physisorption dan chemisorption, hal ini sangat bergantung beberapa faktor seperti chemical structure inhibitor, type electrolyte, perubahan dan nature dari metal.

Pada organic inhibitor mengadsorption pada permukaan yang dapat ditentukan melalui fitted well Langmuir, frumkin, Temkin adsorption isotherm. Dan tipe mekanisme ditentukan tergantung tipe inhibitor, lingkungan atau elektrolit dan metal. Pada perhitungan Langmuir dirasa paling tepat dengan asumsi :

1. adsorption membentuk single layer dimana molekul inhibitor pada permukaan baja memenuhi satu tempat dan tidak tersusun lagi.
2. permukaan baja dianggap tidak homogen dan
3. molekul inhibitor yang teradsorption tidak berinteraksi satu sama lain.



Hasil dari perhitungan dari energi bebas adsorpsi terdapat pada tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Nilai energi bebas adsorpsi pada uji weightloss dan electrochemical

Inhibitor (%wt)	Temperature (°K)	CG°_{ads} (kJ.mol ⁻¹) (Weightloss Testing)	ΔG°_{ads} (kJ.mol ⁻¹) (Potentiodynamic testing)	ΔG°_{ads} (kJ.mol ⁻¹) (EIS testing)
30MP+7 OCA	303	-19.102	-14.847	-14.181
	313	-19.890	-16.024	-15.19
	323	-20.945	-16.740	-16.236
	333	-21.497	-21.231	-13.732
	343	-22.758	-26.295	-16.461
30MP+7 OEA	303	-19.502	-15.463	-14.807
	313	-20.450	-17.048	-16.557
	323	-14.099	-	-
	333	-18.486	-19.070	-14.998
	343	-20.907	-27.691	-18.160

Menurut (Atria,2014). Dimana ketika nilai energi bebas adsorption berada pada nilai -20kJ.mol^{-1} atau kurang(lebih positif) , cara kerja adsorpsi inhibitor secara interaksi elektrostatis pada permukaan metal (physisorption) sedangkan jika nilai energi bebas adsorpsi berada pada rentangan 20 to -40 (kJ.mol⁻¹) cara kerja inhibitor berupa campuran dengan electrostatic(physisorption) dan sharing electron(chemisorption) pada permukaan metal. Sedangkan nilai free energy adsorption lebih dari(lebih negative) -40 (kJ.mol⁻¹) inhibitor bekerja secara sharing electron (chemisorption).

4.1.5 Pengujian FTIR

Pengujian ini untuk mengetahui karakteristik konten dari ekstrak masing masing inhibitor dan baja API 5L Grade B setelah proses immerse pada larutan HCl 1M selama 3jam dengan



campuran inhibitor . Setelah pengujian didapatkan kurva FTIR dan dibandingkan antara keduanya untuk mengetahui gugus fungsi senyawa yang berperan dalam penghambatan laju korosi dengan beracuan pada *A Handbook of Spectroscopic Data Chemistry*” oleh B.D. Mistry (2009). Berikut adalah gambar kurva FTIR 4.17 dan 4.18 berturut-turut yaitu sarang semut , pegagan dan urang-aring dan baja setelah immerse.

Pada gambar FTIR terdapat gugus fungsi dari komponen masing masing ekstrak yang diindikasikan dapat menjadi inhibitor korosi. Pada gambar kurva FTIR sarang semut terdapat beberapa gugus fungsi seperti N-H str dan O-H str pada daerah $3180.79(\text{cm}^{-1})$. Dan pada inhibitor ekstrak pegagan terdapat gugus fungsi C=O str dan N=O str pada daerah serapan $3303.86(\text{cm}^{-1})$ sedangkan pada urang aring terdapat gugus fungsi seperti NH_3^+ str dan N=O str pada daerah $3299.04(\text{cm}^{-1})$ beberapa gugus fungsi dari ketiga gambar FTIR diatas tersaji dalam tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Gugus fungsi FTIR masing masing inhibitor dan baja setelah immerse

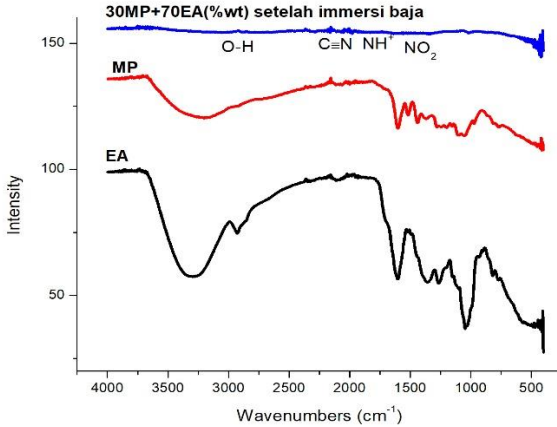
Inhibitor	Wave Number (cm^{-1})	Function Group
MP	3180.79	N-H str; NH_3^+ str; O-H str.
	1600.85	N=N str; NH def; C=O str; C=C; NH_2^+ ; NH_3^+
	1519.51	N-H def.; NH_3^+ def.; NO_2 str.; C=C; C-H def.
	1440.08	C-H def.; (RNN=O)
	1372.33	C-F str; C-H def.; NO_2 str.
	1199.42	P-O str; S=O str; C-N vib; C=S str.



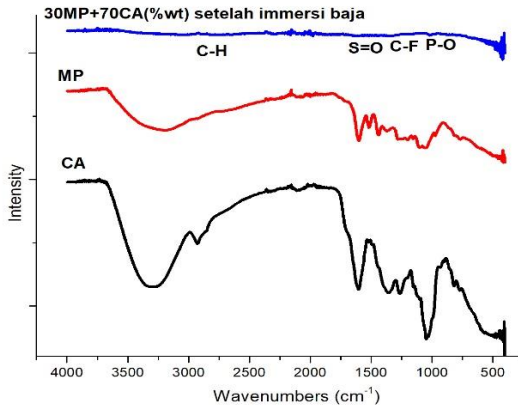
	1154.89	S=O str.
CA	3303.86	C=O str; N-H str; N=O str; NH, str; NH ₃ ⁺ str; C-H str.
	2922.05	C-H str.
	1375.35	S=O str; O-H def.; C-F str; CH ₃ def; CH ₃ def; C-H def; NO ₂ str.
	1029.98	C-OH str; P-O str.
EA	3299.04	C=O str; N=O str; O-H str; NH, str; NH ₃ ⁺ str.
	2929.52	C-H str
	1266.17	O-NO ₂ vib; ROR str.
	1046.63	S=O str; C-OH str; P-O str.
70%EA+30%MP (after steel immersion)	3054.57	O-H str; C-H str; NH ₃ ⁺ str;
	2149.62	NH ⁺ vib; C≡N str; --N=N=N str.
	2071.73	NH ⁺ vib.
	1979.31	NH ⁺ vib
	1637.49	C=O str; C=N str.; C=C str; NO ₂ str.
70%CA+30%MP (after steel immersion)	2915.59	C-H str
	2847.83	C-H str
	1363.79	S=O str.; O-H def ;; C-F str; NO ₂ str; C-N vib;
	1144.06	P-O str; C-OH str; S=O str; C-H def.



Setelah proses immerse baja API 5L Grade B dalam larutan HCl 1M selama 3jam pada temperature 30°C. dilakukan pengujian FTIR untuk mengetahui gugus fungsi yang muncul setelah proses immerse.



Gambar 4.17 kurva FTIR adsorpsi molekul inhibitor 70%EA+30%MP pada baja setelah immerse



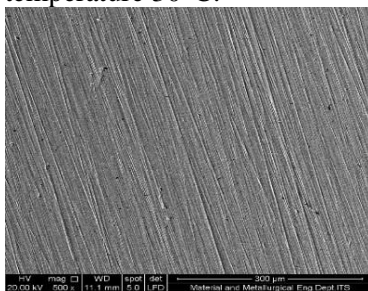
Gambar 4.18 kurva FTIR adsorpsi molekul inhibitor 70%CA+30%MP pada baja setelah immerse



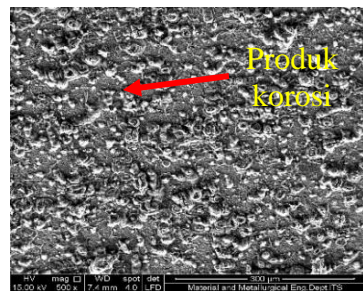
pada gambar 4.17 grafik FTIR baja setelah immersion pada konsentrasi 70%EA+30%MP terlihat beberapa gugus fungsi yang terbentuk pada permukaan metal akibat dari adsorpsi molekul inhibitor pada permukaan metal seperti terbentuknya gugus fungsi O-H; $C\equiv N$; NH^+ dan NO_2 pada daerah $3054.57(cm^{-1})$; $2071.73(cm^{-1})$ $1979.31(cm^{-1})$ dan $1637.49(cm^{-1})$ yang dapat dilihat pada tabel 4.9. sedangkan gambar 4.18 grafik FTIR baja setelah immersion pada konsentrasi 70%CA+30%MP terlihat beberapa gugus fungsi yang terbentuk pada permukaan metal akibat dari adsorpsi molekul inhibitor pada permukaan metal seperti terbentuknya gugus fungsi C-H; S=O;C-F; P-O terdapat pada daerah berturut turut $2915.59(cm^{-1})$; $2847.83(cm^{-1})$; $1363.79(cm^{-1})$ dan $1144.06(cm^{-1})$ dan gugus fungsi lain yang diprediksi dapat terbentuk pada permukaan metal tersaji pada tabel 4.10.

4.1.6 Pengujian SEM dan EDS

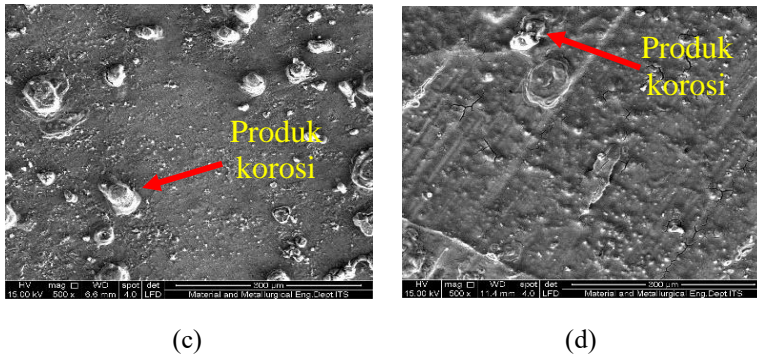
Pada pengujian SEM dan EDS untuk mengetahui morfologi dan unsur yang terdapat dan tersebar pada permukaan baja API 5L Grade B setelah proses immerse larutan HCl 1M selama 3jam dengan campuran inhibitor 70CA+30MP(%wt) ataupun 70EA+30MP(%wt) dibandingkan dengan konsentrasi blank(tanpa inhibitor) dan baja sebelum proses immerse pada temperature $30^{\circ}C$.



(a)



(b)

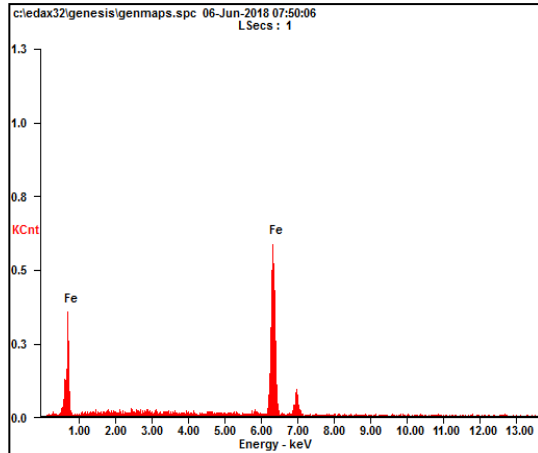


Gambar 4.19 uji SEM morfologi permukaan baja dengan (a) SEM baja sebelum immerse (b) SEM baja setelah immerse tanpa inhibitor (c) SEM baja setelah immerse inhibitor 70EA+30MP(%wt) (d) SEM baja setelah immerse inhibitor 70CA+30MP(%wt)

Pada gambar SEM diatas 4.22(a)gambar morfologi baja tanpa perlakuan sebelum proses immerse (b) baja dengan konsentrasi blank setelah proses immersion pada larutan 1M HCl selama 3jam pada temperature 30°C terlihat produk korosi yang terbentuk menyebar dan menutupi pada permukaan metal (c) dan (d) baja setelah proses immerse pada konsentrasi 70EA+30MP(% wt) dan 70CA+30MP(% wt) terlihat produk korosi berkurang pada permukaan baja.

