



**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI INHIBITOR EKSTRAK KULIT
BUAH KAKAO (*Theobroma Cacao*) TERHADAP LAJU KOROSI PIPA BAJA
KARBON A53 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 :

Adi Purnomo

101910101062

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2015

PERSEMBAHAN

Bismillahirrohmanirrohim...

Syukur Alhamdulillah atas segala rahmat dan RidhoMu Ya Allah.

Shalawat dan Salam selalu tercurahkan untuk Nabi Muhammad SAW.

Skripsi ini semoga dapat menjadi akhir yang indah dan awal yang lebih baik bagi langkah saya di masa depan.

Skripsi ini Saya Persembahkan Kepada:

Ayah (Suroto) dan Ibu (Wasifa). Terimakasih untuk do'a, cinta, kasih sayang, pengorbanan, kesabaran, keikhlasan, bimbingan, didikan, nasehat, teladan, perjuangan dan atas segala yang telah diberikan dengan tulus ikhlas kepada saya hingga saya bisa meraih semua ini.

Kakak (Moch Wabarokah), kakak (Joko Wasito), adik (Ramatullah), adik (Layyina), Dan adik (Alvaro) tersayang. Hidup memang penuh dengan tantangan, tetapi itu bukanlah hambatan untuk terus maju. Terimakasih buat do'a, bantuan dan semangat yang selalu kalian kirimkan buat saya.

Kakek-Nenek, dan Semua Keluarga Besar saya.

Bapak-bapak Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah meluangkan waktu, pikiran dan kesabarannya.

Almamater Tercinta, Jurusan Teknik Mesin FT Universitas Jember.

Solidarity Forever

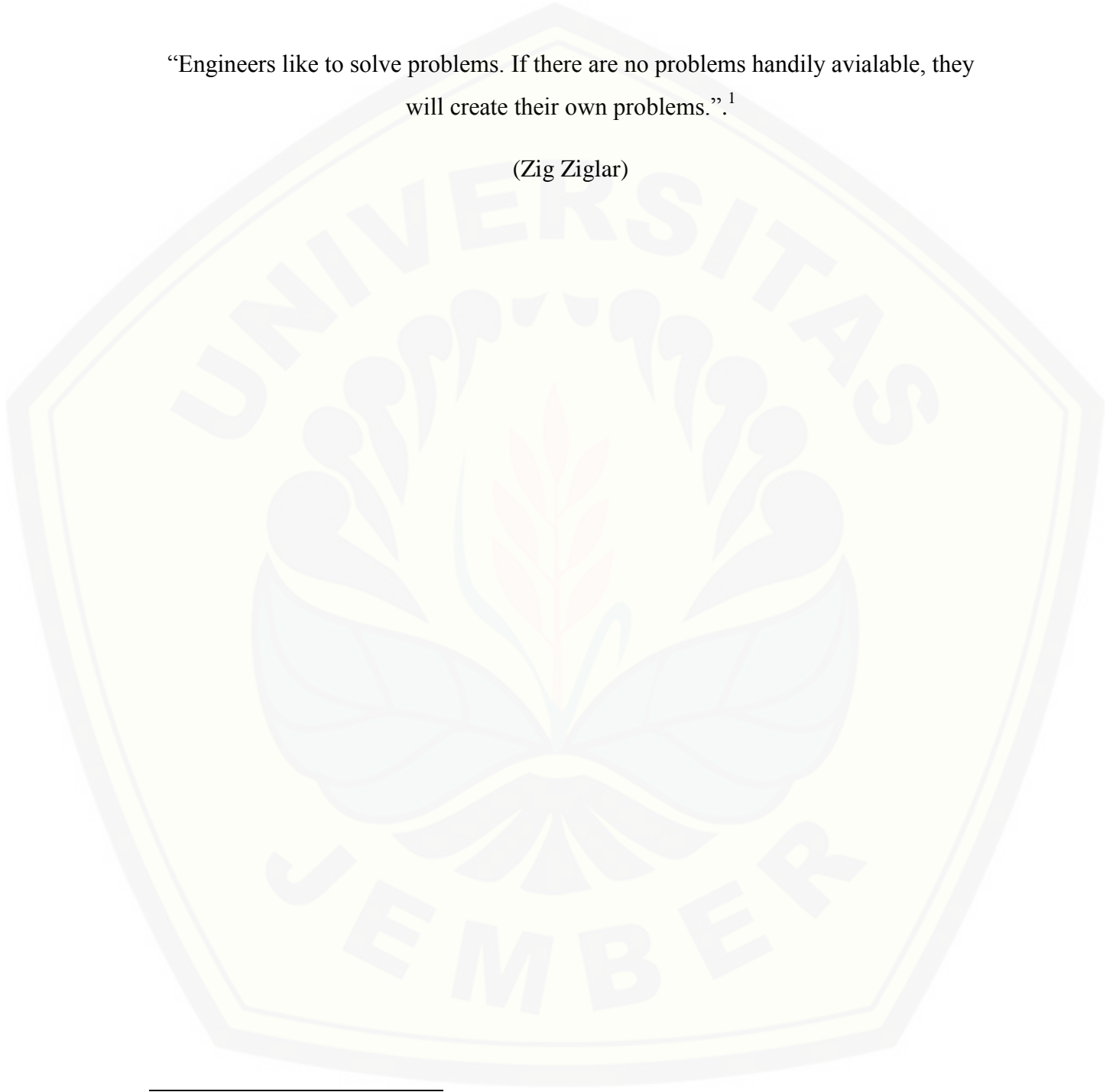
Pecinta Alam, Mahadipa FT Universitas Jember

Bersama Bersodara

MOTTO

“Engineers like to solve problems. If there are no problems handily available, they will create their own problems.”¹

(Zig Ziglar)



¹ <http://www.goodreads.com/quotes/tag/engineering>

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Adi Purnomo**

NIM : **101910101062**

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: “Pengaruh Variasi Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Kulit Buah Kakao (*Theobroma Cacao*) terhadap Laju Korosi Pipa Baja Karbon A53 pada Media Air Laut” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta 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 adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Mei 2015
Yang menyatakan,

Adi Purnomo
NIM. 101910101062

SKRIPSI

**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI INHIBITOR EKSTRAK KULIT
BUAH KAKAO (*Theobroma Cacao*) TERHADAP LAJU KOROSI PIPA BAJA
KARBON A53 PADA MEDIA AIR LAUT**

Oleh:

Adi Purnomo

101910101062

Pembimbing:

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

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Ahmad Syuhri, M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh Variasi Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Kulit Buah Kakao (Theobroma Cacao) terhadap Laju Korosi Pipa Baja Karbon A53 pada Media Air Laut” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal : Kamis, 21 Mei 2015

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

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

Ir. Ahmad Syuhri, M.T.
NIP. 19670123 199702 1 001

Anggota I,

Anggota II,

Hary Sutjahjono, S.T., M.T.
NIP. 19681205 199702 1 002

Santoso Mulyadi, S.T., M.T.
NIP. 19700228 199702 1 001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

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

RINGKASAN

PENGARUH VARIASI KONSENTRASI INHIBITOR EKSTRAK KULIT BUAH KAKAO (*Theobroma Cacao*) TERHADAP LAJU KOROSI PIPA BAJA KARBON A53 PADA MEDIA AIR LAUT. Adi Purnomo, 101910101062; 2015; halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Korosi (dikenal dengan istilah pengkaratan) merupakan fenomena kimia yang terjadi pada bahan logam di berbagai macam kondisi lingkungan. Jika dilihat dari sudut pandang kimia, korosi merupakan reaksi logam menjadi ion pada permukaan yang kontak langsung dengan lingkungan air dan oksigen. Proses korosi yang terjadi secara alami sangat sulit dihindari, usaha yang dilakukan hanya dapat menghambat laju korosi yang terjadi dengan cara melakukan pencegahan. 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.

Penelitian mengenai penggunaan senyawa tanin sebagai inhibitor reaksi korosi baja dalam larutan garam telah dilakukan. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan bahwa senyawa tanin dapat menginhibisi reaksi korosi baja dalam larutan garam. Tanin di permukaan baja akan menghambat reaksi korosi baja dengan cara membentuk senyawa kompleks dengan Fe(III). Senyawa kompleks ini akan menghalangi serangan ion korosif di permukaan baja. Adapun ion-ion korosif dalam larutan garam dapat dalam bentuk ion-ion klorida. Tetapi penggunaan ekstrak bahan alam yang banyak mengandung senyawa tanin untuk menghambat laju reaksi korosi baja dalam larutan garam belum pernah dilaporkan sebelumnya. Salah satu bahan alam yang mengandung senyawa tanin adalah kulit buah kakao (*Theobroma cacao*).

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 Biomedik, Fakultas Farmasi Universitas Jember. Waktu pelaksanaan penelitian mulai bulan November 2014 sampai dengan bulan Maret 2015. Variabel yang digunakan adalah variasi konsentrasi ekstrak kulit buah kakao dengan persentase 0 ppm, 500 ppm, 1000 ppm, 1500 ppm, dan 2000 ppm. Sedangkan parameter yang diamati adalah *weight loss*, struktur makro dan struktur mikro.

Dari hasil analisa berupa grafik pada penelitian ini diketahui bahwa, Laju korosi pada pipa baja karbon A53 rata-rata pada konsentrasi 0 ppm adalah 1,0956 mdd, 500 ppm adalah 0,4005 mdd, 1000 ppm adalah 0,3532 mdd, 1500 ppm adalah 0,3189 mdd, dan 2000 ppm adalah 0,2384 mdd. Dengan Efisiensi inhibitor ekstrak kulit buah kakao terbesar terdapat setelah perendaman selama 40 hari, yaitu pada konsentrasi 500 ppm sebesar 73,35%, 1000 ppm sebesar 77,48%, 1500 ppm sebesar 78,74%, dan 2000 ppm sebesar 83,37%. Sehingga rata-rata efisiensi inhibitor ekstrak kulit buah kakao setelah perendaman selama 40 hari sebesar 78,23%. Sehingga variasi konsentrasi ekstrak kulit buah kakao berpengaruh terhadap laju korosi pipa baja karbon A53.

Sedangkan untuk pengamatan struktur makro dan mikro terdapat bentuk bercak coklat kehitaman. Bercak coklat kehitaman ini kemungkinan adalah endapan dari senyawa kompleks dengan Fe(III) di permukaan logam. Senyawa inilah yang nantinya akan membentuk *filming corrosion inhibitor* yang akan melindungi permukaan pipa baja karbon A53 terhadap serangan korosi.

SUMMARY

THE EFFECT OF CONCENTRATION VARIATION OF CACAO PEEL EXTRACT (*Theobroma Cacao*) ON THE CORROSION RATE OF A53 CARBON STEEL PIPE ON SEA WATER MEDIUM. Adi Purnomo; 101910101062; 2015; page; Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

Corrosion (known as rusting) is a chemical phenomenon that occurs in metal materials in a wide variety of environmental conditions. If viewed from the standpoint of chemical , corrosion is a reaction of metal into ions on the surface in direct contact with water and oxygen environment Corrosion processes that occur naturally very difficult to avoid , the work done can only inhibit the rate of corrosion that occurs by way of prevention . 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

Research on the use of tannin as a reaction inhibitor of steel corrosion in a salt solution has been carried out . From the research that has been done , it was found that tannin can inhibit the corrosion reaction of steel in a salt solution . Tannins in the steel surface will inhibit the corrosion reaction of steel by forming a complex compound with Fe (III) . Reviews These complex compounds would block the ion corrosive attack on steel surfaces . The ions can be corrosive in laruran salt in the form of chloride ions. But the use of extracts of natural ingredients that contain a lot of tannin to menghambat reaction rate of steel corrosion in a salt solution has not been reported previously . One of the natural material containing tannin is rind cocoa (*Theobroma cacao*).

The preparation of test specimens was conducted at the Laboratory of Materials Design and Test Department of Mechanical Engineering, Faculty of

Engineering, University of Jember. Meanwhile, the manufacturing of the inhibitor solution was conducted at the Laboratory of Biology, Faculty of Pharmacy, University of Jember. Further, the microstructure observation was conducted in Biomedical Laboratory, Faculty of Pharmacy, University of Jember. The time realization this study is from November 2014 to March 2015. The variables used is a concentration variation of tea leaf extract with percentase of 0 ppm, 500 ppm, 1000 ppm , 1500 ppm, and 2000 ppm, while the parameters measured are *weight loss*, macro structure and micro-structure.

From the results of graphic analysis in this research known that, the average of corrosion rate in the concentration of 0 ppm is 1.0956 mdd, 500 ppm is 0.4005 mdd, 1000 ppm is 0.3532 mdd, 1500 ppm is 0.3189 mdd, and 2000 ppm is 0.2384 mdd. The largest inhibitor efficiency after immersion for 25 days in the concentration of 500 ppm is 73,35 %, 1000 ppm is 77,84%, 1500 ppm is 78,74 %, and 2000 ppm is 83.37 %. So the cacao peel extract concentration variations affect the corrosion rate of a53 carbon steel pipe.

for the observation of macro and micro structures are dark brown spots form. This blackish brown spots possibility is deposition of a complex compound with Fe (III) on the metal surface . Compound that will form the filming corrosion inhibitors that will protect the surface of A53 carbon steel pipes against corrosion attack.

