



**PENGARUH VARIASI WAKTU PERENDAMAN DAN KONSENTRASI
EKSTRAK MANGGIS
(*Garcinia Mangostana*) TERHADAP LAJU KOROSI BAJA
AISI E 2512 PADA MEDIA AIR LAUT**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh:

Syaadillah Farhan

111910101074

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER**

2015

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ayah dan ibuku tersayang Fahru Rozy dan Lailatul Fitriya atas segala do'a yang dipanjatkan serta semangat, dorongan, kasih sayang, dan atau dukungan baik berupa moral dan ataupun materil. yang tidak kenal lelah hingga saat ini. Dan juga seluruh keluarga besarku yang selalu memberi semangat.
2. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang tiada lelah membimbing dan mengarahkan, semoga menjadi ilmu yang bermanfaat dan barokah dikemudian hari. Bapak Sumarji, S.T., M.T. Selaku Dosen Pembimbing Utama, bapak Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T. Selaku Dosen Pembimbing Anggota yang selalu memberikan saran dan arahan yang sangat membantu dalam proses penyelesaian skripsi ini. Bapak Hari Arbiantara B, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama dan bapak Ir. Digdo Listyadi S, MSc. selaku Dosen Penguji anggota yang banyak sekali saran yang sangat membantu dan arahan menuju ke arah yang benar dalam penyelesaian skripsi ini;
3. Saudaraku TM 11 UJ yang senantiasa memberikan motivasi dan semangat selama perkuliahan hingga saat ini dan semoga akan selalu menjadi "DULUR SAK LAWASE". Salam Solidarity Forever.
4. Serta civitas akademik baik dilingkungan UNEJ maupun seluruh instansi pendidikan, perusahaan dan lembaga terkait

MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang itu melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”
(Q.S. Al-Baqarah ayat 286)^{*)}

Ketika rasa takut menghantui anda dan menghalangi anda untuk meraih kesuksesan yang ingin anda capai, maka lakukanlah hal yang anda takuti tersebut dan rasa takut itu akan hilang dihati anda. (Deddy Corbuzier)

Belajar dari hari kemarin, hidup untuk hari ini, dan berharap untuk besok. (Albert Einstein)

^{*)} Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. Al-Qur'an dan Terjemahannya. Semarang: PT Kumudasmoro Grafindo

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Syaadillah Farhan

NIM : 111910101074

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “PENGARUH VARIASI WAKTU PERENDAMAN DAN KONSENTRASI EKSTRAK MANGGIS (GARCINIA MANGOSTANA) TERHADAP LAJU KOROSI BAJA AISI E 2512 PADA MEDIA AIR LAUT” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember,9 Juli 2015

Yang menyatakan,

(Syaadillah Farhan)

NIM 111910101074

SKRIPSI

**PENGARUH VARIASI WAKTU PERENDAMAN DAN
KONSENTRASI EKSTRAK MANGGIS
(*Garcinia Mangostana*) TERHADAP LAJU KOROSI BAJA
AISI E 2512 PADA MEDIA AIR LAUT**

Oleh

Syaadillah Farhan
NIM 111910101074

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Sumarji, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir Dwi Djumhariyanto, M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh Variasi Waktu Perendaman dan Konsentrasi Ekstrak Manggis (*Garcinia Mangostana*) Terhadap Laju Korosi Baja AISI E 2512 Pada Media Air Laut” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Kamis, 9 Juli 2015

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Sumarji, S.T., M.T.
NIP 19680202 199702 1 001

Anggota I,

Hari Arbiantara B, S.T., M.T.
NIP 196709241994121001

Sekretaris,

Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T.
NIP 19600812 199802 1 001

Anggota II,

Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc.
NIP 196306171995011001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP. 19610414 198902 1 001

RINGKASAN

Pengaruh Variasi Waktu Perendaman dan Konsentrasi Ekstrak Manggis (*Garcinia Mangostana*) Terhadap Laju Korosi Baja AISI E 2512 Pada Media Air Laut; Syaadillah Farhan, 111910101074; 2015; 94 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Korosi merupakan suatu bentuk kerusakan yang terjadi pada logam dan tidak dapat dicegah namun, korosi dapat diperlambat. Salah satu metode untuk memperlambat terjadinya korosi adalah dengan cara pemberian inhibitor. Sejauh ini penggunaan inhibitor merupakan salah satu cara yang paling efektif untuk mencegah korosi, karena biayanya yang relatif murah dan prosesnya yang sederhana. Inhibitor korosi merupakan bahan yang ditambahkan ke dalam medium untuk mencegah atau menurunkan laju korosi logam dengan lingkungannya. Pemilihan bahan alam sebagai inhibitor korosi merupakan salah satu alternatif yang dapat dikembangkan karena biaya yang relatif murah serta ramah lingkungan. Bahan alam yang dapat dimanfaatkan sebagai inhibitor adalah bahan yang mengandung atom N, O, P, S, dan senyawa-senyawa yang memiliki pasangan elektron bebas pada atom penyusunnya. Salah satu senyawa yang dapat digunakan sebagai inhibitor alami adalah polifenol, yaitu senyawa yang banyak terdapat didalam tanin kulit buah manggis.

Pembuatan spesimen uji dilakukan di Laboratorium Desain dan Uji Bahan Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Jember. Untuk pembuatan larutan inhibitor dilakukan di Laboratorium Biologi, Fakultas Farmasi Universitas Jember. Sedangkan pengamatan struktur mikro dilakukan di Laboratorium Uji Bahan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Variabel yang digunakan adalah variasi konsentrasi ekstrak kulit buah manggis 0 ppm, 1000 ppm, 1200 ppm, 1400 ppm.

Dari hasil analisa berupa grafik pada penelitian ini diketahui bahwa, laju

korosi rata-rata pada konsentrasi 0 ppm adalah 6,1213 mdd, 1000 ppm adalah 2,3404 mdd, 1200 ppm adalah 2,8409 mdd, dan 1400 ppm adalah 3,5074 mdd. Dengan efisiensi inhibitor terbesar yaitu setelah perendaman selama 30 hari pada konsentrasi 1000 ppm adalah 78,98%, dan pada 40 hari konsentrasi 1200 ppm adalah 72,08%, dan 1400 ppm adalah 65,81%. Sehingga variasi konsentrasi ekstrak kulit buah manggis berpengaruh terhadap laju korosi baja AISI E 2512.

SUMMARY

The Effect of Time-Varying Concentration Immersion and Mangosteen Extract (*Garcinia Mangostana*) Against Corrosion rate of steel AISI E 2512 In the Media Seawater;; Syaadillah Farhan, 111910101074; 94 Pages; *Mechanical Engineering Department of Engineering Faculty, University of Jember.*

Corrosion is a form of damage to the metal and can not be prevented however, corrosion can be slowed. One method is to slow down the corrosion inhibitor administration. So far the use of inhibitors is one of the most effective ways to prevent corrosion, due to its relatively low cost and simple process. Corrosion inhibitor is a substance that is added to the medium to prevent or reduce the rate of corrosion of metals in the environment. The selection of natural materials as a corrosion inhibitor is one alternative that can be developed as a relatively low cost and environmentally friendly. Natural ingredients that can be used as inhibitors are materials containing atoms of N, O, P, S, and compounds which have a free electron pair on their constituent atoms. One of the compounds that can be used as a natural inhibitor are polyphenols, are compounds commonly found in the mangosteen rind tannins.

Manufacture of test specimens performed at the Laboratory Design and Testing Materials Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember. For the preparation of the solution inhibitor conducted at the Laboratory of

Biology, Faculty of Pharmacy, University of Jember. While the microstructure observation conducted in the Materials Testing Laboratory, Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya. Variables used is a variation of mangosteen peel extract concentration of 0 ppm, 1000 ppm, 1200 ppm, 1400 ppm. From the analysis in the form of graphs in this research note that, on average corrosion rate at a concentration of 0 ppm is 6.1213 MDD, MDD 1000 ppm is 2.3404, is 2.8409 MDD 1200 ppm, and 1400 ppm is 3.5074 MDD , With the largest inhibitor efficiency ie after immersion for 30 days at a concentration of 1000 ppm was 78.98%, and the 40-day concentration of 1200 ppm was 72.08%, and 1400 ppm is 65.81%. So that variations in the concentration of extract of mangosteen peel effect on the corrosion rate of the steel AISI E 2512.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah Swt. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Pengaruh Variasi Waktu Perendaman dan Konsentrasi Ekstrak Manggis (*Garcinia Mangostana*) Terhadap Laju Korosi Baja AISI E 2512 Pada Media Air Laut”. Shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW sebagai sumber inspirasi dan panutan umat manusia dalam menjalani kehidupan di dunia ini. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penulis sangat berterima kasih kepada semua pihak yang telah membantu karena tidak lain tidak lepas dari bantuan berbagai pihak selama penyusunan skripsi ini kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan karunia yang tidak pernah henti dapat penulis rasakan setiap detik dalam hidup ini.
2. Ayah dan Ibu Fahru Rozy dan Lailatul Fitriya yang senantiasa mendoakan dan tiada hentinya memberikan arahan, bimbingan, motivasi, perhatian, materi dan mengajarkan pelajaran hidup yang tidak kenal lelah, juga yang utama adalah doa yang selalu beliau haturkan setiap saat.
3. Bapak Sumarji, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, Bapak Ir. Dwi Djumhariyanto M.T. selaku Dosen Pembimbing anggota yang telah meluangkan waktu, masukan, dan ide dalam penulisan skripsi ini;
4. Bapak Hari Arbiantara B, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama, Bapak Ir. Digdo Listyadi S, MSc. selaku Dosen Penguji anggota yang banyak sekali saran yang sangat membantu dan arahan menuju ke arah yang benar dalam penyelesaian skripsi ini;

5. Bapak Dosen Universitas Jember khususnya Jurusan Teknik Mesin yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
6. Saudara-saudaraku Teknik Mesin 11 universitas jember Ihsan, Doni, Ryan, Rudin, Anugrah, Sadam, Febri, Bearnad, Bangkit, Angga, Pemi, Riza, Anas, Irsyad, Agung, Mar'iy, Rizki, Amril, Aris, Ika, Farihen, Rofiq, Romi, Muslih, Hegar, Sofyan Gundul, Malik, Haqi, Agus, Kahlil, Sofyan, Imron, War dll yang selalu mengajarkan artipengorbanan, kesetiaan dan pelajaran hidup. semoga tetap menjadi “DULUR SAK LAWASE”. Semoga kalian semua mendapatkan yang terbaik. Salam SOLVER;
7. Saudaraku Riza Hasby P dan Pemi Julianto, terima kasih semangat dan bantuan dalam penyelesaian penelitian skripsi ini;
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa manusia tidak luput dari salah dan lupa sehingga penulis sangat menerima adanya kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga hasil dari penelitian pada skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada semua pihak.

Jember, 9 Juli 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN	iv
PEMBIMBING	v
PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian	4
1.4.1 Tujuan	4
1.4.2 Manfaat	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Korosi	6
2.2 Faktor Penyebab Terjadinya Korosi	7
2.2.1 Sifat Material	7

2.2.2 Faktor Lingkungan.....	8
2.3 Bentuk-Bentuk Korosi.....	10
2.3.1 <i>Uniform Attack</i> (Korosi Merata).....	10
2.3.2 <i>Galvanic Corrosion</i> (Korosi Galvanik).....	11
2.3.3 <i>Crevice Corrosion</i> (Korosi Celah).....	12
2.3.4 <i>Pitting Corrosion</i> (Korosi Sumur).....	14
2.3.5 <i>Intergranular Corrosion</i> (Korosi antar Batas Butir).....	15
2.3.6 <i>Erosion Corrosion</i> (korosi Erosi).....	16
2.3.7 <i>Stress Corrosion</i> (Korosi Tegangan).....	18
2.4 Laju Korosi.....	19
2.5 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Laju Korosi	21
2.6 Inhibitor.....	21
2.6.1 Jenis Inhibitor Menurut Bahan Dasarnya.....	22
2.6.2 Jenis Inhibitor Menurut Reaksi yang dihambat.....	22
2.7 Kulit Buah manggis	23
2.8 Baja.....	24
2.8.1 Pengertian Baja	24
2.8.2 Baja AISI E 2512.....	24
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....	27
3.1 Metode Penelitian.....	27
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	27
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	27
3.3.1 Alat.....	27
3.3.2 Bahan	28
3.4 Prosedur Penelitian.....	28
3.5 Hipotesis.....	29
3.6 Pelaksanaan Penelitian.....	29

3.7 Analisis Data	33
3.7.1 Analisis dengan Metode Gravimetri.....	33
3.7.2 Pengambilan Data.....	34
3.9 Metode Pengujian	36
3.9.1 Penyajian data Eksperimen Faktorial.....	37
3.9.2 Percobaan Faktorial Metode Rancang Acak Lengkap.....	39
3.9.3 Uji Hiptesis.....	41
3.10 Diagram Alir Proses	43
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1 Data Hasil Penelitian Dan Analisis	44
4.1.1 Data Hasil Penelitian pada Konsentrasi 0 ppm.....	44
4.1.1.1 Analisis Laju Korosi 0 ppm.....	45
4.1.2 Data Hasil Penelitian pada Konsentrasi 1000 ppm.....	47
4.1.2.1 Analisis Laju Korosi 1000 ppm.....	48
4.1.3 Data Hasil Penelitian pada Konsentrasi 1200 ppm.....	49
4.1.3.1 Analisis Laju Korosi 1200 ppm.....	51
4.1.4 Data Hasil Penelitian pada Konsentrasi 1400 ppm.....	52
4.1.4.1 Analisis Laju Korosi 1400 ppm.....	53
4.2 Mekanisme Inhibitor	54
4.3 Analisis Efisiensi Inhibitor Ekstrak Kulit Buah Manggis	56
4.4 Uji Statistik	57
4.5 Analisis Struktur Makro	62
4.6 Analisis Struktur Mikro	67
BAB 5. Kesimpulan dan Saran	72
5.1 Kesimpulan	72
5.2 Saran	72
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN A Tabel Pengambilan Data	77

A.1 Laju Korosi Konsentrasi Kulit Buah Manggis 0 ppm.....	77
A.2 Laju Korosi Konsentrasi Kulit Buah Manggis 1000 ppm.....	78
A.3 Laju Korosi Konsentrasi Kulit Buah Manggis 1200 ppm.....	79
A.4 Laju Korosi Konsentrasi Kulit Buah Manggis 1400 ppm.....	81
LAMPIRAN B. Tabel Rata-Rata Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor.....	83
B.1 Tabel Data Pembuatan Grafik.....	83
B.2 Tabel Efisiensi Inhibitor.....	86
B.3 Perhitungan Efisiensi Inhibitor.....	86
LAMPIRAN C. Alat Penelitian.....	87
LAMPIRAN D. Bahan Penelitian.....	89
LAMPIRAN E. Struktur Makro.....	91
LAMPIRAN F. Struktur Mikro.....	92
LAMPIRAN G. Sertifikat.....	94

DAFTAR GAMBAR

	HALAMAN
2.1 Korosi karenalogam tidakhomogen.....	7
2.2 Korosi Merata.....	10
2.3 Korosi Korosi merata pada logam	11
2.4 Korosi galvanik pada batu baterai	12
2.5 <i>Crevice corrosion</i> pada baut.....	12
2.6 Proses tahap awal korosi celah	13
2.7 Korosi sumuran pada logam	15
2.8 a) <i>Intergranular corrosion</i> dan (b) <i>transgranular corrosion</i>	16
2.9 Koros Korosi erosi pada pipa air laut i retak pada pipa	17
2.10 Sketsa korosi erosi	17
2.11 Korosi retak pada pipa	19

3.1	Penampang Spesimen Uji.....	29
3.2	Skema peletakan material saat pengujian	31
4.1	Laju Korosi pada Konsentrasi 0 ppm Waktu Perendaman 40 Hari.....	46
4.2	Laju Korosi pada Konsentrasi 1000 ppm Waktu Perendaman 40 Hari..	48
4.3	Laju Korosi pada Konsentrasi 1200 ppm Waktu Perendaman 40 Hari..	51
4.4	Laju Korosi pada Konsentrasi 1400 ppm Waktu Perendaman 40 Hari..	53
4.5	Struktur molekul Tanin.....	55
4.6	efisiensi konsentrasi terhadap laju korosi perendaman 40 hari	56
4.7	Foto Baja Karbon Sebelum Perendaman Ekstrak kulit Buah Manggis..	62
4.8	Foto Baja Perendaman 0 ppm selama 40 hari	63
4.9	Foto Baja Perendaman 1000 ppm selama 40 hari	64
4.10	Foto Baja Perendaman 1200 ppm selama 40 hari	65
4.11	Foto Baja Perendaman 1400 ppm selama 40 hari	66
4.12	Foto mikro baja perendaman 0 ppm selama 40 hari.....	67
4.13	Foto mikro baja perendaman 1000 ppm selama 40 hari.....	68
4.14	Foto mikro baja perendaman 1200 ppm selama 40 hari.....	69
4.15	Foto mikro baja perendaman 1400 ppm selama 40 hari.....	70

DAFTAR TABEL

	HALAMAN
2.1 Baja Konstruksi menurut ONORM M 3111	20
2.2 Komposisi Kimia Baja Karbon Rendah ST 37.....	20
3.1 Tabel Anova.....	55
3.2 Pengukuran Data Tebal Lapisan <i>Powder Coating</i> (μm).....	56
3.3 Pengambilan Data Hasil Berat (Gram) Pengujian <i>Salt Spray</i>	58
3.4 Nilai Laju Korosi ($\text{mg} / \text{dm}^2\text{day}$)	59
4.1 Data Laju Korosi Konsentrasi 0 ppm Perendaman 40 Hari.....	45
4.2 Data Laju Korosi Konsentrasi 1000 ppm Perendaman 40 Hari.....	47
4.3 Data Laju Korosi Konsentrasi 1200 ppm Perendaman 40 Hari.....	51
4.4 Data Laju Korosi Konsentrasi 1400 ppm Perendaman 40 Hari.....	53
4.5 Daya inhibisi ekstrak kulit buah manggis.....	56
4.6 Tabel ANAVA Pengaruh Variasi Waktu dan Konsentrasi.....	58
4.7 Uji Pembandingan Tukey Waktu.....	60
4.8 Uji Pembandingan Tukey Konsentrasi.....	61

DAFTAR LAMPIRAN

	HALAMAN
LAMPIRAN A Tabel Pengambilan Data.....	77
A.1 Laju Korosi Konsentrasi Kulit Buah Manggis 0 ppm.....	77
A.2 Laju Korosi Konsentrasi Kulit Buah Manggis 1000 ppm.....	78
A.3 Laju Korosi Konsentrasi Kulit Buah Manggis 1200 ppm.....	79
A.4 Laju Korosi Konsentrasi Kulit Buah Manggis 1400 ppm..	81
LAMPIRAN B. Tabel Rata-Rata Laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor.....	83
B.1 Tabel Data Pembuatan Grafik.....	83
B.2 Tabel Efisiensi Inhibitor.....	86
B.3 Perhitungan Efisiensi Inhibitor.....	86
LAMPIRAN C. Alat Penelitian.....	87
LAMPIRAN D. Bahan Penelitian.....	89
LAMPIRAN E. Struktur Makro.....	91
LAMPIRAN F. Struktur Mikro.....	92

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Logam terutama baja banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Material baja adalah salah satu material yang sangat penting dalam kemajuan teknologi dan industri dikarenakan baja memiliki sifat-sifat yang sesuai dengan penerapannya, akan tetapi dalam kenyataannya, banyak faktor yang menyebabkan daya guna baja ini menurun. Salah satu penyebab hal tersebut adalah terjadinya korosi pada baja.

Menurut NACE (*National Association of Corrosion Engineer*) korosi merupakan proses atau reaksi elektrokimia yang bersifat alamiah dan berlangsung spontan, oleh karena itu korosi tidak dapat dicegah atau dihentikan sama sekali. Korosi hanya bisa dikendalikan atau diperlambat lajunya sehingga memperlambat proses kerusakannya. Sedangkan menurut SSPC (*Society for Protective Coatings*) Korosi pada logam dan sejenisnya menimbulkan kerugian yang tidak sedikit, kerugian akibat korosi yang menyerang permesinan industri, infrastruktur, sampai perangkat transportasi dengan demikian korosi diartikan juga sebagai kerusakan atau keausan dari material akibat terjadinya reaksi dengan lingkungan yang didukung oleh faktor-faktor tertentu seperti lingkungan asam serta adanya unsur yang memiliki sifat korosif seperti sulfat, nitrit dan klorida (Hazairin, 2006)

Berbagai cara telah dilakukan untuk mengurangi laju korosi, salah satunya dengan pemakaian inhibitor. Inhibitor terbagi dua yaitu inhibitor anorganik dan inhibitor organik. inhibitor anorganik adalah inhibitor yang diperoleh dari mineral-mineral yang tidak mengandung unsur karbon dalam senyawanya. Material dasar dari inhibitor anorganik antara lain kromat, nitrit, silikat, dan pospat. Inhibitor anorganik bersifat sebagai inhibitor anodik karena inhibitor ini memiliki gugus aktif, yaitu anion negatif yang berguna untuk mengurangi korosi. Senyawa- senyawa ini juga sangat berguna dalam aplikasi pelapisan antikorosi, tetapi mempunyai kelemahan utama yaitu bersifat toksik (Hermawan, 2007).

Inhibitor dari ekstrak bahan alam adalah solusinya karena aman, mudah didapatkan, bersifat biodegradable, biaya murah, dan ramah lingkungan. Ekstrak bahan alam khususnya senyawa yang mengandung tanin dan atom N, O, P, S, 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. Efektivitas ekstrak bahan alam sebagai inhibitor korosi tidak terlepas dari kandungan nitrogen yang terdapat dalam senyawa kimianya (Hermawan, 2007). Salah satu jenis tumbuhan yang mengandung tanin adalah buah manggis (*Garcinia mangostana*) yang terletak pada bagian kulitnya. Tanin kaya akan senyawa polifenol yang mampu menghambat proses oksidasi. Polifenol merupakan senyawa turunan fenol yang mempunyai aktivitas sebagai antioksidan. Fungsi polifenol dapat sebagai penangkap dan pengikat radikal bebas dari rusaknya ion-ion logam. Tanin memiliki sifat antara lain dapat larut dalam air atau alkohol karena tanin banyak mengandung fenol yang memiliki gugus OH, yang dapat mengikat logam berat (Gogot, 2010).

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Yuli, A.N, 2012) yang berjudul Penentuan Efisiensi Inhibisi Reaksi Korosi baja Menggunakan Ekstrak Kulit Buah Manggis (*Garcinia Mangostana*). Pada penelitian ini digunakan variasi media korosif air laut, air hujan, dan asam sulfat sebesar 1 M pada konsentrasi 0, 600, 800, 1000 ppm. Dan didapatkan laju reaksi korosi baja tanpa penambahan inhibitor pada media korosif air laut sebesar $0,0387 \text{ mg/cm}^2 \text{ jam}$, pada media korosif air hujan sebesar $0,0235 \text{ mg/cm}^2 \text{ jam}$ dan pada media korosif asam sulfat 1 M sebesar $1,3692 \text{ mg/cm}^2 \text{ jam}$. Laju reaksi korosi dengan adanya ekstrak kulit buah manggis dalam air laut, air hujan maupun asam sulfat menurun jika dibandingkan dengan tanpa penambahan ekstrak. Hal ini disebabkan karena adanya senyawa tanin yang ada dalam ekstrak yang dapat membentuk senyawa kompleks di permukaan logam. sehingga laju reaksi korosi akan menurun. Laju reaksi korosi tertinggi mencapai $1,19 \text{ mg/cm}^2 \text{ jam}$ pada media korosif asam sulfat dengan konsentrasi inhibitor 600 ppm, dan laju

reaksi korosi terendah mencapai $0,000181 \text{ mg/cm}^2\text{jam}$ pada media korosif air hujan dengan konsentrasi inhibitor 800 ppm. dalam media korosif air laut pada konsentrasi inhibitor 800 ppm dan air hujan pada konsentrasi inhibitor 1000 ppm. Efisiensi inhibisi pada media korosif air laut dapat mencapai 96,72% pada konsentrasi inhibitor 1000 ppm, efisiensi inhibisi pada media korosif air hujan dapat mencapai 99,22% pada konsentrasi inhibitor 800 ppm, efisiensi inhibisi pada media korosif asam sulfat dapat mencapai 57,78% pada konsentrasi inhibitor 1000 ppm. Efisiensi inhibisi tertinggi yang dihasilkan adalah pada media korosif air hujan dengan konsentrasi inhibitor 800 ppm.