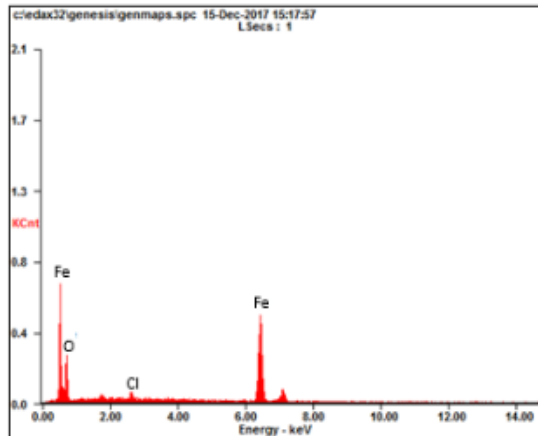


Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material – FTI ITS



<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>FeK</i>	100.00	100.00
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

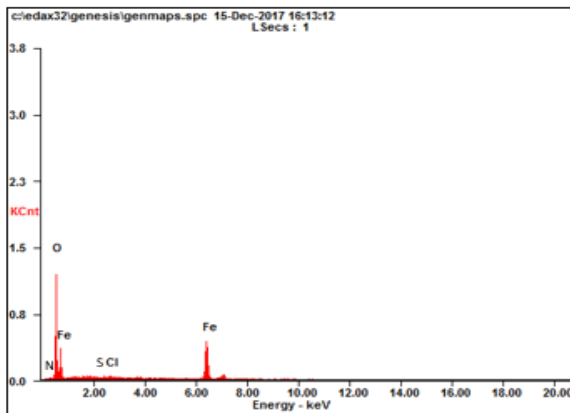
(a)





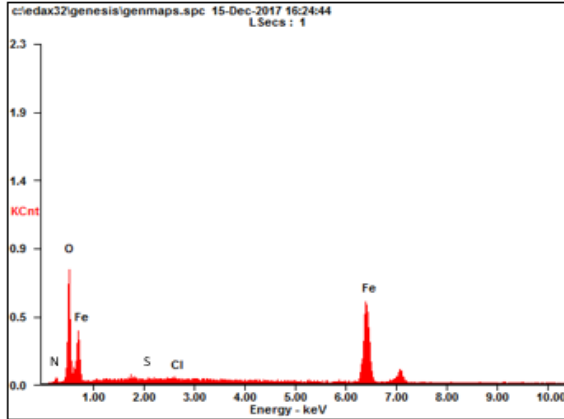
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
OK	16.60	40.75
ClK	01.46	01.61
FeK	81.95	57.64
Matrix	Correction	ZAF

(b)



<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
OK	25.45	54.27
ClK	00.56	00.53
FeK	72.01	43.73
NK	00.78	00.49
SK	01.20	00.98
Matrix	Correction	ZAF

(c)



<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	16.47	40.69
<i>ClK</i>	00.44	00.49
<i>FeK</i>	81.10	56.37
<i>NK</i>	01.30	01.59
<i>SK</i>	00.69	00.86
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

(d)
Gambar 4. 20 Uji EDX baja (a) sebelum immerse (b) sesudah immerse tanpa inhibitor (c) sesudah immerse konsentrasi 70CA+30MP(%wt) dan (d) sesudah immerse konsentrasi 70EA+30MP(%wt)

Pada gambar 4.23 diatas memperlihatkan pengujian EDS penyebaran unsur pada permukaan baja (a) yaitu baja tanpa perlakuan sebelum immerse unsur yang terdeteksi hanya Fe sedangkan pada (b) baja setelah immerse pada konsentrasi blank terbentuk unsur O dan Cl (c) dan (d) baja dengan konsentrasi 70CA+30MP(%wt) dan 70EA+30MP(%wt) terlihat terdapat tambahan unsur N dan S.



4.2 Pembahasan

Berdasarkan seluruh pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa efek penambahan inhibitor ekstrak daun pegagan ataupun inhibitor ekstrak daun urang-arang dengan inhibitor ekstrak sarang semut dapat menurunkan laju korosi pada baja API 5L Grade B pada kondisi asam dan kenaikan temperature khususnya kondisi 1M HCl dan kenaikan temperature 30-70°C.

Pada pengujian weightloss pertama, masing-masing ekstrak inhibitor sarang semut, daun pegagan dan daun urang aring menunjukkan hasil efisiensi tertinggi pada konsentrasi berbeda, untuk sarang semut efisiensi tertinggi ditunjukkan pada konsentrasi 3gr/L dengan efisiensi 57.6365%, sedangkan pada inhibitor ekstrak daun urang aring terletak pada konsentrasi 4gr/L dengan efisiensi 96.2923% lalu pada inhibitor ekstrak daun pegagan terletak pada konsentrasi 5gr/L dengan efisiensi 91.4997%, tren profile efisiensi berdasarkan konsentrasi dapat terlihat pada gambar 4.1. konsentrasi ini yang akan dijadikan acuan untuk pengujian weightloss kedua dengan perbandingan pencampuran konsentrasi inhibitor 30:70, 50:50, 70:30(% wt) (MP:CA, MP:EA) dengan asumsi konsentrasi pada efisiensi tertinggi memberikan dampak yang paling besar untuk proses penghambatan laju korosi. Secara umum peningkatan konsentrasi inhibitor menyebabkan menurunnya laju korosi hal ini disebabkan jumlah adsorpsi inhibitor pada permukaan metal dan meningkatnya surface coverage. kandungan inhibitor seperti saponins, flavanoids, tannis, alkaloids, organic acid heteroatom seperti nitrogen, oksigen, fluor dan cicin aromatic yang mempunyai pasangan electron bebas akan teradsorpsi atau berikatan dengan permukaan logam hal ini akan menghalangi beberapa unsur seperti chloride (Cl^-) dan hydrogen (H^+) untuk teradsorpsi kepermukaan metal. Dengan substitusi antara molekul air pada permukaan baja dan molekul organic inhibitor (Gopiraman,2011; Kassim,2015 ;Aisha,2016)

Pada pengujian weightloss kedua dengan ratio perbandingan konsentrasi diatas dapat terlihat pada gambar grafik



4.2 dengan ratio konsentrasi yang memiliki efisiensi tertinggi pada 70+30(% wt) dengan nilai efisiensi 89.4955% untuk EA+MP dan 87.9060% untuk CA+MP pada temperature kamar. Hal ini dapat terlihat pada tabel 4.3, nilai sinergisitas(*S*) pencampuran inhibitor juga menunjukkan nilai tertinggi pada ratio konsentrasi 70+30(% wt) , pada konstanta sinergisitas untuk pencampuran inhibitor semakin meningkat dengan penambahan inhibitor CA ataupun EA dalam MP, tetapi untuk keseluruhan nilai $S < 1$ yang diindikasikan antagonistic, jika nilai $S > 1$ synergic interaction dan jika $S = 1$ tidak ada efek pencampuran antara kedua inhibitor untuk mengadsorpsi ke permukaan logam. Karena $S < 1$, mekanisme antagonistic, cara kerja inhibitor campuran dengan cara kompetisi adsorpsi molekul inhibitor ke permukaan metal pada masing masing campuran inhibitor (Hui Cang,2017; Oguzie,2017; Jeyaprabha,2006), inhibitor CA dan EA lebih dominan daripada MP untuk adsorpsi pada permukaan logam.

Pada Pengujian weightloss ketiga konsentrasi 70EA+30MP(% wt) dan 70CA+30MP(% wt) performa inhibitor diuji pada kenaikan temperature 30-70°C dalam larutan 1M HCl. Pada tabel 4.4 menunjukkan efisiensi tertinggi pada konsentrasi 70EA+30MP(% wt) pada temperature 40°C dengan nilai 90.54553% sedangkan untuk konsentrasi 70CA+30MP(% wt) efisiensi tertinggi terletak pada temperature 70°C. dengan nilai 91.53853%. tren profile efisiensi kedua konsentrasi dapat terlihat pada gambar 4.3. Pada konsentrasi 70CA+30MP(% wt) kenaikan temperature membuat efisiensi inhibisi inhibitor meningkat, hal ini karena adanya kemampuan inhibitor teradsorpsi secara kimia atau chemisorption (sharing electron)). Sedangkan pada konsentrasi 70EA+30MP(% wt) terjadi penurunan efisiensi inhibitor pada kenaikan temperature 50°C hal ini dikarenakan laju desorption pada inhibitor lebih besar dibandingkan dengan laju adsorption ,energy yang diterima system tidak digunakan untuk meningkatkan laju adsorption sehingga kenaikan temperature menyebabkan terlepasnya ikatan elektostatis molekul inhibitor dengan permukaan baja ,sehingga ketika laju desorption tinggi tidak



ada interaksi yang menghalangi baja dengan unsur seperti hydrogen ataupun chlorine yang akhirnya menyebabkan reaksi korosi meningkat (Priya, 2012; Orubite, 2007; Eduok, 2016) hal ini dapat dilihat pada gambar 4.3 tren efisiensi 70EA+30MP(%wt). setelah itu hasil ini dibuktikan pada pengujian electrochemical.

Pada pengujian polarisasi dengan konsentrasi pencampuran 70EA+30MP(%wt) dan 70CA+30MP(%wt) secara keseluruhan dapat menurunkan laju korosi baja API 5L Grade B, pada tabel 4.6 terlihat secara keseluruhan penambahan inhibitor campuran menurunkan nilai densitas arus korosi pada kenaikan temperature. Nilai densitas arus korosi sebanding dengan laju korosi. Pada konsentrasi 70CA+30MP(%wt) seperti hasil dari pengujian weightloss menunjukkan bahwa kenaikan temperature menyebabkan naiknya efisiensi inhibitor hal ini disebabkan energi yang diterima digunakan untuk meningkatkan laju adsorpsi inhibitor ke permukaan logam dan terjadinya reaksi kimia molekul inhibitor dengan permukaan logam. Nilai potensial korosi dengan penambahan inhibitor terjadi perubahan, dimana jika ($E_{corr} = E_{corr}^{uninhibited} - E_{corr}^{inhibited}$) lebih dari 85mV inhibitor dapat diklasifikasikan katodik atau anodic inhibitor, sedangkan jika nilainya kurang dari 85mV diklasifikasikan mixing inhibitor (Sulistijono, 2014) untuk konsentrasi 70CA+30MP(%wt) merupakan tipe mixing inhibitor untuk keseluruhan temperature. Pada gambar 4.4 sampai 4.8 menunjukkan reaksi dominan pada mixing inhibitor, hanya pada temperature 40°C kurva tafel bergeser ke potensial lebih negatif hal ini menunjukkan pada temperature tersebut tipe mixing inhibitor lebih dominan pada reaksi katodik, sedangkan pada temperature yang lain menunjukkan kurva tafel bergeser ke potensial lebih positif hal ini menyebabkan reaksi anodic lebih dominan (Atria, 2014). Pada konsentrasi 70EA+30MP(%wt) merupakan tipe mixing inhibitor berdasarkan nilai potensial kurang dari 85mV kecuali pada temperature 50°C, merupakan anodic inhibitor karena nilai potensial korosi lebih dari 85mV dan terbukti pada gambar 4.6 dimana kurva tafel bergeser ke potensial yang lebih positif (anodic) hal ini yang menyebabkan



turunya nilai efisiensi, dikarenakan ketika kenaikan temperature laju desorption meningkat yang akhirnya interaksi molekul inhibitor dengan permukaan logam pada sisi anoda terlepas sehingga memungkinkan teradsorpsinya ion chlorine pada permukaan logam dan sedikit terdapat molekul inhibitor yang teradsorpsi pada sisi katoda sehingga kenaikan temperature menyebabkan reaksi evolusi hydrogen meningkat. Selain daripada itu inhibitor konsentrasi 70EA+30MP(% wt) dan 70CA+30MP(% wt) merupakan mixing inhibitor dengan reaksi yang sama menurut pergeseran kurva tafel pada kenaikan temperature pada gambar 4.4 sampai 4.8.

Pada pengujian EIS menunjukkan kurva Nyquist semicircle, bentuk semicircle yang tidak sempurna terjadi akibat penyebaran frekuensi pada permukaan metal yang heterogen saat adsorption process. Keadaan ini biasanya terjadi akibat kekasaran permukaan, impuritas, dislokasi, adsorption inhibitor and porous layer (De Souza, 2009; Khaled, 2006). Secara umum pada tabel 4.8 menunjukkan bahwa penambahan inhibitor pada larutan 1M HCl pada kenaikan temperature dapat menurunkan laju korosi baja API 5L Grade B hal ini ditunjukkan dengan meningkatnya R_p pada konsentrasi campuran inhibitor dibandingkan dengan R_p pada konsentrasi blank. R_p (resistance polarization) juga menunjukkan resistansi perpindahan muatan. Besarnya nilai R_p disebabkan terdapat lapisan barrier yang terbentuk pada permukaan baja akibat adsorpsi molekul inhibitor (Hosseini 2017) pada gambar 4.11-4.15 menunjukkan kurva nyquist pada kenaikan temperature, besarnya diameter kurva menandakan baja pada larutan elektrolit sulit terlarut hal ini dikarenakan terdapat lapisan barrier pada permukaan baja hasil adsorpsi molekul inhibitor, diameter kurva Nyquist berbanding lurus dengan nilai efisiensi (Joyine, 2014). Pada pengujian EIS ini menunjukkan hasil yang sama dengan pengujian weightloss dan pengujian polarisasi dimana pada konsentrasi 70EA+30MP(% wt) di temperature 50°C terjadi penurunan nilai R_p hal ini disebabkan lepasnya ikatan yang terjadi pada permukaan logam akibat



kenaikan temperature akibatnya lapisan barrier pada permukaan logam terlepas dan baja berinteraksi langsung dengan elektrolit sehingga laju korosi meningkat. Pada kenaikan temperature selanjutnya mengalami kenaikan Rp sehingga efisiensi juga meningkat. Secara umum meningkatnya resistansi berbanding terbalik dengan nilai Cdl (coefficient double layer), disebabkan karena teradsorpsinya molekul inhibitor yang membentuk lapisan barrier pada permukaan metal sehingga transfer electron dari permukaan metal ke electrolyte terhambat yang menyebabkan Rp naik, adanya lapisan barrier dan peningkatan thickness tersebut menyebabkan nilai coefficient double layer menurun, dan juga sebaliknya (Hui Cang, 2017) dua parameter ini saling berkaitan. Perubahan nilai Cdl memberikan informasi pembentukan lapisan barrier pada permukaan metal. Naiknya nilai Cdl disebabkan karena molekul inhibitor yang teradsorpsi dan mengcover secara continue sehingga rongga atau poros awal pada lapisan barrier yang terbentuk terisi oleh molekul inhibitor lain dan karena perbedaan densitas molekul yang teradsorpsi antara satu dengan yang lainnya. Pada temperature 50°C dengan konsentrasi 30MP+70EA(%wt) nilai Rp mengalami penurunan dan nilai Cdl naik dengan drastis sehingga efisiensi menurun drastis hal ini disebabkan reaksi desorption molekul inhibitor lebih tinggi dibandingkan molekul yang teradsorpsi sehingga lapisan barrier pada permukaan logam mengalami degradasi atau discontinue. (Eduok;2011).