PRAKATA

Segala puji dan syukur kehadirat ALLAH SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Pengaruh Variasi Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Kulit Buah Kakao (Theobroma Cacao) terhadap Laju Korosi Pipa Baja Karbon A53 pada Media Air Laut*. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Sumarji, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Bapak Ir. Ahmad Syuhri, M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatiannya dalam penulisan skripsi ini.
2. Bapak Hary Sutjahjono, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama dan Bapak Santoso Mulyadi, S.T.,M.T. selaku Dosen Penguji Anggota yang telah memberikan saran dan kritik dalam penulisan skripsi ini.
3. Ayahanda Suroto dan Ibunda wasifa terimakasih atas do'a dan kasih sayangnya selama ini.
4. Kakakku Moch wabarokah sebagai penguji terbesar saya dalam penulisan skripsi ini.
5. Adekku ramatullah Nuha, Layyinna dan Alvaro.
6. Keluarga besar dari ibu saya yang telah mensupport dari segi materi, do'a, dan motivasinya..
7. Teman-teman kontrakan dan teman-teman yang telah membantu dalam penelitian skripsi ini "Ega, Itok, Deglok, Rames, Mancus, Manpek, Lombok, Boto, Memed, Arif pak bos, Luki."

8. Semua teman-teman Teknik Mesin, khususnya Teknik Mesin 2010 (Mech-X) “*Solidarity Forever*”
9. Semua teman-teman Pecinta alam, khususnya MAHADIPA “*Bersama Bersodara*”

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, Mei 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xx
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan dan Manfaat	4
1.4.1 Tujuan	4
1.4.2 Manfaat.....	4
BAB 2. LANDASAN TEORI	5
2.1 Prinsip Dasar Korosi	5
2.2 Laju Korosi	8
2.3 Faktor – faktor yang Mempengaruhi Laju Korosi	10
2.4 Jenis – jenis Korosi	13
2.5 Pengendalian Korosi	17

2.6 Baja Karbon	18
2.7 Baja ASTM A53	19
2.8 Lingkungan Air Laut	20
2.9 Inhibitor	23
2.9.1 Pengertian.....	23
2.9.2 Mekanisme Kerja Inhibitor Korosi	24
2.10 Beberapa Masalah dalam Penggunaan Inhibitor	25
2.11 Kakao	26
2.12 Tanin	29
2.13 Ekstrak Kulit Buah Kakao Sebagai Inhibitor	30
2.13.1 Hubungan Laju Korosi - Konsentrasi Inhibitor.....	30
2.13.2 Hubungan Efisiensi Inhibisi – Konsentrasi Inhibitor.....	31
2.14 Hipotesis	32
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	33
3.1 Waktu dan Tempat	33
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	33
3.3.1 Alat	33
3.3.2 Bahan	33
3.3 Diagram Alir Proses	34
3.4 Prosedur Penelitian	35
3.5 Pelaksanaan Penelitian	36
3.5.1 Pembuatan Spesimen	37
3.5.2 Persiapan Media Pengkorosi	38
3.5.3 Pengkorosian Material.....	38
3.5.4 Pengambilan dan Pembersihan Material	39
3.5.5 Pengamatan Struktur Makro.....	39
3.5.6 Pengamatan Struktur Mikro	39
3.6 Analisis Data	41

3.6.1 Analisis dengan Metode Gravimetri.....	41
3.6.2 Pengambilan Data.....	42
3.6.3 Pengolahan Data.....	43
3.6 Jadwal Penelitian.....	44
BAB 4. HASIL DAN PENELITIAN	45
4.1 Data Hasil Penelitian.....	45
4.1.1 Data Hasil Penelitian pada Konsentrasi 0 ppm	45
4.1.2 Data Hasil Penelitian pada Konsentrasi 500 ppm	45
4.1.3 Data Hasil Penelitian pada Konsentrasi 1000 ppm	46
4.1.4 Data Hasil Penelitian pada Konsentrasi 1500 ppm	48
4.1.5 Data Hasil Penelitian pada Konsentrasi 2000 ppm	49
4.2 Analisis Laju Korosi	50
4.2.1 Analisis Laju Korosi pada Konsentrasi 0 ppm.....	50
4.2.2 Analisis Laju Korosi pada Konsentrasi 500 ppm.....	51
4.2.3 Analisis Laju Korosi pada Konsentrasi 1000 ppm.....	53
4.2.4 Analisis Laju Korosi pada Konsentrasi 1500 ppm.....	54
4.2.5 Analisis Laju Korosi pada Konsentrasi 2000 ppm.....	56
4.2.6 Analisis Laju Korosi pada Berbagai Variasi Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Kulit Buah Kakao	58
4.3 Mekanisme Inhibitor.....	60
4.4 Analisis Efisiensi Inhibitor Ekstrak Kulit Buah kakao	61
4.5 Analisis Struktur Makro	63
4.6 Analisis Struktur Mikro	66
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	71
5.1 Kesimpulan	71
5.2 Saran.....	72
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN.....	76

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Sel korosi	8
2.2 Diagram Pourbaix Fe	12
2.3 Korosi merata	13
2.4 Korosi galvanis	14
2.5 Korosi sumuran	14
2.6 Korosi erosi	15
2.7 Korosi regangan	15
2.8 Korosi celah	16
2.9 Korosi batas butir	17
2.10 Korosi selektif	17
2.11 Sampling Procedure for Testing Various Products	20
2.12 Pengaruh kandungan NaCl terhadap laju korosi besi	22
2.13 Bagian-bagian buah kakao	27
2.14 Senyawa tanin	29
2.15 Laju reaksi korosi berdasarkan reaksi inhibitor	31
2.16 Efisiensi inhibisi berdasarkan konsentrasi inhibitor	32
3.1 Spesimen uji	37
3.1 Alat peredaman spesimen uji	37
4.1 Pengaruh inhibitor ekstrak kulit buah kakao dengan konsentrasi 0 ppm terhadap laju korosi	50
4.2 Pengaruh inhibitor ekstrak kulit buah kakao dengan konsentrasi 500 ppm terhadap laju korosi	51
4.3 Pengaruh inhibitor ekstrak kulit buah kakao dengan konsentrasi 1000 ppm terhadap laju korosi	53

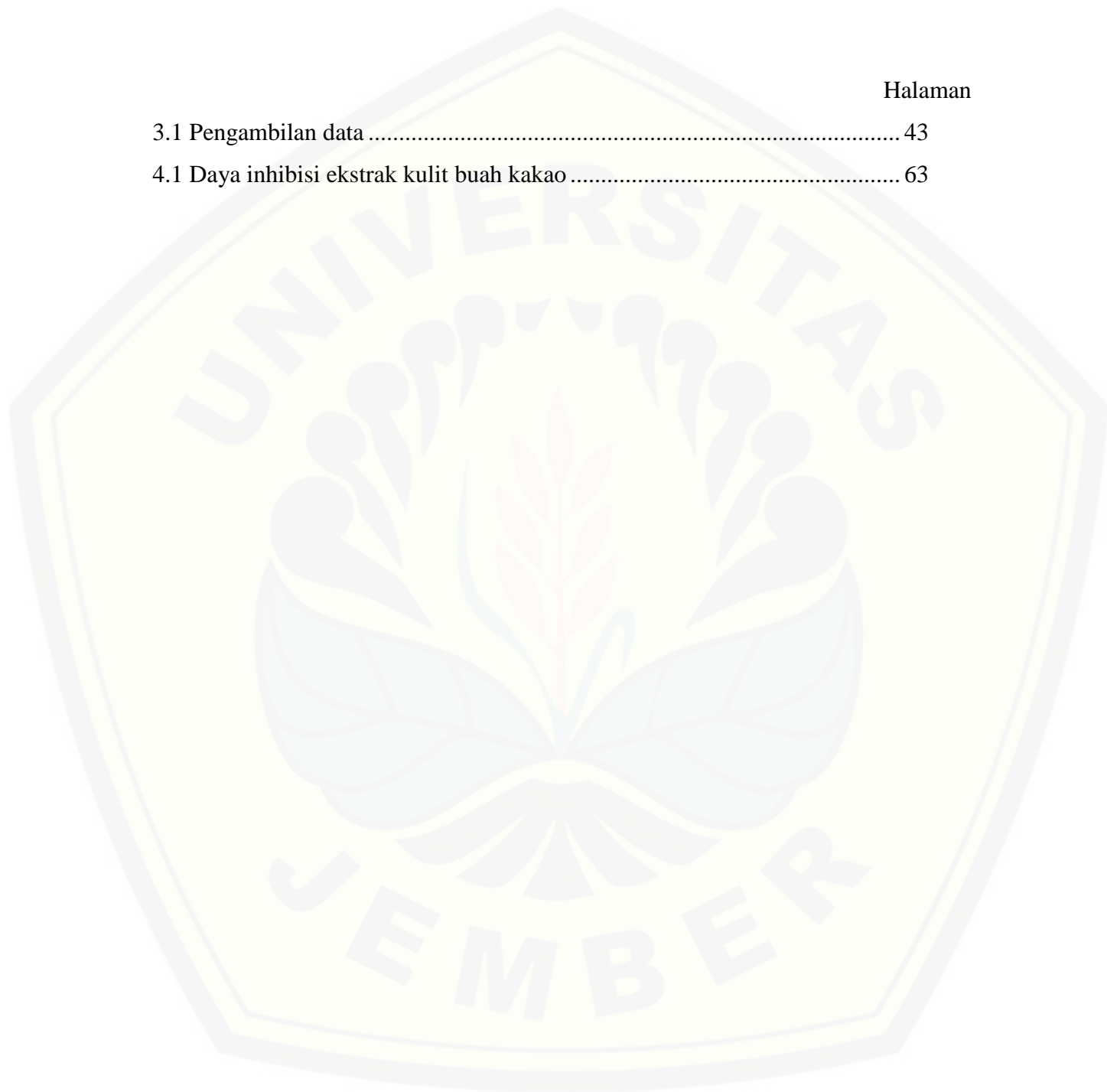
4.4 Pengaruh inhibitor ekstrak kulit buah kakao dengan konsentrasi 1500 ppm terhadap laju korosi	55
4.5 Pengaruh inhibitor ekstrak kulit buah kakao dengan konsentrasi 2000 ppm terhadap laju korosi	56
4.6 Pengaruh variasi konsentrasi inhibitor ekstrak kulit buah kakao terhadap laju korosi	58
4.7 Struktur molekul tanin	61
4.8 Grafik efisiensi ekstrak kulit buah kakao terhadap waktu	63
4.9 Foto makro pipa baja karbon A53 sebelum (a) direndam dan (b) setelah direndam ekstrak kulit buah kakao 0 ppm selama 40 hari	64
4.10 Foto makro pipa baja karbon A53 sebelum (a) direndam dan (b) setelah direndam ekstrak kulit buah kakao 500 ppm selama 40 hari	64
4.11 Foto makro pipa baja karbon A53 sebelum (a) direndam dan (b) setelah direndam ekstrak kulit buah kakao 1000 ppm selama 40 hari	65
4.12 Foto makro pipa baja karbon A53 sebelum (a) direndam dan (b) setelah direndam ekstrak kulit buah kakao 1500 ppm selama 40 hari	65
4.13 Foto makro pipa baja karbon A53 sebelum (a) direndam dan (b) setelah direndam ekstrak kulit buah kakao 2000 ppm selama 40 hari	66
4.14 Foto mikro perbesaran 200X sebelum dilakukan perendaman ekstrak kulit buah kakao	67
4.15 Foto mikro perbesaran 200X setelah direndam ekstrak kulit buah kakao selama 40 hari pada konsentrasi 0 ppm	67
4.16 Foto mikro perbesaran 200X setelah direndam ekstrak kulit buah kakao selama 40 hari pada konsentrasi 500 ppm	68
4.17 Foto mikro perbesaran 200X setelah direndam ekstrak kulit buah kakao selama 40 hari pada konsentrasi 1000 ppm	68
4.18 Foto mikro perbesaran 200X setelah direndam ekstrak kulit buah kakao selama 40 hari pada konsentrasi 1500 ppm	69

4.19 Foto mikro perbesaran 200X setelah direndam ekstrak kulit buah kakao selama 40 hari pada konsentrasi 2000 ppm 69



DAFTAR TABEL

	Halaman
3.1 Pengambilan data	43
4.1 Daya inhibisi ekstrak kulit buah kakao	63



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Tabel pengambilan data.....	76
A.1 Laju korosi pada konsentrasi ekstrak kulit buah kakao 0 ppm.....	76
A.2 Laju korosi pada konsentrasi ekstrak kulit buah kakao 500 ppm.....	77
A.3 Laju korosi pada konsentrasi ekstrak kulit buah kakao 1000 ppm.....	78
A.4 Laju korosi pada konsentrasi ekstrak kulit buah kakao 1500 ppm.....	80
A.5 Laju korosi pada konsentrasi ekstrak kulit buah kakao 2000 ppm.....	81
A.6 Perhitungan laju korosi.....	82
B. Tabel rata-rata laju korosi dan efisiensi inhibitor.....	82
B.1 Tabel data pembuatan grafik.....	83
B.2 Tabel efisiensi inhibitor.....	84
B.3 Perhitungan efisiensi inhibitor.....	85
C. Bahan penelitian.....	87
D. Alat penelitian.....	89
E. Sertifikat pipa baja karbon A53.....	90
F. Struktur makro.....	90
F.1 Foto makro untuk waktu perendaman 5 hari.....	91
F.2 Foto makro untuk waktu perendaman 10 hari.....	92
F.3 Foto makro untuk waktu perendaman 15 hari.....	93
F.4 Foto makro untuk waktu perendaman 20 hari.....	94
F.5 Foto makro untuk waktu perendaman 25 hari.....	95
F.6 Foto makro untuk waktu perendaman 30 hari.....	96
F.7 Foto makro untuk waktu perendaman 35 hari.....	97
F.8 Foto makro untuk waktu perendaman 40 hari.....	98

G. Foto struktur mikro.....99
G.1 Foto mikro setelah perendaman selama 5 hari.....99



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Korosi merupakan masalah yang serius dalam dunia material dan sangat merugikan karena dapat mengurangi kemampuan suatu konstruksi dalam memikul beban. Usia suatu konstruksi menjadi berkurang dari waktu yang sudah direncanakan. Tidak hanya itu apabila tidak diantisipasi lebih awal maka akan mengakibatkan kerugian-kerugian yang lebih besar antara lain bisa menimbulkan kebocoran, mengakibatkan berkurangnya ketangguhan, robohnya suatu konstruksi, meledaknya suatu pipa/bejana bertekanan dan mungkin juga dapat membuat pencemaran suatu produk (Indahsari, 2009) .