Dari penelitian yang sudah dilakukan dan kerugian yang ditimbulkan akibat korsi yang terjadi pada baja karbon, maka disinimakan dilakukan penelitian laju korosi pada baja karbon AISI E 2512 dengan inhibitor ekstrak kulit buah manggis dengan media air laut. Guna mencegah bahaya yang akan timbul akibat korosi dan mengurangi besarnya biaya yang ditimbulkan akibat terjadinya korosi.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh konsentrasi inhibitor ekstrak kulit buah manggis terhadap laju korosi baja AISI E 2512 dalam medium air laut?
2. Berapakah konsentrasi optimal ekstrak kulit buah manggis sebagai inhibitor korosi pada baja AISI E 2512?
3. Bagaimana struktur makro dan mikro setelah proses pengkorosian pada baja AISI E 2512?

1.3 Batasan Masalah

Untuk mengetahui dan memberikan gambaran mengenai masalah-masalah apa saja yang akan di bahas pada penelitian ini, maka perlu diberikan batas pembahasan yang nantinya lebih terfokus pada masalah:

1. Material uji yang digunakan adalah baja AISI E 2512
2. Perhitungan yang digunakan hanya pada laju korosi baja AISI E 2512
3. Konsentrasi inhibitor ekstrak kulit buah manggis sebesar (0 ppm, 1000 ppm, 1200 ppm, 1400 ppm).
4. Kandungan garam air laut dianggap konstan.

1.4 Tujuan Dan Manfaat

1.4.1 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh pemberian ekstrak kulit buah manggis terhadap laju korosi baja AISI E 2512 dalam medium air laut.
2. Untuk mengetahui perbandingan laju korosi pada pemberian ekstrak kulit buah manggis dengan dan tanpa pemberian ekstrak ekstrak kulit buah manggis.
3. Untuk mengetahui struktur makro dan mikro pengkorosian baja AISI E 2512.

1.4.2 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui konsentrasi ekstraksi ekstrak kulit buah manggis yang optimal sebagai inhibitor korosi pada baja AISI E 2512.
2. Mengetahui laju korosi pada baja AISI E 2512 sebelum dan setelah diberikan inhibitor ekstrak ekstrak kulit buah manggis.
3. Mengetahui laju korosi pada baja AISI E 2512 sebelum dan setelah diberikan inhibitor ekstrak ekstrak kulit buah manggis.
4. Untuk mengetahui foto makro sebelum dan setelah pengujian korosi.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Korosi

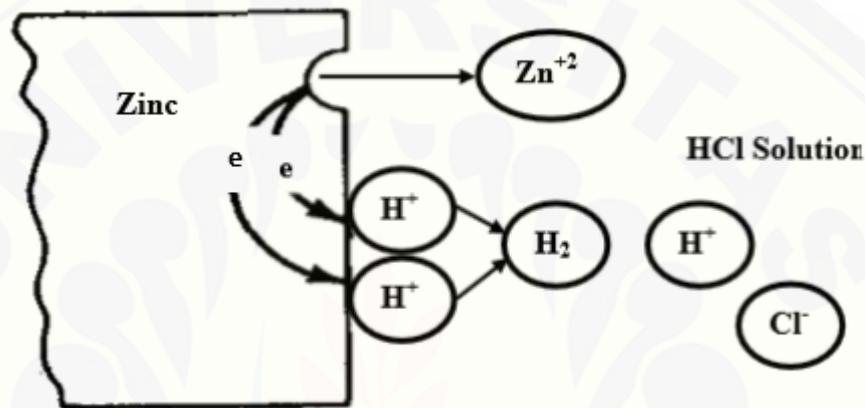
Korosi berasal dari bahasa latin “*Corrodere*” yang artinya perusakan logam atau berkarat. Definisi korosi adalah proses degradasi/ deteorisasi / perusakan material yang terjadi disebabkan oleh lingkungan sekelilingnya. Beberapa pakar bersikeras definisi hanya berlaku pada logam saja, tetapi para insinyur korosi juga ada yang mendefinisikan istilah korosi berlaku juga untuk material non logam, seperti keramik, plastik, karet. Sebagai contoh rusaknya cat karet karena sinar matahari atau terkena bahan kimia, mencairnya lapisan tungku pembuatan baja, serangan logam yang *solid* oleh logam yang cair (*liquid metal corrosion*) (Fontana, 1987)

Korosi disebut juga suatu penyakit dalam dunia teknik, walaupun secara langsung tidak termasuk produk teknik. Studi dari korosi adalah sejenis usaha pengendalian kerusakan supaya serangannya serendah mungkin dan dapat melampaui nilai ekonomisnya, atau jangan ada logam jadi rongsokan sebelum waktunya. Caranya adalah dengan pengendalian secara preventif supaya menghambat serangan korosi. Cara ini lebih baik daripada memperbaiki secara represif yang biayanya akan jauh lebih besar (Hermawan, 2007)

Korosi dapat berjalan secara cepat ataupun lambat tergantung dari material bahan, lingkungan, temperatur dan lain sebagainya. Dalam dunia teknik, material korosi yang sering disinggung adalah korosi pada logam. Ilustrasi dari proses pengkorosian pada material logam dimana besi yang dibentuk sesuai kegunaannya dapat terkorosi akibat lingkungan yang dihadapi pada aplikasinya (Arif, 2012)

Dari segi teori, korosi tidak mungkin sepenuhnya dapat dicegah karena memang merupakan proses alamiah bahwa semua logam akan kembali ke sifat asalnya. Asal dari tanah kembali ke tanah, asal dari bijih besi kembali ke oksida besi. Walaupun demikian pengendalian korosi harus dilakukan secara maksimal, karena dilihat dari segi ekonomi dan segi keamanan merupakan hal yang tidak mungkin ditinggalkan (Hazairin, 2006).

Menurut proses elektrokimia, bahwa proses korosi pada logam disebabkan karena logam itu mempunyai komposisi kimia yang tidak homogen. Dalam kenyataan memang logam sangat sulit untuk dibuat betul-betul homogen. Akibatnya akan ada perbedaan potensial yang dapat menimbulkan korosi galvanis bila ada elektrolit (uap air dan udara). Bagian yang berpotensi lebih rendah akan menjadi anoda sedangkan yang berpotensi lebih tinggi akan menjadi katoda. Sebagai contoh korosi pada besi (Arif, 2012)



Gambar 2.1 Korosi karena logam tidak homogen (Arif, 2012)

Dapat disimpulkan bahwa logam kontak dengan elektrolit akan terjadi:

- a. Anoda di mana terjadi korosi
- b. Katoda yang tidak terkorosi.
- c. Bajanya sebagai pembawa arus.

2.2 Faktor Penyebab Terjadinya Korosi

Menurut (Hermawan, 2007) terdapat beberapa faktor yang mengakibatkan terjadinya korosi yang terbagi atas tiga bagian, yaitu sifat material, faktor lingkungan dan adanya reaksi.

2.2.1 Sifat Material

1. Pengaruh susunan kimia material Susunan kimia suatu material sangat mempengaruhi ketahanan material itu terhadap serangan korosi. Pada jenis logam yang sama dengan susunan kimia yang berbeda akan mengakibatkan

ketahanan terhadap serangan korosi yang berbeda pula. Bahkan semua jenis logam cenderung akan mengalami korosi oleh media yang bersifat korosif seperti air laut.

2. Pengaruh struktur material Kurangnya homogenitas struktur dapat menimbulkan efek-efek galvanis mikro pada material yang mengakibatkan terjadinya pengkaratan. Adanya titik-titik yang tidak sama dengan titik-titik di sekitarnya dapat mengakibatkan salah satu bertindak sebagai anoda dan salah satu lainnya sebagai katoda. Dalam kondisi demikian, material akan lebih reaktif dalam lingkungan yang elektrolit.
3. Pengaruh perbedaan potensial Perbedaan potensial antara dua logam atau lebih yang digabungkan akan mengakibatkan terjadinya proses pengkaratan.
4. Pengaruh bentuk permukaan material Permukaan logam yang mempunyai morfologi tertentu akan mengakibatkan korosi. Adanya kotoran pada permukaan material akan menyebabkan korosi karena terdapat oksigen yang terperangkap didalamnya.

2.2.2 Faktor Lingkungan

1. Lingkungan Air

Air ataupun uap air dalam jumlah banyak ataupun sedikit akan sangat berpengaruh terhadap laju korosi pada logam. Reaksinya bukan hanya antara logam dengan oksigen saja, melainkan juga dengan uap air yang menjadi reaksi elektrokimia karena air berfungsi sebagai:

- Pereaksi, misalnya pada logam besi akan berwarna coklat karena terjadinya besi hidroksida.
- Katalisator. Besi akan cepat bereaksi dengan O_2 dari udara sekitar apabila terdapat uap air.
- Pelarut. Produk-produk korosi akan larut dalam air seperti besi sulfat dan besi klorida.
- Elektrolit lemah, yaitu sebagai penghantar arus yang kecil atau lemah.

Korosi pada lingkungan air bergantung pada pH, kadar oksigen dan temperatur. Namun pada suhu 600-650°C baja tahan karat akan terserang korosi dengan cepat. Menurut penelitian Whitman dan Russel ternyata pH dari suatu elektrolit sangat mempengaruhi pada proses terjadinya korosi pada besi. Pengaturan pH dilakukan dengan pembubuhan KOH pada air yang mempunyai pH 6-14 dan pembubuhan asam pada air yang mempunyai pH 7-0. Pengaruh pH terhadap laju korosi pada besi dapat dilihat pada gambar 2.2 (Sumber: Supardi, 1997:90). Demikian juga dengan penambahan kadar O₂ dalam air maka akan mempercepat laju korosi pada suatu logam. Kadar O₂ dalam larutan harus dikurangi oleh garam yang terlarut dalam larutan dan kelarutannya bergantung pada logam yang tercelup dan luasan permukaan logam tercelup serta temperturnya. Adapun macam-macam air seperti air suling adalah air yang paling bersih dan bebas dari kation dan anion serta terisolir dari udara dan bebas dari mikroba. Adapun air hujan atau air salju merupakan proses penyulingan alami, namun demikian air ini masih mengandung CO₂ dari udara yang dapat membentuk senyawa H₂CO₃ dan akan bersifat asam yang menyebabkan korosi pada baja.

2. Lingkungan industri

Korosi di lingkungan industri yang menggunakan bahan kimia seperti pada pembuatan H₂SO₄, HNO₃, HCl, dan sebagainya maka akan sangat bersifat korosif. Pengendalian korosi di lingkungan industri adalah sebagai berikut:

- a. Dipilih/dicarikan bahan logam untuk konstruksi yang paling ekonomis tetapi teknisnya masih dapat dipertanggung jawabkan.
- b. Dapat pula memilih bahan non logam seperti plastik, keramik, beton dan sebagainya dengan tidak boleh mengesampingkan kondisi kerjanya.
- c. Memberi logam lindung yang tepat atau lapis lindung lainnya.

3. Lingkungan laut

Udara lingkungan laut jauh lebih korosif dibandingkan dengan daerah pedalaman, karena disamping komposisi kimia seperti udara biasa juga akan

mengandung garam-garam dan zat lain yang ada pada air laut. Hal ini disebabkan karena ombak yang membentur dan membuat percikan air laut. Percikan air laut yang berupa titik air yang halus akan terbawa oleh angin dan sangat berpengaruh pada korosifitas udara terhadap logam.

2.3 Bentuk-Bentuk Korosi

Akan lebih mudah untuk mengklasifikasikan korosi berdasarkan penampilan atau rupa logam yang terserang korosi. Masing-masing bentuk korosi dapat dikenali dengan hanya melakukan pengamatan secara visual. Pada kebanyakan kasus, pengamatan bentuk korosi hanya dengan mata telanjang sudah cukup. Tetapi kadang-kadang pengamatan dengan menggunakan perbesaran juga dibutuhkan. Informasi yang penting untuk solusi dari masalah korosi sering diperoleh melalui pengamatan yang cermat dari spesimen uji korosi (Hermawan, 2007).

2.3.1 *Uniform Attack* (Korosi Merata)

Korosi merata adalah bentuk korosi yang pada umumnya sering terjadi. Hal ini biasanya ditandai dengan adanya reaksi kimia atau elektrokimia yang terjadi pada permukaan yang bereaksi. Logam menjadi tipis dan akhirnya terjadi kegagalan pada logam tersebut. Sebagai contoh, potongan baja atau seng dicelupkan pada asam sulfat encer, biasanya akan terlarut secara seragam pada seluruh permukaannya (Arif, 2012).

Contoh lain dari korosi merata adalah pada pelat baja atau profil, permukaannya bersih dan logamnya homogen, bila dibiarkan di udara biasa beberapa bulan maka akan terbentuk korosi merata pada seluruh permukaannya (Asdim, 2007).



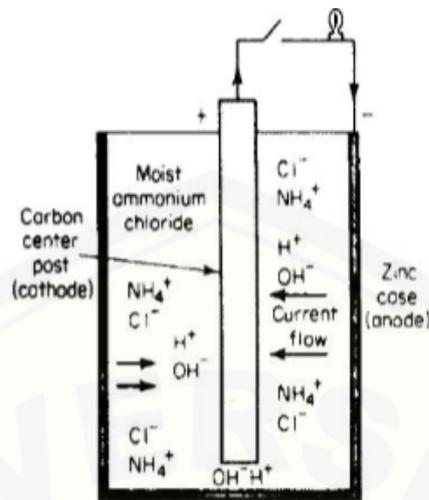
Gambar 2.3 Korosi merata pada logam (Halimatuddahlia, 2013)

Korosi merata merupakan keadaan kerusakan yang sangat besar terhadap material. Namun demikian korosi ini kurang diperhatikan karena umur dari peralatan dapat diperkirakan secara akurat dengan pengujian lain yang lebih sederhana. Korosi merata dapat dilakukan pencegahan dengan cara pelapisan, inhibitor dan proteksi katodik (Arif, 2012)

2.3.2 *Galvanic Corrosion* (Korosi Galvanik)

Perbedaan potensial biasanya terjadi diantara dua logam yang berbeda, ketika keduanya di celupkan ke dalam larutan korosif. Ketika logam tersebut berkontak, dengan adanya perbedaan potensial akan menghasilkan aliran elektron. Elektron mengalir dari logam yang kurang mulia (anodik) menuju ke metal yang lebih mulia (katodik). Akibatnya metal yang kurang mulia berubah menjadi ion-ion positif karena kehilangan elektron. Ion-ion positif metal bereaksi dengan ion-ion negatif yang berada di dalam elektrolit menjadi garam metal. Karena peristiwa tersebut permukaan anoda kehilangan metal. Korosi akan menyerang logam yang ketahanan-korosi nya lebih rendah dan serangan pada logam yang lebih tahan-korosi akan lebih sedikit. Logam yang terserang korosi akan menjadi anoda dan logam yang lebih tahan terhadap serangan korosi akan menjadi katoda. Biasanya logam yang katodik akan terserang sedikit bahkan tidak terjadi korosi ketika kedua logam tersebut disambungkan. Jenis korosi ini disebut korosi galvanik (Arif, 2012).

Contoh dari korosi galvanik dapat dilihat pada kasus batu baterai. Pada Gambar 2.4, elektroda karbon sebagai logam mulia atau yang tahan terhadap korosi (katoda) dan seng sebagai anoda yang terserang karat.



Gambar 2.4 Korosi galvanik pada batu baterai (Aziz, 2012)

Bila besi kontak langsung dengan tembaga dimana tembaga lebih mulia, maka besi akan bersifat anodik dan akan mengorbankan diri sehingga akan terjadi korosi pada besi, sedangkan tembaganya tetap utuh (Desi, 2013)

2.3.3 Crevice Corrosion (Korosi Celah)

Korosi lokal sering terjadi di dalam celah-celah dan daerah yang tertutup pada permukaan logam yang terkena korosi. Jenis korosi ini biasanya disebabkan oleh lubang yang kecil, dan celah-celah di bawah kepala baut dan paku keling. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5



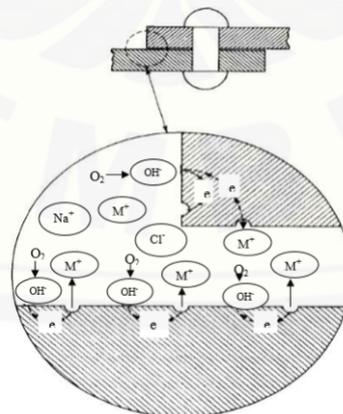
Gambar 2.5 Crevice corrosion pada baut (Asdim, 2007)

Karat celah sebenarnya adalah sel korosi yang diakibatkan oleh perbedaan konsentrasi zat asam. Akan halnya karat celah, proses pengkaratannya dapat dijelaskan sebagai berikut:

Karena celah sempit terisi dengan elektrolit (air yang pH-nya rendah) maka terjadilah suatu sel korosi dengan katoda-nya permukaan sebelah luar celah yang basah dengan air yang banyak mengandung zat asam daripada bagian dalam celah yang sedikit mengandung zat asam sehingga bersifat anodik. Akibatnya terjadi kehilangan metal pada bagian yang di dalam celah. Proses pengkaratan ini berlangsung cukup lama karena cairan elektrolit di dalam celah cenderung lama mengeringnya walaupun bagian luar celah telah lama mengering.

Untuk menggambarkan dasar pembentukan korosi celah, celupkan dua buah plat logam M yang dipaku dicelupkan di dalam air laut (pH 7) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6. Reaksi tersebut mengakibatkan logam M menjadi terkikis dan reduksi oksigen menjadi ion hidroksida.

Awalnya reaksi ini terjadi merata di atas seluruh permukaan, termasuk bagian dalam celah. Setiap elektron yang dihasilkan selama pembentukan ion logam akan bereaksi dengan oksigen. Setelah waktu yang singkat, oksigen dalam celah habis karena konveksi dibatasi, sehingga reduksi oksigen berhenti di daerah celah. Hal ini, dengan sendirinya tidak menyebabkan perubahan yang berarti di dalam celah akibat korosi. Oleh karena itu laju korosi di dalam dan di luar celah tetap sama (Arif, 2012).



Gambar 2.6 Proses tahap awal korosi celah

Secara tidak langsung penurunan oksigen memiliki pengaruh yang penting, yang menjadi lebih jelas dengan meningkatnya penyinaran. Setelah oksigen habis, tidak ada pengurangan oksigen lebih lanjut, meskipun larutnya logam M terus menerus terjadi seperti yang terlihat pada

Gambar 2.6. Ini cenderung menghasilkan kelebihan muatan positif dalam larutan (M^+), yang tentu seimbang dengan migrasi ion klorida ke dalam celah. Kecuali untuk logam alkali (misalnya natrium dan kalium), logam garam, termasuk klorida dan sulfat (Arif, 2012)

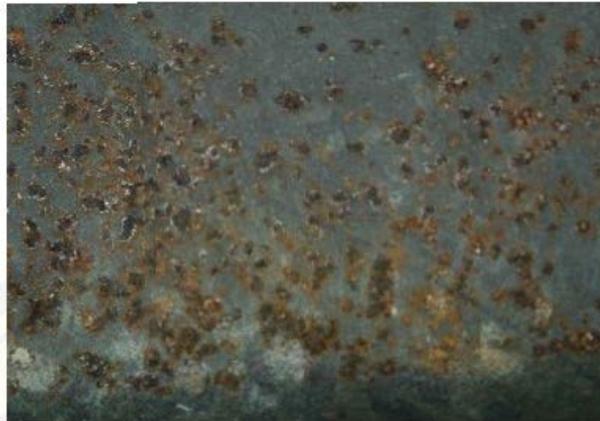


Persamaan di atas menunjukkan bahwa di dalam larutan logam klorida terurai menjadi hidoksida yang tidak larut dan menjadi asam bebas. Untuk alasan yang belum diketahui, baik ion klorida maupun hidrogen dapat mempercepat tingkat pelarutan logam dan paduan. Ion-ion tersebut masuk ke dalam celah sebagai akibat dari migrasi dan hidrolisis, dan akibatnya laju pelarutan logam M akan meningkat.

2.3.4 *Pitting Corrosion* (Korosi Sumur)

Pitting corrosion adalah bentuk serangan korosi yang sangat lokal (menyerang pada daerah tertentu saja) yang mengakibatkan lubang dalam logam. Lubang ini mungkin memiliki diameter yang kecil atau besar, namun dalam banyak kasus lubang tersebut kecil relatif kecil.

Lubang terisolasi atau kadang-kadang terlihat seperti permukaan yang kasar. *Pits* umumnya dapat digambarkan sebagai rongga atau lubang dengan diameter permukaan kurang-lebih sama atau kurang dari kedalaman (Hermawan, 2007). *Pitting corrosion* adalah salah satu bentuk korosi yang paling merusak dan berbahaya. Hal itu menyebabkan peralatan menjadi gagal karena dengan penurunan massa yang sedikit saja akibat adanya lubang, maka kegagalan dapat terjadi dengan mudah. Sering kali sulit untuk mendeteksi *pit* karena ukurannya yang kecil dan arena lubang-lubang tertutup oleh produk korosi seperti yang terlihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Korosi sumuran pada logam (Arif, 2012)

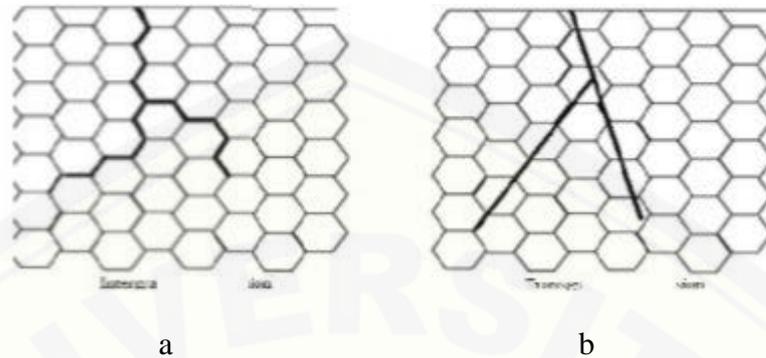
Perhatikan lubang yang tampak menyolok serta kurangnya serangan korosi pada sebagian besar permukaan logam. Serangan meningkat dalam beberapa hari. Namun, ini adalah contoh ekstrim, karena pitting biasanya membutuhkan berbulan-bulan atau tahun untuk melubangi bagian logam.

2.3.5 *Intergranular Corrosion* (Korosi antar Batas Butir)

Di daerah batas butir memiliki sifat yang lebih reaktif. Banyak-sedikitnya batas butir akan mempengaruhi kegunaan logam tersebut. Semakin sedikit batas butir pada suatu material maka akan menurunkan kekuatan material tersebut. Jika logam terkena karat, maka di daerah batas butir akan terkena serangan terlebih dahulu dibandingkan daerah yang jauh dari batas butir. Serangan yang terjadi pada daerah batas butir dan daerah yang berdekatan dengan batas butir hal ini biasa disebut *intergranular corrosion* (Hermawan, 2007).