Pada perhitungan thermodynamic dengan hasil yang ditunjukkan pada tabel 4.9 dimana Menurut (Atria,2014). Dimana ketika nilai energi bebas adsorption berada pada nilai $-20\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ atau kurang (lebih positif), cara kerja adsorpsi inhibitor secara interaksi elektrostatik pada permukaan metal (physisorption) sedangkan jika nilai energi bebas adsorpsi berada pada rentangan 20 to $-40\text{ (kJ}\cdot\text{mol}^{-1})$ cara kerja inhibitor berupa campuran dengan electrostatic(physisorption) dan sharing electron(chemisorption) pada permukaan metal. Sedangkan nilai free energy adsorption lebih dari $-40\text{ (kJ}\cdot\text{mol}^{-1})$ (lebih negative) inhibitor bekerja secara



sharing electron (chemisorption). Dapat dilihat untuk konsentrasi 30MP+70CA(%wt) kenaikan temperature membuat inhibitor bertipe mixing inhibitor, kenaikan temperature membuat ikatan kuat anatara molekul inhibitor dengan permukaan logam secara kimia hal ini terlihat pada free energi adsorpsi pada weightloss testing temperature 50°C dengan nilai free energi $-20.9454(\text{kJ.mol}^{-1})$, hal ini juga sejalan dengan polarisasi testing dan EIS walaupun terdapat sedikit perbedaan nilai. Ketika temperature naik ikatan chemisorption terjadi hal ini yang menghalangi impurity hal ini dapat dilihat pada tabel 4.4 dan tabel 4.6 untuk nilai efisiensi. sedangkan untuk konsentrasi 30MP+70EA(%wt) free energy pada weightloss temperature 50°C menunjukkan nilai $-14.0999(\text{kJ.mol}^{-1})$ pada temperature dimana adsorpsi berupa physisorption, ikatan ini lemah terhadap kenaikan temperature, hal ini terbukti dengan pengujian weightloss dan electrochemical bahwa pada temperature dan konsentrasi ini efisiensi turun drastic, tetapi ketika temperature dinaikan efisiensi inhibitor kembali naik, keadaan ini disebut masa peralihan yang dapat dilihat pada nilai free energi adsorpsi yang semakin meningkat(lebih negative) pada pengujian weightloss ataupun electrochemical ,akibatnya interaksi kimia terjadi.

Pada pengujian FTIR pada masing masing inhibitor terdapat beberapa unsur yang diindikasi dapat menjadi inhibitor korosi seperti atom N,O,P,S(Hosseini,2017). Ekstrak bahan alam khususnya senyawa yang mengandung atom N, O, P, S, dan atom-atom yang memiliki pasangan elektron bebas. Unsur-unsur yang mengandung pasangan elektron bebas ini nantinya dapat berfungsi sebagai ligan yang akan membentuk senyawa kompleks dengan logam. hal ini tersaji pada Tabel 4.10 dan pada lampiran tabel F.1 komponen yang terdapat pada masing masing inhibitor.

Dan pada gambar 4.19 terlihat morfologi permukaan baja dengan uji SEM bahwa penambahan inhibitor membentuk lapisan barrier. Terlihat perbedaan keempat gambar a-d, ketika penambahan inhibitor produk korosi yang terbentuk berkurang dan



lapisan barrer yang terbentuk dari penambahan 30MP+70EA(% wt) lebih halus daripada 30MP+70CA(% wt).

Pada gambar 4.20 pengujian EDX terlihat penambahan inhibitor campuran 30MP+70EA(% wt) ataupun 30MP+70CA(% wt) terlihat persebaran atom N dan S serta atom O, hal ini diindikasikan adsorption dari molekul inhibitor, pengujian ini sejalan dengan hasil dari pengujian FTIR .

Pada kedua inhibitor bekerja sebagai mixing inhibitor, tetapi pada konsentrasi 30MP+70EA(% wt) pada temperature 50°C sebagai anodic inhibitor. Proses kerja inhibitor pada berupa physisorption pada temperature rendah dan berikatan secara chemisorption pada kenaikan temperature.

Pada ikatan elektrostatik(physisorption) gaya tarik menarik listrik antar molekul (antar kutub) yang lemah. Karena organic inhibitor dapat diklasifikasikan cation dan anion, inhibitor seperti sulphonate dan phosphate biasanya berupa anion group, sedangkan senyawa aktif seperti aliphatic, aromatic dan amine groups merupakan kation group(Jovie,2011). Molekul ini yang nantinya akan berikatan dengan molekul dari Fe.

Sedangkan ketika kenaikan temperature terjadi ikatan kimia antara molekul inhibitor dengan baja dan membentuk senyawa kompleks(Haryono,2010) tergantung dari ligan yang terdapat pada komponen inhibitor.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil dan Analisa data dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Penambahan campuran inhibitor ekstrak daun pegagan dengan ekstrak sarang semut pada konsentrasi 70CA+30MP(% wt) menaikkan ketahanan korosi pada baja API 5L Grade B dalam larutan 1M HCl dengan kenaikan temperature, dimana efisiensi tertinggi pada temperature 70°C bernilai 91,53853%. Sedangkan penambahan inhibitor ekstrak daun urang aring dengan sarang semut 70EA+30MP(% wt) memberikan efisiensi maksimal 90.54553% pada temperature 40°C.
2. Mekanisme kerja inhibitor secara mixing inhibitor, dimana dengan kenaikan temperature ,ikatan molekul inhibitor terjadi secara kimia yang lebih dominan daripada ikatan fisika. Hanya pada konsentrasi 70EA+30MP(% wt) ditemperature 50°C bertipe anodik inhibitor dan berikatan secara fisika.

5.2 Saran

1. dilakukan penelitain lebih lanjut mengenai konten spesifik pada setiap ekstrak tumbuhan.
2. Adanya penelitian yang lain mengenai senyawa yang paling dominan dari ekstrak pencampuran ekstrak pemberi efek paling dominan.



3. Penggunaan variabel dengan perbedaan yang signifikan dengan penggunaan data yang lebih banyak untuk menemukan data yang lebih tepat.



DAFTAR PUSTAKA

- A. Anejjar. 2013. *Inhibition Of Carbon Steel Corrosion In 1 M Hcl Medium By Potassium Thiocyanate* . Equipe de Ge´nie de l’Environnement et de Biotechnologie: ENSA, Universite´ Ibn Zohr, BP 1136, Agadir, Morocco
- A.I. Vogel. 1978. *Vogel's Textbook of Practical Organic Chemistry (5th Edition) 5th Edition*. Thame Polytechnic : London
- Adam, M.E., *et. all.* 2013. *Extraction, Identification and Quantitative HPLC Analysis of Flavanoids from Sarang Semut (Myrmecodia Pendans)*. Industrial Crops and Products. Vol. 41, pp. 392-396.
- Adiyaksa Febryanto.2017. *Studi Ekstraksi Dengan Metode Soxhletasi pada Bahan Organik Umbi Sarang Semut (Myrmecodia Pendans) sebagai Inhibitor Organik* .Surabaya : Teknik Material dan Metalurgi ITS.
- Ahmad, Zaki. 2006. *Principles of Corrosion Engineering and Corrosion Control*. Elsevier: New York
- Aisha M. Al-Turkustani. 2012. *Inhibition of Mild Steel Corrosion Using Plecranthus Tenuiflorus (Shara) Plant as Safe and Green Inhibitor in Acidic Solutions*. King Abdulaziz University: Jeddah KSA
- Alexandre. 2010 . *Corrosion Inhibitors – Principles, Mechanisms and Applications* . Dariva and Galio: licensee InTech
- ASM Handbook. 2005. *Corrosion Materials volume 13B*. USA : ASTM International.
- ASTM G5-94. 1999. *Standart Reference Test Method for Making Potentiostatic and Potentiodynamic Anodic Polarization Measurements*.
- Atria Pradityana .2014. *Inhibition of Corrosion of Carbon Steel in 3.5% NaCl Solution by Myrmecodia Pendans Extract*. Surabaya : Teknik Material dan Metalurgi ITS.



- Atria Pradityana. 2017. *Effect of Temperature on the Application of Sarang Semut Extract for Environmentally Friendly Corrosion Inhibitor*. Surabaya : Teknik Material dan Metalurgi ITS.
- C. Jeyaprabha, S. Sathiyarayanan and G. Venkatachari. 2006. *Electrochim. Acta*, 51 4080
- Dharmender, Jaglan. 2013. *Pharmacological Activity and Chemical Constituents of Eclipta Alba*. Chandigarh College of Pharmacy: India
- E.E. Oguzie, Y. Li and F.H. Wang. 2007. *Electrochim. Acta*, 52 6966.
- Fontana , Mars. 1987. *Corrosion Engineer*. Department of Metallurgical Engineering: Ohiyo University
- Hui Cang, Zhe Tang .2017.*Study on the Synergistic Effect of Iodide Ion with the Extract of Artemisia Halodendron on the Corrosion Inhibition*. College of Chemistry and Chemical Engineering, Yancheng Institute of Technology: Yancheng
- Janti, Sudiono.2013. *The Scientific Base of Myrmecodia pendans as Herbal Remedies*. Department of Oral Pathology, Faculty of Dentistry, Trisakti University:Jakarta, Indonesia
- M. Hazwan Hussin. 2011.*The effect of Tinospora crispa extracts as a natural mild steel corrosion inhibitor in 1 M HCl* . Material and Corrosion Chemistry Laboratory, School of Chemical Sciences, Universiti Sains Malaysia: 11800 Penang, Malaysia
- M. Shyamala. 2011. *The Inhibitory Action of the Extracts of Adathoda vasica, Eclipta alba, and Centella asiatica on the Corrosion of Mild Steel in Hydrochloric Acid Medium: A Comparative Study*. Department of Chemistry, Government College of Technology Tamil Nadu, Coimbatore: India
- Papavinasam, Sankara. 2014. *Corrosion Control in the Oil and Gas Industry*. Elsevier: New Yor



- Rashmi Saxena Pal. 2016. *Pharmacognostic review and phytochemical screening of Centella asiatica Linn.* Pharmacy Department PSIT : India.
- Revie, Winston. 2011. *Uhlig's Corrosion Handbook Third Edition.* CANMET Materials Technology Laboratory: Canada
- Sazha. 2014 .*Aplikasi Sarang Semut (Myrmecodia Pendans) sebagai Inhibitor Korosi pada Baja API 5L Grade B dan AISI 1010 dalam Media 3.5 NaCl 3.5%.* Teknik Material dan Metalurgi FTI ITS: Surabaya
- Trethewey, K., & Chamberlain, J. 1991. *Korosi (Untuk Mahasiswa dan Rekrayasawan).* Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama
- Yuslinur. 2014. *Studi Analisis Campuran Eco-Friendly Inhibitor Ekstrak Sarang Semut (Myrmecodia pendans) dan Daun Sirih Merah (Piper crocatum) terhadap Laju Korosi Baja API 5L Grade B di Lingkungan NaCl 3,5%.* Surabaya : Teknik Material dan Metalurgi ITS.