Korosi (dikenal dengan istilah pengkaratan) merupakan fenomena kimia yang terjadi pada bahan logam di berbagai macam kondisi lingkungan. Jika dilihat dari sudut pandang kimia, korosi merupakan reaksi logam menjadi ion pada permukaan yang kontak langsung dengan lingkungan air dan oksigen (Simposium Nasional, 2002). Sedangkan versi lain menyebutkan korosi adalah proses alami yang terjadi pada material logam yang berakibat menurunnya kekuatan dari material logam tersebut. Proses korosi yang terjadi secara alami sangat sulit dihindari, usaha yang dilakukan hanya dapat menghambat laju korosi yang terjadi dengan cara melakukan pencegahan (*preventif*).

Adapun definisi yang digunakan, korosi selalu menimbulkan kerugian baik kerugian yang bersifat langsung maupun yang berdampak tidak langsung. Kerugian korosi ini tentu saja dapat mengakibatkan biaya pemeliharaan membengkak, kapasitas produksi menurun, produksi berhenti atau total *shutdown*, menimbulkan kontaminasi pada produk, mengakibatkan *claim* akibat *delivery* yang tidak tepat jadwal, pencemaran lingkungan, gangguan kesehatan dan keselamatan kerja, serta

kerugian-kerugian non-wujud lainnya. Pada umumnya korosi yang paling banyak terjadi adalah korosi oleh udara dan air (fontana, 1987).

Beberapa cara yang dapat memperlambat laju reaksi korosi antara lain dengan cara pelapisan permukaan logam agar terpisah dari medium korosif, membuat paduan logam yang cocok sehingga tahan korosi, dan dengan penambahan zat tertentu yang berfungsi sebagai inhibitor reaksi korosi.

Sejauh ini penggunaan inhibitor merupakan salah satu cara yang paling efektif untuk mencegah korosi, karena biayanya yang relative murah dan prosesnya yang sederhana (Hermawan, 2007). Inhibitor korosi merupakan bahan yang ditambahkan kedalam medium untuk mencegah atau menurunkan laju korosi logam dengan lingkungannya.

Penelitian mengenai penggunaan senyawa tanin sebagai inhibitor reaksi korosi baja dalam larutan garam telah dilakukan. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan bahwa senyawa tanin dapat menghambat reaksi korosi baja dalam larutan garam. Tanin di permukaan baja akan menghambat reaksi korosi baja dengan cara membentuk senyawa kompleks dengan Fe(III). Senyawa kompleks ini akan menghalangi serangan ion korosif di permukaan baja. Adapun ion-ion korosif dalam larutan garam dapat dalam bentuk ion-ion klorida. Tetapi penggunaan ekstrak bahan alam yang banyak mengandung senyawa tanin untuk menghambat laju reaksi korosi baja dalam larutan garam belum pernah dilaporkan sebelumnya. Salah satu bahan alam yang mengandung senyawa tanin adalah kulit buah kakao (Muliati, 2009). Banyaknya kandungan tanin di dalam kulit buah kakao ini menjadikan kulit buah kakao kemungkinan dapat dipakai untuk menghambat laju reaksi korosi baja. Kemudian kulit buah kakao sering hanya dibuang dan tidak bisa dimanfaatkan dengan maksimal. Disamping itu harganya jauh lebih murah dibandingkan dengan inhibitor sintetik seperti tanin murni.

Berdasarkan hal ini maka perlu dilakukan suatu penelitian untuk mengetahui daya inhibisi ekstrak kulit buah kakao terhadap laju reaksi korosi baja dalam larutan

garam. Media korosif larutan garam dipilih karena banyaknya aplikasi di lapangan yang menunjukkan banyaknya material-material logam yang berkontak dengan larutan garam seperti: kontak antara baja di dermaga dengan air laut yang banyak mengandung garam, kontak antara material baja yang ada pada kapal dengan air laut, bahan-bahan material logam yang ada di sekitar pantai yang juga dapat mengalami korosi karena tingginya kandungan zat-zat korosif yang berasal dari air laut.

1.2 Rumusan Masalah

Untuk mengetahui seberapa besar ketahanan korosi Pipa Baja Karbon A53 terhadap lingkungan air laut perlu diadakan penelitian untuk menghitung laju korosi dalam media air laut. Selain itu untuk mengurangi laju korosi yang diakibatkan lingkungan air laut, maka perlu diadakan penelitian mengenai pengaruh inhibitor pada Pipa Baja Karbon A53 terhadap laju korosi dalam media air laut. Pada penelitian ini dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh laju korosi yang terjadi pada Pipa Baja Karbon A53 dalam larutan air laut dengan variasi konsentrasi inhibitor ekstrak kulit buah kakao 0, 500, 1000, 1500, 2000 ppm?
2. Bagaimana efisiensi inhibitor dengan konsentrasi ekstrak kulit buah kakao terhadap laju korosi pada Pipa Baja Karbon A53?
3. Bagaimana perubahan struktur mikro permukaan Pipa Baja Karbon A53 setelah terjadi penambahan ekstrak kulit buah kakao?

1.3 Batasan Masalah

Untuk mengetahui dan memberikan gambaran mengenai masalah-masalah apa saja yang akan dibahas dalam penyusunan penelitian ini, maka perlu diberikan batas pembahasan yang nantinya lebih terfokus pada masalah.

Adapun batasan adalah sebagai berikut:

1. Material uji yang digunakan adalah Pipa Baja Karbon A53.

2. Ekstrak kulit buah kakao yang digunakan adalah buah kakao yang telah masak optimal ditandai dengan perubahan warna kulit buah yang semula hijau menjadi kuning (jenis Forestero) dan merah (jenis Criollo) di daerah Jember.
3. Pengamatan lain yang dilakukan hanya pada struktur mikro pada Pipa Baja Karbon A53 setelah mengalami penambahan ekstrak kulit buah kakao.
4. Waktu pengamatan hanya dilakukan selama 40 hari.
5. Proses perubahan ekstrak kulit buah kakao.

1.4 Tujuan dan Manfaat

Adapun manfaat dan tujuan dari penelitian dan pembahasan ini adalah sebagai berikut :

1.4.1 Tujuan

1. Untuk mengetahui proses terjadinya korosi.
2. Untuk membuktikan pengaruh salinitas air laut terhadap laju korosi pada Pipa Baja Karbon A53.
3. Untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi larutan ekstrak kulit buah kakao terhadap laju korosi pada pipa baja karbon A53 dalam media air laut.
4. Untuk mengetahui efisiensi inhibitor ekstrak kulit buah kakao pada lingkungan air laut

1.4.2 Manfaat

1. Menambah pengetahuan peneliti mengenai proses korosi pada pipa baja karbon A53.
2. Menambah pengetahuan peneliti mengenai efek ekstrak kulit buah kakao terhadap laju korosi pada pipa baja A53.
3. Dapat memperkirakan kondisi logam yang cocok untuk melakukan perlindungan terhadap proses korosi di lingkungan air laut.
4. Dapat mengendalikan korosi seminimal mungkin dengan sistem perubahan lingkungan.

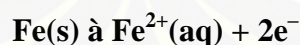
BAB 2. LANDASAN TEORI

2.1 Prinsip Dasar Korosi

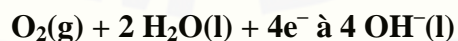
Korosi adalah reaksi redoks antara suatu logam dengan senyawa lain yang terdapat di lingkungannya (misal air dan udara) dan menghasilkan senyawa yang tidak dikehendaki. Peristiwa korosi kita kenal dengan istilah perkaratan. Korosi ini telah mengakibatkan kerugian bermilyar rupiah setiap tahunnya. Biasanya logam yang paling banyak mengalami korosi adalah besi.

Korosi terjadi melalui reaksi redoks, di mana logam mengalami oksidasi, sedangkan oksigen mengalami reduksi. Karat logam umumnya berupa oksida atau karbonat. Karat pada besi berupa zat yang berwarna coklat-merah dengan rumus kimia $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x \text{H}_2\text{O}$. Oksida besi (karat) dapat mengelupas, sehingga secara bertahap permukaan yang baru terbuka itu mengalami korosi. Berbeda dengan aluminium, hasil korosi berupa Al_2O_3 membentuk lapisan yang melindungi lapisan logam dari korosi selanjutnya. Hal ini dapat menerangkan mengapa panci dari besi lebih cepat rusak jika dibiarkan, sedangkan panci dari aluminium lebih awet.

Korosi secara keseluruhan merupakan proses elektrokimia. Pada korosi besi, bagian tertentu dari besi sebagai anode, di mana besi mengalami oksidasi.



Elektron yang dibebaskan dalam oksidasi akan mengalir ke bagian lain untuk mereduksi oksigen.



Ion besi(II) yang terbentuk pada anode akan teroksidasi membentuk besi(III) yang kemudian membentuk senyawa oksida terhidrasi $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ yang disebut karat.

Terbentuknya oksida logam tidak hanya melibatkan reaksi redoks antara suatu logam dengan berbagai zat di lingkungannya yang menghasilkan senyawa-senyawa yang tak dikehendaki. Proses korosi dapat terjadi apabila terdapat 4 komponen yang saling berkaitan, komponen tersebut yaitu:

1. Anoda

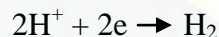
Anoda merupakan bagian logam yang biasanya terkorosi dengan melepaskan elektron dari atom-atomnya untuk membentuk ion logam yang bermuatan positif. Reaksi anodik adalah reaksi yang menghasilkan elektron. Reaksi anodik dinyatakan dalam persamaan berikut:



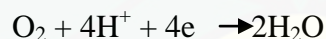
2. Katoda

Katoda merupakan elektroda yang mengalami reaksi katodik dengan menggunakan elektron hasil dari reaksi anodik. Reaksi reduksi yang sering terjadi adalah:

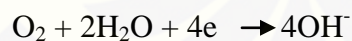
- Reaksi pembentukan hidrogen:



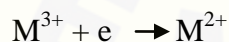
- Reaksi reduksi oksigen dalam larutan asam:



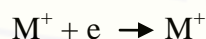
- Reaksi reduksi oksigen dalam larutan basa/netral:



- Reaksi reduksi logam:



- Reaksi reduksi logam:



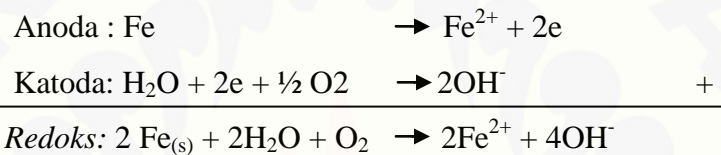
3. Elektrolit

Elektrolit merupakan suatu media yang bersifat menghantarkan arus listrik. Elektrolit menghantarkan arus listrik karena mengandung ion-ion yang mampu menghantarkan *elektro equivalen force* sehingga reaksi dapat berlangsung.

4. Rangkaian listrik

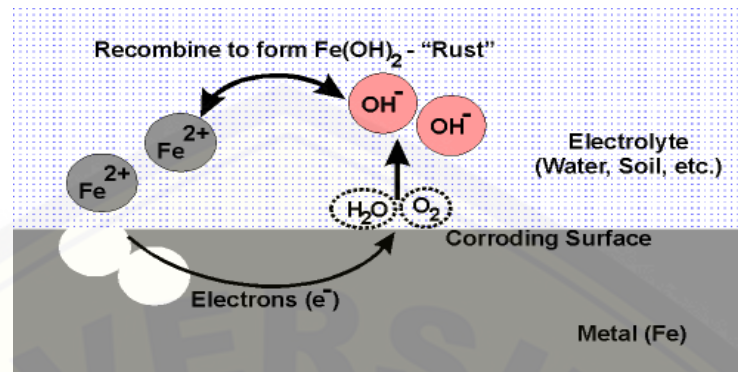
Antara anoda dan katoda haruslah terdapat suatu kontak listrik agar arus dalam sel korosi dapat mengalir.

Contoh yang umum terjadi proses korosi adalah pada pipa penyulingan air laut sebagai berikut:



Pada reaksi anoda, logam Fe mengalami oksidasi sehingga menghasilkan Fe^{2+} dan elektron. Pada katoda terjadi reaksi reduksi dimana terjadi pelepasan ion-ion OH^- yang menyebabkan lingkungan menjadinetral. Ion OH^- ini berasal reduksi oksigen.