Intergranular corrosion dapat terjadi karena adanya kotoran pada batas butir, penambahan pada salah satu unsur paduan, atau penurunan salah satu unsur di daerah batas butir. Sebagai contoh paduan besi dan aluminium, dimana kelarutan besi lambat maka akan terjadi serangan pada batas butir. Korosi antar batas butir (*intergranular corrosion*) terjadinya hanya pada batas butir biasanya akibat serangan elektrolit, karena tegangan pada kristal adalah paling tinggi. Pengendaliannya adalah menghindari terbentuknya karbida pada batas butir.. Pada Korosi transkristalin (*transgranular corrosion*),

terjadinya korosi adalah melewati kristal. Perbedaan korosi antar batas butir dengan korosi transkristalin ditunjukkan pada gambar 2.8.

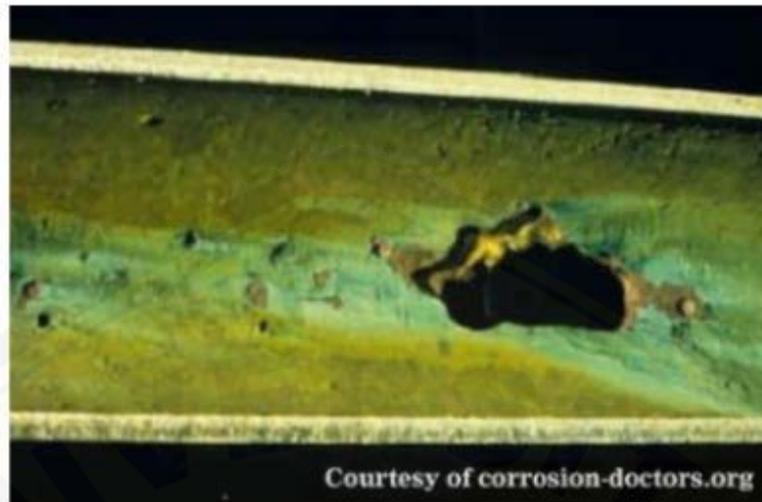


Gambar 2.8 (a) *Intergranular corrosion* dan (b) *transgranular corrosion*.

2.2.6 *Erosion Corrosion* (korosi Erosi)

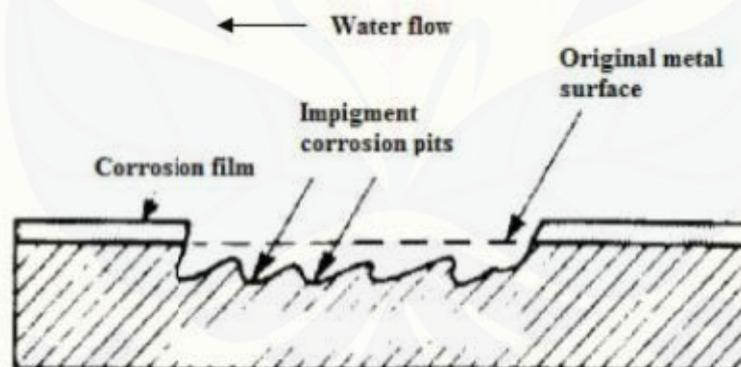
Korosi erosi adalah percepatan atau peningkatan tingkat kerusakan atau serangan pada logam karena gerakan relatif antara cairan korosif dan permukaan logam. Umumnya gerakan ini cukup cepat, dan berkaitan dengan abrasi. Logam yang berada di permukaan akan berubah menjadi ion terlarut atau menjadi bentuk produk korosi yang padat. Kadang-kadang pengaruh dari lingkungan dapat mengurangi laju korosi, khususnya ketika serangan lo kondisi tergenang, tapi ini tidak bisa disebut *erosion corrosion* karena terjadi dalam kerusakan tidak bertambah (Dalimunthe, 2004)

Bentuk fisik dari korosi erosi ditandai dalam penampilan berupa alur, parit, gelombang, lubang bulat, lembah-lembah, dan biasanya menunjukkan pola arah. Gambar 2.9 menunjukkan penampilan alur dari kegagalan korosi erosi.



Gambar 2.9 Korosi erosi pada pipa air laut (corrosion.org)

Gambar 2.10 adalah sketsa yang mempresentasikan korosi erosi pada tabung alat *heat-exchanger*. Di berbagai kasus korosi erosi terjadi dalam waktu yang relatif singkat, dan serangannya tidak terduga karena evaluasi uji korosi terjadi dibawah kondisi statis atau karena efek erosi tidak dipertimbangkan dalam evaluasi uji korosi (Hermawan, 2007)



Gambar 2.10 Sketsa korosi erosi (Arif, 2012)

Kebanyakan logam dan paduan adalah rentan terhadap serangan korosi erosi. Korosi erosi terjadi ketika permukaan logam rusak atau usang karena diserang dengan kecepatan yang tinggi. Logam yang lunak dan mudah rusak seperti tembaga dan timah adalah cukup rentan terhadap korosi erosi.

Banyak jenis media korosi dapat menyebabkan korosi erosi. Misalnya gas, larutan, sistem organik dan logam cair. Sebagai contoh, gas panas dapat

mengoksidasi logam dan paduan ketika bergerak dengan kecepatan yang tinggi. Dari sudut pandang korosi erosi, padatan dalam suatu cairan (lumpur) adalah sangat merusak. (Arif, 2012)

Semua jenis peralatan yang terkena fluida yang bergerak akan rentan terhadap korosi erosi. Beberapa diantaranya sistem perpipaan terutama bagian tikungan pipa, alat pengukur aliran air seperti *orifice*, sistem pipa-pipa pada alat *heat-exchanger* seperti pada *heaters* dan *kondensator*

2.3.7 Stress Corrosion (Korosi Tegangan)

Gaya-gaya mekanis seperti tarikan atau kompresi berpengaruh sangat kecil pada proses pengkaratan pada bagian metal yang sama jika ditinjau dari laju pengkaratan dalam mils per tahun. Namun demikian apabila itu merupakan kombinasi antara *tensile stress* dan lingkungan yang korosif, maka kondisi ini merupakan salah satu dari penyebab utama kegagalan material. Kegagalan ini berupa retakan yang lazim disebut korosi tegangan.

Sifat retak jenis ini sangat spontan (tiba-tiba terjadinya). Bila logam telah dibentuk dingin (diregang, ditekuk) maka walaupun tidak sampai patahan atau retak, tetapi butiran logamnya berubah bentuk hingga timbul tegangan dalam. Butiran logam yang tegang ini mudah sekali bereaksi dengan lingkungannya, hingga suatu saat benda itu akan retak atau pecah dengan sendirinya. Jenis serangan karat ini terjadi sangat cepat, dalam ukuran menit, yakni jika semua persyaratan untuk terjadinya karat regangan (tegangan) ini telah terpenuhi pada saat tertentu yaitu adanya regangan internal dan terciptanya kondisi korosif yang berhubungan dengan konsentrasi zat karat (*corrodent*) dan suhu lingkungan (Hermawan, 2007)

Karat dapat terbentuk di celah-celah sempit. Volume produk karat tersebut dapat jauh lebih besar dari metal asalnya yang terkonsumsi, akibatnya terjadi tekanan yang cukup besar di dalam celah tersebut sehingga menimbulkan korosi tegangan. Karat tegangan pada awal terjadinya berukuran mikroskopis (sangat kecil). Dengan menjalarnya retak ke dalam material, maka kekuatan penampang menjadi berkurang ketingkat sedemikian rendah sehingga struktur

material tersebut gagal. Gambar 2.11 adalah contoh dari karat tegangan (Arif, 2012)



Gambar 2.11 Korosi retak pada pipa (Arif, 2012)

2.4 Laju Korosi

Karena hampir semua korosi adalah merupakan suatu reaksi elektrokimia, semua yang mempengaruhi kecepatan suatu reaksi kimia atau jumlah arus yang mengalir akan mempengaruhi laju korosi. Hukum Ohm dapat diterapkan untuk bagian elektrik dari sel korosi. Laju korosi berbanding lurus dengan sejumlah arus yang mengalir pada sel korosi elektrokimia. Jika arus dapat diukur, suatu kalkulasi yang tepat dari kehilangan metal dapat ditentukan. Ini berarti bahwa suatu pengukuran dalam ampere atau milliampere secara matematis dihitung dalam kilogram (pound) per tahun. Suatu Amp tahun adalah satu Ampere yang mengalir selama periode satu tahun. Logam yang berbeda memiliki laju korosi yang berbeda (Asdim, 2007).

Jika diketahui penurunan massa dari suatu material yang terkorosi maka laju korosi dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Laju korosi} = \frac{2400000 \times w}{A \times T \times D} \text{ (mdd)}$$

Dimana :

Mdd = lajukorosi, ($mg / dm^2 \text{ day}$)

W = berat yang hilang, (g)

- A = luas, (cm²)
T = waktu, (jam)
D = *density*, (g/cm³)

2.5 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Laju Korosi

Sering di dalam proses industri, faktor-faktor yang mempengaruhi korosi terkadang diinginkan untuk melakukan perekayasaan diproses industri. Berikut ini adalah faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi laju korosi suatu material:

1. Suhu

Naiknya suhu menyebabkan naiknya kecepatan reaksi korosi. Ini terjadi karena suhu semakin tinggi maka energi kinetik dari partikel - partikel yang bereaksi akan meningkat. Hal itu melampaui besarnya harga energi aktivasi dan akibatnya laju kecepatan reaksi (korosi) juga akan makin cepat, begitu juga sebaliknya. (Fogler, 1992).

2. Kecepatan alir fluida atau kecepatan pengadukan

Semakin besar laju atau kecepatan aliran fluida maka laju korosi cenderung bertambah besar. Penyebabnya adalah karena kontak antara zat pereaksi dan logam akan semakin besar sehingga ion - ion logam akan makin banyak yang lepas sehingga logam akan mengalami kerapuhan (korosi) (Kirk Othmer, 1965).

3. Konsentrasi bahan korosif

Konsentrasi bahan korosif berhubungan dengan pH atau keasaman basaan suatu larutan. Larutan yang bersifat asam sangat korosif terhadap logam dimana logam yang berada didalam media larutan asam akan lebih cepat terkorosi karena merupakan reaksi anoda. Sedangkan larutan yang bersifat basa dapat menyebabkan korosi pada reaksi katodanya karena reaksi katoda selalu serentak dengan reaksi anoda (Djaprie, 1995).

4. Oksigen

Yang menyebabkan korosi adalah adanya oksigen yang terdapat di dalam udara dapat bersentuhan dengan permukaan logam yang lembab. Sehingga kemungkinan menjadi korosi lebih besar. Di dalam air (lingkungan terbuka), adanya oksigen menyebabkan korosi (Djaprie,1995).

5. Waktu kontak

Inhibitor diharapkan dapat membuat ketahanan logam terhadap korosi lebih besar. Dengan penambahan inhibitor kedalam larutan, diharapkan akan merubah laju reaksi menjadi lebih rendah, sehingga waktu kerja inhibitor untuk melindungi logam menjadi lebih lama. Kemampuan inhibitor untuk melindungi logam dari korosi akan hilang atau habis pada waktu tertentu, hal itu dikarenakan semakin lama waktunya maka inhibitor akan semakin habis terserang oleh larutan (Uhlig , 1958).

2.6 Inhibitor

Suatu inhibitor korosi adalah senyawa kimia yang pada konsentrasi rendah pun sudah berfungsi secara efektif menurunkan, atau mencegah reaksi pelarutan logam oleh lingkungannya. Inhibitor ini dapat digolongkan menjadi inhibitor organik dan anorganik, namun yang akan digunakan pada penelitian ini adalah inhibitor organik. Hal ini disebabkan karena disamping luasnya penggunaan inhibitor ini dalam pencegahan korosi logam – logam juga disebabkan inhibitor ini lebih mudah terdegradasi, sehingga tidak mencemari lingkungan, sedangkan inhibitor anorganik bergantung kationya dapat mencemari lingkungan bila terakumulasi. Suatu inhibitor senyawa organik dapat digolongkan sebagai inhibitor anodik, inhibitor katodik, maupun campuran keduanya, tergantung pada pengaruhnya terhadap reaksi – reaksi elektrodik dipermukaan yang diamati dari pergeseran potensial korosi.

Bila dengan teradsorbsinya molekul – molekul inhibitor pada permukaan logam menyebabkan potensial korosi bergeser ke arah positif, hal ini menunjukkan bahwa inhibitor tersebut terutama menghambat proses anodik, sebaliknya pergeseran potensial korosi ke arah negatif menunjukkan

bahwa inhibitor tersebut terutama menghambat proses katodik. Bila inhibitor korosi mampu menurunkan laju korosi dan hanya terjadi sedikit perubahan pada potensial korosi logam, hal ini menunjukkan inhibitor tersebut menghambat reaksi anodik maupun katodik (Tety, 2008)

2.6.1 Jenis Inhibitor Menurut Bahan Dasarnya

1. Inhibitor Organik : Menghambat korosi dengan cara teradsorpsi kimiawi pada permukaan logam yang terbuat dari bahan organik, melalui ikatan logam-hetero atom. Inhibitor ini terbuat dari bahan organik. Contohnya adalah : gugus amine, tio, fosfo, eter dan termasuk senyawa tanin.
2. Inhibitor Anorganik: adalah inhibitor yang diperoleh dari mineral mineral yang tidak mengandung unsur karbon dalam senyawanya. Material dasar dari inhibitor anorganik antara lain kromat, nitrit, silikat, dan pospat. Inhibitor anorganik bersifat sebagai inhibitor anodik karena inhibitor ini memiliki gugus aktif, yaitu anion negatif yang berguna untuk mengurangi korosi. Senyawa-senyawa ini juga sangat berguna dalam aplikasi pelapisan antikorosi, tetapi mempunyai kelemahan utama yaitu bersifat toksik (Gogot, 2010).

2.6.2 Jenis Inhibitor Menurut Reaksi yang dihambat

1. Inhibitor anodik

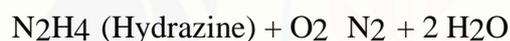
Inhibitor anodik akan di absorpsi pada bagian anodik dan akan menahan terjadinya korosi pada daerah tersebut. Karena korosi terjadi pada daerah anoda, maka penggunaan inhibitor anodik sangat efisien. Tetapi apabila inhibitor ini tidak menutupi seluruh permukaan anoda, maka akan memperluas katoda. Dengan perbedaan luas ini, apabila terdapat ion klorida maka intensitas serangan korosi akan meningkat pada daerah anoda yang sempit dan masih terbuka. Jadi inhibitor kurang justru akan menjadi penyebab terjadinya korosi sumur. Yang termasuk inhibitor anodik adalah fospat, silikat, borat, kromat, nitrit, dan nitrat.

2. Inhibitor Katodik

Inhibitor katodik merupakan zat yang dapat menghambat terjadinya reaksi pada katoda. Reaksi katodik akan tertahan walaupun terjadi reaksi O_2 atau penetralan ion hidrogen. Inhibitor katodik terdapat kecenderungan tidak efisien walaupun merupakan inhibitor yang tidak berbahaya bagi logam, tetapi jelas kurang memperbaiki sifat ketahanan terhadap korosi.

Inhibitor katodik dibedakan menjadi :

- a. Inhibitor racun : Contohnya : As_2O_3 , Sb_2O_3 . Inhibitor jenis ini menghambat penggabungan atom-atom H menjadi molekul gas H_2 di permukaan logam, dapat mengakibatkan perapuhan hidrogen pada baja kekuatan tinggi. Dan bersifat racun bagi lingkungan.
- b. Inhibitor presipitasi katodik : mengendapkan $CaCO_3$, $MgCO_3$, $CaSO_4$, $MgSO_4$ dari dalam air. Contoh : $ZnSO_4$ + dispersan.
- c. *Oxygen scavenger* : mengikat O_2 terlarut Contoh :



Menurut Andy Kristian dan Setyo Purwanto bahwa pemilihan bahan alam sebagai inhibitor korosi merupakan salah satu alternatif yang dapat dikembangkan karena biayanya yang relatif lebih murah serta ramah lingkungan. Dibandingkan dengan inhibitor yang diperoleh dari bahan kimia sintesis yang bersifat berbahaya, lebih mahal dan tidak ramah lingkungan. Bahan alam yang dapat dimanfaatkan sebagai inhibitor adalah senyawa - senyawa yang memiliki pasangan elektron bebas pada atom penyusunnya. Salah satu senyawa yang dapat digunakan sebagai inhibitor alami adalah tanin.

2.7 Kulit Buah manggis

Buah manggis (*Garciana Mangostana*) merupakan tanaman buah yang berasal dari hutan tropis yang teduh di kawasan Asia Tenggara, yaitu hutan belantara Malaysia atau Indonesia. Kulit manggis mengandung air 5,87%, abu 2,17%, lemak 6,45%, protein 3,02%, gula 2,10%, karbohidrat 68,50%, tanin 13,98%, antosianin 5,7-6,2 mg/g, xanton 0,7-34,9 mg/g dan total fenol 50,5-154,6 mg/g (Asdim, 2007). Senyawa tanin dalam ekstrak dapat membentuk

komplek dengan Fe di permukaan baja (Yuli, 2012) sehingga laju reaksi korosi akan mengalami penurunan. Komplek ini akan menghalangi serangan ion-ion korosif pada permukaan baja, sehingga laju reaksi korosi akan menurun

2.8 Baja

2.8.1 Pengertian baja

Baja adalah logam paduan, logam besi sebagai unsur dasar dengan beberapa elemen lainnya, termasuk karbon. Kandungan unsur karbon dalam baja berkisar antara 0.2% hingga 2.1% berat sesuai grade-nya. Elemen berikut ini selalu ada dalam baja: karbon, mangan, fosfor, sulfur, silikon, dan sebagian kecil oksigen, nitrogen dan aluminium. Selain itu, ada elemen lain yang ditambahkan untuk membedakan karakteristik antara beberapa jenis baja diantaranya: mangan, nikel, krom, molybdenum, boron, titanium, vanadium dan niobium.

Dengan memvariasikan kandungan karbon dan unsur paduan lainnya, berbagai jenis kualitas baja bisa didapatkan. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur penguat dengan mencegah dislokasi bergeser pada sisi kristal atom besi. Baja karbon ini dikenal sebagai baja hitam karena berwarna hitam, banyak digunakan untuk peralatan pertanian misalnya sabit dan cangkul. Penambahan kandungan karbon pada baja dapat meningkatkan kekerasan (*hardnes*) dan kekuatan tarikny (*tensile strength*), namun di sisi lain membuatnya menjadi getas (*brittle*) serta menurunkan keuletannya (*ductility*).

2.8.2 Baja AISI E 2512

Baja yang digunakan adalah baja karbon AISI E 2512, komposisi baja ini banyak digunakan untuk pembuatan tangki ballast pada lambung kapal (Vogel, 1979). Komposisi yang terdapat didalam baja karbon AISI E 2512 adalah campuran baja karbon dengan nikel 5% dan kandungan karbon 0,12%, dengan adanya campuran nikel yang dimasukkan maka baja akan lebih tahan karat dan tahan panas selain itu untuk lebih memproteksi dari ancaman laju korosi yang sangat tinggi maka diperlukan penambahan

inhibitor. Penambahan inhibitor setidaknya dapat menghambat laju korosi pada baja karbon AISI E 2512 yang disebabkan oleh air laut. Air laut sendiri adalah media yang paling cepat untuk menjadikan suatu baja/besi terkorosi.



BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental. Metode eksperimental adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji pengaruh dari suatu perlakuan yang dilakukan pada objek yang diteliti dengan membandingkannya dengan tanpa adanya perlakuan. Metode eksperimental yang dilakukan adalah dengan menambahkan ekstrak inhibitor kulit buah manggis dengan berbagai konsentrasi pada spesimen uji yaitu baja AISI E 2512 yang direndam dalam lautan korosif berupa air laut.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dimulai pada bulan maret 2015 sampai dengan april 2015 yang dilakukan di Laboratorium Kemasan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember dan Laboratorium Uji Bahan Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

1. Timbangan dengan ketelitian 0,0001 mg, *Excellent Scale*
2. Gelas ukur 100 ml
3. Jangka sorong
4. *Rotary evaporator*
5. Mikroskop Olympus U-MSSP4
6. Mesin *grinding*
7. Kertas gosok grade 400, 600, 800, 1000, dan 1500.
8. Mesin blender
9. Oven
10. Wadah medium korosif berbentuk sebanyak 4 buah.

3.3.2. Bahan

1. Spesimen uji baja AISI E 2512 (dimensi: 10 mm x 10 mm cm x 5 mm)
Baja paduan nikel 5% dengan karbon 0,12%
2. Kulit Buah Manggis
3. Aseton (C_3H_6O)
4. Etanol
5. Aquades 500 ml
6. Air laut
7. HCl 250 ml
8. HNO
9. Tisu

3.4 Prosedur Penelitian

Adapun langkah-langkah penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan alat dan bahan
2. Membuat dan membentuk spesimen uji baja AISI E 2512 hingga sesuai dengan dimensi yang diinginkan.
3. Membersihkan spesimen uji dari kotoran-kotoran yang menempel.
4. Membuat ekstrak kulit buah manggis melalui proses maserasi.
5. Menimbang berat spesimen yang siap direndam ke dalam medium korosif.
6. Melakukan perendaman spesimen pada masing-masing konsentrasi dan mengujinya pada masing-masing waktu perendaman yang telah ditentukan (10 hari, 20 hari, 30 hari dan 40 hari)
7. Melakukan pengamatan dan perekaman proses terjadinya korosi pada sample, yaitu pada medium yang diberi inhibitor pada masing-masing waktu perendaman ditentukan (10 hari, 20 hari, 30 hari dan 40 hari)
8. Mengukur berat spesimen uji setelah perendaman dan pembersihan dan menghitung laju korosinya (mdd) dan efisiensi inhibitor.
9. Melakukan pengamatan makroskopik dan struktur mikro logam menggunakan mikroskop optik.
10. Analisis data dan kesimpulan.

3.5 Hipotesis

Penggunaan variasi inhibitor ekstrak kulit buah manggis 0, 1000, 1200, dan 1400 ppm dan variasi waktu perendaman baja AISI E 2512 selama 10 hari, 20 hari, 30 hari, 40 hari, berpengaruh terhadap laju korosi baja AISI E 2512 oleh media air laut.

3.6 Pelaksanaan Penelitian

1. Persiapan Alat

Persiapan alat dilakukan untuk menghindari adanya berbagai macam gangguan dan masalah yang dapat timbul akibat dari kondisi peralatan yang akan digunakan, yaitu dengan melakukan pengecekan mengenai fungsi-fungsi peralatan dan membersihkannya dari kotoran- kotoran yang menempel.

2. Persiapan dan Pembuatan Spesimen Uji

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah pelat baja AISI E 2512. Persiapan material dilakukan dengan membersihkan material dari kotoran atau minyak yang ada ataupun yang melekat. Kemudian material diberi tanda ukuran sesuai dengan panjang benda uji yang akan dibuat.

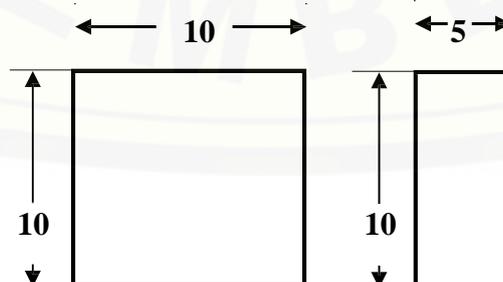
Setelah semua persiapan terhadap material selesai kemudian dilakukan pembuatan spesimen uji sesuai dengan standart ASTM G31 – 72 (*Standart Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metal*).

Dengan spesimen sebagai berikut:

Panjang = 10 mm

Lebar = 10 mm

Tinggi = 5 mm



Gambar 3.1 Penampang Spesimen Uji

Pembentukan spesimen uji dilakukan dengan memotong material menggunakan gergaji potong, selanjutnya dilakukan pengikiran pada bagian sisinya untuk mendapatkan kerataan ukuran sesuai dengan yang diinginkan sebelum dilakukan pengujian material dihaluskan terlebih dahulu dengan kertas gosok grade 400, 600, 800, 1000, 1200, dan 1500 pada permukaan seluruhnya. Setelah permukaannya dalam keadaan halus, selanjutnya dibersihkan dengan aquades, larutan HCl encer dan aseton. Kemudian spesimen kita lakukan penimbangan awal sebelum proses pengkorosian pada medium korosif.