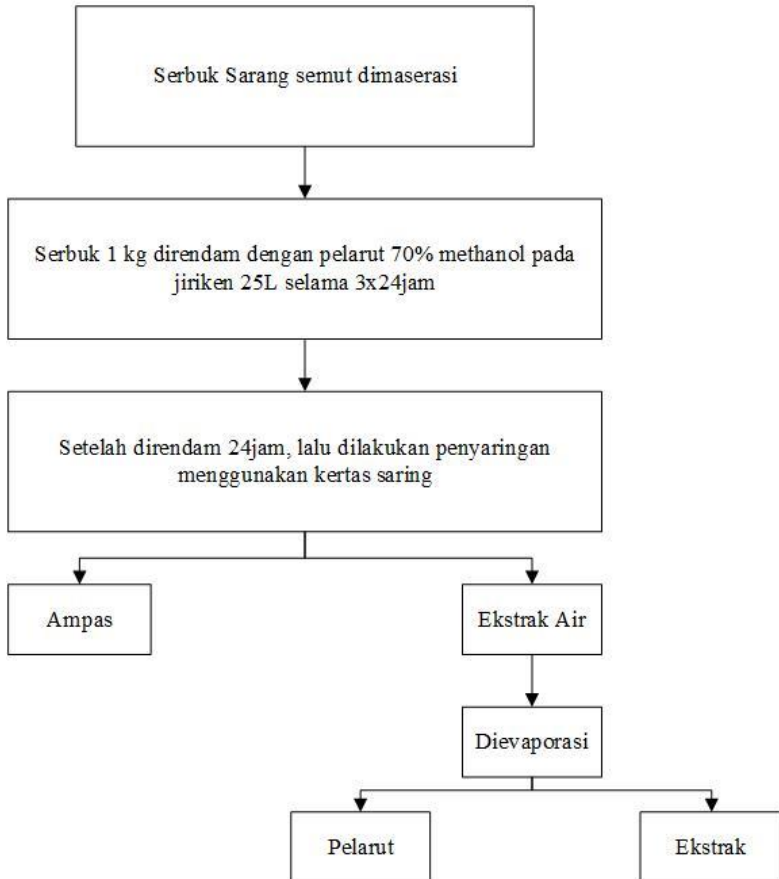


(Halaman ini sengaja dikosongkan)