Logam yang berlaku sebagai sel korosi akan memberikan elektron (anoda) dan lingkungannya sebagai penerima elektron (katoda). Logam yang teroksidasi akan larut kelingkungannya menghasilkan ion-ion logam dan melepaskan elektron secara bersamaan, sedangkan pada katoda terjadi reaksi dimana ion-ion dari lingkungan mendekati logam dan menangkap elektron-elektron yang tertinggal pada logam. Korosi terjadi melalui perantara dimana perantara tersebut adalah lingkungannya dan biasa disebut sebagai elektrolit. Skema sel korosi secara umum dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Sel korosi

Skema diatas dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Anoda: terjadi reaksi anodik dimana logam Fe larut menjadi ion Fe^{2+}
2. Katoda: terjadi reaksi katodik
3. Elektrolit sebagai media perantara elektron.

2.2 Laju Korosi

Laju korosi merupakan besaran dari pengikisan yang terjadi pada suatu logam yang dinyatakan dalam massa dibagi waktu. Besarnya laju korosi sangat dipengaruhi reaksi-reaksi yang terjadi pada reaksi korosi. Kecepatan laju korosi di lingkungan dipengaruhi empat elemen berikut:

- a. Adanya anoda tempat reaksi anodik terjadi.
- b. Adanya katoda tempat reaksi katodik terjadi.
- c. Adanya media untuk transfer elektron/arus.
- d. Adanya lingkungan yang bersifat elektrolit.

Lingkungan yang bersifat elektrolit ini biasanya berupa larutan yang mempunyai sifat menghantarkan listrik. Elektrolit dapat berupa larutan asam, larutan basa dan larutan garam. Elektrolit dapat digolongkan menjadi dua, yaitu: elektrolit kuat dan elektrolit lemah. Larutan elektrolit mempunyai peranan penting dalam korosi logam karena larutan ini dapat menjadikan kontak listrik antara anoda dan katoda.

Apabila salah satu komponen di atas tidak ada maka laju korosi akan berlangsung lambat atau tidak akan berlangsung sama sekali. Akan tetapi untuk anoda dan katoda bisa muncul pada satu permukaan logam antara lain karena adanya pasangan sel galvanik di dalamnya. Pasangan sel galvanik adalah suatu pasangan bahan logam yang memunculkan anoda dan katoda akibat pemakaian dua bahan atau dua logam yang berbeda. Dua macam bahan atau dua macam logam yang berbeda dapat menimbulkan dan berperan sebagai anoda dan katoda. Ion dan elektron yang dihasilkan selama reaksi korosi akan menumpuk menghasilkan potensial elektroda pada masing-masing bahan.

Pada suatu reaksi korosi semakin negatif potensial elektroda masing-masing bahan pada sel korosi, maka ia akan semakin mudah menjadi anoda. Pemakaian dua bahan yang memiliki selisih potensial elektroda secara bersama, akan semakin rawan terhadap terjadinya korosi pada bahan itu. Arus listrik dapat ditimbulkan oleh adanya perbedaan potensial elektroda pada bahan yang digunakan. Semakin besar selisih potensial elektroda, semakin besar tegangan atau voltase listrik yang timbul dan arus listrik yang mengalir pun juga akan semakin besar, sehingga reaksi korosi akan berlangsung lebih agresif.

Kecepatan korosi dapat dihitung dengan pengurangan berat persatuan waktu persatuan luas dapat juga dihitung dengan tebalnya oksidasi yang terbentuk persatuan waktu. Parameter yang digunakan untuk mengukur tingkatan rata-rata laju korosi dapat dihitung dengan persamaan berikut (ASTM G1-72, 1994).

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

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)

2.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Laju Korosi

Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap korosi dapat dibedakan menjadi dua, yaitu yang berasal dari bahan itu sendiri dan dari lingkungan. Berikut ini merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi laju korosi pada logam:

1. Faktor kandungan gas terlarut

a. Oksigen (O_2), adanya kandungan oksigen pada larutan akan mempengaruhi laju korosi yang terjadi, semakin tinggi kandungan oksigen maka laju korosi juga semakin cepat. Reaksi korosi secara umum pada besi karena adanya kelarutan oksigen adalah sebagai berikut:

- Reaksi Anoda : $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e$
- Reaksi Katoda: $O_2 + 2H_2O + 4e \rightarrow 4 OH^-$

b. Karbondioksida (CO_2), karbondioksida yang terlarut dalam air akan membentuk asam karbonat (H_2CO_3) yang mengakibatkan pH air menurun, secara umum reaksinya adalah:

- $CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$
- $Fe + H_2CO_3 \rightarrow FeCO_3 + H_2$

2. Faktor kandungan padatan terlarut

a. Klorida (Cl^-), klorida yang terkandung dalam larutan akan mempengaruhi proses korosi. Banyaknya kandungan klorida mengakibatkan naiknya konduktivitas larutan garam, dimana larutan garam yang lebih konduktif maka laju korosinya juga akan lebih tinggi.

b. Sulfat (SO_4), ion sulfat ini biasanya terdapat dalam minyak. Ion sulfat juga terdapat dalam air dengan konsentrasi yang cukup tinggi dan dapat mengkontaminasi logam. Ion sulfat yang terkandung dalam air akan diubah menjadi sulfida yang korosif oleh bakteri SRB.

- c. Karbonat (CO_3), kalsium karbonat sering digunakan sebagai pengontrol korosi dimana film karbonat akan diendapkan dan berfungsi sebagai lapisan pelindung permukaan logam.

3. Faktor temperatur

Penambahan temperatur pada sistem tertutup akan meningkatkan laju korosi, sedangkan pada sistem terbuka akan menurunkan kelarutan gas oksigen. Pada lingkungan bertemperatur tinggi akan menghasilkan laju korosi yang lebih tinggi dibandingkan dengan temperatur rendah, karena pada temperatur tinggi kinetika reaksi kimia akan meningkat.

4. Kelembaban

Tingkat kelembaban suatu lingkungan menentukan besarnya uap air yang terkandung dalam lingkungan tersebut. Uap air yang terkandung dalam lingkungan akan berfungsi sebagai larutan elektrolit. Apabila uap air tersebut menempel pada permukaan logam, maka dapat menyebabkan kenaikan daya hantar listrik yang akan mempercepat proses pengikatan ion-ion logam dengan ion-ion polutan.

5. Komposisi logam

Komposisi suatu logam akan menentukan energi potensial yang dimiliki dari logam tersebut. Karena setiap unsur logam memiliki energi potensial yang berbeda-beda. Logam yang mempunyai energi potensial yang lebih tinggi akan menjadi katoda, sedangkan logam yang memiliki energi potensial yang lebih kecil akan menjadi anoda.

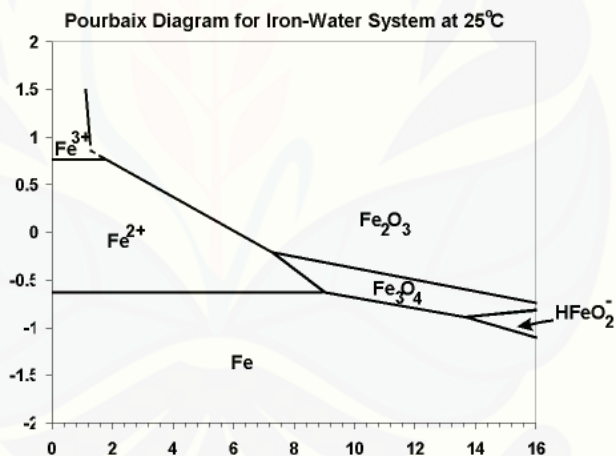
6. Struktur metalurgi logam

Suatu logam akan memiliki struktur metalurgi yang tidakseragam walaupun telah diproses melalui pengendalian mutu, struktur mikroskopik logam inilah yang tidak seragam. Misalkan saja dalam proses pengecoran logam pembekuan logam akan membentuk struktur kisi kristal yang tidak sempurna dalam susunannya, yang disebut dengan cacat (defect). Struktur kisi kristal yang tidak sempurna inilah yang akan berpengaruh pada sifat-

sifat korosi logam, hal tersebut dikarenakan struktur kisi kristal yang berbeda akan menyebabkan perbedaan energi potensial. Setiap perubahan fasa logam akan mempunyai komponen dan struktur elektron yang berbeda.

7. Derajat keasaman

Derajat keasaman (pH) dalam larutan akan mempengaruhi apakah pada larutan tersebut terjadi proses korosi atau tidak. Besarnya pH biasanya dinyatakan dengan kisaran angka 0 - 14. Jika pH berkisar antara 0 - 6 maka lingkungan bersifat asam sedangkan bila pH berkisar antara 6- 14 maka lingkungan bersifat basa. Apabila pH berada pada angka 7 maka lingkungan bersifat netral. Dengan melihat diagram Pourbaix korosi dari logam pH tertentu dapat diprediksi apakah lingkungan tersebut dapat mengalami korosi atau tidak. Gambar 2.2 merupakan diagram Pourbaix Fe.



Gambar 2.2 Diagram Pourbaix Fe

Untuk menghitung pH pada lingkungan asam dapat dihitung dengan persamaan $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$ sedangkan untuk lingkungan basa dapat dihitung dengan persamaan $\text{pH} = 14 - \log [\text{OH}^-]$. Dengan menurunnya pH maka laju korosi akan meningkat karena akan bersifat semakin asam dan kandungan hidrogennya meningkat. Pada pH yang

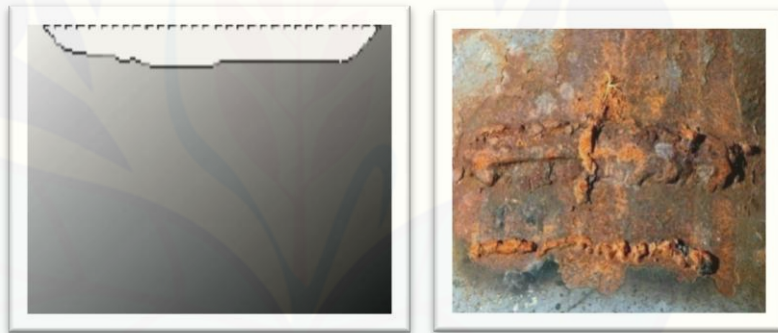
rendah biasanya larutan bersifat lebih konduktif sedangkan pH yang tinggi maka mineral terlarut dapat membentuk deposit *scale* pada permukaan logam.

2.4 Jenis-jenis Korosi

Adapun beberapa jenis korosi yang umum terjadi pada logam sebagai berikut:

1. Korosi merata (*uniform corrosion*)

Merupakan jenis korosi berupa reaksi kimia atau elektrokimia yang biasa terjadi pada permukaan logam secara merata. Pada korosi jenis ini permukaan logam akan terkikis secara merata sehingga ketebalan logam berkurang. Korosi jenis ini biasanya terjadi pada peralatan-peralatan terbuka, misalnya permukaan luar pipa. Korosi jenis ini mudah untuk dideteksi, diprediksi laju korosinya dan mudah dikontrol.



Gambar 2.3 Korosi merata

2. Korosi galvanis (*bemetal corrosion*)

Disebut juga sebagai korosi dwilogam yang terjadi apabila dua macam logam yang memiliki energi potensial berbeda dihubungkan langsung di dalam elektrolit yang sama. Elektron akan mengalir dari logam yang memiliki energi potensial yang lebih kecil (anodik) menuju ke logam yang mempunyai energi potensial yang lebih tinggi (katodik). Logam yang menjadi anoda akan berubah menjadi ion-ion positif karena kehilangan elektron. Ion-ion positif anoda akan

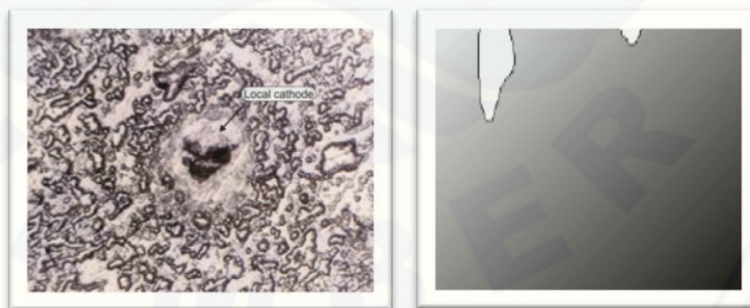
bereaksi dengan ion-ion negatif yang berada di dalam elektrolit yang akan mengakibatkan korosi.



Gambar 2.4 Korosi galvanis

3. Korosi sumuran (*pitting corrosion*)

Korosi sumuran merupakan jenis korosi yang akan membentuk lubang kedalam atau biasa disebut sumuran. Korosi sumuran adalah salah satu jenis korosi yang amat merusak karena disebabkan susah untuk diprediksi. Korosi sumuran biasanya tumbuh sesuai arah gravitasi membentuk arah horisontal dari permukaan logam. Korosi sumuran terjadi karena komposisi logam yang tidak homogen dan ini menyebabkan korosi yang dalam pada berbagai tempat. Dapat juga adanya kontak antara logam, maka pada daerah batas akan timbul korosi berbentuk sumur.