3. Pembuatan Ekstrak Kulit Buah Manggis

Pemilihan inhibitor dari ekstrak kulit buah manggis ini adalah karena merupakan inhibitor organik yang aman, mudah didapatkan, tersedia banyak di alam, bersifat *biodegradable*, murah dan ramah lingkungan. Inhibitor ini akan menghasilkan sebuah lapisan pelindung tipis dipermukaan logam yang menghalangi reaksi langsung antara logam dengan lingkungan air laut.

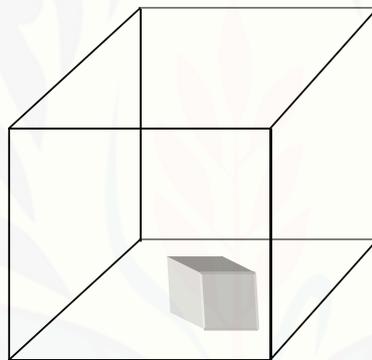
Proses pembuatan ekstrak yaitu dengan cara maserasi. Maserasi adalah salah satu jenis metoda ekstraksi dengan sistem tanpa pemanasan atau dikenal dengan istilah ekstraksi dingin, jadi pada metoda ini pelarut dan sampel tidak mengalami pemanasan. Adapun langkah-langkah proses ekstraksi daun jambu biji merah menggunakan metode maserasi adalah sebagai berikut:

- a. Mengering anginkan kulit buah manggis dalam suhu kamar selama 28 hari.
- b. Kulit buah manggis yang telah dikeringkan dihaluskan menggunakan blender.
- c. Selanjutnya kulit buah manggis berbentuk bubuk 100 g dimasukkan ke dalam botol yang berisi etanol 96% sebanyak 750 ml dalam waktu 3 hari.
- d. Hasil perendaman selanjutnya disaring menggunakan kertas saring hingga didapat filtrat .
- e. Filtrat yang didapat selanjutnya diuapkan dengan menggunakan alat penguap putar vakum (*rotary evaporator*) dengan kecepatan 200 rpm pada suhu 50°C sehingga menghasilkan ekstrak pekat yang nantinya

akan di larutkan dalam medium korosif.

4. Pengkorosian Material

Proses pengkorosian dilakukan dengan cara perendaman spesimen yang telah ditimbang sebelumnya ke dalam larutan korosif dengan variasi konsentrasi inhibitor kulit buah manggis. Perendaman dilakukan selama 40 hari dan dilakukan pengamatan dan perhitungan pada masing- masing waktu yang telah ditentukan, yaitu pada perendaman 10, 20, 30, 40 hari. Posisi peletakan material dilakukan pada keadaan berdiri, dengan maksud agar permukaan dapat terkorosi dengan sempurna atau sebagian besar permukaan dapat berkontak langsung dengan media pelarut, pengujian setiap konsentrasi dibutuhkan 10 spesimen uji pada setiap pengamatan yang dilakukan.



Gambar 3.2 Skema peletakan material saat pengujian

5. Pengambilan dan Pembersihan Material

Pengambilan spesimen dilakukan pada hari ke 10, 20, 30, 40 dengan pola pengambilan dimulai pada konsentrasi 0, 1000, 1200, dan 1400ppm. Setiap selesai pengambilan dilakukan pembersihan spesimen dengan membersihkan spesimen pada media larutan 500mL HCl dan air 1000 mL sesuai dengan ASTM G1. Al. C.3.5. *Standart Practice for Cleaning Procedure for Removal of Corrosion Products*". Setelah direndam dibersihkan dari kotoran yang menempel pada permukaan logam dengan sikat kecil dan kemudian dibersihkan dengan tisu. Setelah itu dilakukan penimbangan kembali untuk mendata atau menghitung pengurangan berat spesimen tersebut.

6. Pengamatan Metallography

Setelah proses pengambilan dan perhitungan dilakukan, selanjutnya adalah melakukan pengamatan metallography melalui beberapa proses penghalusan permukaan logam, setelah permukaan halus kurang lebih seperti cermin kemudian selanjutnya dilakukan fotomikro (Asdim, 2007).

Spesimen yang difoto mikro adalah baja AISI E 2512 yang telah direndam dalam larutan medium korosif dan penambahan inhibitor ekstrak kulit buah manggis dalam berbagai variasi konsentrasi dan waktu perendaman.

Langkah – langkah pengamatan struktur mikro dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

a. Proses *Grinding*

Penggosokan dilakukan secara bertahap menggunakan mesin grinding. Tahap awal yaitu menghilangkan goresan – goresan yang agak kasar hingga merata dan halus (bekas goresan harus sejajar). Pada tahap ini penggosokan dilakukan dengan kertas gosok (amplas) mulai dari grid 400 dan dilanjutkan grid 600, 800, 1000, 1200, sampai yang terakhir grid 1500 semua penggosokan dilakukan searah dan selalu dialiri dengan air. Fungsinya adalah untuk melarutkan beram dalam air serta permukaan spesimen tidak panas.

b. *Polishing*

Polishing dilakukan pada mesin polisher, yaitu piringan yang di atasnya diberi lapisan kain beludru. Polishing dilakukan dengan sedikit menekan benda kerja ke kain beludru dengan menambahkan pasta sampai bekas goresan akibat proses gerinding hilang dan permukaan spesimen terlihat rata.

c. *Etching*

Proses mengetsa adalah proses mencelupkan spesimen kedalam larutan kimia. Larutan yang digunakan dalam penelitian ini adalah HNO₃ dan etanol 97% selama 55 detik lalu dimasukkan kedalam air bersih kemudian spesimen tersebut dibersihkan dengan tisu kering, setelah itu dikeringkan dengan hairdriyer. Hal ini bertujuan untuk

memperjelas gambar struktur mikro pada mikroskop dan untuk melengkapi analisis yang dilakukan.

d. Pengambilan Foto Mikro

Pemeriksaan foto mikro bertujuan untuk mengetahui struktur mikro yang diperoleh dari hasil proses pengkorosian pada baja AISI E 2512. Cara yang digunakan adalah dengan menggunakan mikroskop *optik metalurgy*. Pengambilan foto dilakukan pada permukaan yang terdapat korosinya untuk mengetahui terjadinya korosi dan jenis korosi yang terjadi. Pengambilan foto mikro harus tepat dan dapat mewakili seluruh struktur dalam variasi.

3.7 Analisis Data

3.7.1 Analisis dengan Metode Gravimetri

Setelah spesimen direndam, dilakukan penimbangan berat masing – masing spesimen pada selang waktu 10 hari sekali selama 40 hari pada setiap variasi konsentrasi. Langkah selanjutnya adalah perhitungan laju korosi. Perhitungan laju korosi ini menggunakan metode gravimeter (pengurangan berat). Untuk menghitung laju korosinya menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Laju korosi} = \frac{2400000 \times w}{A \times T \times D} \text{ (mdd)}$$

Dimana :

Mdd = laju korosi, ($mg / dm^2 \text{ day}$)

W = berat yang hilang, (g)

A = luas, (cm^2)

T = waktu, (jam)

D = *density*, (g/cm^3)

Daya Inhibisi dihitung berdasarkan rumus empiris di bawah ini

$$E = \frac{R_o - R_i}{R_o} \times 100 \%$$

Dimana :

E = Daya Inhibisi (%)

R_o = Laju korosi tanpa adanya inhibitor (mdd)

R_i = Laju korosi dengan adanya inhibitor (mdd)

(Sumber:Widharto,1999:136)

Data yang dihasilkan adalah menghitung masa benda uji sebelum dan setelah perendaman untuk dibandingkan. Konversi satunya adalah massa perluasan terhadap waktu perendaman (mdd) pada baja AISI E 2512. Kemudian dianalisis jenis korosinya dengan melihat proses terjadinya korosi pada saat perendaman dan didapat data. Sehingga dari sini data dibahas dan disimpulkan hasilnya.

3.7.2 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan pada saat melakukan penelitian. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan pemberian persentase ekstraksi inhibitor pada medium korosif.

Tabel 3.1 Pengambilan data

Waktu (hari)	Berat awal (g)	Berat akhir (g)	W (g)	D (g/cm ³)	A (cm ²)	T (jam)
10						
20						
30						
40						

Lanjutan

Waktu (hari)	Berat awal (g)	Berat akhir (g)	W (g)	D (g/cm ³)	A (cm ²)	T (jam)

3.8 Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah segala sesuatu yang yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut, kemudian ditarik kesimpulan

1. Variabel bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang bebas ditentukan oleh peneliti sebelum melakukan penelitian. Variabel bebas pada percobaan ini adalah variasi konsentrasi inhibitor ekstrak kulit buah manggis dari 0, 1000, 1200, dan 1400 ppm.

2. Variabel Terikat

Variabel Terikat merupakan suatu variabel yang besarnya tidak dapat ditentukan sepenuhnya oleh peneliti, tetapi besarnya tergantung pada variabel bebasnya. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah hasil perhitungan *weight loss* dan laju korosi.

3.9 Metode Pengujian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimental dengan pendekatan kuantitatif. Uji statistik yang dilakukan dalam penelitian ini adalah eksperimen faktorial. Dimana eksperimen faktorial ini digunakan apabila terdapat lebih dari satu faktor yang mempengaruhi

sesuatu yang diamati. Dalam penelitian ini faktor yang mempengaruhi laju korosi adalah waktu dan konsentrasi. Analisis ini dilakukan untuk menyelidiki apakah terdapat perbedaan yang berarti mengenai efek waktu dan konsentrasi terhadap laju korosi (Sastrosupadi, 2000).

Bentuk Eksperimen Faktorial model Rancangan Acak Lengkap dari data hasil percobaan Y_{ijr} dapat dinyatakan dengan model matematis (Sudjana, 1994):

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijr} \quad \text{Dengan} \quad \begin{aligned} i &= 1, 2, 3, \text{ dan } 4 \\ j &= 1, 2, 3, \text{ dan } 4 \\ r &= 1, 2, 3, \dots, 10 \end{aligned}$$

Di mana :

Y_{ijr} : Pengamatan pada faktor a taraf ke-I, faktor b taraf ke-j dan ulangan ke-r

μ : Rataan umum

α_i : Pengaruh faktor a taraf ke-i

β_j : Pengaruh faktor b taraf ke-j

$(\alpha\beta)_{ij}$: Pengaruh interaksi dari faktor a taraf ke-I dan faktor b taraf ke j

ε_{ijr} : Pengaruh acak pada faktor a taraf ke-I, faktor b taraf ke-j dan ulangan ke-r

Model matematik tersebut memperlihatkan bahwa data Y_{ijr} merupakan nilai – nilai rataan (μ) yang bervariasi sebagai akibat adanya pengaruh perlakuan (α_i), perlakuan (β_j), dan galat (ε_{ijr}) akibat adanya ulangan (Sudjana, 1999).

Asumsi untuk model acak ialah : $\alpha_i \sim N(0, \sigma^2_{\alpha})$, $\beta_j \sim N(0, \sigma^2_{\beta})$, $(\alpha\beta)_{ij} \sim N(0, \sigma^2_{\alpha\beta})$ Model Acak merupakan model dimana perlakuan-perlakuan yang dicobakan merupakan sampel acak dari populasi perlakuan dan kesimpulan yang diperoleh berlaku secara umum untuk seluruh populasi perlakuan.

3.9.1 Penyajian data Eksperimen Faktorial

Penelitian yang akan dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi inhibitor ekstrak kulit buah manggis terhadap laju korosi faktor perlakuan variasi inhibitor ekstrak kulit buah manggis 0 ppm, 1000 ppm, 1200 ppm, dan 1400 ppm dengan variasi waktu pengamatan 10, 20, 30, 40 hari, rancangan yang

digunakan adalah Percobaan Faktorial dengan 10 kali ulangan (n) untuk menyajikan data. Sampel dapat kita buat tabel Percobaan Faktorial dua faktor yang terlihat pada tabel 3.2 dibawah ini.

Tabel 3.2 Data sampel untuk Percobaan Faktorial dua faktor
(faktor konsentrasi dan waktu)

		Faktor B (Hari)					
		r	10	20	30	40	Total
Faktor A (Konsentrasi Ekstrak kulit buah manggis)	0 ppm	1					
		2					
		3					
		4					
		5					
		6					
		7					
		8					
		9					
		10					
		Sub total					
	1000 ppm	1					
		2					
		3					
		4					
		5					
		6					
		7					
		8					
		9					
		10					
		Sub total					
	1200 ppm	1					
		2					
		3					
		4					
		5					
		6					
		7					
		8					
		9					
		10					
		Sub total					

Lanjutan

		Faktor B (HARI)				
1400 ppm	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
Sub Total						

Setelah data laju korosi didapat pada tabel 3.2 lalu dilanjutkan pada tabel 3.3 perhitungan Eksperimen faktorial yang mana tabel tersebut bentuk sederhana dari subtotal pada tabel 3.2 dan selanjutnya tabel perhitungan eksperimen faktorial tersebut guna mengisi data pada tabel 3.4 Tabel anova

Tabel 3.3 Tabel perhitungan eksperimen faktorial

Ekstrak Kulit Buah Manggis (A)	Hari (B)				Jumlah Yi...
	10	20	30	40	
0 ppm					
1000 ppm					
1200 ppm					
1400 ppm					
Jumlah (Yj...)					Y.....

3.9.2 Percobaan Faktorial dengan Metode Rancangan Acak Lengkap

Percobaan Faktorial menggunakan rancangan dasar Rancangan Acak Lengkap dimana peneliti ingin mengetahui pengaruh pemberian ekstrak kulit buah manggis dan pengaruh lama waktu perendaman terhadap kecepatan laju korosi diberikan perlakuan yang sama (homogen) untuk seluruh spesimen uji

dan kombinasi perlakuan ditempatkan secara acak dan bebas pada percobaan, dapat dibuat tabel hasil pengamatan dengan pola Acak yang disajikan dalam tabel 3.4 yaitu tabel Ansira atau Anova sebagai berikut.

Tabel 3.4 Tabel Ansira atau Anova

Sumber keragaman (SK)	Derajat bebas (DB)	Jumlah kwadrat (JK)	Kwadrat tengah (KT)	F hitung	F tabel
					5%
Perlakuan	ab-1	JK(P)	KT(P)	KTP/KTG	
A	a-1	JK(A)	KT(A)	KTP/KTG	
B	b-1	JK(B)	KT(B)	KTP/KTG	
AB	(ab-1)(b-1)	JK(AB)	KT(AB)	KTAB/KTG	
Galat	ab(r-1)	JK(G)	KT(G)		
Total	(abr-1)	JK(T)			

Ket: A = perlakuan faktor a
 B = perlakuan faktor b
 a = Taraf faktor A
 b = Taraf faktor B
 r = jumlah ulangan

DBP = ab-1
 DBA = a-1
 DBB = b-1
 DBAB = (a-1)(b-1)
 DBG = ab(r-1)
 DBT = (abr-1)
 $FK = \frac{(Y_{..})^2}{abr}$
 $JKT = \sum (\sum_{ijk})^2 - FK$
 $JKP = \frac{\sum (\sum_{y_{ij}})^2 - FK}{r}$

$$\begin{aligned}
 \text{JK faktor A} &= \frac{\sum (\sum y_i)^2 - FK}{rb} \\
 \text{JK faktor B} &= \frac{\sum (\sum y_j)^2 - FK}{ra} \\
 \text{JK faktor AB} &= \text{JKP} - \text{JKA} - \text{JKB} \\
 \text{JKG} &= \text{JKT} - \text{JKA} - \text{JKB} - \text{JKAB} \\
 \text{KTP} &= \text{JKP} / \text{DBP} \\
 \text{KTA} &= \text{JKP} / \text{DBA} \quad \text{KTB} = \text{JKP} / \text{DBB} \\
 \text{KTAB} &= \text{JKAB} / \text{DBAB} \\
 \text{KTG} &= \text{JKG} / \text{DBG}
 \end{aligned}$$

3.9.3 Uji Hipotesis

Hipotesis adalah suatu pernyataan yang masih lemah kebenarannya dan perlu dibuktikan atau dugaan yang sifatnya masih sementara. Pengujian hipotesis akan menghasilkan keputusan menerima atau menolak hipotesis. Penolakan suatu hipotesis bukan berarti disimpulkan bahwa hipotesis salah, dimana bukti yang tidak konsisten dengan hipotesis. Penerimaan hipotesis sebagai akibat tidak cukupnya bukti untuk menolak dan tidak berimplikasi bahwa hipotesis itu pasti benar. Pada penelitian ini ditetapkan nilai taraf signifikansi α sebesar 5% atau 0,05 dengan artian ada kemungkinan satu diantara seratus keputusan penolakan hipotesis nol adalah keputusan yang keliru (Sudjana, 1994)

Model acak untuk membuktikan Hipotesis bahwa :

Hipotesis pengaruh utama faktor A

$\sigma^2 = 0$ (Keragaman faktor A tidak berpengaruh terhadap respon yang diamati)

$\sigma^2 > 0$ (Keragaman faktor A berpengaruh positif terhadap respons yang diamati)

Hipotesis pengaruh utama faktor B

$\sigma\beta^2 = 0$ (Keragaman faktor B tidak berpengaruh terhadap respons yang diamati)

$\sigma\beta^2 > 0$ (Keragaman faktor B berpengaruh positif terhadap respons yang diamati)

Hipotesis pengaruh interaksi

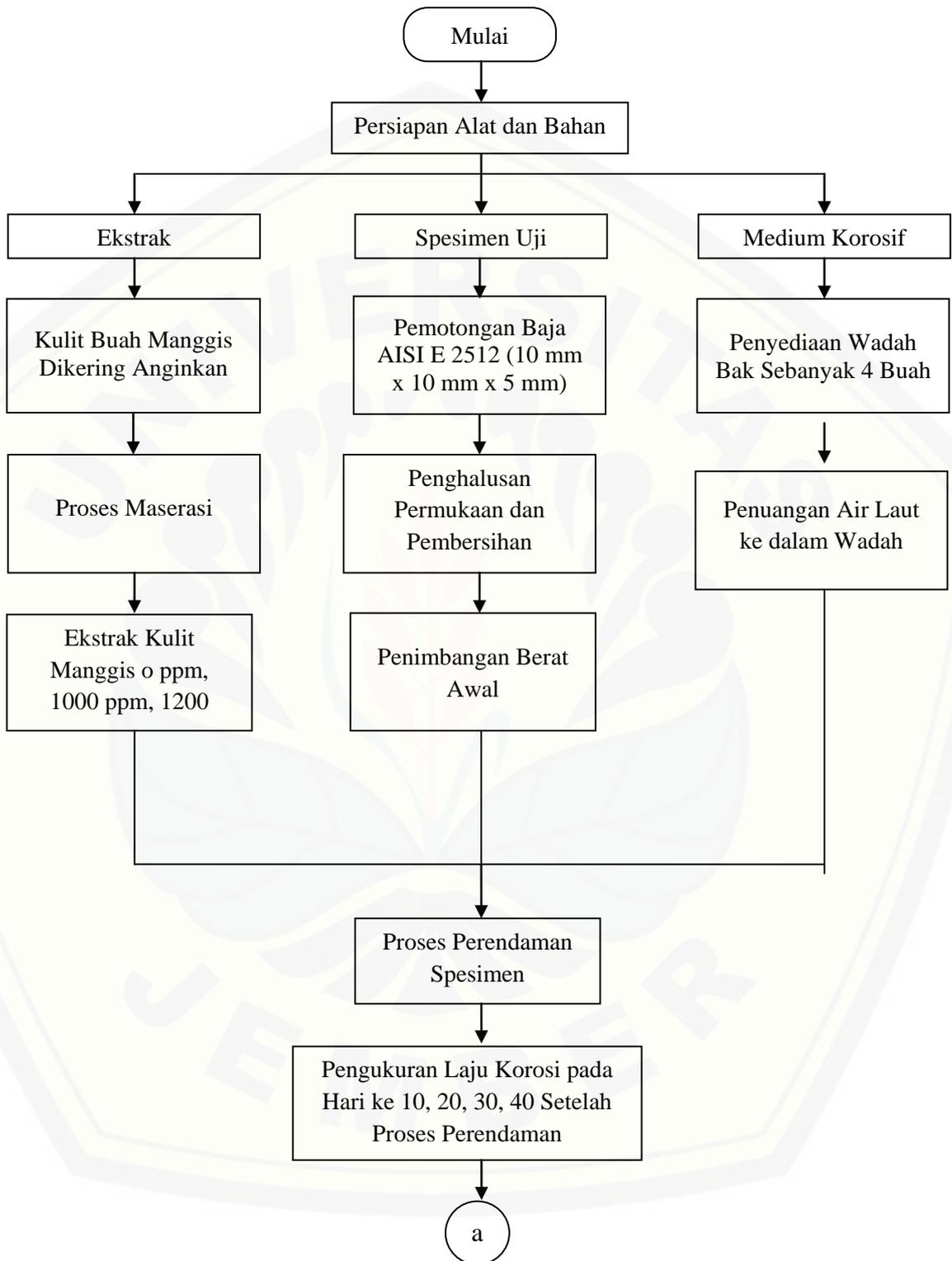
$\sigma\alpha\beta^2 = 0$ (Keragaman faktor A dengan faktor B tidak berpengaruh terhadap respons yang diamati)

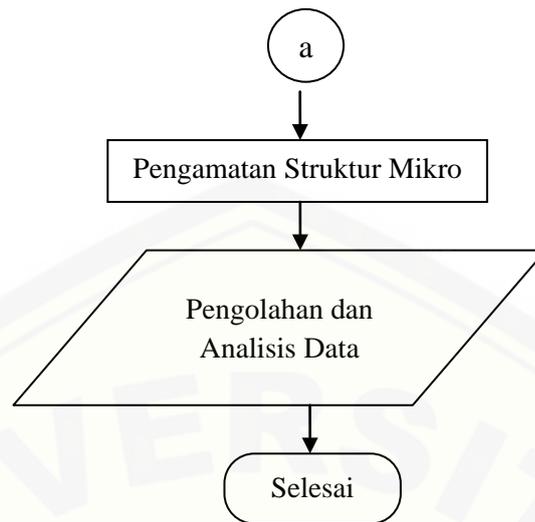
$\sigma\alpha\beta^2 > 0$ (Keragaman faktor A dengan faktor B berpengaruh positif terhadap respons yang diamati)

Uji F dilakukan untuk membandingkan besaran pengaruh perlakuan (KTP) atau pengaruh kontrol lokal (pengelompokan) dengan efek kondisi (galat) (KTG). Kriteria keputusan : H_0 ditolak jika $F_{hit} > F_{tabel}$.