LAMPIRAN A SKEMA PENELITIAN

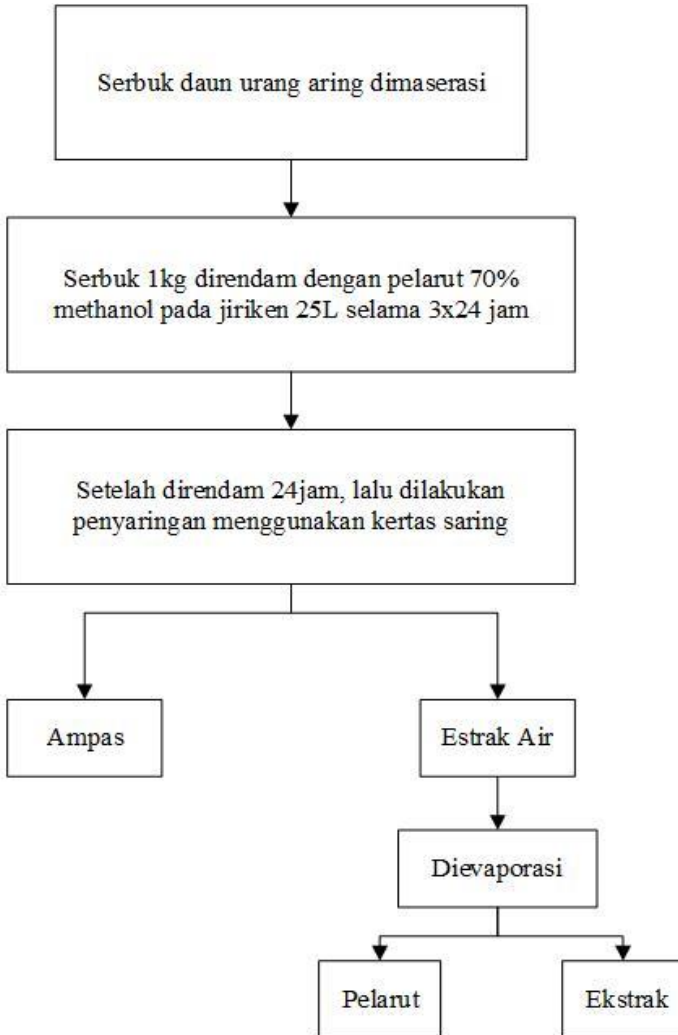
1. Pembuatan Ekstrak Sarang Semut



Gambar A.1 Pembuatan ekstrak sarang semut



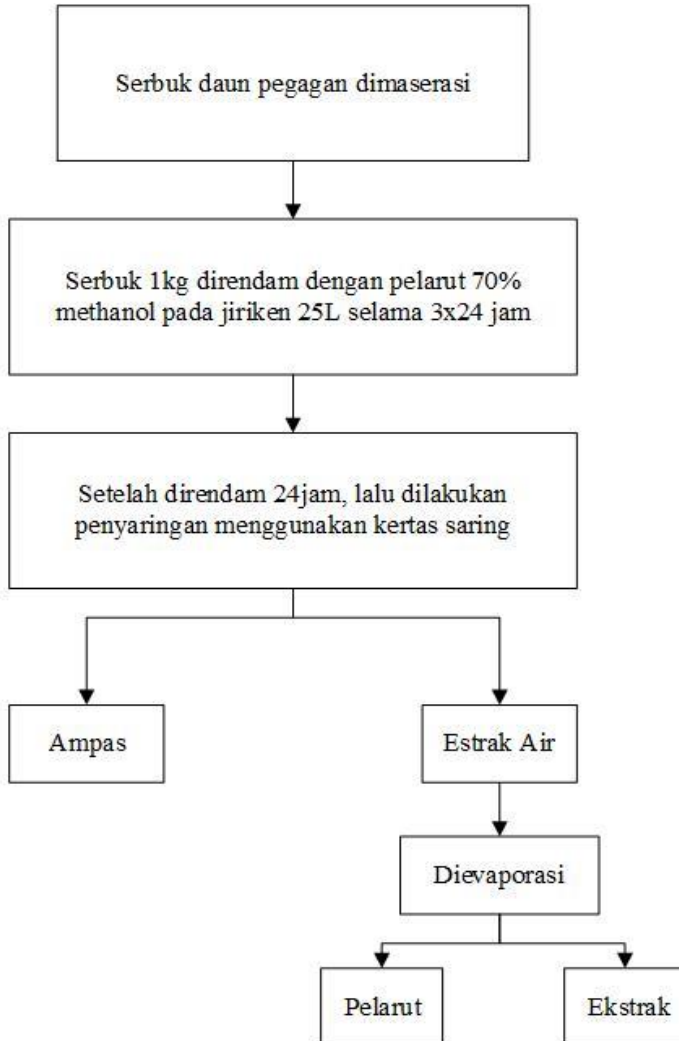
2. Pembuatan Ekstrak Daun Urang Aring



Gambar A.2 Pembuatan ekstrak urang aring



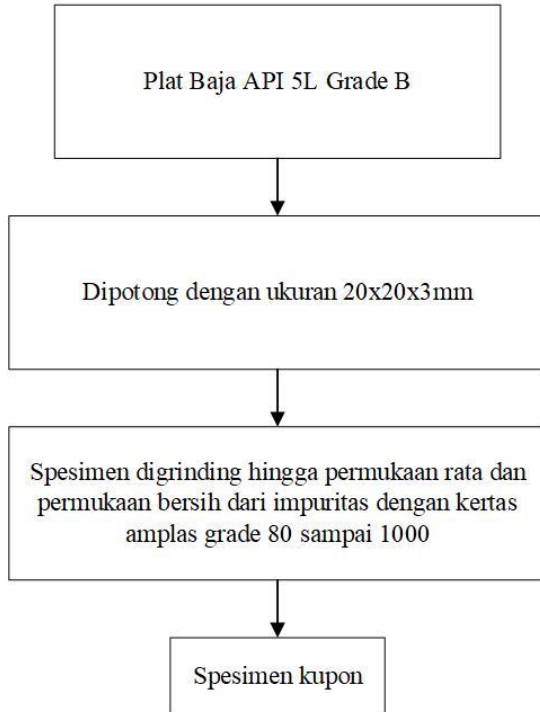
3. Pembuatan Ekstrak Daun Pegagan



Gambar A.3 Pembuatan ekstrak pegagan



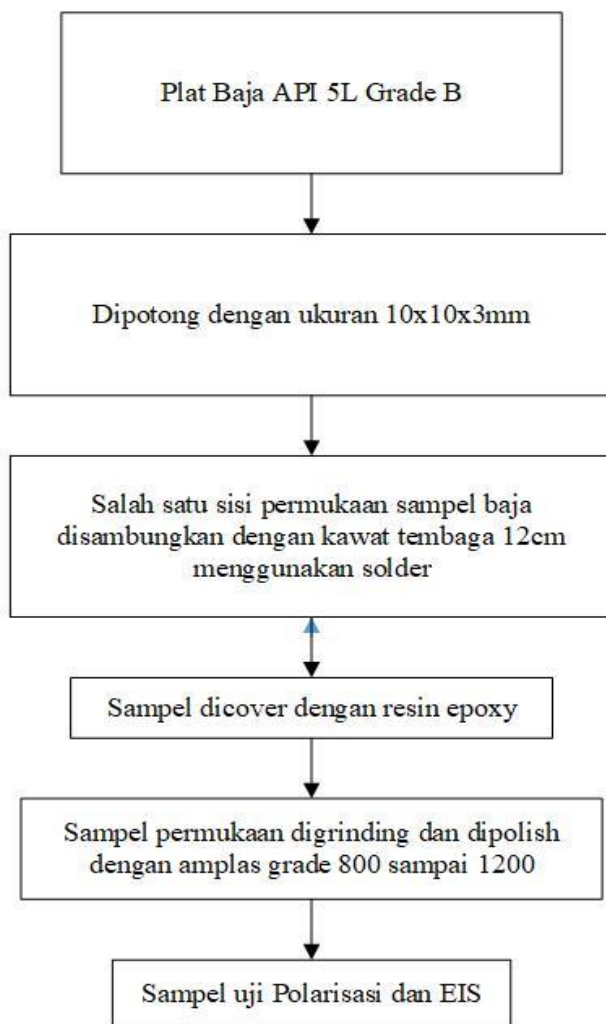
4. Pembuatan Spesimen Kupon



Gambar A.4 Pembuatan spesimen kupon



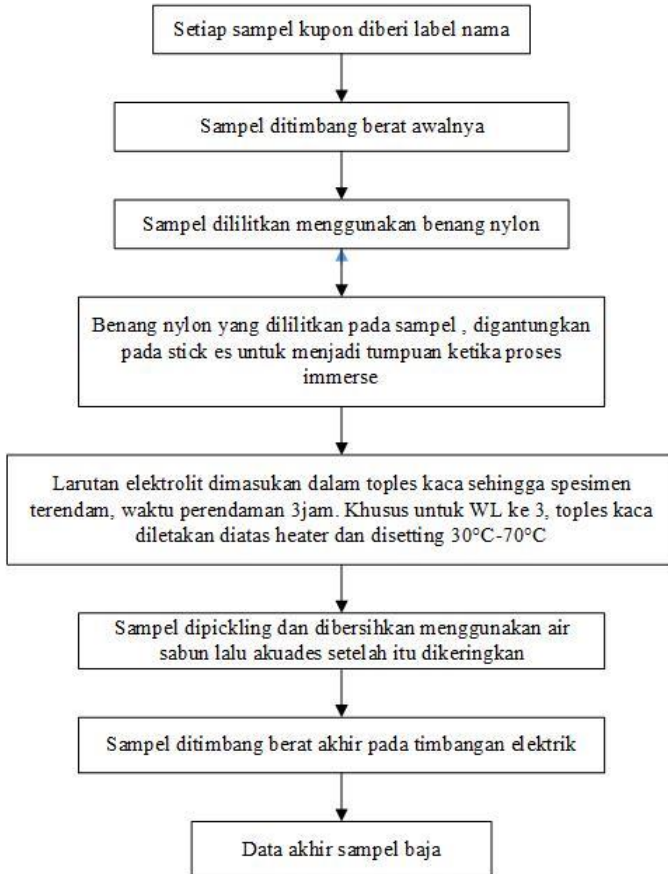
5. Pembuatan Sampel Uji Electrochemical



Gambar A.5 Pembuatan sampel EIS dan polarisasi



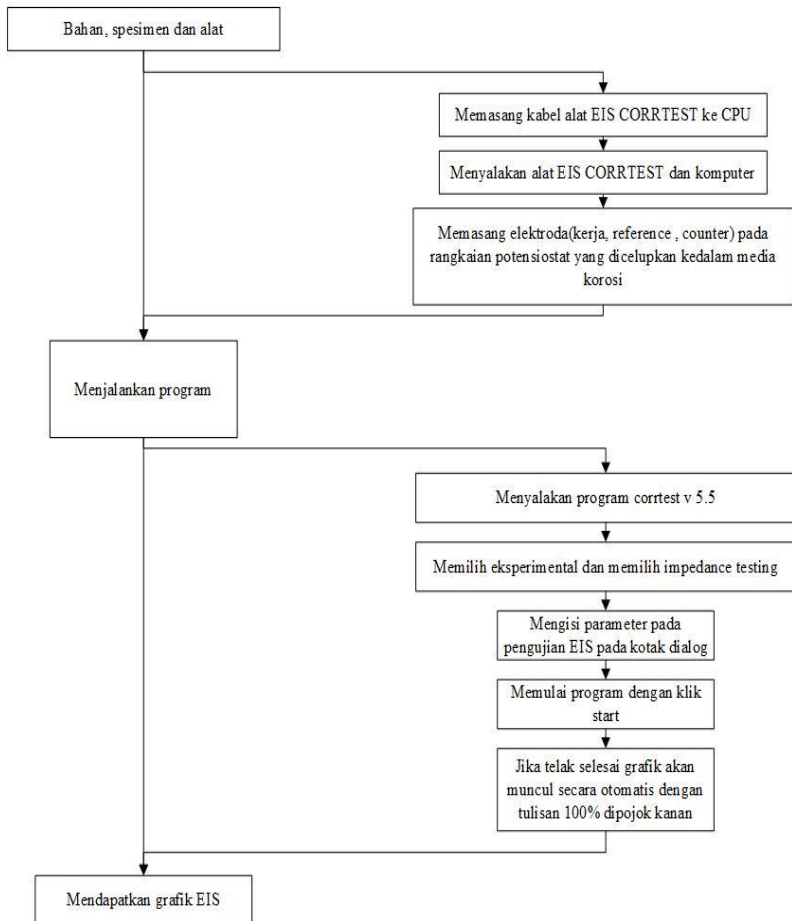
6. Prosedur uji Weighloss



Gambar A.6 Prosedur uji weightloss



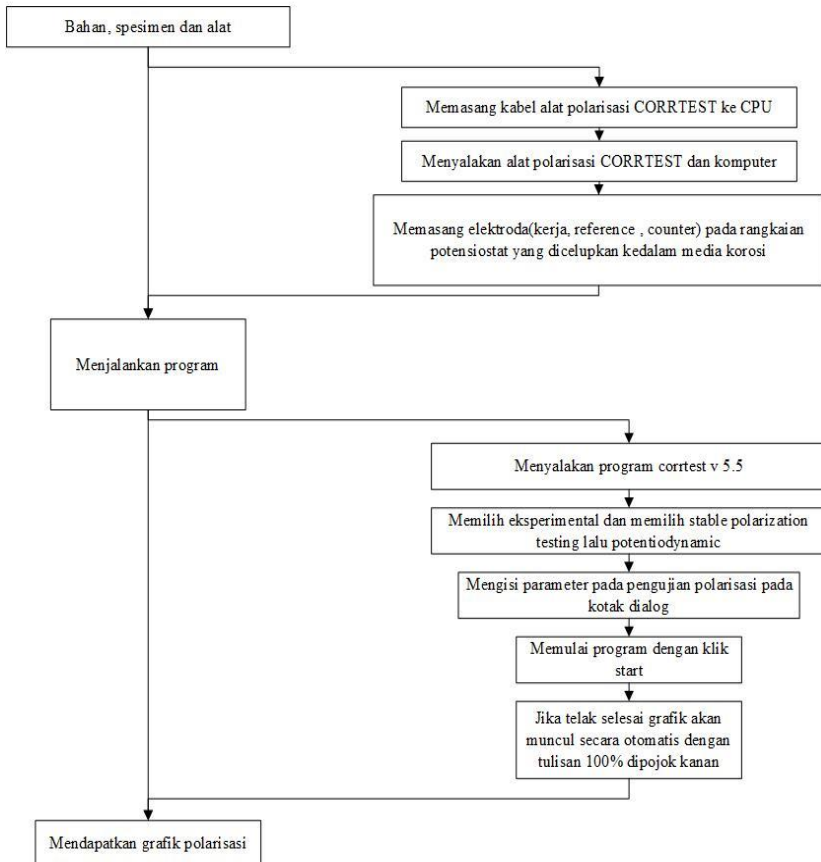
7. Prosedur Uji EIS



Gambar A.7 Prosedur uji EIS



8. Prosedur Uji Polarisasi



Gambar A.8 Prosedur uji polarisasi



LAMPIRAN B PEMBUATAN MEDIA 1M HCl

Pembuatan Larutan HCl 1M

Diketahui :
Berat Jenis HCl : 1,19 g/ml
Mr HCl : 36,5 g/mol
%HCl : 37%

Ditanya
Molaritas?

Jawab:

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

Dengan asumsi bahwa menggunakan 1000ml HCl 1M maka dilakukan pengenceran dengan rumus:

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

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



LAMPIRAN C PENGUJIAN WEIGHTLOSS

Tabel C.1 Weightloss Ke-1 Sarang semut

Konsentrasi(g r)	Wo(gr)	Wt(gr)	ΔW (gr)	CR(mmpy)	%EI
0	11.630	11.54 9	0.080	0.289	-
1	11.928	11.87 4	0.053	0.191	33.7 5
2	12.161	12.11 8	0.042	0.151	47.6 1
3	12.111	12.07 7	0.034	0.122	57.6 3
4	11.631	11.58 5	0.046	0.165	42.6 7
5	10.613	10.57 2	0.041	0.147	48.9 6

Tabel C.2 Weightloss Ke-1 Pegagan

Konsentrasi(g r)	Wo(gr)	Wt(gr)	ΔW (gr)	CR(mmpy)	%EI
0	11.630	11.54 9	0.080	0.289	-
1	10.600	10.58 1	0.018	0.065	77.4
2	11.353	11.33 9	0.014	0.052	81.8 5
3	11.052	11.04 0	0.012	0.044	84.6 9
4	11.087	11.07 8	0.008	0.030	89.3 9
5	11.155	11.14 8	0.006	0.024	91.4 9



Tabel C.3 Weightloss Ke-1 Urang Aring

Konsentrasi(g r)	Wo(gr)	Wt(gr)	ΔW (gr)	CR(mmpy)	%EI
0	11.630	11.549	0.080	0.289	-
1	11.852	11.837	0.014	0.052	81.85
2	11.831	11.819	0.012	0.043	84.83
3	11.717	11.705	0.012	0.0418	85.55
4	11.095	11.092	0.003	0.0107	96.29
5	11.894	11.885	0.0093	0.033	88.52

Tabel C.4 Weightloss ke-2 inhibitor pegangan dan inhibitor sarang semut

Kons(% wt)	Wo(gr)	Wt(gr)	ΔW (gr)	CR(mmpy)	%EI
0	11.63	11.549	0.080	0.289	-
30CA+70M P	12.091	12.072	0.019	0.064	77.64
50CA+30M P	10.929	10.919	0.010	0.036	87.28
70CA+30M P	11.609	11.595	0.013	0.035	87.91



Tabel C.5 Weightloss ke-2 inhibitor urang aring dan inhibitor sarang semut

Kons(% wt)	Wo(gr)	Wt(gr)	ΔW (gr)	CR(mmpy)	%EI
0	11.63	11.549	0.080	0.289	-
30EA+70MP	11.188	11.170	0.018	0.065	77.40
50EA+30MP	11.135	11.120	0.014	0.052	81.85
70EA+30MP	11.880	11.871	0.008	0.030	89.49

Tabel C.6 Weightloss ke-3 tanpa inhibitor

Temperatur e (°C)	Wt(gr)	Wo(gr)	ΔW (gr)	CR(mm/y)	(%EI)
30	12.718	12.799	0.0809	0.289	-
40	11.435	11.571	0.1363	0.487	
50	11.554	11.749	0.1954	0.698	
60	11.765	12.017	0.2518	0.900	
70	10.998	11.331	0.3327	1.190	

Tabel C.7 Weightloss ke-3 inhibitor 30CA+70MP(% wt) pegagan dan inhibitor sarang semut

Temperatur e (°C)	Wt(gr)	Wo(gr)	ΔW (gr)	CR(mm/y)	(%EI)
30	11.605	11.615	0.0097	0.035	87.90
40	11.302	11.318	0.015	0.055	88.53



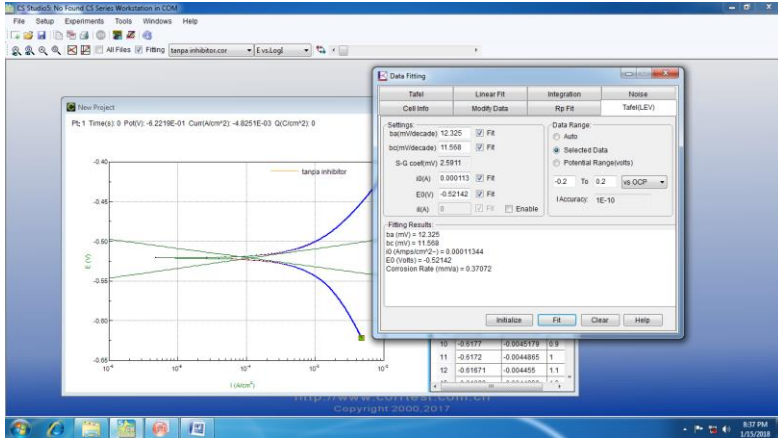
50	10.83 7	10.856	0.0194	0.069	90.02
60	11.63 8	11.664	0.025	0.092	89.70
70	12.63 1	12.659	0.028	0.101	91.53

Tabel C.8 Weightloss ke-3 inhibitor 30EA+70MP(% wt) urang aring dan inhibitor sarang semut

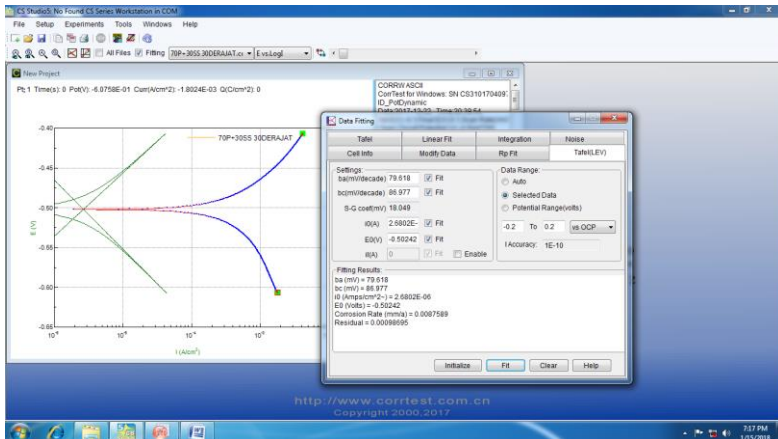
Temperatur e (°C)	Wt(gr)	Wo(gr)	ΔW (gr)	CR(mm/y)	(%EI)
30	11.88 0	11.888	0.008	0.030	89.49
40	11.50 3	11.515	0.013	0.046	90.54
50	12.66 3	12.777	0.114	0.409	41.36
60	10.99 5	11.059	0.063	0.228	74.61
70	11.59 1	11.641	0.050	0.178	84.96



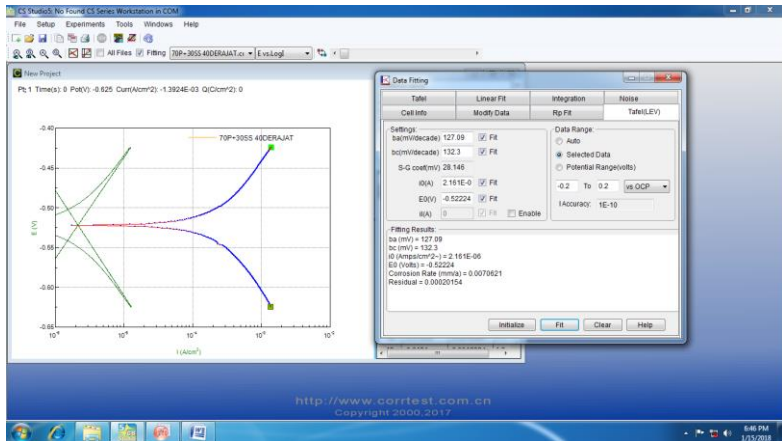
LAMPIRAN D HASIL FITTING POLARISASI



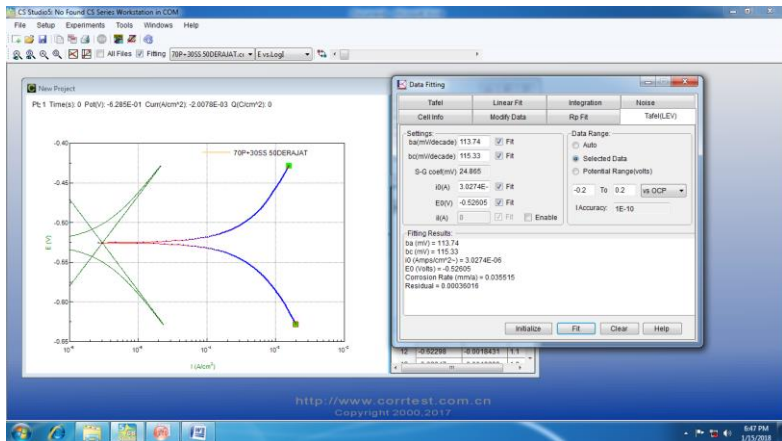
Gambar D.1 Fitting tafel blank 30°C



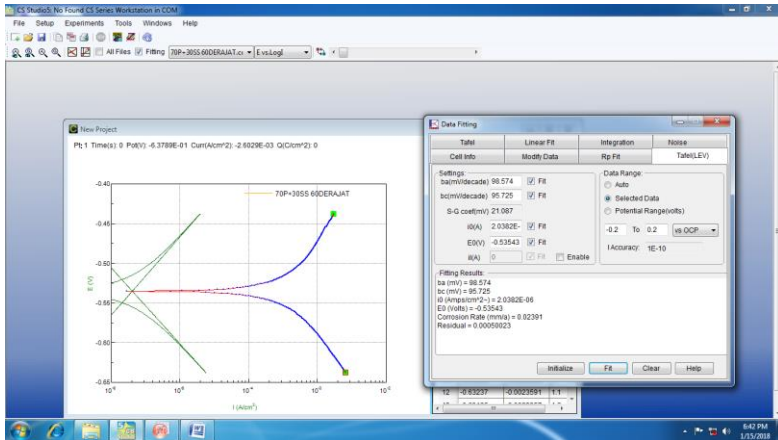
Gambar D.2 Fitting tafel 70CA+30SS(%wt) 30°C



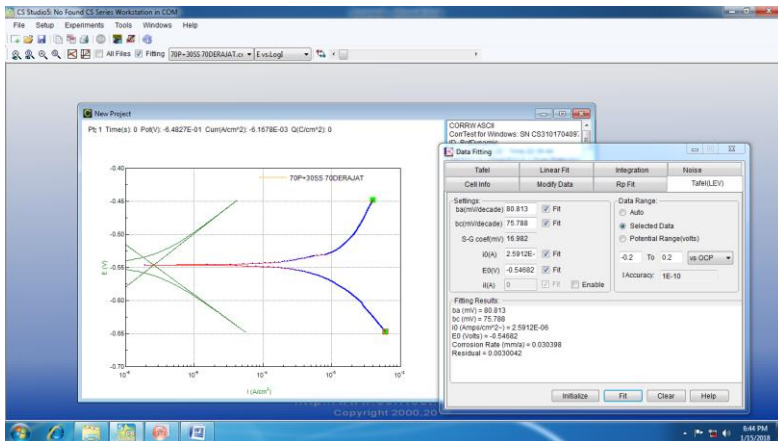
Gambar D.3 Fitting tafel 70CA+30SS(%wt) 40°C