Gambar 2.5 Korosi sumuran

4. Korosi erosi (*erosion corrosion*)

Korosi erosi merupakan kerusakan pada permukaan logam yang disebabkan aliran fluida yang sangat cepat sehingga merusak permukaan logam dan lapisan film pelindung. Korosi erosi juga terjadi pada permukaan yang bergerak dengan cepat sementara fluida disekitarnya mengandung partikel-partikel padat. Logam yang telah terkena erosi akan mengalami keausan pada permukaannya dan menimbulkan bagian-bagian yang tajam dan kasar. Bagian-bagian inilah yang mudah terkena korosi dan bila ada gesekan akan menimbulkan abrasi lebih berat lagi.



Gambar 2.6 Korosi erosi

5. Korosi regangan (*stress corrosion*)

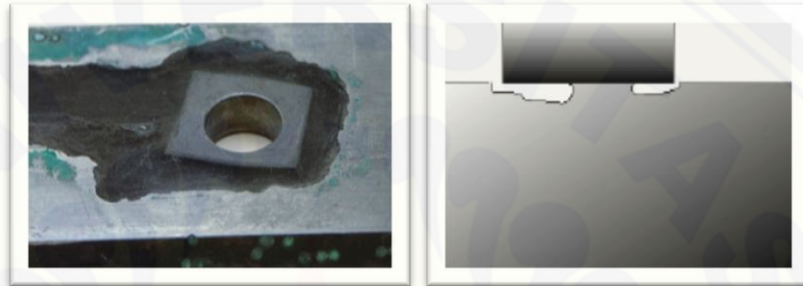
Korosi regangan terjadi karena adanya gaya-gaya seperti tarikan (*tensile*) atau kompresi (*Compressive*). Adanya kombinasi antara regangan tarik (*tensile stress*) dan lingkungan yang korosif akan mengakibatkan kerusakan material berupa retakan yang disebut retak karat regangan.



Gambar 2.7 Korosi regangan

6. Korosi celah (*crevice corrosion*)

Korosi celah merupakan korosi terjadi pada logam yang berdempetan dengan logam lain atau non logam dan diantaranya terdapat celah yang akan menjadi tempat mengendapnya kotoran dan air sebagai sumber terjadinya korosi. Adanya perbedaan konsentrasi kandungan oksigen serta zat asam yang berada antara mulut celah dan dasar celah yang terisi elektrolit akan mengakibatkan munculnya anoda dan katoda sehingga proses korosi akan terjadi.



Gambar 2.8 Korosi celah

7. Korosi kavitasi (*cavitation corrosion*)

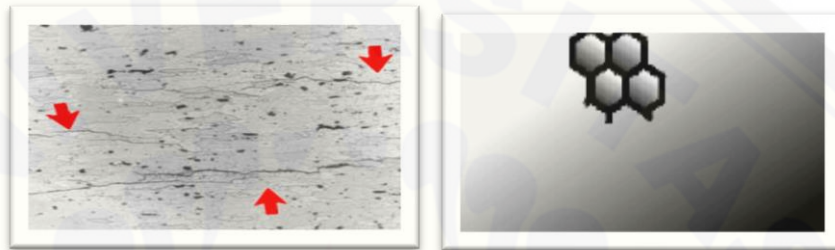
Korosi kavitasi terjadi karena tingginya kecepatan cairan yang menciptakan daerah-daerah bertekanan tinggi dan rendah secara berulang-ulang pada permukaan peralatan dimana cairan tersebut mengalir. Maka terjadilah gelembung-gelembung uap air pada permukaan tersebut, yang apabila pecah kembali menjadi cairan akan menimbulkan pukulan pada permukaan yang cukup besar untuk memecahkan film oksida pelindung permukaan. Akibatnya bagian permukaan yang tidak terlindungi akan terserang korosi. Karena bagian tersebut menjadi anodik terhadap bagian yang terlindungi.

8. Korosi lelah (*fatigue corrosion*)

Logam yang menerima beban yang terkonsentrasi secara berulang-ulang dalam waktu tertentu akan mengalami patah, hal ini terjadi karena kelelahan logam. Kelelahan dapat dipercepat dengan adanya serangan korosi. Kombinasi antara kelelahan dan korosi yang mengakibatkan kegagalan disebut korosi lelah. Korosi lelah terjadi di daerah yang terkena beban secara berulang-ulang.

9. Korosi batas butir (*intergranular corrosion*)

Korosi batas butir adalah jenis korosi yang lokasi penyeranganya berada pada sepanjang batas dari butiran (grain boundaries) material. Korosi jenis ini biasanya berhubungan dengan efek pemisahan secara kimia akibat dari kotoran (impurities) sehingga menambah lapisan butiran atau fasa lapisan spesifik pada batas antar butiran. Korosi hanya terjadi pada batas kristal, sebagai akibat dari serangan elektrolit.



Gambar 2.9 Korosi batas butir

10. Korosi selektif (*selective corrosion*)

Korosi selektif merupakan jenis korosi yang berhubungan dengan melarutnya suatu komponen dari paduan. Zat yang terlarut ini bersifat anodik terhadap komponen lainnya.



Gambar 2.10 Korosi selektif

2.5 Pengendalian Korosi

Korosi tidak mungkin sepenuhnya dapat dicegah karena memang merupakan proses alamiah bahwa semuanya akan kembali ke sifat asalnya. Asalnya dari tanah maka akan kembali ke tanah. Hal ini adalah siklus alam yang akan terus terjadi selama kesetimbangan alam belum tercapai. Namun demikian pengendalian dan

pengecehan korosi harus tetap dilakukan secara maksimal, karena dilihat dari segi ekonomi dan dari segi keamanan merupakan hal yang tidak boleh ditinggalkan dan dibiarkan begitu saja (Widharto, S. 1999).

Pengendalian korosi harus dimulai dari suatu perencanaan, pengumpulan data lingkungan, proses, peralatan dan bahan yang dipakai serta pemeliharaan yang akan diterapkan. Adapun metode-metode yang dilakukan dalam pengendalian korosi sebagai berikut:

1. Pemilihan Bahan
2. Teknik pelapisan
3. Modifikasi rancangan
4. Proteksi anodik dan katodik
5. Inhibitor korosi

2.6 Baja Karbon

Baja diklasifikasikan menurut komposisi kimia yang terkandung di dalamnya. Pipa baja dan fitting merupakan paduan dari besi (Fe) dan karbon (C), dan mengandung karbon kurang dari 1,7%. Klasifikasi baja dalam tiga kelompok, yaitu: Carbon steel, low alloy steel dan high alloy steel. Baja karbon terdiri dari besi, karbon kurang dari 1,7%, mangan kurang dari 1,65%, sejumlah silikon (Si), aluminium (Al), dan batas kontaminan seperti belerang (S), oksigen (O), nitrogen (N), dan tidak ada batas minimal yang ditentukan untuk elemen seperti Al, Cr, Co, Ni, Mo, Ni [ASM, ASTM A 941].

Baja karbon adalah bahan pipa yang paling umum dalam industri power plant, kimia, proses, hidrokarbon dan pipa industri. Spesifikasi pipa baja karbon umum digunakan dalam steam operation, air atau udara termasuk ASTM A106 dan ASTM A53. Baja karbon yang umum untuk aplikasi pipeline adalah pipa API 5L. Baja ringan adalah baja karbon dengan kandungan karbon kurang dari 0,30%. Baja karbon menengah memiliki 0,30% sampai 0,60% karbon. Baja karbon tinggi memiliki karbon diatas 0,6%.

Berikut adalah penggolongan baja karbon berdasarkan kadar karbonnya:

1. Baja karbon rendah

Baja karbon rendah merupakan baja yang mengandung kurang dari 0,25% unsur karbon. Kebanyakandari produk baja ini berbentuk pelat hasil pembentukan roll dingin dan proses annealing. Kandungan karbonnya yang rendah dan mikrostrukturnya yang terdiri dari fasa ferit dan pearlit menjadikan baja karbon rendah bersifat lunak dan kekuatannya lemah namun keuletan dan ketangguhannya sangat baik.

2. Baja karbon menengah

Baja karbon menengah merupakan baja yang mengandung 0,3–0,6% unsur karbon (medium carbon steel). Kekuatan lebih tinggi daripada baja karbon rendah. Sifatnya tidak mudah dibentuk dengan mesin, lebih sulit dilakukan pengelasan, dapat dikeraskan (quenching) dengan baik. Penggunaan untuk roda gigi dan poros, bahan pada komponen mesin, dll.

3. Baja karbon tinggi

Baja karbon tinggi merupakan baja yang mengandung 0,6–0,14% unsur karbon (high carbon steel). Sifatnya sangat kuat, sangat keras dan getas/rapuh, sulit dibentuk dengan pemesian. Penggunaannya seperti pada baja kawat, kabel tarik dan angkat, kikir, pahat, dll.

<http://lontar.ui.ac.id/filefile=digital131553-T-27596-Pengaruh%20derajat-Tinjauan%20literatur.pdf>

2.7 Baja ASTM A53

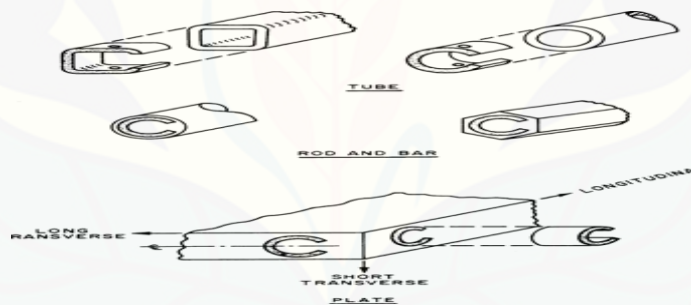
Baja ASTM A53 adalah jenis baja karbon rendah yang sesuai standar American Standard Testing Material adalah untuk pembuatan pipa, *steel black and hot-dipped, Zinc-Coated, Welded-Seamless*. Baja ASTM A53 merupakan baja karbon rendah dengan kadar C = 0,25%. Berdasarkan ASTM A53, pipa baja digunakan di daerah *steam*, air, gas dan *air lines* [1]

Adapun spesifikasi tipe dan grade ASTM A53 sebagai berikut :

- a. *Type F – Furnace-butt welded, continuous welded, Grade A*
- b. *Type E – Electric-resistance welded, Grade A and B*
- c. *Type S – Seamless, Grade A and B*

Sebagai material pipa yang juga diaplikasikan dalam lingkungan air laut maka material ini juga akan mengalami kombinasi tegangan pada dinding pipa yang disebabkan oleh tekanan fluida dari dalam maupun tekanan fluida dari luar yaitu oleh air laut. Selain itu material tersebut juga mengalami proses korosi yang disebabkan oleh air laut. Kombinasi ini sangat mempengaruhi usia pakai dari material baja ASTM A53 tersebut [2]

Pipa baja dalam pemakaiannya akan mengalami deformasi akibat tekanan baik dari dalam pipa maupun dari luar pipa, deformasi yang terjadi dapat berupa defleksi yang sifatnya elastis atau permanen yang bergantung pada karakteristik beban dan jenis pipa baja yang digunakan.



Gambar 2.11 Sampling Procedure for Testing Various Products.

2.8 Lingkungan Air Laut

Air laut merupakan faktor penting dalam proses terjadinya korosi. Sebagian besar laju korosi pada konstruksi baja di laut ataupun di pesisir pantaisangat dipengaruhi oleh ion-ion yang terdapat pada laut. Hal-hal yang dapat mempengaruhi keadaan air laut adalah sebagai berikut:

- a. Densitas

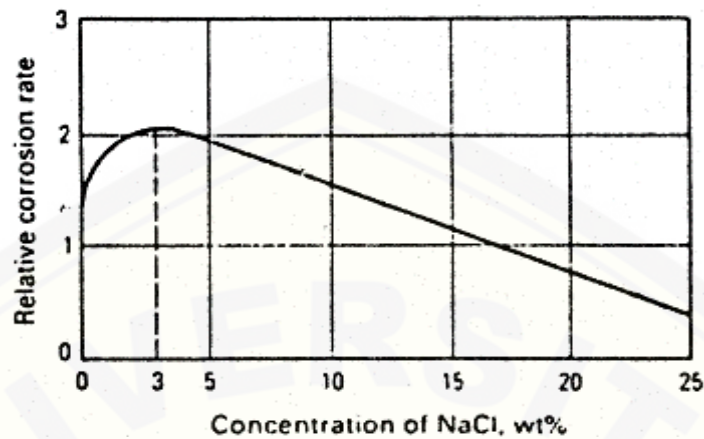
Densitas adalah massa jenis air laut dalam kg m^{-3} yang sangat bergantung pada temperatur (T), salinitas (S), dan tekanan (p). Ketergantungan ini dikenal dengan persamaan keadaan air laut (*Equation Of State of Sea Water*):

$$\rho = \rho(T,S,p)$$

Penentuan dasar pertama dalam membuat persamaan di atas dilakukan oleh Knudsen dan Ekman pada tahun 1902. Pada persamaan mereka, ρ dinyatakan dalam gr.cm^{-3} . Penentuan dasar yang baru didasarkan pada data tekanan dan salinitas dengan kisaran yang lebih besar, menghasilkan persamaan densitas baru yang dikenal sebagai Persamaan Keadaan Internasional. Persamaan ini menggunakan temperatur dalam $^{\circ}\text{C}$, salinitas dari Skala Salinitas Praktis dan tekanan dalam dbar ($1 \text{ dbar} = 10.000 \text{ pascal} = 10.000 \text{ N.m}^{-2}$). Densitas dalam persamaan ini dinyatakan dalam kg m^{-3} . Jadi, densitas dengan harga $1,025 \text{ gr.cm}^{-3}$ dalam rumusan yang lama sama dengan densitas dengan harga 1025 kg.m^{-3} dalam Persamaan Keadaan Internasional (Anonim, 2006).

b. Salinitas

Salinitas adalah berat keseluruhan dalam gram, garam-garam non organik dalam 1 kg air laut apabila seluruh unsur-unsur bromida dan iodida digantikan dengan jumlah yang sesuai dari unsur-unsur klorida dan semua unsur-unsur karbonat digantikan dengan unsur-unsur oksida (Sverdrup et. al, 1942). Salinitas dinyatakan dengan satuan per seribu ($^{\circ}/_{00}$). Meningkatnya kandungan NaCl dalam air laut akan meningkatkan laju korosi baja karbon seperti ditunjukkan pada Gambar 2.11



Gambar 2.12 Pengaruh kandungan NaCl terhadap Laju Korosi Besi (Anggono Julia, 2000)

Hubungan antara salinitas dan klorida ditentukan melalui suatu rangkaian pengukuran dasar laboratorium berdasarkan pada sampel air laut di seluruh dunia dan dinyatakan sebagai:

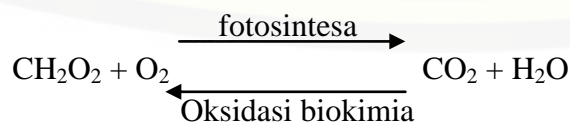
$$S (\text{‰}) = 0.03 + 1.805 \text{ Cl} (\text{‰})$$

$$S (\text{‰}) = 1.80655 \text{ Cl} (\text{‰})$$

c. Keasaman (pH) air laut

Air laut umumnya mempunyai pH lebih besar dari delapan pada permukaan. pada pH ini, 93% dari total karbon anorganik ada dalam bentuk HCO_3^- , 6% sebagai CO_3^{2-} , dan 1% sebagai CO_2 .