Kriteria Pengambilan Keputusan :

- a. Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ 5%, maka hasil penelitian menunjukkan bahwa inhibitor dan lama perendaman tidak berpengaruh terhadap laju korosi atau dengan kata lain Terima H_0 tolak H_1 .
- b. Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ 5%, maka hasil penelitian menunjukkan bahwa bahwa inhibitor dan lama perendaman berpengaruh terhadap laju korosi atau dengan kata lain Tolak H_0 dan Terima H_1

3.10 Diagram Alir Proses



Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian Dan Analisis

Setelah dilakukan penelitian selama 40 hari dan pengambilan data spesimen dilakukan setiap 10 hari sekali dengan variabel konsentrasi inhibitor ekstrak kulit buah manggis 0 ppm, 1000 ppm, 1200 ppm, 1400 ppm. Didapatkan data pengurangan berat dan laju korosi sebagai berikut:

4.1.1 Data hasil penelitian pada konsentrasi 0 ppm

Tabel 4.1 data laju korosi konsentrasi 0 ppm perendaman 40 hari

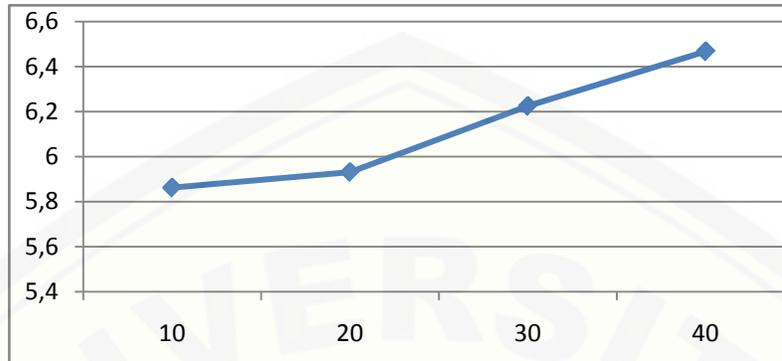
Waktu (hari)	Berat awal (g)	Berat akhir (g)	W (g)	D (g/cm ³)	A (cm ²)	T (jam)	Laju korosi (mdd)
10	5.5589	5.5405	0.0184	7.86	3.7	240	6.326938
	5.2651	5.2465	0.0186	7.86	4.94	240	4.790308
	5.7144	5.6961	0.0183	7.86	4.3	240	5.414522
	4.6191	4.6001	0.019	7.86	4.3	240	5.621634
	5.2238	5.2047	0.0191	7.86	3.98	240	6.105592
	4.5836	4.5642	0.0194	7.86	4	240	6.170483
	4.8712	4.8516	0.0196	7.86	4	240	6.234097
	5.1562	5.138	0.0182	7.86	4	240	5.788804
	5.0772	5.0584	0.0188	7.86	4	240	5.979644
	5.7224	5.7044	0.018	7.86	3.7	240	6.189396
20	5.6976	5.6601	0.0375	7.86	4.54	480	5.254397
	4.9452	4.8995	0.0457	7.86	4.3	480	6.760755
	4.9115	4.8667	0.0448	7.86	4.3	480	6.627611
	4.8791	4.8417	0.0374	7.86	4	480	5.947837
	5.2632	5.2269	0.0363	7.86	4	480	5.772901
	5.2414	5.2049	0.0365	7.86	4.3	480	5.399728
	5.3812	5.3439	0.0373	7.86	4.3	480	5.518078
	4.794	4.7488	0.0452	7.86	4	480	7.188295
	5.381	5.345	0.036	7.86	4.26	480	5.375766
	5.3412	5.3046	0.0366	7.86	4.26	480	5.465362

Lanjutan

Waktu (hari)	Berat awal (g)	Berat akhir (g)	W (g)	D (g/cm ³)	A (cm ²)	T (jam)	Laju korosi (mdd)
30	5.5981	5.5395	0.0586	7.86	4.26	720	5.833702
	4.2794	4.2171	0.0623	7.86	4	720	6.605174
	5.5245	5.465	0.0595	7.86	4.26	720	5.923298
	5.237	5.1789	0.0581	7.86	3.98	720	6.190835
	5.5914	5.5279	0.0635	7.86	4.62	720	5.828918
	5.2391	5.1749	0.0642	7.86	4.26	720	6.391189
	4.3572	4.2944	0.0628	7.86	4	720	6.658185
	4.205	4.1437	0.0613	7.86	4	720	6.499152
	4.9484	4.8856	0.0628	7.86	4.26	720	6.251817
	4.7911	4.7296	0.0615	7.86	4.3	720	6.065448
40	4.7303	4.6475	0.0828	7.86	3.98	960	6.617055
	4.6454	4.5632	0.0822	7.86	4	960	6.53626
	4.3827	4.297	0.0857	7.86	3.7	960	7.3671
	5.35	5.2664	0.0836	7.86	4.26	960	6.241862
	4.9253	4.8421	0.0832	7.86	4.3	960	6.15421
	5.3206	5.2327	0.0879	7.86	4.26	960	6.562914
	5.2015	5.1226	0.0789	7.86	4	960	6.273855
	5.1976	5.1121	0.0855	7.86	4.3	960	6.324339
	5.0972	5.0126	0.0846	7.86	4.26	960	6.316525
	5.0734	4.9885	0.0849	7.86	4.3	960	6.279957

4.1.1.1 Analisis laju korosi pada konsentrasi 0 ppm

Konsentrasi 0 ppm inhibitor ekstrak kulit buah manggis ini adalah konsentrasi yang dijadikan pembanding variasi konsentrasi yang lain. Pengaruh konsentrasi 0 ppm ekstrak kulit buah manggis dapat dilihat pada gambar 4.1 di bawah ini.



Gambar 4.1 laju korosi pada konsentrasi 0 ppm dengan waktu perendaman 40 hari

Konsentrasi inhibitor ekstrak kulit buah manggis 0 ppm menunjukkan perubahan laju korosi sesuai dengan penambahan waktu perendaman. Pada awal perendaman yaitu perendaman yang dilakukan selama 10 hari, laju korosi yang terjadi adalah 5,8621 mdd. Hal ini terjadi karena reaksi reduksi oksidasi yang menyebabkan korosi pada permukaan logam. Walaupun secara kasat mata belum terbentuk produk korosi, tetapi reaksi korosi telah terjadi dengan adanya pengurangan berat spesimen setelah perendaman.

Gambar 4.1 menunjukkan grafik adanya kenaikan laju korosi pada konsentrasi 0 ppm. Pada data hasil penelitian, laju korosi tertinggi pada spesimen yang direndam selama 40 hari yaitu 6,4674 mdd. Laju korosi terendah yaitu pada saat spesimen dilakukan perendaman selama 10 hari dengan laju korosi 5,8621 mdd. Menurut (Ludiana, 2012), laju korosi pada perendaman 6 hari lebih besar dari pada perendaman 3 hari, ini dikarenakan semakin lama perendaman, semakin besar juga ion yang teroksidasi, sehingga mengakibatkan laju korosinya besar.

4.1.2 Data hasil penelitian pada konsentrasi 1000 ppm

Tabel 4.2 data laju korosi konsentrasi 1000 ppm perendalam 40 hari

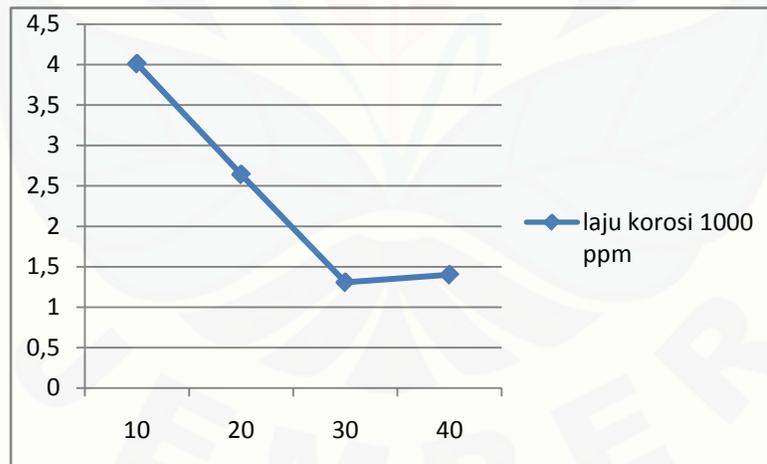
Waktu (hari)	Berat awal (g)	Berat akhir (g)	W (g)	D (g/cm ³)	A (cm ²)	T (jam)	Laju korosi (mdd)
10	4.1504	4.1364	0.014	7.86	4.3	240	4.142257
	5.241	5.2282	0.0128	7.86	3.7	240	4.401348
	4.5826	4.5688	0.0138	7.86	4.62	240	3.800271
	5.3728	5.3598	0.013	7.86	4.3	240	3.846381
	4.4361	4.423	0.0131	7.86	4.3	240	3.875969
	4.5865	4.5728	0.0137	7.86	4.3	240	4.053494
	4.6533	4.6403	0.013	7.86	3.98	240	4.155638
	5.6038	5.5915	0.0123	7.86	4.26	240	3.67344
	4.526	4.5131	0.0129	7.86	3.98	240	4.123672
	5.5374	5.5248	0.0126	7.86	3.98	240	4.027772
20	4.7119	4.6951	0.0168	7.86	3.7	480	2.888385
	5.7033	5.6868	0.0165	7.86	4.94	480	2.124733
	5.5925	5.5752	0.0173	7.86	4.26	480	2.583354
	5.442	5.4238	0.0182	7.86	4.26	480	2.717748
	5.4901	5.4739	0.0162	7.86	4.26	480	2.419095
	4.5977	4.58	0.0177	7.86	4	480	2.814885
	5.0374	5.0206	0.0168	7.86	3.98	480	2.685182
	5.0755	5.0588	0.0167	7.86	3.98	480	2.669198
	5.0471	5.0309	0.0162	7.86	3.98	480	2.589282
	4.8674	4.8504	0.017	7.86	3.7	480	2.92277
30	4.0098	3.9961	0.0137	7.86	3.4	720	1.708826
	5.1725	5.1601	0.0124	7.86	4.62	720	1.138245
	5.603	5.5908	0.0122	7.86	4.94	720	1.047343
	4.6097	4.5952	0.0145	7.86	4	720	1.53732
	3.7735	3.7609	0.0126	7.86	3.14	720	1.701755
	4.6462	4.6325	0.0137	7.86	3.98	720	1.459801
	5.7685	5.7552	0.0133	7.86	4.94	720	1.141776
	5.6082	5.5957	0.0125	7.86	4.94	720	1.073098
	5.4525	5.4403	0.0122	7.86	4.94	720	1.047343
	4.6738	4.6623	0.0115	7.86	3.98	720	1.225381

Lanjutan

Waktu (hari)	Berat awal (g)	Berat akhir (g)	W (g)	D (g/cm ³)	A (cm ²)	T (jam)	Laju korosi (mdd)
40	4.7605	4.7412	0.0193	7.86	3.98	960	1.542381
	4.0244	4.0053	0.0191	7.86	3.7	960	1.641909
	5.6605	5.641	0.0195	7.86	4.94	960	1.255524
	5.0468	5.0282	0.0186	7.86	4.3	960	1.375821
	5.9333	5.9138	0.0195	7.86	4.9	960	1.265773
	5.5744	5.556	0.0184	7.86	4.3	960	1.361027
	5.7596	5.7408	0.0188	7.86	4.26	960	1.403672
	5.4626	5.4428	0.0198	7.86	4.6	960	1.369067
	5.4106	5.3907	0.0199	7.86	4.6	960	1.375982
	5.293	5.2737	0.0193	7.86	4.3	960	1.427599

4.1.2.1 Analisis laju korosi pada konsentrasi 1000 ppm

Variasi konsentrasi yang kedua adalah pada konsentrasi 1000 ppm. Data hasil penelitian laju korosi untuk konsentrasi 1000 ppm ditunjukkan pada data hasil penelitian diatas dan dapat dilihat pada gambar 4.2 di bawah ini.



Gambar 4.2 laju korosi pada konsentrasi 1000 ppm dengan waktu perendaman 40 hari

Pada data tabel 4.2 menunjukkan perubahan laju korosi AISI E 2512 antara perendaman inhibitor ekstrak kulit buah manggis konsentrasi 0 ppm dengan konsentrasi 1000 ppm. Pada awal perendaman, laju korosi yang terjadi pada konsentrasi 1000 ppm sebesar 4,0100 mdd bila dibandingkan dengan laju korosi pada konsentrasi 0 ppm yang terjadi sebesar 5,8621 mdd. terjadi penurunan laju korosi yang signifikan.

Kurva pada gambar 4.2 diatas menunjukkan bahwa laju korosi pada konsentarsi 1000 ppm lebih kecil dibandingkan dengan laju korosi 0 ppm. Penurunan laju korosi yang cukup signifikan terjadi pada saat spesimen direndam selama 30 hari yaitu sebesar 1,3080 mdd.

Pada penelitian tentang pengaruh variasi konsentrasi inhibitor tapioka terhadap laju korosi dan perilaku aktif pasif *stainless stell* AISI 304 diperoleh hasil bahwa pada konsentrasi inhibitor yang lebih tinggi. Kemampuan absorpsi dari inhibitor pada spesimen akan cenderung lebih cepat. Hal ini menghasilkan penurunan laju korosi yang lebih cepat hingga mencapai suatu titik tertentu. (Kristian, 2012).

4.1.3 Data hasil penelitian pada konsentrasi 1200 ppm

Tabel 4.3 data laju korosi konsentrasi 1200 ppm perendaman 40 hari

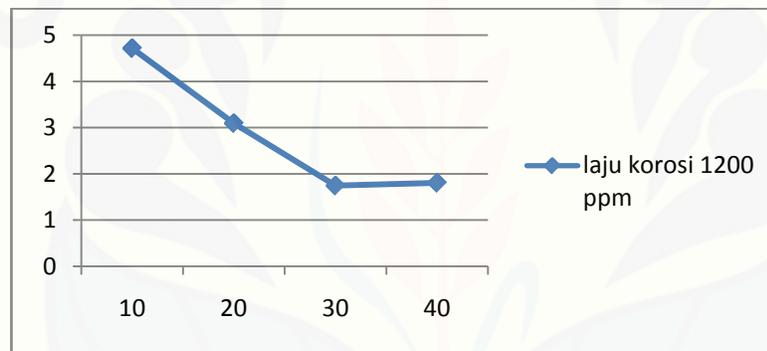
Waktu (hari)	Berat awal (g)	Berat akhir (g)	W (g)	D (g/cm ³)	A (cm ²)	T (jam)	Laju korosi (mdd)
10	5.5589	5.5435	0.0154	7.86	4.6	240	4.259321
	5.2651	5.2492	0.0159	7.86	4.3	240	4.70442
	5.7144	5.6989	0.0155	7.86	4.94	240	3.991923
	4.6191	4.6029	0.0162	7.86	3.7	240	5.570456
	5.2238	5.2074	0.0164	7.86	4.3	240	4.852358
	4.5836	4.5673	0.0163	7.86	3.98	240	5.210531
	4.8712	4.8558	0.0154	7.86	3.98	240	4.922833
	5.1562	5.1395	0.0167	7.86	4.3	240	4.941121
	5.0772	5.0612	0.016	7.86	4.3	240	4.734008

Lanjutan

	5.7224	5.7069	0.0155	7.86	4.94	240	3.991923
Waktu (hari)	Berat awal (g)	Berat akhir (g)	W (g)	D (g/cm ³)	A (cm ²)	T (jam)	Laju korosi (mdd)
20	4.8492	4.8284	0.0208	7.86	4.3	480	3.077105
	4.5446	4.5234	0.0212	7.86	4	480	3.371501
	5.2446	5.2245	0.0201	7.86	4.94	480	2.588312
	5.4452	5.4232	0.022	7.86	4.6	480	3.042372
	5.6064	5.5846	0.0218	7.86	4.94	480	2.807224
	4.8865	4.864	0.0225	7.86	4	480	3.578244
	5.1414	5.1219	0.0195	7.86	4.54	480	2.732286
	4.8305	4.8089	0.0216	7.86	4.26	480	3.22546
	5.1895	5.1671	0.0224	7.86	4.26	480	3.344921
	4.9441	4.9228	0.0213	7.86	4.26	480	3.180662
30	4.4433	4.4251	0.0182	7.86	4	720	1.929601
	5.4003	5.383	0.0173	7.86	4.62	720	1.588036
	5.23	5.2124	0.0176	7.86	4.26	720	1.752102
	5.1658	5.1484	0.0174	7.86	4.3	720	1.716078
	4.4625	4.4445	0.018	7.86	4.3	720	1.775253
	5.885	5.8666	0.0184	7.86	4	720	1.950806
	6.236	6.2192	0.0168	7.86	4.94	720	1.442243
	4.3531	4.3354	0.0177	7.86	4	720	1.87659
	6.102	6.0855	0.0165	7.86	4.3	720	1.627315
	4.486	4.469	0.017	7.86	4	720	1.802375
40	4.621	4.5951	0.0259	7.86	4.3	960	1.915794
	5.1708	5.1455	0.0253	7.86	4.26	960	1.888984
	4.03	4.0049	0.0251	7.86	3.42	960	2.334345
	5.8169	5.7911	0.0258	7.86	5.28	960	1.554187
	4.7386	4.712	0.0266	7.86	4.94	960	1.712664
	4.7107	4.685	0.0257	7.86	4.94	960	1.654717
	5.3359	5.3103	0.0256	7.86	4.62	960	1.762445
	6.2782	6.2531	0.0251	7.86	5.62	960	1.420545
	5.1702	5.145	0.0252	7.86	4.3	960	1.864016
	5.1919	5.1656	0.0263	7.86	4.3	960	1.945381

4.1.3.1 Analisis laju korosi pada konsentrasi 1200 ppm

Pada perendaman selama 10 hari diketahui laju korosi yang terjadi sebesar 4,7178 mdd dan terjadi penurunan laju korosi juga pada hari ke 20 menjadi 3,0948 mdd. Penurunan laju korosi terus terjadi hingga hari ke 30 menjadi 1,7460 mdd dan pada perendaman 30 hari terjadi penurunan laju korosi yang tinggi. Tetapi pada hari ke 40 mengalami peningkatan laju korosi menjadi 1,8053 mdd, Pada konsentrasi ekstrak kulit buah manggis konsentrasi 1200 ppm menunjukkan adanya pengurangan laju korosi jika dibandingkan dengan konsentrasi 0 ppm, tetapi jika dibandingkan dengan variasi konsentrasi 1000 ppm, laju korosi pada variasi konsentrasi 1200 ppm mengalami peningkatan.



Tabel 4.3 laju korosi konsentrasi 1200 ppm perendaman 40 hari

Pada gambar 4.3 terlihat bahwa pada hari ke 30 merupakan titik terendah laju korosi yang terjadi selama 40 hari perendaman, hal ini sama dengan grafik laju korosi pada konsentrasi 1000 ppm. Perubahan pola laju korosi ini mengindikasikan adanya pengaruh yang terjadi pada perilaku korosi spesimen dengan waktu perendaman pada konsentrasi inhibitor ekstrak kulit buah manggis. Pada perendaman hari ke 0 hingga hari ke 10 terjadi proses adsorpsi inhibitor pada permukaan logam, hal ini akan membentuk lapisan tipis inhibitor dengan ketebalan beberapa molekul inhibitor.

4.1.4 Data hasil penelitian pada konsentrasi 1400 ppm

Tabel 4.4 data laju korosi konsentrasi 1400 ppm perendaman 40 hari

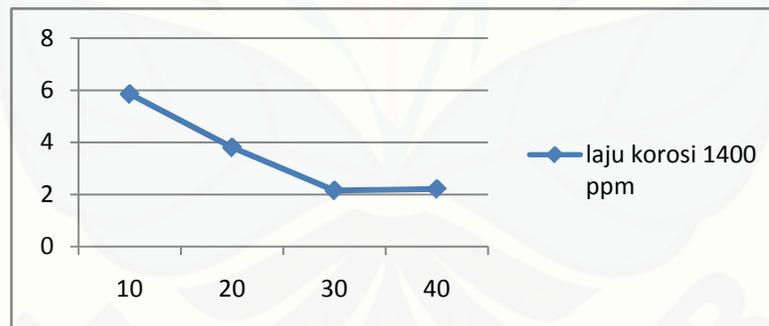
Waktu (hari)	Berat awal (g)	Berat akhir (g)	W (g)	D (g/cm ³)	A (cm ²)	T (jam)	Laju korosi (mdd)
10	4.1504	4.1307	0.0197	7.86	4	240	6.265903
	5.241	5.2216	0.0194	7.86	3.98	240	6.201491
	4.5826	4.564	0.0186	7.86	4.3	240	5.503284
	5.3728	5.3546	0.0182	7.86	3.98	240	5.817894
	4.4361	4.4173	0.0188	7.86	4	240	5.979644
	4.5865	4.5685	0.018	7.86	3.7	240	6.189396
	4.6533	4.634	0.0193	7.86	4	240	6.138677
	5.6038	5.5848	0.019	7.86	4.26	240	5.67442
	4.526	4.5076	0.0184	7.86	3.98	240	5.881826
	5.5374	5.5198	0.0176	7.86	4.54	240	4.932127
20	4.4781	4.4534	0.0247	7.86	4	480	3.928117
	5.5951	5.5709	0.0242	7.86	4.62	480	3.332122
	4.6976	4.6721	0.0255	7.86	4.3	480	3.772413
	5.2792	5.2543	0.0249	7.86	4.18	480	3.789401
	4.9104	4.8845	0.0259	7.86	4.3	480	3.831588
	5.1543	5.1292	0.0251	7.86	4.18	480	3.819838
	5.267	5.242	0.025	7.86	4.3	480	3.698444
	5.3237	5.2991	0.0246	7.86	4	480	3.912214
	5.2924	5.268	0.0244	7.86	4	480	3.880407
	4.4132	4.3874	0.0258	7.86	4	480	4.103053
30	5.806	5.7859	0.0201	7.86	4.94	720	1.725541
	5.724	5.7035	0.0205	7.86	4.94	720	1.75988
	4.4494	4.4287	0.0207	7.86	4	720	2.194656
	3.9345	3.9128	0.0217	7.86	3.42	720	2.690852
	5.1094	5.0884	0.021	7.86	4.26	720	2.090576
	4.3315	4.3108	0.0207	7.86	3.7	720	2.372602
	5.3975	5.3761	0.0214	7.86	4.3	720	2.110579
	4.0649	4.0447	0.0202	7.86	3.7	720	2.315292
	5.54	5.5191	0.0209	7.86	4.54	720	1.9523
	4.8116	4.7898	0.0218	7.86	3.98	720	2.322895

Lanjutan

Waktu (hari)	Berat awal (g)	Berat akhir (g)	W (g)	D (g/cm ³)	A (cm ²)	T (jam)	Laju korosi (mdd)
40	5.1904	5.1626	0.0278	7.86	4.3	960	2.056335
	4.9539	4.9257	0.0282	7.86	3.98	960	2.253635
	3.7541	3.7256	0.0285	7.86	3.14	960	2.886906
	4.0021	3.9734	0.0287	7.86	4	960	2.282125
	4.7076	4.6792	0.0284	7.86	4.26	960	2.120441
	5.7695	5.7419	0.0276	7.86	4.3	960	2.041541
	4.1647	4.1376	0.0271	7.86	4	960	2.154898
	4.4746	4.4475	0.0271	7.86	4	960	2.154898
	5.621	5.5928	0.0282	7.86	4.6	960	1.949884
	4.4041	4.3763	0.0278	7.86	4	960	2.21056

4.1.4.1 Analisis laju korosi pada konsentrasi 1200 ppm

Variasi konsentrasi yang keempat adalah ekstrak kulit buah manggis sebesar 1400 ppm. Pengaruh konsentrasi 1400 ppm ekstrak kulit buah manggis dapat dilihat pada gambar 4.4 di bawah ini. Data hasil penelitian laju korosi pada konsentrasi 1400 ppm dapat dilihat pada tabel 4.4.



Gambar 4.4 data laju korosi konsentrasi 1400 ppm perendaman 40 hari

Laju korosi yang terjadi pada perendaman selama 10 hari konsentrasi 1400 ppm sebesar 5,8584 mdd. Terjadi penurunan laju korosi pada hari ke 20 menjadi 3,8067 mdd Tetapi pada hari ke 30 mengalami penurunan laju korosi yang drastis menjadimenjadi 2,1535mdd. dan pada hari ke 40 mengalami peningkatan laju korosi kembali menjadi 2,1111 mdd.Dari hasil perhitungan laju korosi pada konsentrasi

1400 ppm apabila dibandingkan dengan konsentrasi 1000 ppm dan 1200 ppm terlihat terjadi peningkatan. Hal ini membuktikan bahwa penambahan inhibitor mempunyai jumlah optimum tertentu yang apabila dilakukan penambahan akan terjadi peningkatan laju korosi, bukan menurunkan laju korosi dari batas jumlah konsentrasi yang optimum.