Gambar D.4 Fitting tafel 70CA+30SS(%wt) 50°C



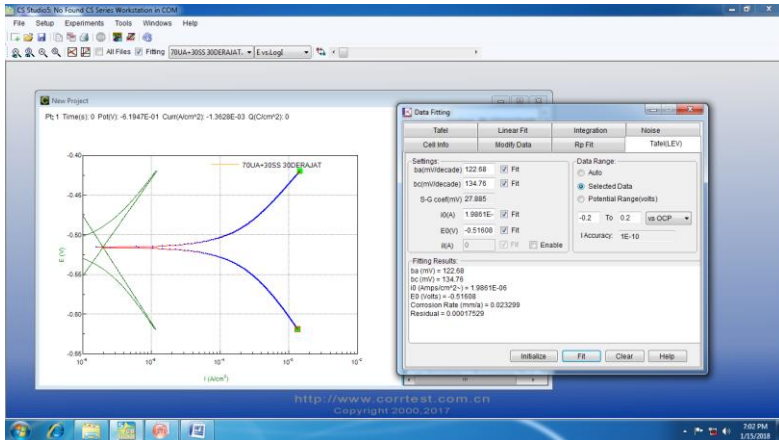
Gambar D.5 Fitting tafel 70CA+30SS(%wt) 60°C



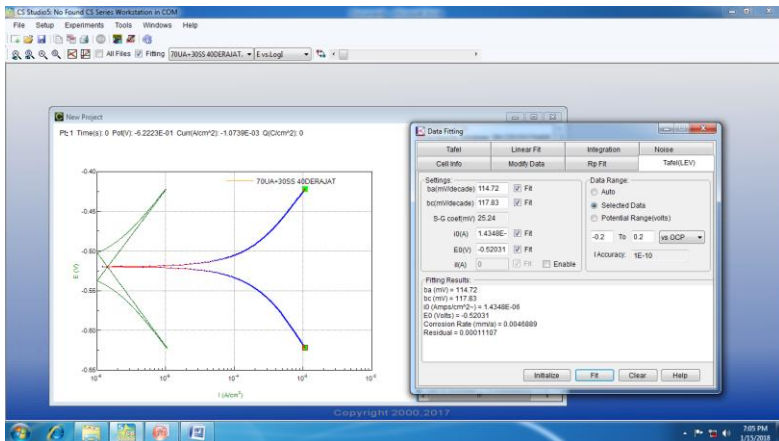
Gambar D.6 Fitting tafel 70CA+30SS(%wt) 70°C



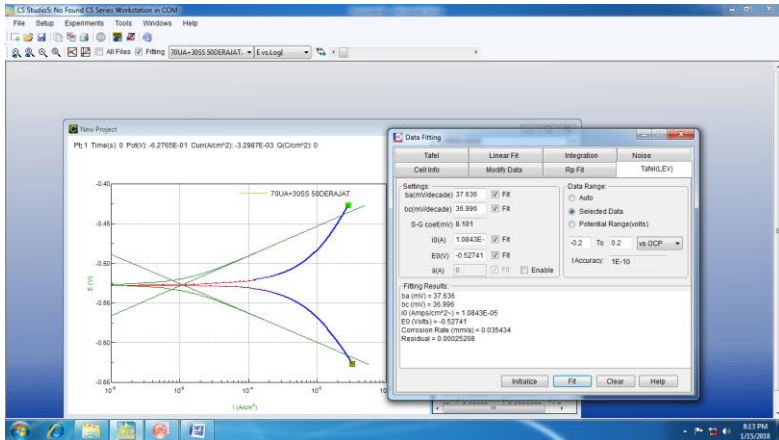
Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material – FTI ITS



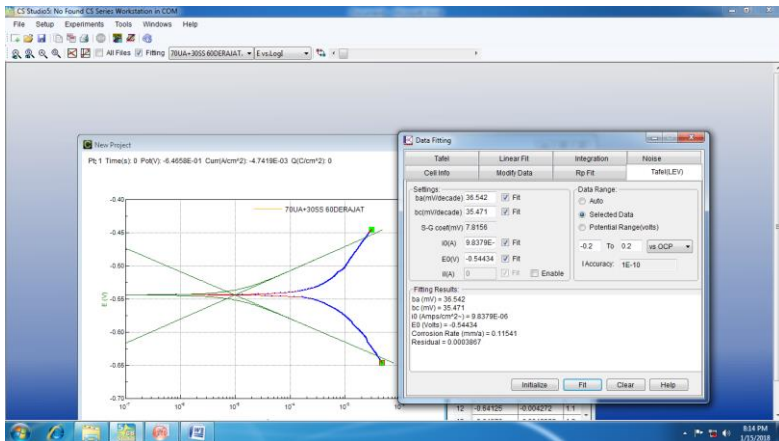
Gambar D.7 Fitting tafel 70EA+30SS(%wt) 30°C



Gambar D.8 Fitting tafel 70EA+30SS(%wt) 40°C



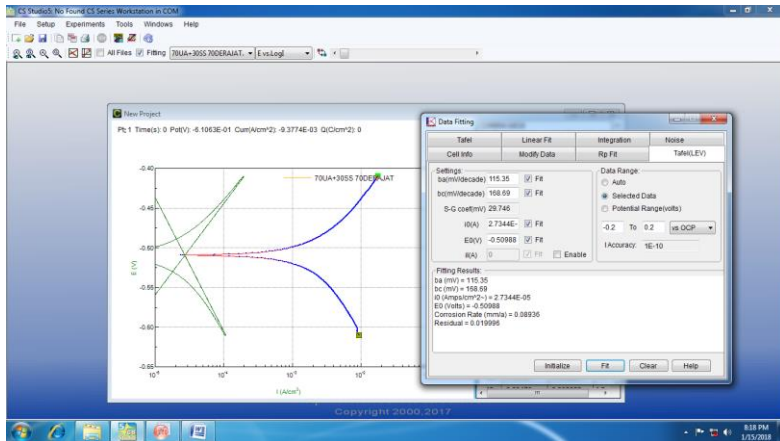
Gambar D.9 Fitting tafel 70EA+30SS(%wt) 50°C



Gambar D.10 Fitting tafel 70EA+30SS(%wt) 60°C



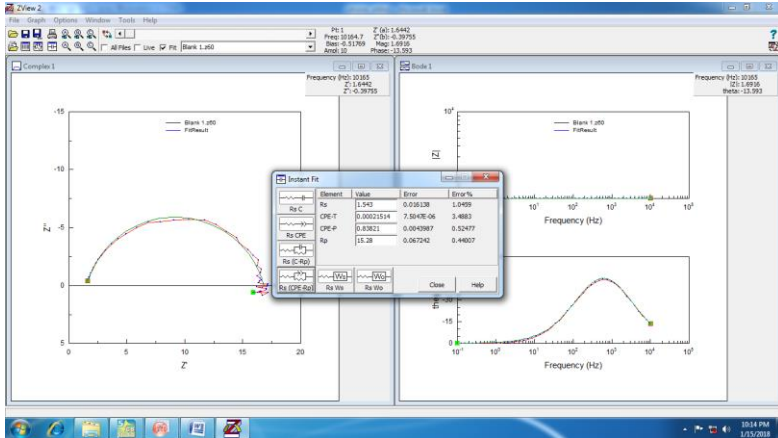
Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material – FTI ITS



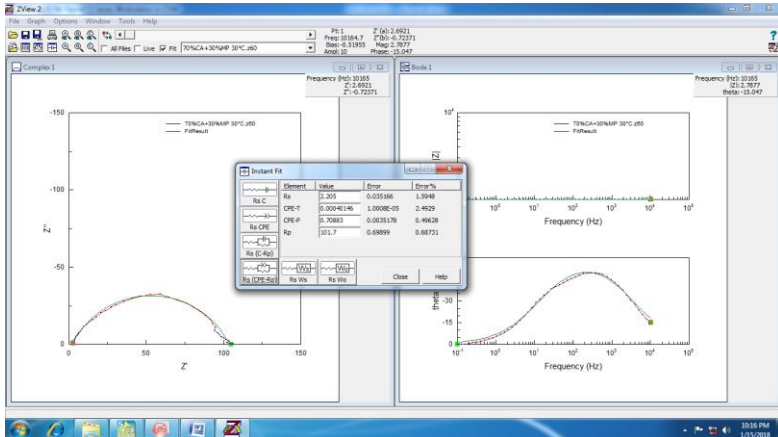
Gambar D.11 Fitting tafel 70EA+30SS(%wt) 70°C



LAMPIRAN E HASIL FITTING EIS



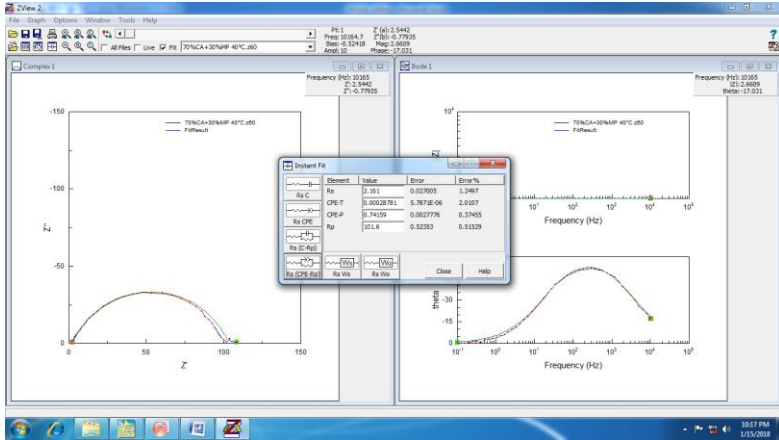
Gambar E.1 Fitting EIS blank 30°C



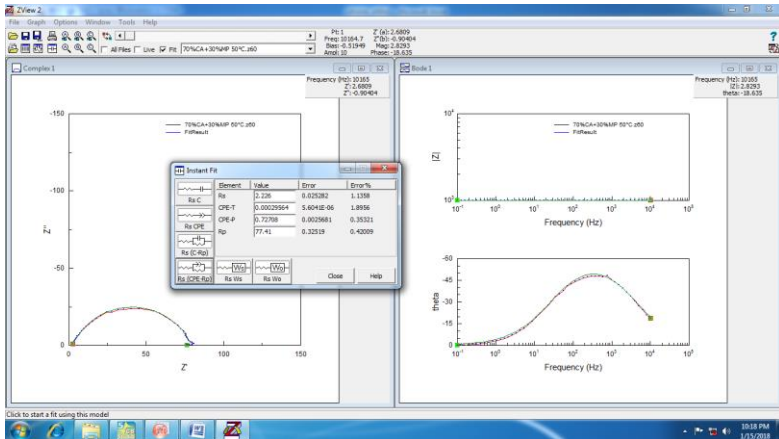
Gambar E.2 Fitting EIS 70CA+30SS(%wt) 30°C



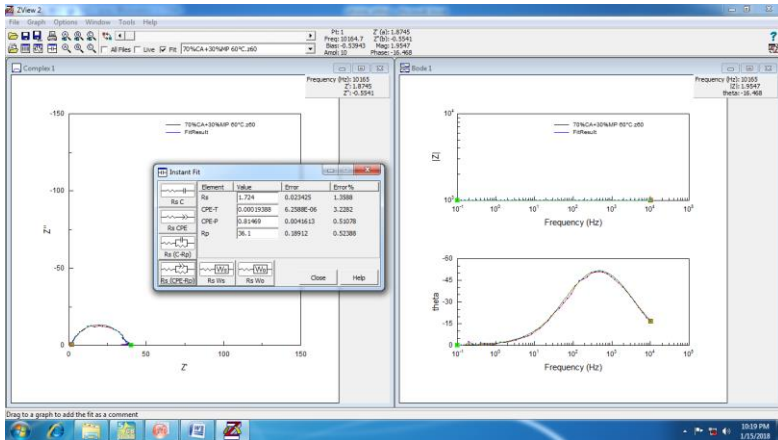
Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material – FTI ITS



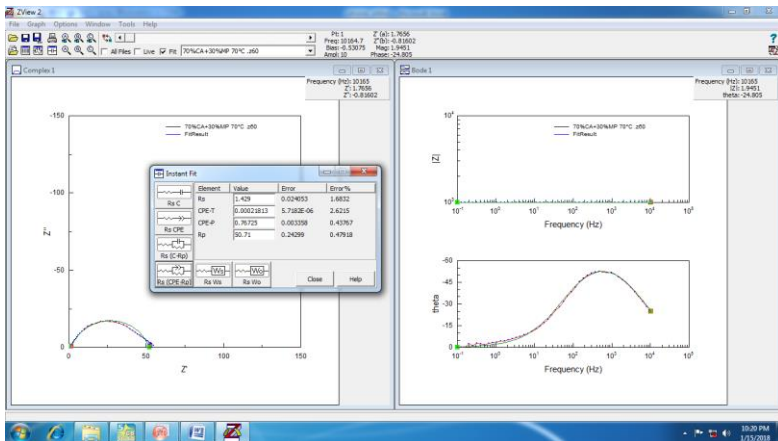
Gambar E.3 Fitting EIS 70CA+30SS(%wt) 40°C