Konsentrasi ion karbonat relatif sangat tinggi pada permukaan dan permukaan air hampir selalu jenuh dengan kalsium karbonat. Hal ini menyebabkan terjadinya pengendapan jenuh *calcareous scale* pada permukaan logam. Konsentrasi CO_2 dan O_2 mempunyai hubungan yang erat dengan pH air laut dalam proses fotosintesa dan oksidasi biokimia dengan reaksi sebagai berikut:



Reaksi dari kiri ke kanan, oksigen terlarut dipakai dan CO dihasilkan. Hasil CO akan membuat air lebih asam yang mana hal ini akan menurunkan pH dan juga menurunkan kejenuhan terhadap karbonat. Walaupun pH mempunyai pengaruh yang sangat kecil terhadap kecepatan korosi air laut, tetapi dalam hubungannya dengan deposit *calcareous* mempunyai pengaruh yang besar. Pengendapan kerak biasanya terjadi pada pH yang lebih tinggi dimana ion OH^- dihasilkan selama reduksi oksigen terlarut.

d. Organisme Laut

Air laut merupakan media yang aktif bagi sejumlah mikro organisme. Mikro organisme ini bersama-sama dengan permukaan logam dalam air laut akan membentuk biofouling menyebabkan terjadinya korosi merata atau lokal. Larutnya beberapa partikel padat pada air laut akan menimbulkan proses dinamik yang terus menerus, dimulai dari adsorpsi material organik terlarut, mati dan terjadi pembentukan lapisan film yang disebabkan oleh ganggang dan bakteri yang mana akan menyebabkan terjadinya tumbuhan hidup. Terbentuknya lapisan film ini hanya dalam waktu relative singkat, yaitu dua jam dari saat logam dicelupkan ke dalam air laut. Lapisan ini akan mengubah sifat kimia pada permukaan logam dalam elektrolit.

2.9 Inhibitor

2.9.1 Pengertian

Secara umum suatu inhibitor adalah suatu zat kimia yang dapat menghambat memperlambat suatu reaksi kimia. Sedangkan inhibitor korosi adalah suatu zat kimia yang bila ditambahkan kedalam suatu lingkungan, dapat menurunkan laju penyerangan korosi lingkungan itu terhadap suatu logam. Mekanisme penghambatannya terkadang lebih dari satu jenis.

Sejumlah inhibitor menghambat korosi melalui cara adsorpsi untuk membentuk suatu lapisan tipis yang tidak nampak dengan ketebalan beberapa molekul saja, ada pula yang karena pengaruh lingkungan membentuk endapan yang

nampak dan melindungi logam dari serangan yang mengkorosi logamnya dan menghasilkan produk yang membentuk lapisan pasif, dan ada pula yang menghilangkan konstituen yang agresif (Indra Surya, 2004).

2.9.2 Mekanisme Kerja Inhibitor Korosi

Suatu inhibitor kimia adalah suatu zat kimia yang dapat menghambat atau memperlambat suatu reaksi kimia. Secara khusus, inhibitor korosi merupakan suatu zat kimia yang bila ditambahkan kedalam suatu lingkungan tertentu, dapat menurunkan laju penyerangan lingkungan itu terhadap suatu logam. Pada prakteknya, jumlah yang di tambahkan adalah sedikit, baik secara berangsur-angsur maupun periodik menurut suatu selang waktu tertentu.

1. Inhibitor teradsorpsi pada permukaan logam, dan membentuk suatu lapisan tipis dengan ketebalan beberapa molekul inhibitor. Lapisan ini tidak dapat dilihat oleh mata biasa, namun dapat menghambat penyerangan lingkungan terhadap logamnya.
2. Melalui pengaruh lingkungan (misal pH) menyebabkan inhibitor dapat mengendap dan selanjutnya teradsorpsi pada permukaan logam serta melindunginya terhadap korosi. Endapan yang terjadi cukup banyak, sehingga lapisan yang terjadi dapat teramati oleh mata.
3. Inhibitor lebih dulu mengkorosi logamnya, dan menghasilkan suatu zat kimia yang kemudian melalui peristiwa adsorpsi dari produk korosi tersebut membentuk suatu lapisan pasif pada permukaan logam.
4. Inhibitor menghilangkan sifat yang agresif dari lingkungannya.

Berdasarkan sifat korosi logam secara elektrokimia, inhibitor dapat mempengaruhi polarisasi anodik dan katodik. Bila suatu sel korosi dapat dianggap terdiri dari empat komponen yaitu: anoda, katoda, elektrolit dan penghantar elektronik, maka inhibitor korosi memberikan kemungkinan menaikkan polarisasi anodik, atau menaikkan polasisasi katodik atau menaikkan tahanan listrik dari

rangkaian melalui pembentukan endapan tipis pada permukaan logam. Mekanisme ini dapat diamati melalui suatu kurva polarisasi yang diperoleh secara eksperimental.

2.10 Beberapa Masalah dalam Penggunaan Inhibitor

Menurut Widiarto (1999: 138) masalah – masalah yang akan timbul dalam penggunaan inhibitor sebagai penghambat laju korosi sebagai berikut:

1. Pembuihan (*foaming*)

Sifat zat inhibitor sebagai sabun (deterjen). Akibat pengaruhnya (*organic inhibitor*) terhadap permukaan karena fungsinya diserap oleh permukaan tersebut. *Foaming* terjadi pada peralatan yang mengandung gas dan gerakan agitasi. Untuk mencegah hal tersebut perlu diinjeksikan zat anti *foaming* atau menggunakan inhibitor secara tepat.

2. Terjadi Emulsi

Terjadinya emulsi karena terdapatnya fase – fase gas dan cairan yang bercampur atau dua jenis cairan yang bercampur disertai gerakan agitasi. Dalam hal ini inhibitor berlaku sebagai stabilisator emulsi. Untuk mengatasi masalah tersebut ditambahkan zat *demulsifier*.

3. Penyumbatan (*plugging*)

Ada jenis inhibitor tertentu yang dapat mengakibatkan terkelupasnya lapisan oksida atau kerak yang sudah ada pada permukaan baja, sehingga kerak tersebut ikut aliran dan menyumbat pada *opening – opening* kecil seperti *filter, tubing* dan lain – lain. Untuk mengatasinya peralatan dibersihkan dahulu permukaannya dari kerak – kerak sebelum diberi inhibitor. Atau melindungi sistem filter dengan filter untuk menyaring kerak yang terlepas.

4. Terciptanya masalah korosi baru

Pemberian inhibitor diharapkan mampu menghambat laju korosi suatu material yang dilindungi, namun dalam waktu yang bersamaan inhibitor justru mempercepat laju korosi. Misalnya beberapa amine melindungi baja dengan baik, namun akan semakin menyerang metal baja dan kuningan. Untuk itu

perlu diperhatikan susunan kimia material dan sifat – sifat inhibitor yang akan dilindungi metal dari korosi.

5. Masalah *Heat Transfer*

Adanya endapan fosfat, silikat atau sulfat sebagai zat inhibitor secara berlebihan pada permukaan alat penukar kalori, dapat menimbulkan masalah karena mengurangi pertukaran panas sehingga mengurangi efisiensi alat tersebut. Maka dari itu perlunya pemberian zat tidak berlebihan atau dipertahankan dalam batas minimum.

6. Pengaruh beracun

Pengaruh beracun harus dipikirkan dari zat inhibitor terhadap panca indra. Maka dalam pemilihan harus sangat hati – hati dan teliti. Serta perlakuan atau pemrosesan yang benar akan mengurangi resiko ini.

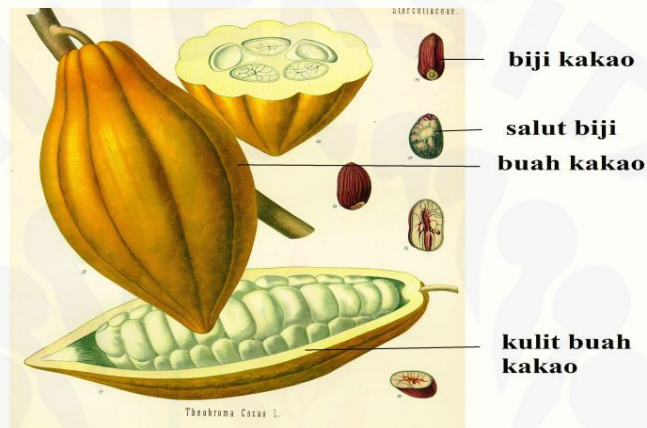
7. Kehilangan inhibitor

Pada proses *inhibition* tidak akan efektif bila terjadi kehilangan zat sebelum sempat berhubungan dengan permukaan metal atau sebelum terciptanya perubahan yang dikehendaki. Suatu inhibitor akan menghilang karena pengendapan (*presipitation*), proses adsorpsi dan reaksi dengan komponen sistem yang dilindungi atau karena mudah larut atau terlalu lambat pelarutnya. Misalnya proses pengendapan fosfat oleh ion kalsium, reaksi antara kromat dan sulfida, proses adsorpsi zat inhibitor pada butis padat yang mengembang (*suspended solid*) dan penginjeksian zat inhibitor yang sulit larut tanpa bahan pelarut (*dispering agent*).

2.11 Kakao

Kakao (*Theobroma cacao*) merupakan tumbuhan berwujud pohon yang berasal dari Amerika Selatan. Dari biji tumbuhan ini dihasilkan produk olahan yang dikenal sebagai coklat. Kakao merupakan tumbuhan tahunan (*perennial*) berbentuk pohon, di alam dapat mencapai ketinggian 10 m. Meskipun demikian,

dalam pembudidayaan tingginya dibuat tidak lebih dari 5m tetapi dengan , tajuk menyamping yang meluas. Hal ini dilakukan untuk memperbanyak cabang produktif. Bunga kakao, sebagaimana anggota Sterculiaceae lainnya, tumbuh langsung dari batang (*cauliflorous*). Bunga sempurna berukuran kecil (diameter maksimum 3cm), tunggal, namun nampak terangkai karena sering sejumlah bunga muncul dari satu titik tunas.



Gambar 2.13 Bagian-bagian buah kakao

Kakao secara umum adalah tumbuhan menyerbuk silang dan memiliki sistem inkompatibilitas-sendiri (lihat penyerbukan). Walaupun demikian, beberapa varietas kakao mampu melakukan penyerbukan sendiri dan menghasilkan jenis komoditi dengan nilai jual yang lebih tinggi.

Buah tumbuh dari bunga yang diserbuki. Ukuran buah jauh lebih besar dari bunganya, dan berbentuk bulat hingga memanjang. Buah terdiri dari 5 daun buah dan memiliki ruang dan di dalamnya terdapat biji. Warna buah berubah-ubah. Sewaktu muda berwarna hijau hingga ungu. Apabila masak kulit luar buah biasanya berwarna kuning.

Biji terangkai pada plasenta yang tumbuh dari pangkal buah, di bagian dalam. Biji dilindungi oleh salut biji (aril) lunak berwarna putih. Dalam istilah pertanian disebut *pulp*. Endospermia biji mengandung lemak dengan kadar

yang cukup tinggi. Dalam pengolahan pascapanen, pulp difermentasi selama tiga hari lalu biji dikeringkan di bawah sinar matahari. Biji kakao merupakan salah satu hasil perkebunan yang banyak digunakan sebagai bahan baku industri. Di Indonesia biji kakao merupakan salah satu komoditi ekspor. Produksi biji kakao mengalami peningkatan dari tahun ke tahun sejalan dengan peningkatan luas areal perkebunan. Selama ini dari buah kakao yang mempunyai nilai ekonomi adalah biji kakao.