Pada gambar 4.4 terlihat bahwa hasil dari perendaman spesimen selama 30 terjadi penurunan laju korosi yang sangat tinggi, hal ini merupakan titik optimum proteksi dari lapisan tipis ekstrak kulit buah manggis. Sedangkan pada hari ke 40 terjadi proses desorpsi, dimana terjadi pelepasan molekul-molekul proteksi lapisan tipis inhibitor kembali ke lingkungan sehingga laju korosi kembali meningkat.

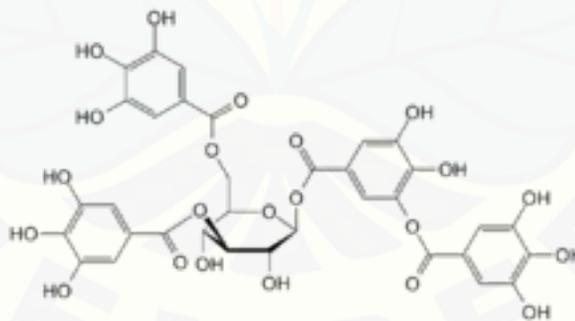
Menurut (Widharto, 2001), meningkatnya laju korosi pada penambahan kafeina 50 dan 100 ppm dapat terjadi karena penambahan konsentrasi kafeina sebagai inhibitor korosi tidak tepat. Sebab bila jumlah inhibitor kafeina yang ditambahkan ke dalam media air laut tidak tepat, akan menyebabkan pembentukan lapisan pelindung yang tidak merata pada permukaan spesimen baja. Tidak tepatnya penambahan inhibitor kafeina ke dalam media korosi juga akan meningkatkan laju korosi yang justru akan memperparah kerusakan logam.

4.2 Mekanisme Inhibitor

Adanya inhibitor pada permukaan baja AISI E 2512 akibat adanya adsorpsi. Adsorpsi muncul adanya gaya adhesi antara inhibitor dan permukaan baja AISI E 2512. Adsorpsi molekul inhibitor pada permukaan baja AISI E 2512 akan menghasilkan semacam lapisan tipis (film) pada permukaan baja, melalui pengaruh lingkungan menyebabkan inhibitor dapat mengendap dan selanjutnya teradsorpsi pada permukaan logam serta melindunginya terhadap korosi.

Sesuai dengan mekanisme proteksi yang telah dijelaskan bahwa ekstrak kulit buah manggis merupakan senyawa yang mengandung tanin, kulit manggis mengandung air 5,87%, abu 2,17%, lemak 6,45%, protein 3,02%, gula 2,10%,

karbohidrat 68,50%, tanin 13,98%, antosianin 5,7-6,2 mg/g, xanton 0,7-34,9 mg/g dan total fenol 50,5-154,6 mg/g. Dalam mekanisme proteksi penghambatan laju korosi yang berperan adalah senyawa tanin. Tanin kaya akan senyawa polifenol yang mampu menghambat proses oksidasi. Polifenol merupakan senyawa turunan fenol yang mempunyai aktivitas sebagai antioksidan. Fungsi polifenol dapat sebagai penangkap dan pengikat radikal bebas dari rusaknya ion-ion logam. Tanin memiliki sifat antara lain dapat larut dalam air atau alkohol karena tanin banyak mengandung fenol yang memiliki gugus OH. Proses inhibisi ini terjadi akibat molekul-molekul tanin yang teradsorpsi pada permukaan besi dan membentuk selaput pelindung di permukaan logam. Selaput pelindung yang terbentuk merupakan selaput tipis yang tidak dapat dilihat secara langsung. Gugus fungsi yang berperan dalam interaksi antar molekul-molekul tanin dan permukaan besi membentuk selaput pelindung adalah gugus hidroksil. Hal ini disebabkan molekul tanin banyak mengandung gugus hidroksil yang kaya dengan pasangan elektron bebas, sehingga tanin dapat menyumbangkan elektron bebas membentuk ikatan kovalen koordinasi dengan logam besi. Hal ini didukung oleh fakta bahwa semakin banyak tanin yang teradsorpsi, semakin besar daya inhibisinya, sehingga laju korosi semakin berkurang.



Gambar 4.5 Struktur molekul Tanin (Wikipedia, 2014)

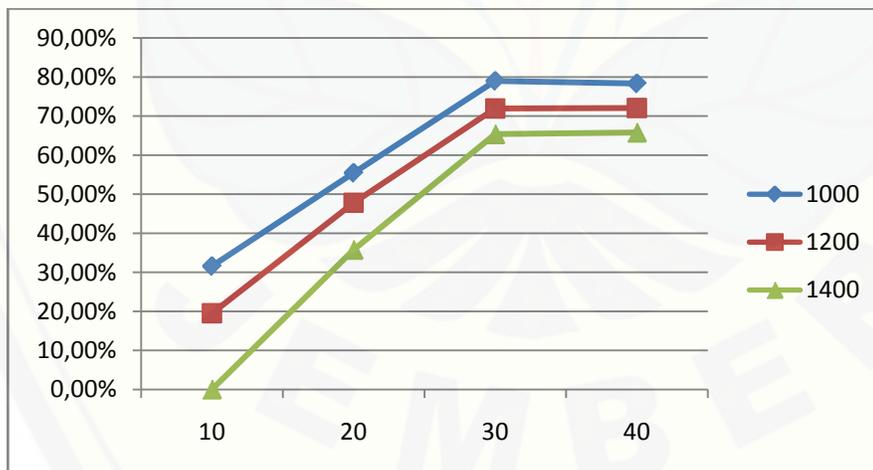
4.3 Analisis Efisiensi Inhibitor Ekstrak Kulit Buah Manggis

Analisis efisiensi inhibitor ini diperlukan untuk menentukan inhibitor dengan konsentrasi berapa yang efektif digunakan untuk perlindungan korosi. Data tentang efisiensi 40 hari perendaman dapat dilihat pada tabel 4.5 dibawah ini.

Tabel 4.5 Daya inhibisi ekstrak kulit buah manggis

Waktu (hari)	Efisiensi konsentrasi ekstrak kulit buah manggis		
	1000 ppm	1200 ppm	1400 ppm
10	31,59%	19,52%	0,06%
20	55,46%	47,81%	35,81%
30	78,98%	71,95%	65,40%
40	78,32%	72,08%	65,81%

Sedangkan grafik yang menjelaskan tentang pengaruh variasi konsentrasi ekstrak kulit buah manggis terhadap efisiensi inhibitor serta waktu perendaman berada pada gambar 4.5 di bawah ini:



Gambar 4.6 efisiensi konsentrasi terhadap laju korosi perendaman 40 hari

Dari tabel di atas efisiensi inhibitor paling baik adalah efisiensi inhibitor dengan konsentrasi 1000 ppm pada hari ke 30 yaitu sebesar 78,98%. Pada konsentrasi inhibitor 1000 ppm, 1200 ppm, 1400 ppm pada hari ke 10, 20, 30, 40 telah terbentuk film tipis akibat adsorpsi molekul ekstrak kulit buah manggis pada permukaan baja.

Sedangkan pada konsentrasi 1200 ppm dan 1400 ppm, efisiensi inhibitor mengalami penurunan dibandingkan dengan konsentrasi 1000 ppm, ketidakmampuan konsentrasi ini dalam melindungi logam dari serangan korosi kemungkinan disebabkan terserapnya senyawa kompleks yang menyelubungi permukaan besi telah penuh, yang terjadi justru sebaliknya yaitu terjadinya desorpsi. Kemungkinan kedua adalah permukaan logam yang kotor, menyebabkan terdapatnya kerak yang menyebabkan terjadinya korosi baru sehingga menurunkan reaktivitas ekstrak kulit buah manggis. Hal ini menyebabkan bahwa penambahan konsentrasi inhibitor ekstrak kulit buah manggis sebesar 1200 ppm dan 1400 ppm menjadi kurang efektif.

4.4 Uji Statistik

Pengaruh waktu dan konsentrasi media korosi terhadap laju korosi dapat ditunjukkan dengan uji statistik dengan pengambilan 160 sampel yaitu semua data yang diujikan pada penelitian ini *valid* dengan *validitas* 95%. dengan menggunakan ANAVA desain faktorial dengan bantuan software SPSS 16.0, Dari proses analisis didapatkan tabel ANAVA sebagai berikut:

Tabel 4.6 Tabel ANAVA Pengaruh Variasi Waktu Dan Konsentrasi Terhadap Laju Korosi

SK	Db	JK	KT	F-hit	Sig.	F-tabel (5%)	Keterangan
Waktu	3	130,484	43,495	364,954	0,000	2,68	Signifikan
Konsentrasi	3	339,458	113,153	949,440	0,000	2,68	Signifikan
Interaksi	9	69,994	7,777	65,257	0,000	1,96	Signifikan
Galat	144	17,162	0.119				
Total	160	2.224					

Berdasarkan tabel 4.6 di atas, pada sumber keragaman (SK) waktu, didapatkan nilai F-hitung sebesar 364,954. Dari tabel distribusi F dengan db $n_1 = 3$ dan $n_2 = 144$ didapatkan F-tabel sebesar 2,68 pada taraf 5%. Jika F-hitung dibandingkan dengan F-tabel dapat dipastikan bahwa F-hitung lebih besar daripada F-tabel 5% ($0364,954 > 2,68$). Dari pengujian ini didapatkan kesimpulan bahwa terdapat pengaruh signifikan variasi waktu perendaman terhadap laju korosi baja AISI E 2512 atau terima H_1 dan tolak H_0 .

Pada sumber keragaman (SK) konsentrasi, didapatkan nilai F-hitung sebesar 949,440. Dari tabel distribusi F dengan db $n_1 = 3$ dan $n_2 = 144$ didapatkan F-tabel sebesar 2,68 pada taraf 5%. Jika F-hitung dibandingkan dengan F-tabel dapat dipastikan bahwa F-hitung lebih besar daripada F-tabel 5% ($949,440 > 2,68$). Dari pengujian ini didapatkan kesimpulan bahwa terdapat pengaruh signifikan variasi konsentrasi inhibitor kulit buah manggis terhadap laju korosi baja AISI E 2512 atau terima H_1 dan tolak H_0 .

Pada sumber keragaman (SK) Interaksi, didapatkan nilai F-hitung sebesar 65,257. Dari tabel distribusi F dengan db $n_1 = 9$ dan $n_2 = 144$ didapatkan F-tabel

sebesar 1,96 pada taraf 5%. Jika F-hitung dibandingkan dengan F-tabel dapat dipastikan bahwa F-hitung lebih besar dari pada F-tabel 5% ($65,257 > 1,96$). Dari pengujian ini didapatkan kesimpulan bahwaterdapat pengaruh interaksi yang signifikan antara faktor variasi waktu perendaman dengan variasi konsentrasi ekstrak kulit buah manggis terhadap laju korosi baja AISI E 2512 atau terima H_0 dan tolak H_1 .

Selanjutnya karena dari hasil pembacaan makna uji F menunjukkan pengaruh terhadap peubah yang dikenai perlakuan, maka dilakukan uji pembanding perlakuan (pengujian dua rata – rata perlakuan), Hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.7 dibawah ini.

Tabel 4.7 uji pembandingan tukey waktu

Multiple Comparisons

laju_korosi

Tukey HSD

(I) waktu	(J) waktu	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
10	20	1.243604*	.0771940	.000	1.042955	1.444253
	30	2.254026*	.0771940	.000	2.053377	2.454675
	40	2.140702*	.0771940	.000	1.940053	2.341351
20	10	-1.243604*	.0771940	.000	-1.444253	-1.042955
	30	1.010422*	.0771940	.000	.809773	1.211071
	40	.897098*	.0771940	.000	.696449	1.097747
30	10	-2.254026*	.0771940	.000	-2.454675	-2.053377
	20	-1.010422*	.0771940	.000	-1.211071	-.809773
	40	-.113324	.0771940	.459	-.313973	.087325
40	10	-2.140702*	.0771940	.000	-2.341351	-1.940053
	20	-.897098*	.0771940	.000	-1.097747	-.696449
	30	.113324	.0771940	.459	-.087325	.313973

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .119.

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Setelah dilakukan perhitungan uji lanjutan diatas dapat disimpulkan, Perbandingan selisih nilai tengah perlakuan dengan nilai uji lanjutan $\alpha = 5\%$ laju korosi terendah terdapat pada variasi perlakuan waktu perendaman 30 hari, hal ini berarti variasi waktu perendaman pada hari ke 30 ini adalah waktu efektif perendaman inhibitor ekstrak kulit buah manggis terhadap laju korosi baja AISI E 2512 .

Tabel 4.8 tabel uji pembandingan tukey konsentrasi

Multiple Comparisons

laju_korosi

Tukey HSD

(I) konsentrasi	(J) konsentrasi	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
0 ppm	1000 ppm	3.780985*	.0771940	.000	3.580336	3.981635
	1200 ppm	3.280337*	.0771940	.000	3.079688	3.480986
	1400 ppm	2.613882*	.0771940	.000	2.413233	2.814531
1000 ppm	0 ppm	-3.780985*	.0771940	.000	-3.981635	-3.580336
	1200 ppm	-.500648*	.0771940	.000	-.701298	-.299999
	1400 ppm	-1.167103*	.0771940	.000	-1.367752	-.966454
1200 ppm	0 ppm	-3.280337*	.0771940	.000	-3.480986	-3.079688
	1000 ppm	.500648*	.0771940	.000	.299999	.701298
	1400 ppm	-.666455*	.0771940	.000	-.867104	-.465806
1400 ppm	0 ppm	-2.613882*	.0771940	.000	-2.814531	-2.413233
	1000 ppm	1.167103*	.0771940	.000	.966454	1.367752
	1200 ppm	.666455*	.0771940	.000	.465806	.867104

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .119.

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Setelah dilakukan perhitungan uji lanjutan diatas dapat disimpulkan, Perbandingan selisih nilai tengah perlakuan dengan nilai uji lanjutan $\alpha = 5\%$ laju korosi terendah terdapat pada variasi perlakuan 1000 ppm, hal ini berarti variasi inhibitor kulit buah manggis pada 1000 ppm ini merupakan perlakuan yang sangat berpengaruh pada laju korosi baja AISI E 2512 dibandingkan dengan variasi inhibitor 1200 ppm dan 1400 ppm,

4.5 Analisis Struktur Makro

Dari hasil penelitian diketahui bahwa pada setiap variasi konsentrasi ekstrak kulit buah manggis, tingkat korosinya berbeda-beda. Sehingga perlu diamati perbedaan-perbedaan yang terjadi pada permukaan baja pada setiap variasi konsentrasi ekstrak kulit buah manggis. Gambar 4.6 dibawah ini menunjukkan foto permukaan baja karbon AISI E 2512 sebelum dilakukan perendaman ekstrak kulit buah manggis.



Gambar 4.7 Foto permukaan baja karbon AISI E 2512 sebelum dilakukan perendaman ekstrak kulit buah manggis.

Setelah dilakukan perendama selama 40 hari permukaan baja karbon AISI E 2512 menunjukkan beberapa perubahan, yang artinya pada permukanbaja sudah terkena korosi. Gambar 4.7 dibawah ini menunjukkan foto permukaan baja karbon AISI E 2512 setelah dilakukan perendaman ekstrak kulit buah manggis selama 40 hari.



Gambar 4.8 Foto makro baja karbon AISI E 2512 setelah direndam ekstrak kulit buah manggis 0 ppm selama 40 hari

Pada gambar 4.8 yaitu pada konsentrasi 0 ppm, permukaan baja karbon mengalami korosi yang ditunjukkan oleh warna coklat gelap diseluruh permukaannya. Korosi ini terjadi karena tidak adanya penambahan ekstrak kulit buah manggis sehingga tidak ada proses penghambatan pada permukaan baja.

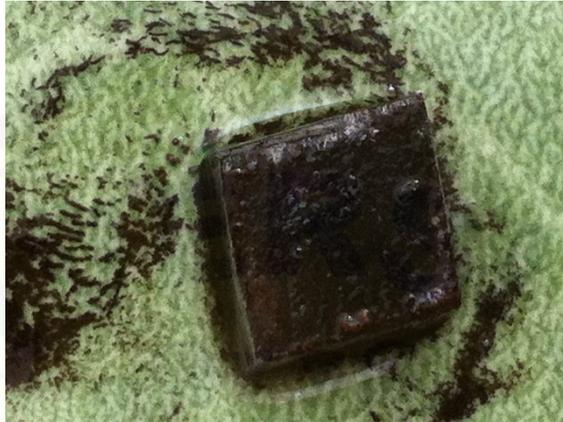
Menurut penelitian yang dilakukan oleh azizi, 2012. Semakin lama waktu perendaman dengan tanpa penambahan inhibitor korosi sebagai pelindung akan semakin memperparah kerusakan akan serangan korosi kepada logam tersebut. Korosi tampak pada permukaan baja berupa korosi merata. Karena serangan korosi tersebut menyerang seluruh permukaan baja karbon. Dengan tidak adanya inhibitor yang menjadi pelindung logam, maka semakin hari serangan korosi akan semakin tampak pada pemfotoan mikro ini.



Gambar 4.9 Foto makro baja karbon AISI E 2512 setelah direndam ekstrak kulit buah manggis 1000 ppm selama 40 hari

Pada gambar 4.9 yakni pada konsentrasi 1000 ppm, menunjukkan adanya lapisan tipis seperti air yang disebut sebagai *film* tipis dari ekstrak kulit buah manggis yang berfungsi sebagai pelindung dari serangan korosi. Tetapi pada konsentrasi 1000 ppm, permukaan baja karbon AISI E 2512 terdapat sedikit butiran berwarna hitam yang menunjukkan adanya endapan dari ekstrak kulit buah manggis sehingga berpotensi terjadi pengikisan permukaan akibat korosi.

Penambahan inhibitor dengan dosis yang tepat akan memberikan perlindungan terhadap korosi pada logam menjadi lebih baik. Pada kondisi penambahan inhibitor yang tepat sebenarnya telah terjadi korosi yaitu jenis korosi merata. Korosi merata yang menyerang permukaan baja karbon merata pada permukaan dan bertambah lebar. Namun serangan korosi yang terjadi tidak begitu besar dan melebar pada permukaan baja karbon karena penambahan inhibitor yang tepat sehingga permukaan baja akan tertutupi oleh lapisan film tipis dari korosi tersebut. (Gogot, 2010)



Gambar 4.10 Foto makro baja karbon AISI E 2512 setelah direndam ekstrak kulit buah manggis 1200 ppm selama 40 hari

Pada gambar 4.10 yaitu pada konsentrasi 1200 ppm, gejala yang sama ditunjukkan seperti pada spesimen 1000 ppm. Tetapi pada konsentrasi 1200 ppm ini butiran hitam dari ekstrak kulit buah manggis meningkat jumlahnya sehingga memperbesar laju korosi yang terjadi.

Penambahan inhibitor pada dosis yang tepat akan menghambat laju korosi dengan baik, namun jika penambahan tersebut melebihi dosis yang dibutuhkan oleh baja karbon, maka akan terjadi desorpsi yang dimana akan memperparah akan serangan korosi itu sendiri. Pada baja karbon schedule 40 grade B erw dengan inhibitor daun teh terjadi serangan korosi sumuran, karena serangan korosi yang terjadi pada permukaan logam bertambah dalam dan pertambahan waktu serangan korosi semakin meningkat. Korosi sumuran tampak jelad pada foto mikro karena bertambah dalam masuk ke permukaan logam (Yonna, 2012).



Gambar 4.11 Foto makro baja karbon AISI E 2512 setelah direndam ekstrak kulit buah manggis 1400ppm selama 40 hari

Pada gambar 4.11 merupakan konsentrasi ekstrak kulit buah manggis 1400 ppm, pada konsentrasi ini menunjukkan adanya lapisan hitam yang berada pada tengah permukaan baja karbon AISI E 2512. Lapisan hitam tersebut merupakan suatu endapan ekstrak kulit buah manggis yang terlalu pekat sehingga dapat merusak film tipis inhibitor.

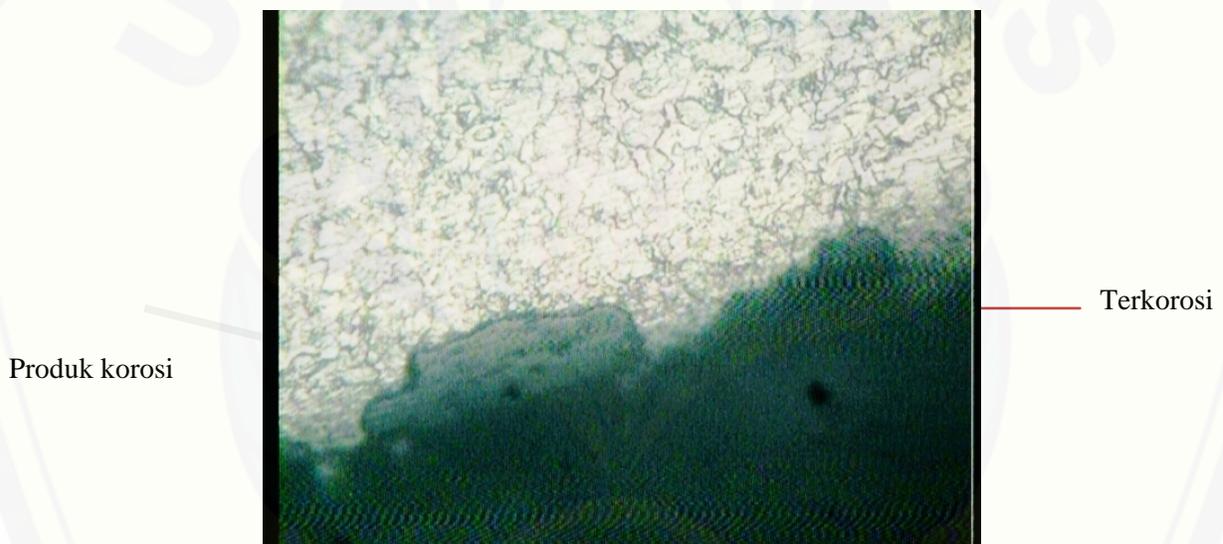
Laju korosi akan semakin dapat dikendalikan dengan penambahan inhibitor pada dosis yang tepat. Akan tetapi pada penambahan konsentrasi tertentu yang melebihi dosis akan terjadi penumpukan lapisan film yang mana akan menggugurkan lapisan film pada permukaan baja tersebut yang menyebabkan serangan korosi akan semakin parah. Pada baja karbon St 37 dengan inhibitor ekstrak daun teh terjadi serangan korosi merata pada permukaan baja karbon, dengan bertambahnya hari serangan korosi akan semakin melebar dan merata. Inhibitor yang diberikan melebihi kapasitas baja karbon akan menggugurkan lapisan itu sendiri, maka semakin hari

karena tidak ada proteksi dan ada daerah yang terproteksi akan semakin menjadikan serangan korosi semakin parah. (Desi, 2013).

4.6 Analisis Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro sangat penting dilakukan agar dapat mengamati struktur mikro dari permukaan baja pada setiap variasi konsentrasi ekstrak kulit buah manggis sesudah perendaman sehingga dapat diketahui jenis korosi apa yang terjadi.

Foto hasil perendaman spesimen baja pada setiap variasi konsentrasi ekstrak kulit buah manggis terlihat pada gambar 4.12 dibawah ini.