Gambar E.4 Fitting EIS 70CA+30SS(%wt) 50°C



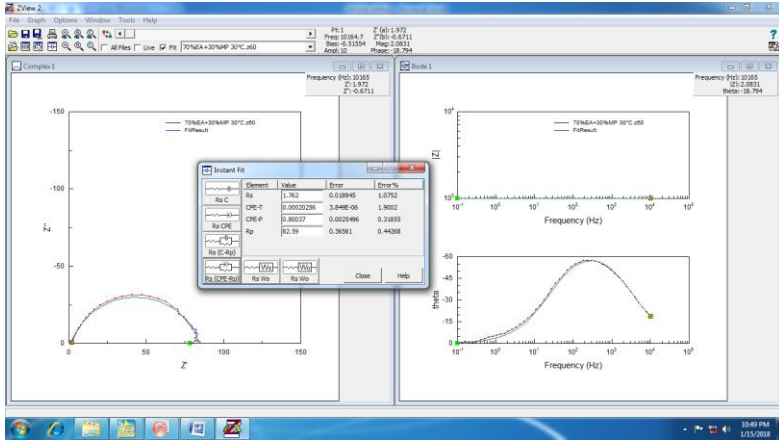
Gambar E.5 Fitting EIS 70CA+30SS(%wt) 60°C



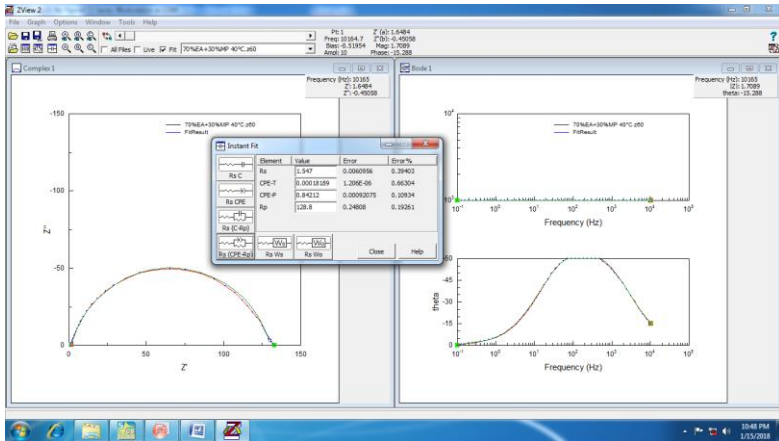
Gambar E.6 Fitting EIS 70CA+30SS(%wt) 70°C



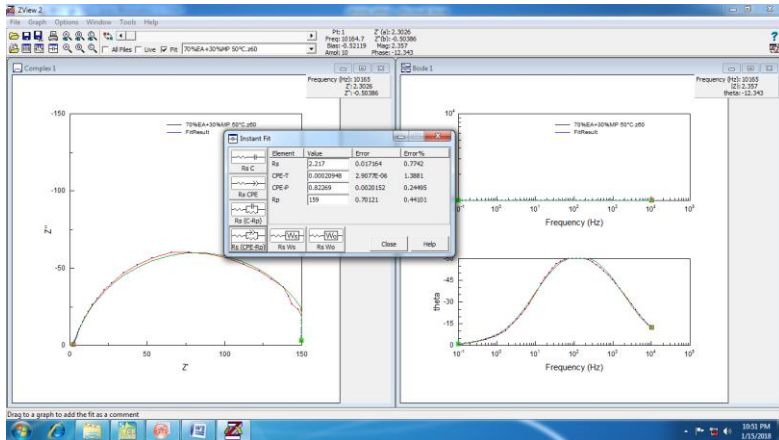
Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material – FTI ITS



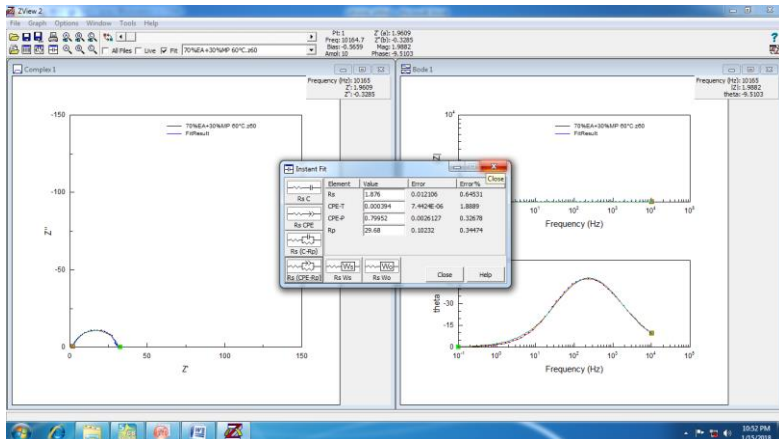
Gambar E.7 Fitting EIS 70EA+30SS(%wt) 30°C



Gambar E.8 Fitting EIS 70EA+30SS(%wt) 40°C



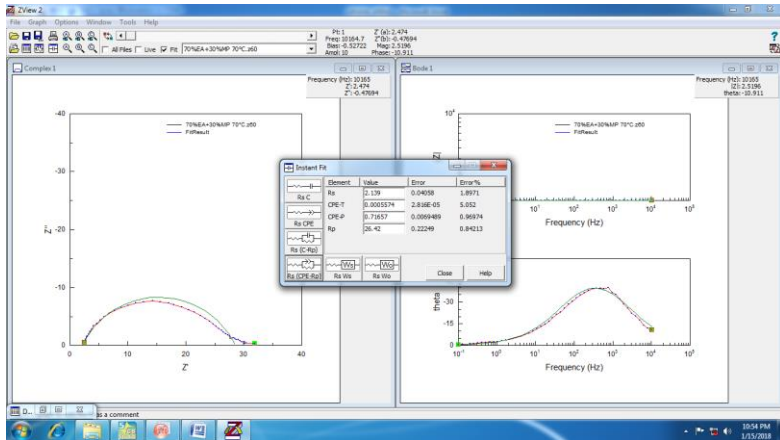
Gambar E.9 Fitting EIS 70EA+30SS(%wt) 50°C



Gambar E.10 Fitting EIS 70EA+30SS(%wt) 60°C



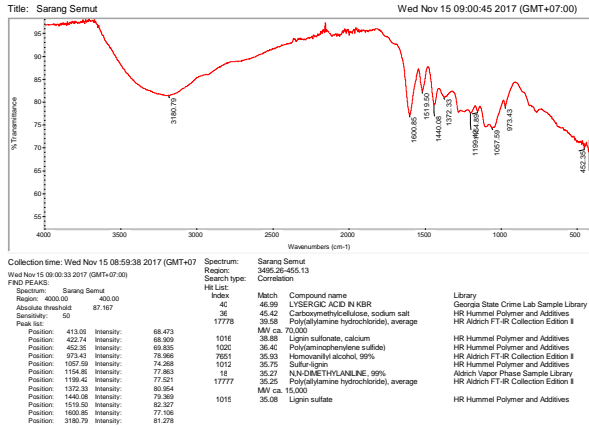
Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material – FTI ITS



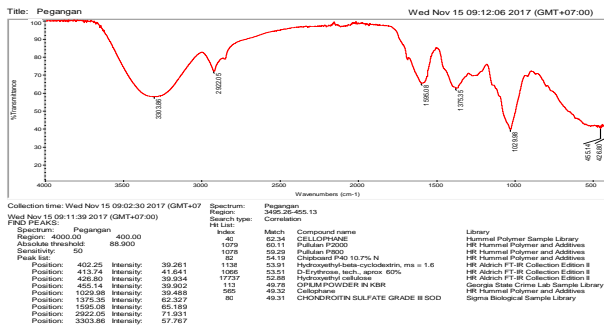
Gambar E.11 Fitting EIS 70EA+30SS(%wt) 70°



LAMPIRAN F TABEL PENGUJIAN FTIR



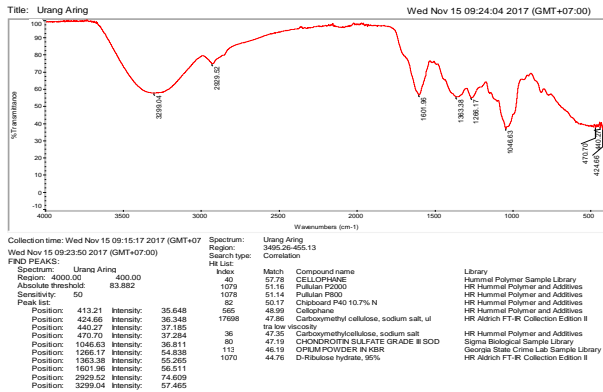
Gambar F.1 Kurva FTIR sarang semut



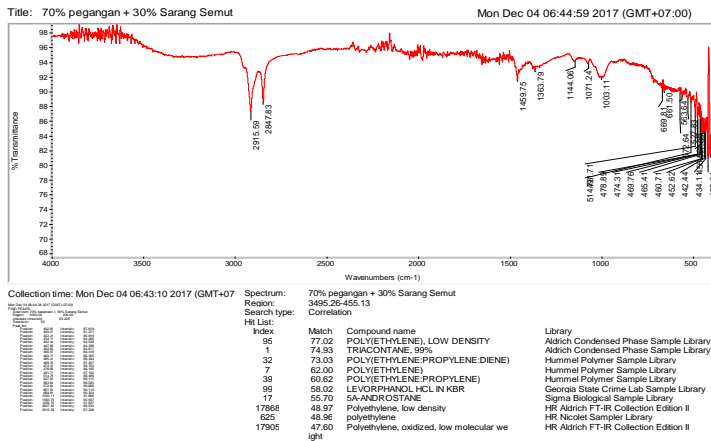
Gambar F.2 Kurva FTIR pegagan



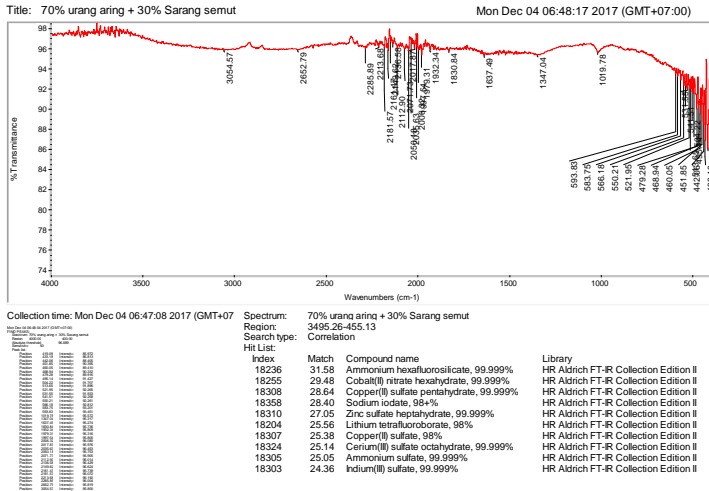
Laporan Tugas Akhir Departemen Teknik Material – FTI ITS



Gambar F.3 Kurva FTIR urang aring



Gambar F.4 Kurva FTIR baja setelah immersi dengan inhibitor konsentrasi 70CA+30SS(%wt)



Gambar F.5 Kurva FTIR baja setelah immersi dengan inhibitor konsentrasi 70EA+30SS (%wt)



TABEL F.1 Functional group FTIR

Inhibitor	Wave Number (cm ⁻¹) inhibitor	Range Wavenumber (cm ⁻¹)	Tipe dan Group	Ikatan
<i>Myrmecodia Pendans</i>	3180.79	3400-3095	Amines. imines. Associated	N-H str.
		3380-3150	Charged amine derivatives	NH ₃ ⁺ str.
		3360-3180	Amides, bonded NH (primary)	N-H str.
		3300-2500	R-COOH, bonded OH	O-H str.
		3200-1700	R-OH, Ar-OH. chelate	O-H str.
	1600.85	1650-1590	Prim. amides. amide II band, combination	NH def. + CN str. NH def. + CN str
		1650-1580	Prim. Amines	NH def
		1650-1550	Sec. amines	NH def.



		1640-1535	Ketones (-CO-CH ₂ -CO or -CO-C=C--OH)	C=O str.
		1630-1575	Azo compounds	N=N str
		1625-1575	Aromatic homocyclic Comp.	C=C i-p vib.
		1620-1600	Tropolones	C=O str.
		1620-1600	Amido acids. amide I band	-
		1620-1590	Prim. amides, amide II band. combination NH def. + CN str.	NH def. + CN str.
		1620-1560	Nitroso compounds, α halogeno	N=N str
		1620-1560	Charged amine derivatives	NH ₂ ⁺ def



		1610-1590	Amino acid hydrochlorides	NH_3^+ def.
		1610-1550	Carboxylate ion, asym. str.	-
	1519.5 1	1570-1515	Sec. acyclic amides, amide II band, combination NH def. and CN str.	NH def. + CN str
		1570-1500	All amido acids, amido II band	N-H def.
		1550-1510	Aromatic nitro compounds	-
		1550-1485	Amino acids cont. NH_2 group, amino acid II band	NH_3^+ def.
		1550-1510	Sec. acyclic amides, amides II band	NH def. + CN str
		1550-1485	Amino acid	NH_3^+ def.



			Hydrochlorides	
		1530-1510	α, β -unsat. nitro compounds	NO ₂ str.
		1525-1475	aromatic homocyclic comp.	C=C
		1500-1440	Nitrosamines	(RNN=O)
		1470-1430	Alkanes (-CH ₃)	C-H def.
	1372.33	1410-1310	phenols, tert.alcohols	O-H def.
		1400-1300	Carboxylic acids, ionic	-
		1400-1000	Halogen comp., fluorides	C-F str
		1395-1385	Alkane, tert. Butyl	C-H def.
		1390-1360	Alkane, geminal dimethyl, isopropyl, tert. butyl sym.	C-H def.