Kulit buah kakao yang merupakan bagian terbesar dari buah kakao hanya dimanfaatkan sebagai kompos untuk tanah perkebunan. Beberapa penelitian yang telah dilakukan adalah pemanfaatan kulit kakao sebagai media pertumbuhan jamur untuk menghasilkan enzim, campuran pakan ternak langsung atau sebagai silase, produksi biogas, sebagai media untuk memproduksi gum xantan dan gula cair. Kulit buah kakao sebagai limbah hasil perkebunan sangat potensial dan merupakan komponen terbesar dari buah kakao lebih dari 70% berat buah masak. Buah kakao dalam bentuk segar terdiri dari kulit buah 73%, plasenta 2% dan biji 24,2%.

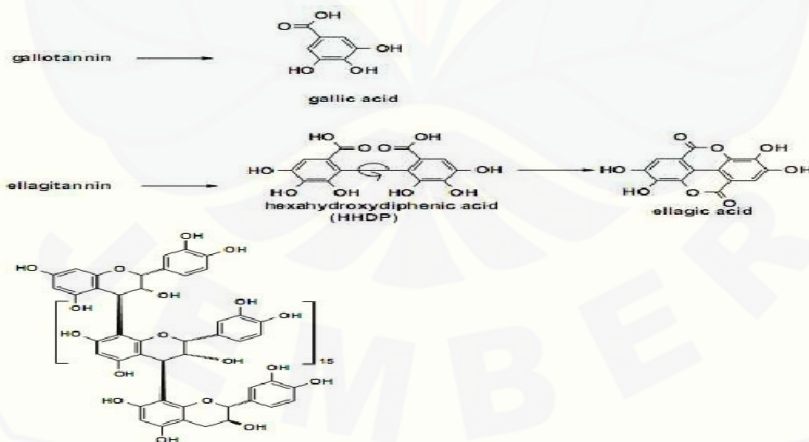
Menurut Figuera et al (1993), kulit buah kakao mengandung campuran flavonoid atau tanin terkondensasi atau terpolimerisasi, seperti antosianidin, katekin, leukoantosianidin yang kadang-kadang terikat dengan glukosa. Tanin yang terikat dengan gula umumnya mudah larut dalam pelarut hidroalkohol, sedangkan tanin terkondensasi atau tanin lebih mudah terekstraksi dengan pelarut aseton 70%. Kulit buah kakao belum dimanfaatkan secara optimal bahkan sebagian besar masih merupakan limbah perkebunan kakao karena hanya dikumpulkan pada lubang tertutup atau dibuang disekitar tanaman kakao, maka perlu dicari cara mengenai pemanfaatan kulit buah kakao yang lebih efisien dan memiliki nilai ekonomis yang lebih tinggi. Kulit buah kakao memiliki senyawa tanin yang cukup besar yaitu 2,02% dengan ekstraksi 4 jam (Buyung Suwardi Umar). Hal ini menyebabkan dimungkinkannya pemanfaatan kulit buah kakao sebagai inhibitor alami pada reaksi korosi baja.

2.12 Tanin

Tanin adalah campuran polifenol yang terdapat dalam tumbuhan dalam bentuk glikosida yang jika terhidrolisis akan menghasilkan glikon dan aglikon. Sebagai glikosida, tannin larut dalam pelarut dan dalam air dalam bentuk sedikit asam. Dalam keadaan bebas, tannin bersifat asam karena adanya gugus fenol. Tannin terdapat luas dalam tanaman pembuluh. Karena tannin memiliki rasa yang sepat, maka umumnya tannin dihindari oleh hewan pemakan tumbuhan. Oleh sebab itu, tannin digunakan sebagai penolak hewan pemakan tumbuhan.

Tanin adalah senyawa organik non toksik yang tergolong polifenol yang bisa diperoleh dari ekstrak tumbuh-tumbuhan seperti gambir, kacang-kacangan, teh, anggur dan lain-lain. Tanin dapat berfungsi sebagai zat anti korosi yang dapat menggantikan fungsi kromat dan timbale merah dalam zat dasar. Dalam senyawa tannin, terdapat gugus fungsi hidroksi yang melekat pada cincin aromatis sehingga tannin dapat membentuk kompleks khelat dengan kation besi dan logam lainnya.

Dalam penelitian sebelumnya oleh Desi Mitra Sari (2013) dikatakan bahwa inhibitor organik merupakan inhibitor dari bagian tumbuhan yang mengandung tanin. Berikut adalah gambar dari senyawa tanin (Sumber : Hagerman, 2002).



Gambar 2.14 Senyawa tanin

Tanin merupakan salah satu jenis senyawa yang termasuk ke dalam golongan polifenol. Senyawa tanin ini banyak di jumpai pada tumbuhan. Tanin dahulu digunakan untuk menyamakkan kulit hewan karena sifatnya yang dapat mengikat protein. Selain itu juga tanin dapat mengikat alkaloid dan glatin.

Tanin secara umum didefinisikan sebagai senyawa polifenol yang memiliki berat molekul cukup tinggi (lebih dari 1000) dan dapat membentuk kompleks dengan protein. Berdasarkan strukturnya, tanin dibedakan menjadi dua kelas yaitu tanin terkondensasi (condensed tannins) dan tanin-terhidrolisiskan (hydrolysable tannins) (Hagerman et al., 1992; Harbone, 1996).

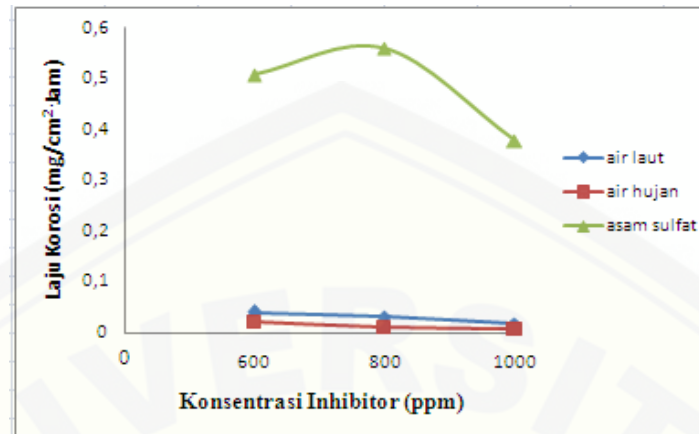
Tanin memiliki peranan biologis yang kompleks. Hal ini dikarenakan sifat tanin yang sangat kompleks mulai dai pengendap protein hingga pengkhelat logam. Maka dari itu efek yang disebabkan tanin tidak dapat diprediksi. Tanin juga dapat berfungsi sebagai antioksidan biologis. Maka dari itu semua penelitian tentang berbagai jenis senyawa tanin mulai dilirik para peneliti sekarang (Hagerman, 2002).

2.13 Ekstrak Kulit Buah Kakao Sebagai Inhibitor

Menurut Sri Hermawan, Yuli Rizky Ananda Nasution, Rosdanelli Hasibuan bahwa penggunaan ekstrak Kulit buah kakao dapat menghambat laju reaksi korosi pada baja, sehingga dapat dijadikan sebagai inhibitor alami dalam reaksi korosi. Laju korosi menurun dengan bertambahnya konsentrasi inhibitor (ekstrak kulit buah kakao).

2.13.1 Hubungan Laju Korosi - Konsentrasi Inhibitor

Hubungan laju korosi terhadap konsentrasi inhibitor dapat dilihat pada gambar 1, dimana laju reaksi korosi yang diperoleh cenderung menurun untuk setiap kenaikan konsentrasi inhibitor.

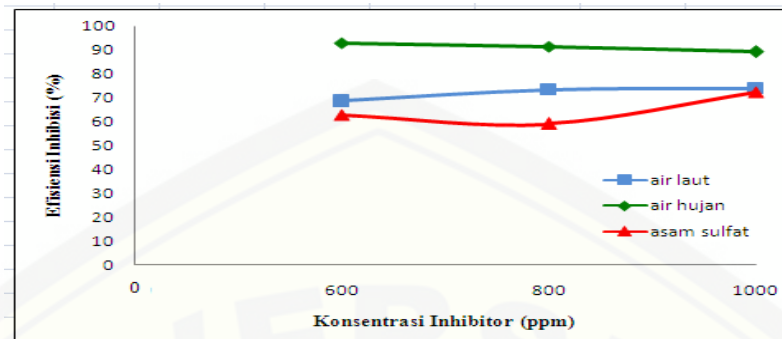


Gambar 2.15 Laju Reaksi Korosi Berdasarkan Konsentrasi Inhibitor

Laju reaksi korosi dengan adanya ekstrak kulit buah kakao dalam air laut, air hujan maupun air laut menurun jika dibandingkan dengan tanpa penambahan ekstrak. Hal ini disebabkan karena adanya senyawa tanin yang ada dalam ekstrak. Senyawa tanin dalam ekstrak dapat membentuk senyawa kompleks dengan Fe(III) di permukaan logam, sehingga laju reaksi korosi akan mengalami penurunan. Senyawa kompleks ini akan menghalangi serangan ion-ion korosif pada permukaan logam, sehingga laju reaksi korosi akan menurun. Walaupun ada titik yang mengalami kenaikan yaitu dalam media korosif asam sulfat 1 M pada konsentrasi inhibitor 800 ppm, hal ini disebabkan karena lapisan Fe-tanin ekstrak tidak bisa menutupi seluruh permukaan baja, sehingga pada bagian yang tidak tertutupi Fe dapat terion dan mengalami korosi. Selain itu, ada pengotor-pengotor pada tanin ekstrak yang menempel pada permukaan baja juga mempengaruhi cepatnya korosi. Dengan demikian ekstrak kulit buah kakao dapat menghambat laju korosi baja, sehingga dapat dijadikan sebagai inhibitor dalam reaksi korosi pada baja.

2.13.2 Hubungan Efisiensi Inhibisi – Konsentrasi Inhibitor

Hubungan efisiensi inhibisi terhadap konsentrasi inhibitor dapat dilihat pada gambar 2, dimana efisiensi inhibisi cenderung menaik untuk setiap penambahan konsentrasi inhibitor.



Gambar 2.16 Efisiensi Inhibisi Berdasarkan Konsentrasi Inhibitor

Efisiensi inhibisi ekstrak kulit buah kakao yang dihasilkan berbeda-beda tergantung pada konsentrasi inhibitor dan media korosif. Pada grafik dapat dilihat bahwa efisiensi inhibisi pada media korosif air laut dapat mencapai 73,8% pada konsentrasi inhibitor 1000 ppm, efisiensi inhibisi pada media korosif air hujan dapat mencapai 93,06% pada konsentrasi inhibitor 600 ppm, efisiensi inhibisi pada media korosif air laut dapat mencapai 72,41% pada konsentrasi 1000 ppm. Efisiensi inhibisi tertinggi yang dihasilkan adalah pada media korosif air hujan dengan konsentrasi inhibitor 600 ppm, hal ini disebabkan karena pada kondisi tersebut senyawa kompleks Fe-tanin terbentuk dengan sempurna dan menutupi seluruh permukaan baja.

2.14 Hipotesa

Hipotesa dari penelitian ini adalah jumlah konsentrasi ekstrak kulit buah kakao sebagai inhibitor pada larutan korosif berpengaruh terhadap laju korosi dan waktu perendaman spesimen pada ekstrak kulit buah kakao juga akan mempengaruhi tingkat efisiensi penghambatan pada pipa baja karbon A53.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu suatu metode yang digunakan untuk menguji pengaruh dari suatu perlakuan atau desain baru dengan cara membandingkan desain tersebut dengan desain tanpa perlakuan.