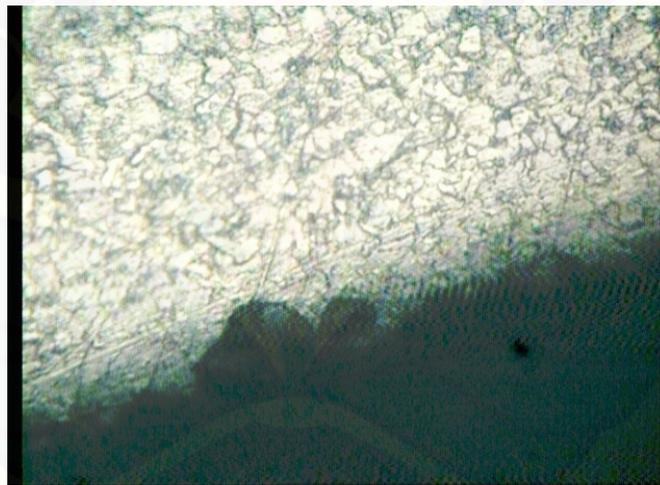


Gambar 4.12 Foto mikroperbesaran 400X setelah direndam ekstrak kulit buah manggis selama 40 hari pada konsentrasi 0 ppm

Pada gambar 4.12 menunjukkan foto mikro baja karbon AISI E 2512 pada konsentrasi 0 ppm dengan waktu perendaman 40 hari, pada gambar ditunjukkan bahwa serangan korosi tersebar ditunjukkan dengan adanya cekungan-cekungan merata pada permukaan baja karbon. Dan terlihat terjdapat produk korosi yang tampak pada batas cekungan yang ber ciri-ciri lebih tebal dari pada lingkungan cekungan dan permukaan. Hal ini disebabkan tidak adanya ekstrak kulit buah

manggis yang dilarutkan dalam konsentrasi ini sehingga korosi yang terjadi terlihat dengan jelas.

Semakin bertambahnya hari dengan tanpa ditambahkan inhibitor daun teh pada baja karbon schedule 40 B erw maka akan semakin hari akan memperparah serangan korosi pada baja karbon. Dan pada foto mikro yang dilakukan terlihat jelas serangan korosi merata pada logam menyerang yang memiliki ciri-ciri cekungan tersebut semakin melebar kesamping. Karena tidak ada lapisan film tipis ekstrak daun teh yang dapat melindungi permukaan baja akan serangan korosi. (Yonna, 2012). Pada foto mikro yang dilakukan oleh anwar, 2009. Menunjukkan ada bagian pada batas korosi logam, terlihat lebih tebal sehingga terindikasi terjadinya produk korosi.

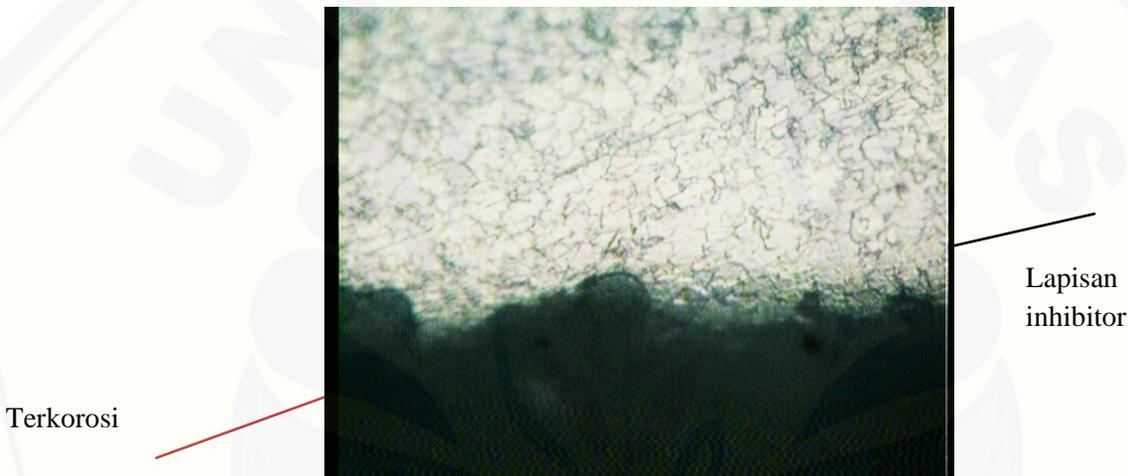


Terkorosi

Gambar 4.12 Foto mikroperbesaran 400X setelah direndam ekstrak kulit buah manggis selama 40 hari pada konsentrasi 1000 ppm

Pada gambar 4.12 menunjukkan foto mikro baja karbon AISI E 2512 pada konsentrasi 1000 ppm, pada gambar terlihat bahwa terdapat cekungan yang merupakan lubang korosi. Lubang korosi yang terbentuk berupa korosi merata dan masih sedikit karena lapisan inhibitor yang terbentuk sangat efektif melindungi baja dan membentuk lapisan tipis pada permukaan baja yang berfungsi untuk menghambat terjadinya serangan korosi.

Penambahan inhibitor kalsium karbonat dan tapioka dengan dosis yang tepat akan memberikan perlindungan terhadap korosi pelat baja tangki ballast menjadi lebih baik. Pada kondisi penambahan inhibitor yang tepat sebenarnya telah terjadi korosi yaitu jenis korosi merata. Korosi merata yang menyerang permukaan baja karbon merata pada permukaan dan bertambah lebar. Namun serangan korosi yang terjadi tidak begitu besar dan melebar pada permukaan baja karbon karena penambahan inhibitor yang tepat sehingga permukaan baja akan tertutupi oleh lapisan film tipis dari korosi tersebut. (Aziz, 2012)

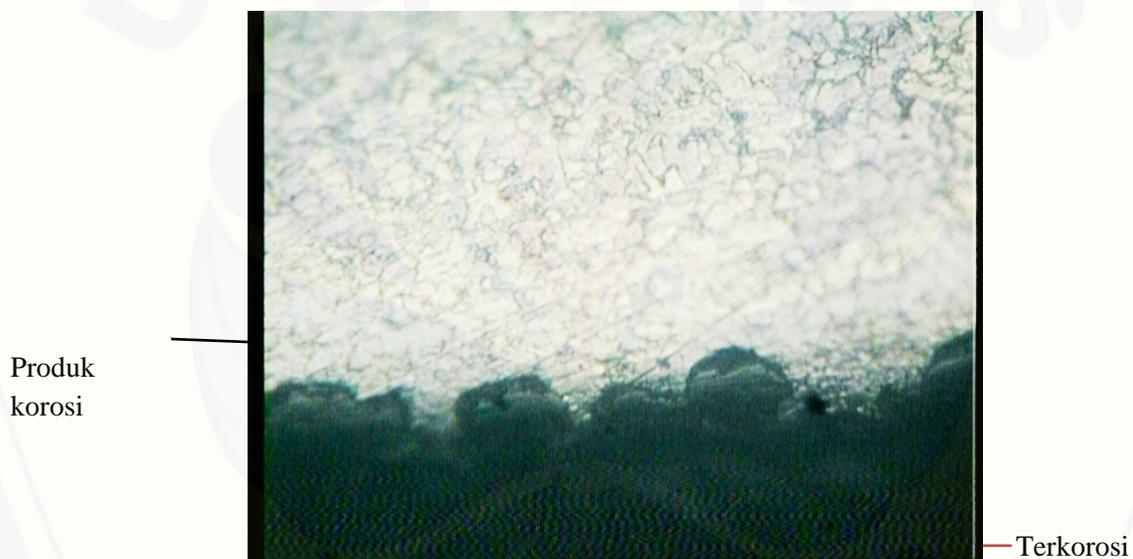


Gambar 4.13 Foto mikropbesaran 400X setelah direndam ekstrak kulit buah manggis selama 40 hari pada konsentrasi 1200 ppm

Pada gambar 4.13 adalah pada konsentrasi 1200 ppm, pada foto mikro baja tersebut terdapat serangan korosi merata yang melebar. Hal ini terjadi akibat korosi yang terbentuk selama 40 hari tersebut tidak mendapatkan perlindungan yang maksimal dari inhibitor ekstrak kulit buah manggis karena dosisnya yang kurang tepat. Lubang tersebut melebar menyamping yang menandakan terus berkembangnya korosi yang akan terjadi.

Penambahan inhibitor pada dosis yang tepat akan menghambat laju korosi dengan baik, namun jika penambahan tersebut melebihi dosis yang dibutuhkan oleh baja karbon, maka akan terjadi desorpsi yang dimana akan memperparah akan

serangan korosi itu sendiri. Pada baja karbon schedule 40 grade B erw dengan inhibitor daun teh terjadi serangan korosi sumuran, karena serangan korosi yang terjadi pada permukaan logam bertambah dalam dan pertambahan waktu serangan korosi semakin meningkat. Korosi sumuran tampak jelad pada foto mikro karena bertambah dalam masuk ke permukaan logam (Yonna, 2012). Pada gambar tersebut terdapat warna agak kegelapan yang merata sepanjang batas antara lubang korosi dan permukaan baja. Hal tersebut dapat diidentifikasi sebagai lapisan pelindung inhibitor kulit buah manggis. Pada penelitian yang dilakukan oleh Bernadus, 2004 menunjukkan pada permukaan logam AISI 316L setelah dilakukan pengujian mikro teramati bentuk butir tidak homogen dan sedikit bintik hitam sebagai lapisan tipis pelindung korosi.



Gambar 4.14 Foto mikroperbesaran 400X setelah direndam ekstrak kulit buah manggis selama 40 hari pada konsentrasi 1400 ppm

Pada gambar 4.14 merupakan konsentrasi 1400 ppm, pada foto mikro tersebut tampak serangan korosi jenis merata, karena terdapat lubang yang melebar kesamping dan akan mendalam. Dan terlihat pada batas korosi merata terdapat daerah yang tidak sama rata dengan daerah korosi dan permukaan baja, yang mana hal ini mengindikasikan produk korosi. Hal ini terjadi akibat adanya endapan dari ekstrak

kulit buah manggis yang jumlahnya berlebih sehingga terjadi proses desorpsi. Yang mana akan guguran perlindungan ekstrak kulit buah manggis tersebut tidak maksimal melinungi permukaan logam karena ada permukaan baja karbon yang tertutupi dan tidak tertutupi sehingga serangan semakin parah.

Laju korosi akan semakin dapat dikendalikan dengan penambahan inhibitor pada dosis yang tepat. Akan tetapi pada penambahan konsentrasi tertentu yang melebihi dosis akan terjadi penumpukan lapisan film yang mana akan menggugurkan lapisan film pada permukaan baja tersebut yang menyebabkan serangan korosi akan semakin parah. Pada baja karbon St 37 dengan inhibitor ekstrak daun teh terjadi serangan korosi merata pada permukaan baja karbon, dengan bertambahnya hari serangan korosi akan semakin melebar dan merata. Inhibitor yang diberikan melebihi kapasitas baja karbon akan menggugurkan lapisan itu sendiri, maka semakin hari karena tidak ada proteksi dan ada daerah yang terproteksi akan semakin menjadikan serangan korosi semakin parah. (Desi, 2013). Pada pembacaan metalografi yang dilakukan oleh anwar, 2009. Menunjukkan bahwa terdapat perbedaan ketebalan pada batas butir logam, hal itu dijelaskan oleh anwar bahwa diidentifikasi adalah produk korosi yang terbentuk.

Jenis korosi yang terjadi adalah korosi merata, karena lubang-lubang yang terbentuk cenderung melebar bertambah besar dan ada pula yang bertambah dalam. Korosi jenis ini terjadi karena media yang berupa larutan ekstrak kulit buah manggis bersifat basa lemah. Oksida logam akan bereaksi dengan larutan ekstrak yang bersifat basa lemah tersebut sehingga terjadilah korosi. (Supardi, 1997). Dari hasil foto mikro dapat disimpulkan bahwa inhibitor ekstrak kulit buah manggis mampu mengurangi korosi merata yang terjadi pada permukaan logam.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Laju korosi pada baja karbon AISI E 2512 rata-rata pada konsentrasi 0 ppm adalah 6,1213 mdd, 1000 ppm adalah 2,3404 mdd, 1200 ppm adalah 2,8409mdd, dan 1400 ppm adalah 3,5074 mdd.
2. Konsentrasi inhibitor pada jumlah tertentu akan menurunkan laju korosi dengan optimum yaitu pada konsentrasi ekstrak kulit buah manggis 1000 ppm, namun jika jumlah konsentrasi ekstrak kulit buah manggis ditambah maka laju korosi akan meningkat yaitu terjadi pada konsentrasi 1200 ppm,dan 1400 ppm.
3. Efisiensi inhibitor ekstrak kulit buah manggis terbesar terdapat pada konsentrasi 1000 ppm sebesar 78,98%, dan pada konsentrasi 1200 ppm sebesar 72,08%, dan pada konsentrasi 1400 ppm sebesar 65,81%.
4. Pada foto makro dan mikro terdapat bentuk bercak kehitaman. Senyawa inilah yang nantinya akan membentuk *filming corrosion inhibitor* yang akan melindungi permukaan baja karbon AISI E 2512 terhadap serangan korosi.
5. Jenis korosi yang terjadi adalah korosi merata.

5.2 Saran

1. Menggunakan material dengan paduan nikel atau sejenisnya yang lebih tahan terhadap korosi.
2. Menggunakan metode proteksi Inhibitor yang mengandung senyawa polifenol lain guna memberikan alternatif lain dalam penggunaan ekstrak kulit buah manggis untuk memperlambat proses korosi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, B., 2009. *Pengamatan Struktur Mikro pada Korosi Antar Butir dari Material Baja Tahan Karat Austenitik Setelah Mengalami Proses Pemanasan*. Yogyakarta.
- Arif, R,H., 2012. *Analisa Korosi Atmosfer Pada Baja Karbon-Sedang di Kota Semarang*. Semarang.
- Asdim. 2007. *Penentuan Efisiensi Inhibisi Ekstrak Kulit Buah Manggis (Garcinia Mangostana) Pada Reaksi Korosi Baja Larutan Asam*. Bengkulu.
- ASTM G1-72. 1994. *Standard Practice for Preparing, Cleaning and Evaluating Corrosion Test Specimens*. ASTM Internasional, Annual Book of ASTM Standart, USA, 1994.
- ASTM G31-72. 1994. *Standart Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metal*. ASTM Internasional, Annual Book of ASTM Standart, USA 1994.
- Aziz, A,K., 2012. *Analisa Pengaruh Penambahan Inhibitor Kalsium Karbonat dan Tapioka Terhadap Tingkat Laju Korosi pada Pelat Baja Tangki Ballast Air Laut*. Yogyakarta.
- Bernardus, B., 2004. *Ketahanan Korosi Baja Anti Karat*. Sarjana Teknik. Jurusan Teknik Industri. Fakultas Teknik. UBINUS. Jakarta

- Dalimunthe. 2004. *Kimia dari Inhibitor Korosi*. Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara. Sumatera Utara.
- Desi, M, S,. 2013. *Pengendalian Laju Korosi Baja St-37 Dalam Medium Asam Klorida dan Natrium Klorida Menggunakan Inhibitor Ekstrak Daun Teh (Camelia sinensis)*. Jurnal Fisika Unand Vol. 2. Padang.
- Djaprie, S,. 1995. *Ilmu dan Teknologi Bahan* , ed. 5, hal. 483-510. Erlangga, Jakarta
- Fogler. 1992. *Elements of Chemical Reaction Engginering*. 2nd ed. Prentice – Hall International. Inc, USA.
- Fontana. 1987. *Corrosion Engineering 3 rd Edition*. New York: Mc Graw-Hill Book Company.
- Gogot dkk. 2010. *Ekstrak Bahan Alam sebagai Inhibitor Korosi*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia. Yogyakarta.
- Halimatuddahlia. 2003. *Pencegahan Korosi Dan Scale Pada Proses Produksi Minyak Bumi*. Teknik Kimia USU. Sumatera Utara.
- Hazairin. 2006. *Kajian Pengaruh Tebal Lapisan Coating pada Laju Korosi Tulangan Beton*, ITB bandung.
- Hermawan. B,. 2007. *Ekstrak Bahan Alami sebagai Inhibitor korosi*.
- Kirk and Othmer. 1965. *Encyclopedia of Chemical Technology*.2nd ed.,

Vol.6, p. 320, John Willey and Sons. New York.

Kristian, Andy. 2012. Pengaruh Inhibitor Kafeina terhadap Laju Korosi Baja API5L Grade B dalam Media Air Laut. Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PTBIN). BATAN.

Ludiana, Y. 2012. Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Daun Teh (*Camelia sinensis*) Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Schedule 40 Grade B ERW. Jurnal Fisiska Volume 1 No. 1, Unand : Padang.

Rosita, D.H., 2010. *Studi Inhibisi Baja Austenitik 304 Dalam Media NaCl 3% Dengan Menggunakan Inhibitor Asam-asam Lemak Hasil Hidrolisis Minyak Biji Kapuk*. Tugas Akhir Program Sarjana. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Departemen Kimia. Institut Teknoogi Sepuluh Nopember Surabaya.

Sastrosupadi. 2000. *Rancangan Percobaan Praktis Bidang Pertanian*. Yogyakarta.

Sudjana. 1994. *Desain dan Analisis Eksperimen*. Cetakan III. Bandung: Tarsito.

Tety, S. 2008. *Korosi Baja Karbon dalam Lingkungan Air Sadah*. Vol 1. Bandung.

Uhlig, H, H., 1961. *Corrosion Handbook*. John Willey & Sons Inc. London.

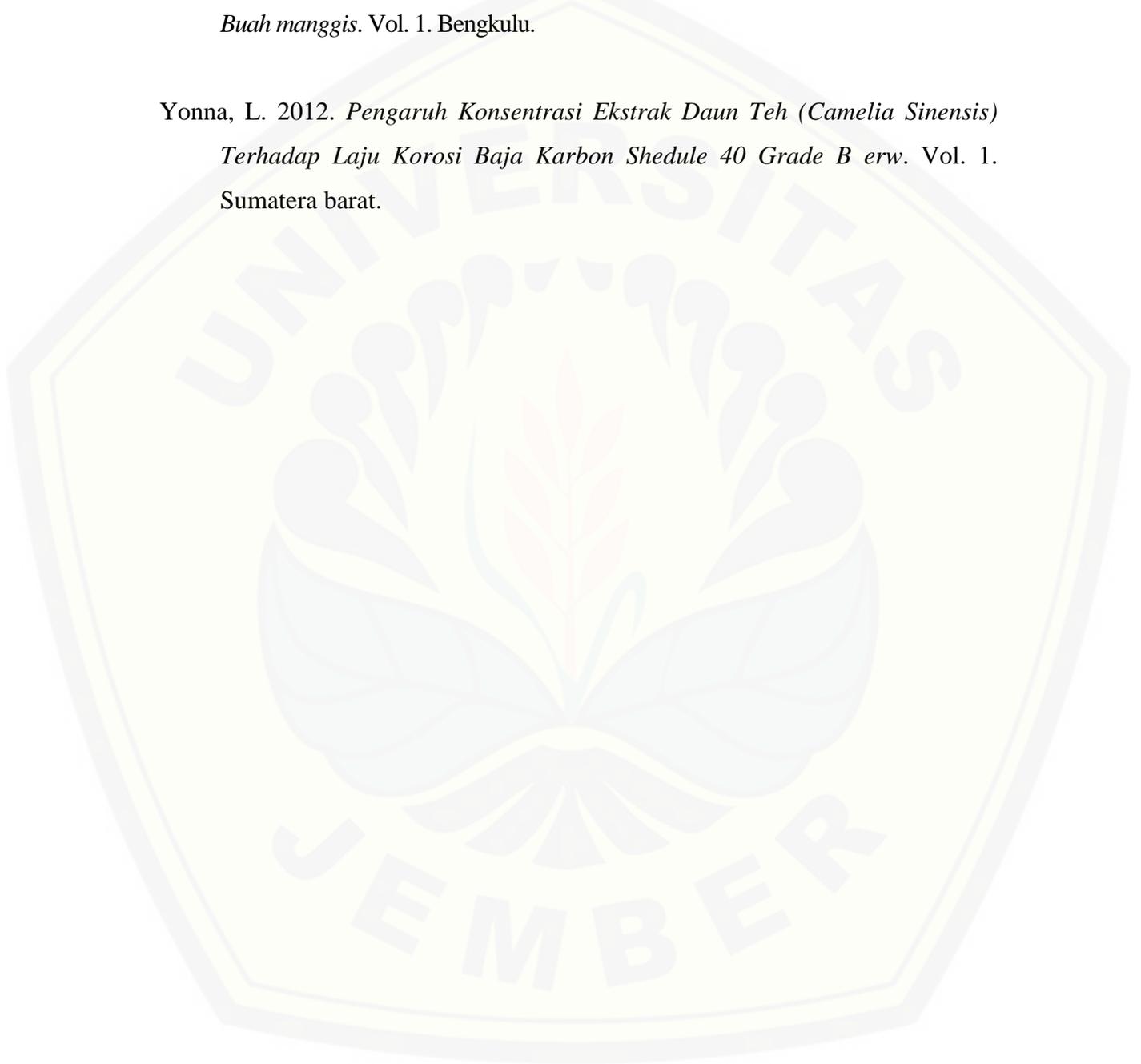
Universitas Jember. 2010. *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah*. Jember: Jember University Press.

Vogel, R.C., 1979. *Corrosion of Materials in the Presence of Flourine at elevated Temperatures ANL-5662*, Argonne National Laboratory. Argonne.

Widharto dan Sri. 1999. *Karat dan Pencegahannya*. Vol. 1 Jakarta.

Yuli, A, N,. 2012. *Penentuan Efisiensi Inhibisi Reaksi Korosi Baja dengan Ekstrak Kulit Buah manggis*. Vol. 1. Bengkulu.

Yonna, L. 2012. *Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Daun Teh (Camelia Sinensis) Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Shedule 40 Grade B erw*. Vol. 1. Sumatera barat.



LAMPIRAN A. Tabel pengambilan data

A.1 Laju korosi pada konsentrasi ekstrak kulit buah manggis 0 ppm.

Waktu (hari)	Berat awal (g)	Berat akhir (g)	W (g)	D (g/cm ³)	A (cm ²)	T (jam)	Laju korosi (mdd)
10	5.5589	5.5405	0.0184	7.86	3.7	240	6.326938
	5.2651	5.2465	0.0186	7.86	4.94	240	4.790308
	5.7144	5.6961	0.0183	7.86	4.3	240	5.414522
	4.6191	4.6001	0.019	7.86	4.3	240	5.621634
	5.2238	5.2047	0.0191	7.86	3.98	240	6.105592
	4.5836	4.5642	0.0194	7.86	4	240	6.170483
	4.8712	4.8516	0.0196	7.86	4	240	6.234097
	5.1562	5.138	0.0182	7.86	4	240	5.788804
	5.0772	5.0584	0.0188	7.86	4	240	5.979644
	5.7224	5.7044	0.018	7.86	3.7	240	6.189396
20	5.6976	5.6601	0.0375	7.86	4.54	480	5.254397
	4.9452	4.8995	0.0457	7.86	4.3	480	6.760755
	4.9115	4.8667	0.0448	7.86	4.3	480	6.627611
	4.8791	4.8417	0.0374	7.86	4	480	5.947837
	5.2632	5.2269	0.0363	7.86	4	480	5.772901
	5.2414	5.2049	0.0365	7.86	4.3	480	5.399728
	5.3812	5.3439	0.0373	7.86	4.3	480	5.518078
	4.794	4.7488	0.0452	7.86	4	480	7.188295
	5.381	5.345	0.036	7.86	4.26	480	5.375766
	5.3412	5.3046	0.0366	7.86	4.26	480	5.465362
30	5.5981	5.5395	0.0586	7.86	4.26	720	5.833702
	4.2794	4.2171	0.0623	7.86	4	720	6.605174
	5.5245	5.465	0.0595	7.86	4.26	720	5.923298
	5.237	5.1789	0.0581	7.86	3.98	720	6.190835
	5.5914	5.5279	0.0635	7.86	4.62	720	5.828918
	5.2391	5.1749	0.0642	7.86	4.26	720	6.391189
	4.3572	4.2944	0.0628	7.86	4	720	6.658185
	4.205	4.1437	0.0613	7.86	4	720	6.499152
	4.9484	4.8856	0.0628	7.86	4.26	720	6.251817
	4.7911	4.7296	0.0615	7.86	4.3	720	6.065448
40	4.7303	4.6475	0.0828	7.86	3.98	960	6.617055
	4.6454	4.5632	0.0822	7.86	4	960	6.53626

Lanjutan

Berat akhir (g)	W (g)	D (g/cm ³)	A (cm ²)	T (jam)	Laju korosi (mdd)	Berat awal (g)
4.3827	4.297	0.0857	7.86	3.7	960	7.3671
5.35	5.2664	0.0836	7.86	4.26	960	6.241862
4.9253	4.8421	0.0832	7.86	4.3	960	6.15421
5.3206	5.2327	0.0879	7.86	4.26	960	6.562914
5.2015	5.1226	0.0789	7.86	4	960	6.273855
5.1976	5.1121	0.0855	7.86	4.3	960	6.324339
5.0972	5.0126	0.0846	7.86	4.26	960	6.316525
5.0734	4.9885	0.0849	7.86	4.3	960	6.279957

A.2 Laju korosi pada konsentrasi ekstrak kulit buah manggis 1000 ppm.