			CH3 bending	
		1380-1370	Alkane, -C~	C-H def.
		1380-1310	Aliphatic nitro compounds	NO ₂ str.
	1199.4 2	1240-1190	Aromatic phosphorus Comp.	P-O str
		1230-1150	Sulfites	S=O str
		1210-1150	Sulfonic acids	S=O str
		1220-1020	Aliphatic amines	C-N vib
		1200-1050	Sulfur compounds	C=S str.
		1200-1190	Esters (RCOOR)	
		1154.8 9	1160-1140	Sulfones
<i>Centella Asiatica</i>	3303.8 6	3550-3205	Ketones, C=O overtone	C=O str
		3500-3300	Primary amines,	N-H str



			free NH secondary amines	
		3360-3220	Nitrites (R- O-N=O) overtones	N=O str
		3400-3300	Imines	N-H str
		3400-3230	R-OH, Ar- OI- polymeric	O-H str
		3400-3200	Amino acid salts	NH, str.
		3400-3095	Amines. imines. associated	N-H str.
		3390-3255	Amido acids	N-H str
		3380-3150	Charged amine derivatives	NH_3^+ str.
		3360-3180	Amides, bonded NH (primary)	N-H str.
		3330-3270	Sec. amides. bonded (trans)	N-H str.



		3310-3300	Alkynes (RC=CH) C-H str.	C-H str.
	2922.0 5	2940-2915	Alkanes (- CH _z -)	C-H str.
	1375.3 5	1430-1350	Sulfites	S=O str.
		1410-1310	Phenols, tert.alcohols	O-H def.
		1400-1300	Carboxylic acids, ionic	-
		1400-1000	Halogen comp., fluorides	C-F str.
		1390-1360	Alkane, geminal dimethyl, isopropyl, tert. butyl sym. CH ₃ bending	CH ₃ def.
		1380-1370	Alkane,-C-	C-H def.
		1380-1310	Aliphatic nitro compounds	NO ₂ str.
	1029.9 8	1075-1010	Primary alcohols	C-OH str.



		1050-990	Phosphorus compounds	P-O str.
<i>Eclipta Alba</i>	3299.0 4	3550-3205	Ketones, C=O overtone	C=O str.
		3360-3220	Nitrites (R- O-N=O) overtones	N=O str.
		3400-3230	R-OH, Ar- OI-{' polymeric	O-H str.
		3400-3200	Amino acid salts	NH, str.
		3400-3095	Amines. imines. associated	NH, str.
		3390-3255	Amido acids	N-H str.
		3380-3150	Charged amine derivatives	NH_3^+ str.
		3360-3180	Amides, bonded NH (primary)	N-H str.
		3330-3270	Sec. amides. bonded	N-H str.



			(trans)	
		3300-2500	R-COOH, bonded OH	O-H str.
	2929.5 2	3030-2500	Amino acid Hydrochlori des	-
		2940-2915	Alkanes (- CH ₂ -)	C-H str
	1266.1 7	1300-1250	Nitrates	O-N02 vib.
		1275-1200	Conj. ethers	ROR str.
	1046.6 3	1160-1140	Sulfones	S=O str. .
		1070-1030	Sulfoxides	S=O str.
		1060-1030	Sulfonic acids	S=O str.
		1075-1010	Primary alcohols	C-OH str.
		1050-990	Phosphorus compounds	P-O str.
70%EA+30% MP	3054.5 7	3300-2500	R-COOH, bonded OH	O-H str. .



(after steel immersion)		3200-1700	R-OH, Ar-OH. Chelate	O-H str.
		3150-3050	Ethers - CH=C-O and C=CH-O-	C-H str.
		3130-3030	Amino acids, Hydrochlorides	NH ₃ ⁺ str.
		3085-3040	Alkanes (-CH ₂ - cyclopropane)	C-H str.
		3085-3030	Aromatic homocyclic (=C-H)	C-H str.
		3075-3020	Pyridines. quinolines (=C-H)	C-H str.
		3060-3010	Pyrimidines. purines (=C-H)	C-H str.
	2149.6 2	2200-1800	Charged amine Derivatives	NH ⁺ vib. .
		2185-2120	Isonitriles	C≡N str



		2160-2120	Azides (-N=N=N)	-- N=N=N str.
	2071.7 3	2200-1800	Charged amine Derivatives	NH ⁺ vib.
	1979.3 1	2200-1800	Charged amine Derivatives	NH ⁺ vib.
	1637.4 9	1690-1635	oximes, oxazines, oxazolines, oxazolones, azomethines , acyclic C=N	C=N str.
		1680-1630	sec. amides, amide I band	C=O str.
		1680-1620	Nonconj. Alkenes	C=C str.
		1670-1630	Tertiary amides. amide I band	C=O str
		1665-1635	Alkenes (CHR, =CHR2 cis)	C=C str



		1665-1630	Oximes. Oxazines. etc.	C=N str.
		1660-1610	Amino acids containing NH ₂ group. amino acid I band	NH ₃ ⁺ def.
		1660-1580	Alkenes conj. with C=O or C=C	C=C str
		1660-1480	Thiazoles (cyclic α,β sat. C=N)	C=N str.
		1655-1635	Enolic 13- keto esters. Chelated	C=O str.
		1655-1635	Quinones, 2 CO's in 2 rings	C=O str.
		1655-1610	o-CO- C ₆ H ₄ -OH (or NH ₂), H- bonded	C=O str
		1655-1610	Nitrates (RONO ₂) ,	NO ₂ str.



			asym. Vibration	
		1650-1590	Prim. amides. amide II band, combination NH def. + CN str. NH def. + CN str	NH def. + CN str. NH def. + CN str
		1650-1620	Amido acids, amide I band-	C=C + C =N str.
		1650-1580	pyrimidines, quinolines	-
		1650-1580	Prim. Amines	NH def.
		1650-1580	Sec. amines	NH def.
		1640-1605	Alkyl nitroguanidi nes asym. N ₀₂ vibrations	N ₀₂ str.
		1640-1535	Ketones (- CO-CH ₂ - CO or -CO- C=C--OH)	C=O str.



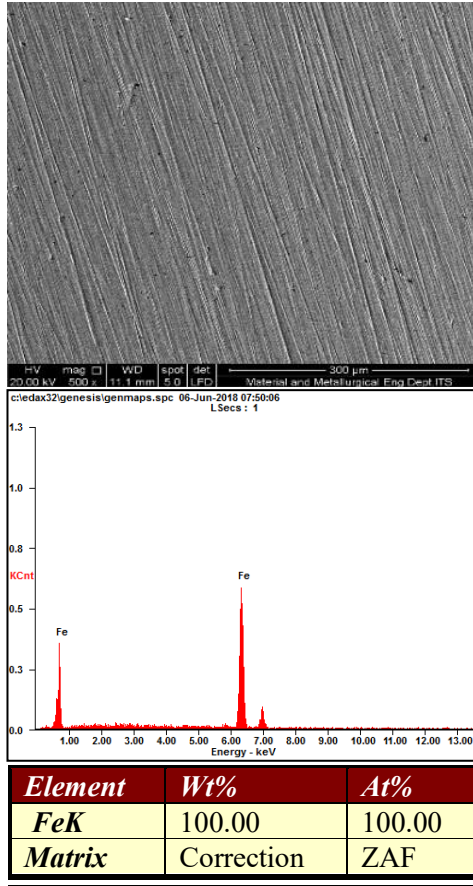
70% CA+30% MP (after steel immersion)	2915.5 9	2940-2915	Alkanes (- CH ₂ -)	(-CH ₂ -)
		3030-2500	Amino acid hydrochlori des	C-H str
	2847.8 3	2880-2650	Aldehydes (-CHO	C-H str
		2870-2845	Alkanes (- CH ₂ -)	C-H str.
	1363.7 9	1430-1350	Sulfites	S=O str.
		1410-1310	Phenols, tert. Alcohols	O-H def
		1400-1300	Carboxylic acids, ionic	-
		1400-1000	Alkane, geminal dimethyl, isopropyl, tert. butyl sym. CH ₃ bending	CH ₃ def
		1390-1360	Halogen comp., fluorides	C-F str.
		1380-1310	Aliphatic nitro Compounds	NO ₂ str.



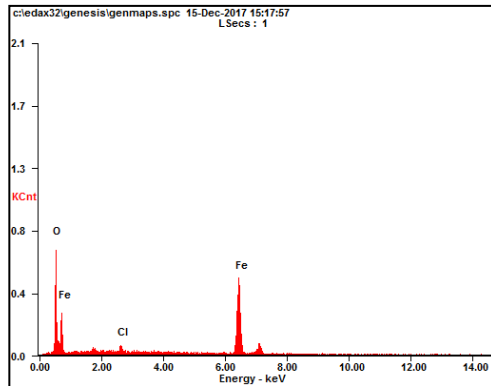
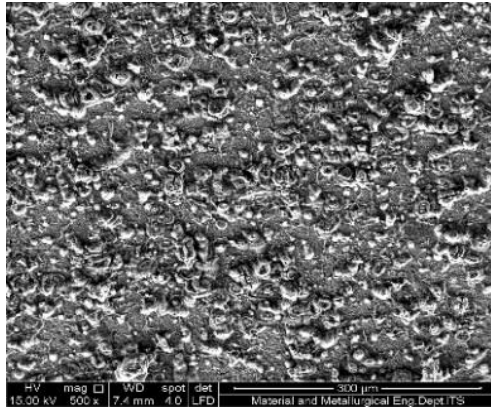
		1360-1310	Aromatic tert. amines	C-N vib
		1180-1140	Sulfonamides	S=O str.
		1175-1125	Substituted benzenes, 1, 3-disubstituted or tri-substituted benzens	C-H def.
		1160-1140	Sulfones	S=O str.
		1070-1030	Sulfoxides	S=O str.
		1060-1030	Sulfonic acids	S=O str.
		1075-1010	Primary alcohols	C-OH str.
		1050-990	Phosphorus compounds	P-O str.



LAMPIRAN G GAMBAR SEM DAN EDS

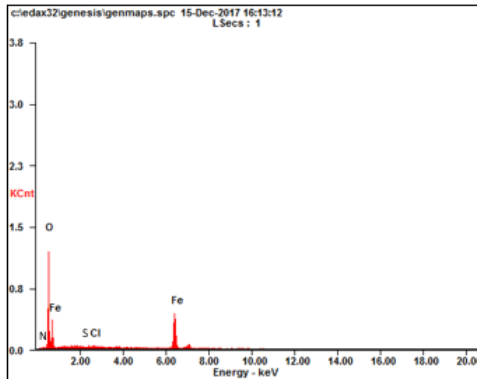


Gambar G1. SEM EDS baja API 5L Grade B



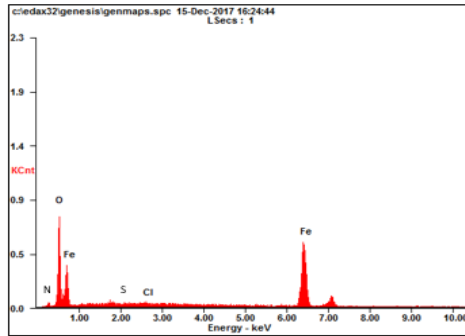
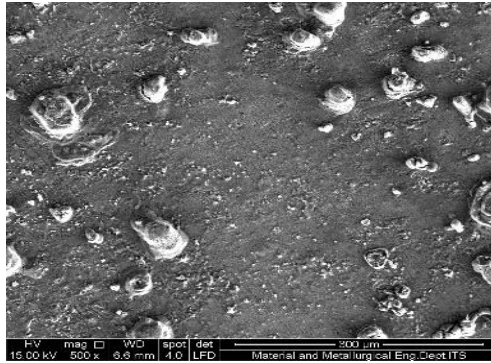
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	16.60	40.75
<i>ClK</i>	01.46	01.61
<i>FeK</i>	81.95	57.64
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

Gambar G2. SEM EDS baja API 5L Grade B tanpa inhibitor



<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	25.45	54.27
<i>ClK</i>	00.56	00.53
<i>FeK</i>	72.01	43.73
<i>NK</i>	00.78	00.49
<i>SK</i>	01.20	00.98
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

**Gambar G3. SEM EDS baja API 5L Grade B
Konsentrasi 70CA+30MP(%wt)**



<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
OK	16.47	40.69
ClK	00.44	00.49
FeK	81.10	56.37
NK	01.30	01.59
SK	00.69	00.86
Matrix	Correction	ZAF

**Gambar G4. SEM EDS baja API 5L Grade B
Konsentrasi 70EA+30MP(%wt)**



“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BIOGRAFI PENULIS



Mochamad Alvan Mifta Chusururi, lahir di Kediri pada tanggal 12 Juni 1996. Merupakan anak kedua dari pasangan Mudawari Alwy dan Ruqoiyah. Penulis telah menggemban Pendidikan di SDI Al-huda, SMPN 3 Kediri, SMAN 2 Kediri hingga saat ini masih menjalani kuliah di Teknik Material dan Metalurgi FTI ITS. Dalam riwayat Pendidikan penulis telah banyak menjalani organisasi, salah satunya menjadi Kadep Syiar LDJ Ashabul Kafhi Teknik Material ITS tahun 2016, menjadi asisten Laboratorium Korosi dan Analisa Kegagalan Teknik Material ITS tahun 2016-2018. Penulis memiliki pengalaman kerja praktek di PT.Tranee Indonesia sebagai inspector chiller dan PT.Pertamina RU IV Cilacap pada bagian Stasionary Engineering. Tugas Akhir ini sebagai kontribusi penulis dalam dunia riset dan penulis memilih topik Korosi(Inhibitor green corrosion).alamat email mchusururi@gmail.com dan nomor ponsel 081332969220.