Waktu (hari)	Berat awal (g)	Berat akhir (g)	W (g)	D (g/cm ³)	A (cm ²)	T (jam)	Laju korosi (mdd)
10	4.1504	4.1364	0.014	7.86	4.3	240	4.142257
	5.241	5.2282	0.0128	7.86	3.7	240	4.401348
	4.5826	4.5688	0.0138	7.86	4.62	240	3.800271
	5.3728	5.3598	0.013	7.86	4.3	240	3.846381
	4.4361	4.423	0.0131	7.86	4.3	240	3.875969
	4.5865	4.5728	0.0137	7.86	4.3	240	4.053494
	4.6533	4.6403	0.013	7.86	3.98	240	4.155638
	5.6038	5.5915	0.0123	7.86	4.26	240	3.67344
	4.526	4.5131	0.0129	7.86	3.98	240	4.123672
	5.5374	5.5248	0.0126	7.86	3.98	240	4.027772
20	4.7119	4.6951	0.0168	7.86	3.7	480	2.888385
	5.7033	5.6868	0.0165	7.86	4.94	480	2.124733
	5.5925	5.5752	0.0173	7.86	4.26	480	2.583354
	5.442	5.4238	0.0182	7.86	4.26	480	2.717748
	5.4901	5.4739	0.0162	7.86	4.26	480	2.419095
	4.5977	4.58	0.0177	7.86	4	480	2.814885
	5.0374	5.0206	0.0168	7.86	3.98	480	2.685182
	5.0755	5.0588	0.0167	7.86	3.98	480	2.669198
	5.0471	5.0309	0.0162	7.86	3.98	480	2.589282
	4.8674	4.8504	0.017	7.86	3.7	480	2.92277

Lanjutan

	Berat awal (g)	Berat akhir (g)	W (g)	D (g/cm ³)	A (cm ²)	T (jam)	Laju korosi (mdd)
30	4.0098	3.9961	0.0137	7.86	3.4	720	1.708826
	5.1725	5.1601	0.0124	7.86	4.62	720	1.138245
	5.603	5.5908	0.0122	7.86	4.94	720	1.047343
	4.6097	4.5952	0.0145	7.86	4	720	1.53732
	3.7735	3.7609	0.0126	7.86	3.14	720	1.701755
	4.6462	4.6325	0.0137	7.86	3.98	720	1.459801
	5.7685	5.7552	0.0133	7.86	4.94	720	1.141776
	5.6082	5.5957	0.0125	7.86	4.94	720	1.073098
	5.4525	5.4403	0.0122	7.86	4.94	720	1.047343
	4.6738	4.6623	0.0115	7.86	3.98	720	1.225381
40	4.7605	4.7412	0.0193	7.86	3.98	960	1.542381
	4.0244	4.0053	0.0191	7.86	3.7	960	1.641909
	5.6605	5.641	0.0195	7.86	4.94	960	1.255524
	5.0468	5.0282	0.0186	7.86	4.3	960	1.375821
	5.9333	5.9138	0.0195	7.86	4.9	960	1.265773
	5.5744	5.556	0.0184	7.86	4.3	960	1.361027
	5.7596	5.7408	0.0188	7.86	4.26	960	1.403672
	5.4626	5.4428	0.0198	7.86	4.6	960	1.369067
	5.4106	5.3907	0.0199	7.86	4.6	960	1.375982
	5.293	5.2737	0.0193	7.86	4.3	960	1.427599

A.3 Laju korosi pada konsentrasi ekstrak kulit buah manggis 1200 ppm.

Waktu (hari)	Berat awal (g)	Berat akhir (g)	W (g)	D (g/cm ³)	A (cm ²)	T (jam)	Laju korosi (mdd)
10	5.5589	5.5435	0.0154	7.86	4.6	240	4.259321
	5.2651	5.2492	0.0159	7.86	4.3	240	4.70442
	5.7144	5.6989	0.0155	7.86	4.94	240	3.991923
	4.6191	4.6029	0.0162	7.86	3.7	240	5.570456
	5.2238	5.2074	0.0164	7.86	4.3	240	4.852358
	4.5836	4.5673	0.0163	7.86	3.98	240	5.210531
	4.8712	4.8558	0.0154	7.86	3.98	240	4.922833
	5.1562	5.1395	0.0167	7.86	4.3	240	4.941121

Lanjutan

	W (g)	D (g/cm ³)	A (cm ²)	T (jam)	Laju korosi (mdd)	Berat awal (g)	Berat akhir (g)
	5.0772	5.0612	0.016	7.86	4.3	240	4.734008
	5.7224	5.7069	0.0155	7.86	4.94	240	3.991923
	4.8492	4.8284	0.0208	7.86	4.3	480	3.077105
	4.5446	4.5234	0.0212	7.86	4	480	3.371501
	5.2446	5.2245	0.0201	7.86	4.94	480	2.588312
	5.4452	5.4232	0.022	7.86	4.6	480	3.042372
	5.6064	5.5846	0.0218	7.86	4.94	480	2.807224
	4.8865	4.864	0.0225	7.86	4	480	3.578244
	5.1414	5.1219	0.0195	7.86	4.54	480	2.732286
	4.8305	4.8089	0.0216	7.86	4.26	480	3.22546
	5.1895	5.1671	0.0224	7.86	4.26	480	3.344921
20	4.9441	4.9228	0.0213	7.86	4.26	480	3.180662
	4.4433	4.4251	0.0182	7.86	4	720	1.929601
	5.4003	5.383	0.0173	7.86	4.62	720	1.588036
	5.23	5.2124	0.0176	7.86	4.26	720	1.752102
	5.1658	5.1484	0.0174	7.86	4.3	720	1.716078
	4.4625	4.4445	0.018	7.86	4.3	720	1.775253
	5.885	5.8666	0.0184	7.86	4	720	1.950806
	6.236	6.2192	0.0168	7.86	4.94	720	1.442243
	4.3531	4.3354	0.0177	7.86	4	720	1.87659
	6.102	6.0855	0.0165	7.86	4.3	720	1.627315
30	4.486	4.469	0.017	7.86	4	720	1.802375
	4.621	4.5951	0.0259	7.86	4.3	960	1.915794
	5.1708	5.1455	0.0253	7.86	4.26	960	1.888984
	4.03	4.0049	0.0251	7.86	3.42	960	2.334345
	5.8169	5.7911	0.0258	7.86	5.28	960	1.554187
	4.7386	4.712	0.0266	7.86	4.94	960	1.712664
	4.7107	4.685	0.0257	7.86	4.94	960	1.654717
	5.3359	5.3103	0.0256	7.86	4.62	960	1.762445
	6.2782	6.2531	0.0251	7.86	5.62	960	1.420545
	5.1702	5.145	0.0252	7.86	4.3	960	1.864016
40	5.1919	5.1656	0.0263	7.86	4.3	960	1.945381

A.4 Laju korosi pada konsentrasi ekstrak kulit buah manggis 1400 ppm.

Waktu (hari)	Berat awal (g)	Berat akhir (g)	W (g)	D (g/cm ³)	A (cm ²)	T (jam)	Laju korosi (mdd)
10	4.1504	4.1307	0.0197	7.86	4	240	6.265903
	5.241	5.2216	0.0194	7.86	3.98	240	6.201491
	4.5826	4.564	0.0186	7.86	4.3	240	5.503284
	5.3728	5.3546	0.0182	7.86	3.98	240	5.817894
	4.4361	4.4173	0.0188	7.86	4	240	5.979644
	4.5865	4.5685	0.018	7.86	3.7	240	6.189396
	4.6533	4.634	0.0193	7.86	4	240	6.138677
	5.6038	5.5848	0.019	7.86	4.26	240	5.67442
	4.526	4.5076	0.0184	7.86	3.98	240	5.881826
	5.5374	5.5198	0.0176	7.86	4.54	240	4.932127
20	4.4781	4.4534	0.0247	7.86	4	480	3.928117
	5.5951	5.5709	0.0242	7.86	4.62	480	3.332122
	4.6976	4.6721	0.0255	7.86	4.3	480	3.772413
	5.2792	5.2543	0.0249	7.86	4.18	480	3.789401
	4.9104	4.8845	0.0259	7.86	4.3	480	3.831588
	5.1543	5.1292	0.0251	7.86	4.18	480	3.819838
	5.267	5.242	0.025	7.86	4.3	480	3.698444
	5.3237	5.2991	0.0246	7.86	4	480	3.912214
	5.2924	5.268	0.0244	7.86	4	480	3.880407
	4.4132	4.3874	0.0258	7.86	4	480	4.103053
30	5.806	5.7859	0.0201	7.86	4.94	720	1.725541
	5.724	5.7035	0.0205	7.86	4.94	720	1.75988
	4.4494	4.4287	0.0207	7.86	4	720	2.194656
	3.9345	3.9128	0.0217	7.86	3.42	720	2.690852
	5.1094	5.0884	0.021	7.86	4.26	720	2.090576
	4.3315	4.3108	0.0207	7.86	3.7	720	2.372602
	5.3975	5.3761	0.0214	7.86	4.3	720	2.110579
	4.0649	4.0447	0.0202	7.86	3.7	720	2.315292
	5.54	5.5191	0.0209	7.86	4.54	720	1.9523
	4.8116	4.7898	0.0218	7.86	3.98	720	2.322895
40	5.1904	5.1626	0.0278	7.86	4.3	960	2.056335
	4.9539	4.9257	0.0282	7.86	3.98	960	2.253635
	3.7541	3.7256	0.0285	7.86	3.14	960	2.886906

Lanjutan

W (g)	D (g/cm ³)	A (cm ²)	T (jam)	Laju korosi (mdd)	Berat awal (g)	Berat akhir (g)
4.0021	3.9734	0.0287	7.86	4	960	2.282125
4.7076	4.6792	0.0284	7.86	4.26	960	2.120441
5.7695	5.7419	0.0276	7.86	4.3	960	2.041541
4.1647	4.1376	0.0271	7.86	4	960	2.154898
4.4746	4.4475	0.0271	7.86	4	960	2.154898
5.621	5.5928	0.0282	7.86	4.6	960	1.949884
4.4041	4.3763	0.0278	7.86	4	960	2.21056

A.5 Perhitungan laju korosi

- Diambil contoh perendaman sampel ke-1 pada konsentrasi ekstrak kulit buah manggis 0 ppm selama 10 hari (240 jam)

$$W = 0,0183 \text{ g}$$

$$A = 4,3 \text{ cm}^2$$

$$T = 240 \text{ jam}$$

$$D = 7,86 \text{ g/ cm}^3$$

$$\text{Laju korosi} = \frac{2400000 \times W}{A \times T \times D}$$

$$= \frac{2400000 \times 0,0183}{4,3 \times 240 \times 7,86} = 5,4145 \text{ mdd}$$

Keterangan: untuk perhitungan selanjutnya adalah dengan memakai contoh perhitungan yang sama seperti perhitungan diatas.

LAMPIRAN B. Tabel rata-rata laju korosi dan efisiensi inhibitor

B.1 Tabel data pembuatan grafik

Waktu (hari)	Spesimen	Laju korosi pada konsentrasi ekstrak kulit buah manggis			
		0 ppm	1000 ppm	1200 ppm	1400 ppm
	1	6.326938	4.142257	4.259321	6.265903
10	2	4.790308	4.401348	4.70442	6.201491
	3	5.414522	3.800271	3.991923	5.503284
	4	5.621634	3.846381	5.570456	5.817894
	5	6.105592	3.875969	4.852358	5.979644
	6	6.170483	4.053494	5.210531	6.189396
	7	6.234097	4.155638	4.922833	6.138677
	8	5.788804	3.67344	4.941121	5.67442
	9	5.979644	4.123672	4.734008	5.881826
	10	6.189396	4.027772	3.991923	4.932127
	jumlah	58,6214	40,1002	47,1788	58,5846
	Rata-rata	5,8621	4,0100	4,7178	5,8584
Waktu (hari)	Spesimen	Laju korosi pada konsentrasi ekstrak kulit buah manggis			
		0 ppm	1000 ppm	1200 ppm	1400 ppm
	1	5.254397	2.888385	3.077105	3.928117
20	2	6.760755	2.124733	3.371501	3.332122
	3	6.627611	2.583354	2.588312	3.772413
	4	5.947837	2.717748	3.042372	3.789401

Lanjutan

	Spesimen	Laju korosi pada konsentrasi ekstrak kulit buah manggis			
		5	6	7	8
	5	5.772901	2.419095	2.807224	3.831588
	6	5.399728	2.814885	3.578244	3.819838
	7	5.518078	2.685182	2.732286	3.698444
	8	7.188295	2.669198	3.22546	3.912214
	9	5.375766	2.589282	3.344921	3.880407
	10	5.465362	2.92277	3.180662	4.103053
	jumlah	59,3107	26,4146	30,948	38,0676
	Rata-rata	5,931	2,6414	3,0948	3,8067
Waktu (hari)	Spesimen	Laju korosi pada konsentrasi ekstrak kulit buah manggis			
		0 ppm	1000 ppm	1200 ppm	1400 ppm
30	1	5.833702	1.708826	1.929601	1.725541
	2	6.605174	1.138245	1.588036	1.75988
	3	5.923298	1.047343	1.752102	2.194656
	4	6.190835	1.53732	1.716078	2.690852
	5	5.828918	1.701755	1.775253	2.090576
	6	6.391189	1.459801	1.950806	2.372602
	7	6.658185	1.141776	1.442243	2.110579
	8	6.499152	1.073098	1.87659	2.315292
	9	6.251817	1.047343	1.627315	1.9523
	10	6.065448	1.225381	1.802375	2.322895
Lanjutan	1	62,2477	13,0808	17,4604	21,5351
	Rata-rata	6,2247	1,308	1,746	2,1535

Waktu (hari)	Spesimen	Laju korosi pada konsentrasi ekstrak kulit buah manggis			
		0 ppm	1000 ppm	1200 ppm	1400 ppm
40	1	6.617055	1.542381	1.915794	2.056335
	2	6.53626	1.641909	1.888984	2.253635
	3	7.3671	1.255524	2.334345	2.886906
	4	6.241862	1.375821	1.554187	2.282125
	5	6.15421	1.265773	1.712664	2.120441
	6	6.562914	1.361027	1.654717	2.041541
	7	6.273855	1.403672	1.762445	2.154898
	8	6.324339	1.369067	1.420545	2.154898
	9	6.316525	1.375982	1.864016	1.949884
	10	6.279957	1.427599	1.945381	2.21056
	jumlah	64,674	14,0187	18,053	22,1111
	Rata-rata	6,4674	1,4018	1,8053	2,2111

B.2 Tabel efisiensi inhibitor

Waktu (hari)		Rata-rata laju korosi konsentrasi ekstrak kulit buah manggis			
		0 ppm	1000 ppm	1200 ppm	1400 ppm
10		5,8621	4,0100	4,7178	5,8584
	Daya inhibisi		31,59%	19,52%	0,06%
20		5,9310	2,6414	3,0948	3,8067
	Daya inhibisi		55,46%	47,81%	35,81%
30		6,2247	1,3080	1,7460	2,1535
	Daya inhibisi		78,98%	71,95%	65,40%
40		6,4674	1,4018	1,8053	2,2111
	Daya inhibisi		78,32%	72,08%	65,81%

B.3 Perhitungan efisiensi inhibitor

- Diambil contoh efisiensi inhibitor konsentrasi ekstrak kulit buah manggis 1000 ppm selama 10 hari

$$E = \frac{R_0 - R_1}{R_0} \times 100 \%$$

$$E = \frac{5,8621 - 4,0100}{5,8621} \times 100 \% = 31,59\%$$

Dimana:

E : efisiensi inhibitor (%)

R₀ : rata-rata laju korosi tanpa adanya inhibitor / variasi 0 ppm (mdd)

R₁ : rata-rata laju korosi dengan penambahan inhibitor (mdd)

Keterangan: untuk perhitungan selanjutnya adalah dengan memakai contoh perhitungan yang sama seperti perhitungan diatas.

LAMPIRAN C. Alat penelitian



A



B



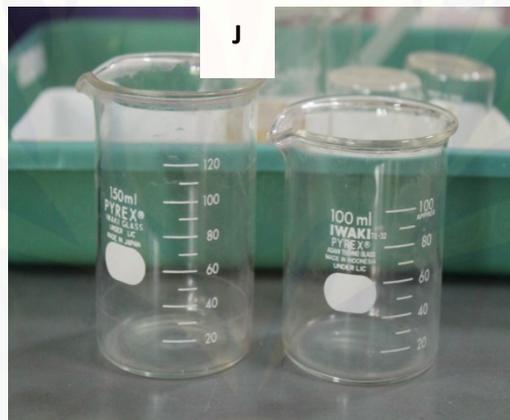
C



D

Keterangan :

- A. Mikroskop Olympus U-MSSP4
- B. Timbangan dengan ketelitian 0,0001 mg, *Excellent Scale*
- C. Mesin gerinding
- D. Mesin *rotary evaporator*



Keterangan:

- E. Kikir
- F. Gergaji besi
- G. Pengores
- H. Pengaris Siku
- I. Jangka Sorong
- J. Gelas Ukur 100 m

LAMPIRAN D. Bahan penelitian

Keterangan :

A



B



C



D



Keterangan :

- A. Kulit buah manggis
- B. HNO_3 dan Etanol 97 %
- C. Aquadest
- D. Perendaman spesimen uji

LAMPIRAN E. Struktur makro

Untuk foto makro permukaan baja karbon AISI E 2512 menggunakan camera digital dengan pengambilan sampel secara acak.

G.1 Foto makro untuk waktu perendaman selama 40 hari



0 ppm



1000 ppm



1200 ppm

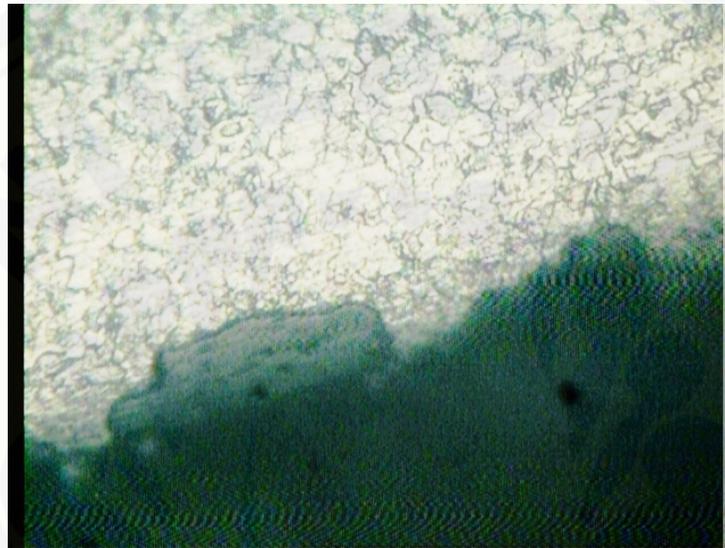


1400 ppm

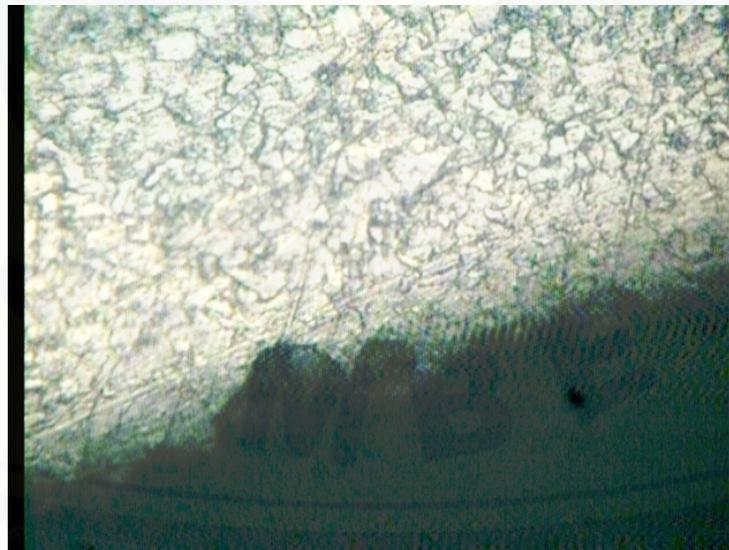
LAMPIRAN F. Foto struktur mikro

Untuk foto struktur mikrobaja karbon AISI E 2512 menggunakan Mikroskop Metallurgi dengan perbesaran 400X.

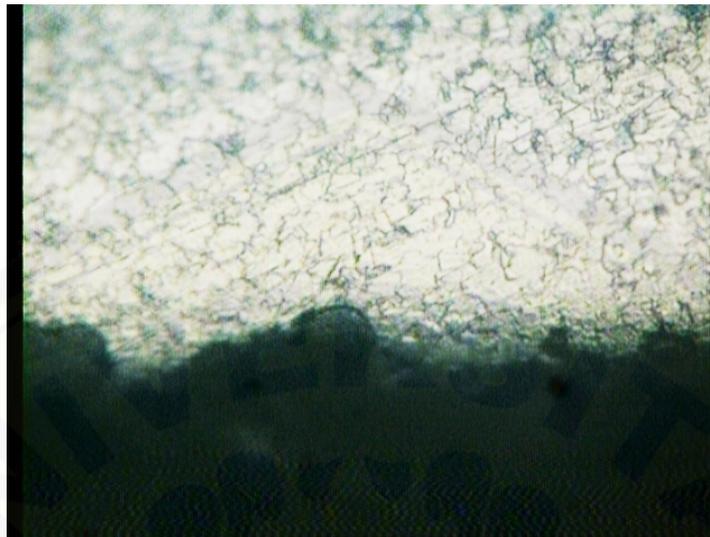
H.1 Foto mikro setelah perendaman selama 40 hari



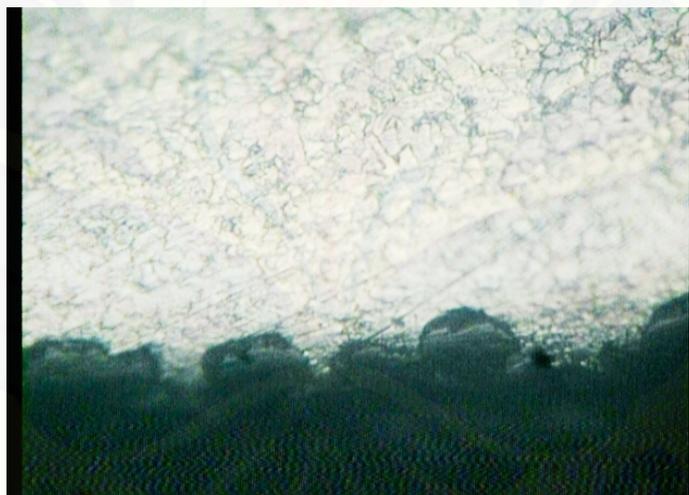
Konsentrasi 0 ppm



Konsentrasi 1000 ppm



Konsentrasi 1200 ppm



Konsentrasi 1400 ppm