Penelitian akan dilakukan di Laboratorium Desain jurusan Teknik Mesin Universitas Jember, Laboratorium Uji Bahan Teknik Mesin Universitas Jember, Laboratorium Kimia Dasar jurusan Kimia MIPA Universitas Jember, dan Laboratorium Fakultas Farmasi Universitas Jember, yang akan dimulai pada bulan Oktober 2014 sampai dengan bulan Maret 2015.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat

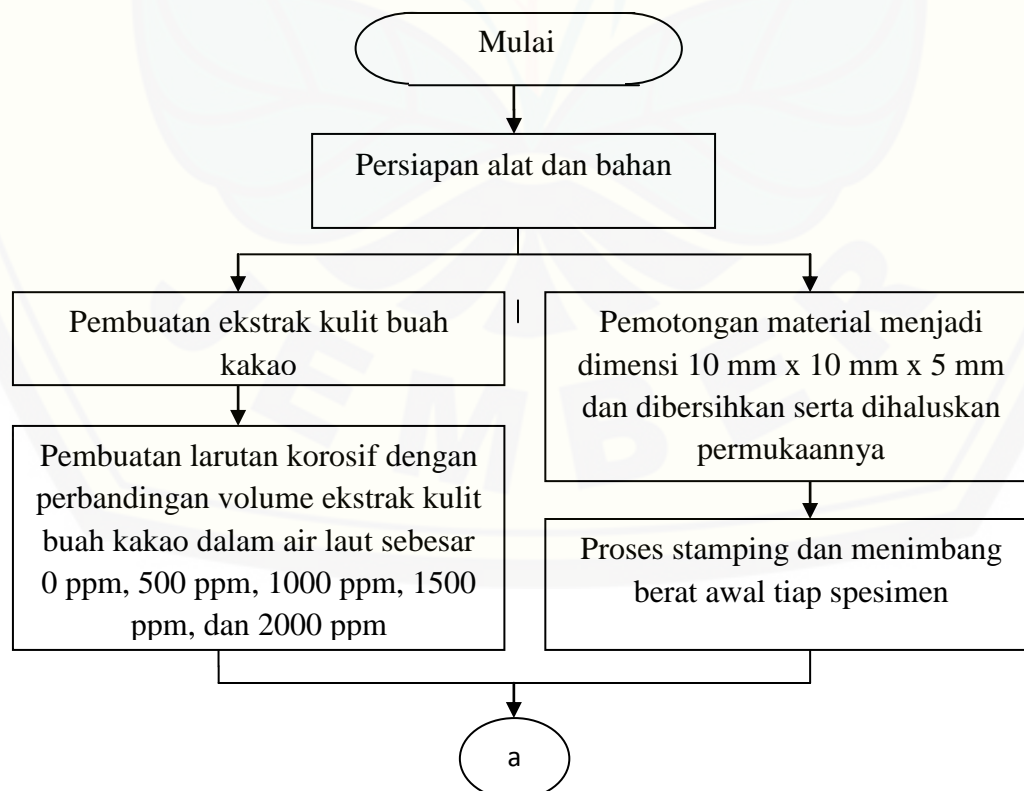
1. Timbangan dengan ketelitian 0,0001 mg, *Excellent Scale*
2. Gelas ukur 100 mL
3. Jangka sorong
4. *Rotary evaporator*
5. Mikroskop Metalurgi Olympus
6. Mesin gerinding
7. Gergaji
8. Camera Digital
9. Wadah medium korosif berbentuk balok dari kaca (80mm x 50mm x 70mm).

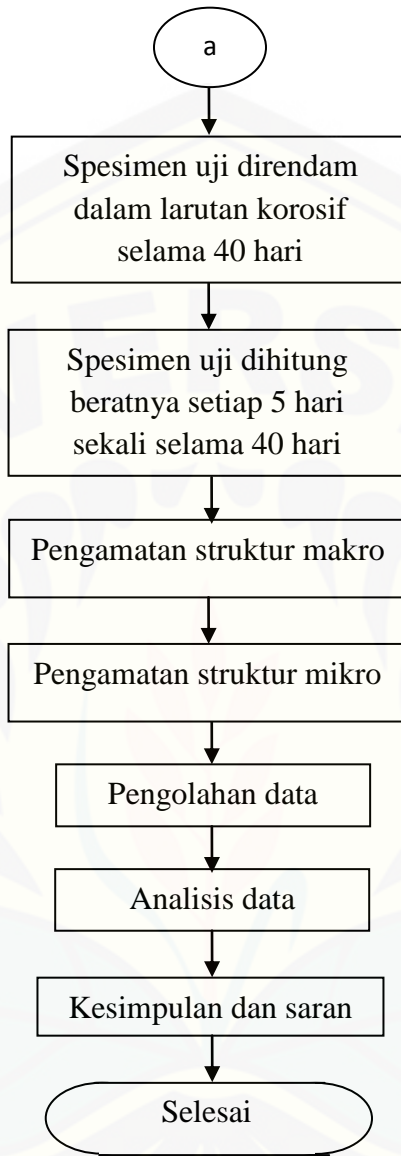
3.2.1 Bahan

1. Spesimen uji pipa baja karbon A53 (dimensi: 10 mm x 10mm x 5mm)
2. kulit buah kakao
3. Kertas ampelas *grade* 400, 600, 800, 1000, 1200, dan 1500
4. Kain beludru
5. Autosol
6. Etanol
7. HNO₃
8. HCl
9. Resin
10. Hardener
11. Pipa paralon
12. Sikat kecil

3.3 Diagram Alir Proses

Dari prosedur penelitian yang dijabarkan sebelumnya, dapat disajikan dalam bentuk diagram alir seperti di bawah ini:





3.4 Prosedur Penelitian

Adapun langkah-langkah penelitian sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat dan bahan.
2. Membersihkan dan menghaluskan permukaan pipa baja karbon A53 hingga sesuai dengan diameter 4 inci dan ketebalan 5 mm yang kemudian akan

dibentuk menjadi potongan-potongan kecil dengan dimensi 10 mm x 10 mm x 5 mm sejumlah 120 buah specimen.

3. Memberi nomor setiap spesimen menggunakan stamping, kemudian tiap spesimen ditimbang sebelum perendaman.
4. Membuat larutan korosif dengan perbandingan variasi persentase konsentrasi inhibitor ekstrak kulit buah kakao dengan air laut sebesar 0 ppm, 500 ppm, 1000 ppm, 1500 ppm, dan 2000 ppm.
5. Melakukan pengujian perendaman pipa baja karbon A53 selama 40 hari pada setiap konsentrasi larutan.
6. Melihat dan mengambil data tentang proses korosi yang terjadi pada pipa baja karbon A53 selama 5 hari sekali.
7. Mengukur berat pipa baja karbon A53 setelah perendaman dan pembersihan, kemudian menghitung laju korosinya dan efisiensi inhibitor.
8. Melakukan pengamatan struktur mikro dan makro spesimen uji tiap konsentrasi.
9. Analisis data dan kesimpulan.

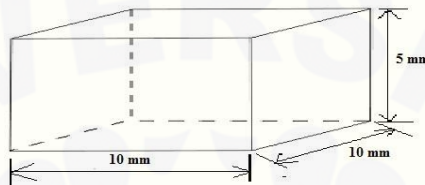
3.5 Pelaksanaan Penelitian

Kulit buah kakao yang digunakan adalah buah kakao yang siap dipetik yang telah masak optimal ditandai dengan perubahan warna kulit buah yang semula hijau menjadi kuning (jenis *Forestero*) dan merah (jenis *Criollo*). Masaknya buah selain ditandai dengan perubahan warna juga bunyi nyaring apabila dilakukan pengetukan buah. Buah kakao diambil dari perkebunan, Desa Bangsalsari, Jember. Sedangkan air laut yang digunakan untuk eksperimen diambil dari pantai puger, Jember.

3.5.1 Pembuatan Spesimen Uji

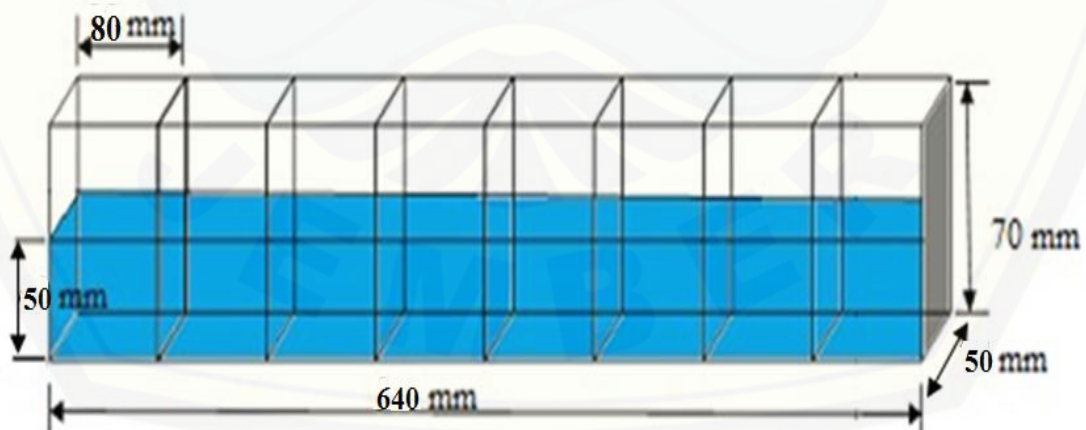
Setelah semua persiapan terhadap material selesai kemudian dilakukan pembuatan spesimen uji sesuai dengan standart ASTM G31-72 (*Standart Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metal*).

Dengan spesimen sebagai berikut:



Gambar 3.1 Spesimen Uji

Material dipotong menggunakan mesin grinding dan didinginkan menggunakan air agar tidak terjadi perubahan struktur mikro sesuai dengan dimensi yang ditentukan. Selanjutnya dilakukan pengikiran pada bagian sisinya untuk mendapatkan kerataan ukuran sesuai dengan yang diinginkan. Setelah itu specimen uji dihaluskan dengan kertas gosok *grade* 400, 600, 800, 1000, 1200, dan 1500 pada seluruh permukaannya. Setelah permukaannya dalam keadaan halus, selanjutnya dibersihkan dengan aquades, larutan HCl encer dan aseton. Kemudian specimen diberi nomor menggunakan stamping dan dilakukan penimbangan awal.



Gambar 3.2 Alat Peredaman Spesimen Uji

3.5.2 Persiapan Media Pengkorosi

Dipilihnya inhibitor ekstrak kulit buah kakao ini karena kulit buah kakao merupakan inhibitor organik yang aman, mudah didapatkan, 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.

Tahapan pembuatan larutan inhibitor ekstrak kulit buah kakao adalah sebagai berikut:

1. 1 kg kulit buah kakao dibersihkan dari kotoran-kotoran, kemudian dirajang kecil-kecil dan dikeringkan di udara terbuka selama 3 hari. Kemudian kulit yang telah kering digiling hingga menjadi serbuk.
2. kulit buah kakao kering kemudian diekstrak dengan metode maserasi menggunakan pelarut etanol dan aquades. Larutan ini dibuat dengan melarutkan 300 mg kulit buah kakao kering dalam 1,5 L pelarut. Pelarut yang digunakan adalah etanol dengan volume 1450 mL dan aquades dengan volume 50 mL aquades.
3. Metode maserasi dilakukan dengan merendam kulit buah kakao kering dalam pelarut selama 1 hari.
4. Hasil perendaman kemudian disaring menggunakan kertas saring sehingga diperoleh filtrat.
5. Filtrat kemudian diuapkan menggunakan mesin *rotary evaporator* dengan kecepatan 200 rpm dan suhu 49-50 °C hingga menghasilkan ekstrak pekat.
6. Ekstrak pekat kulit buah kakao diencerkan dengan variasi persentase konsentrasi inhibitor ekstrak kulit buah kakao dengan air laut sebesar 0 ppm, 500 ppm, 1000 ppm, 1500 ppm, dan 2000 ppm.

3.5.3 Pengkorosian Material

Proses pengkorosian dilakukan dengan cara perendaman spesimen yang telah ditimbang sebelumnya ke dalam larutan korosif dengan variasi konsentrasi inhibitor

kulit buah kakao. Perendaman dilakukan selama 40 hari dan waktu pengamatan selama 5 hari sekali. Posisi peletakan material dilakukan pada keadaan berdiri, permukaan terkecil sebagai posisi terbawah atau pada ukuran 10 mm x 5 mm dengan maksud agar permukaan dapat terkorosi dengan sempurna atau sebagian besar permukaan dapat berkontak langsung dengan media pelarut, pengujian setiap konsentrasi dibutuhkan 3 spesimen uji pada setiap pengamatan.

3.5.4 Pengambilan dan Pembersihan Material

Pengambilan spesimen dilakukan 5 hari sekali selama 40 hari. Penimbangan berat spesimen dilakukan setelah pembersihan spesimen sesuai dengan standar ASTM G1-90 (*Standard Practice for Preparing, Cleaning and Evaluating Corrosion Test Specimens*). Pembersihan dilakukan dengan metode *chemical cleaning* menggunakan larutan *acid pickling*, metode ini dipilih dengan harapan kehilangan berat akibat pembersihan akan lebih kecil apabila dibandingkan dengan metode lainnya. Larutan *acid pickling* yang digunakan adalah 500 ml asam klorida dan hexamethyane tetramine 3,5 g yang telah dicampur dengan aquades sampai menjadi 1000 ml, dilakukan pada temperatur kamar, dengan waktu 10 menit.

3.5.5 Pengamatan Struktur Makro

Pengamatan struktur makro dilakukan setiap 5 hari sekali selama 40 hari pada setiap variasi konsentrasi ekstrak kulit buah kakao dan sampel yang diamati diambil secara acak. Pengamatan makro diamati berdasarkan hasil foto menggunakan kamera digital pada setiap variasi ekstrak kulit buah kakao yang diambil secara acak.

3.5.6 Pengamatan Struktur Mikro

Material setelah proses uji korosi dilakukan pengamatan *metallography* melalui beberapa proses penghalusan permukaan logam, setelah permukaan halus kurang lebih seperti cermin kemudian selanjutnya dilakukan foto mikro. Foto mikro

diambil berdasarkan sampel acak dari setiap variasi konsentrasi ekstrak kulit buah kakao.

Spesimen yang difoto mikro adalah pipa baja karbon A53 yang belum mendapatkan proses perendaman dan yang telah direndam dalam larutan ekstrak kulit buah kakao dan air laut dalam berbagai variasi waktu konsentrasi.

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 *grade* 400 dan dilanjutkan *grade* 600, 800, 1000, 1200, sampai yang terakhir *grade* 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 grinding hilang dan permukaan spesimen terlihat rata.

c. Etching

Proses mengetsa adalah proses mencelupkan spesimen ke dalam larutan kimia. Larutan yang digunakan dalam penelitian ini adalah HNO_3 dan etanol 97% selama 55 detik lalu dimasukkan ke dalam 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 pipa baja karbon A53. 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.

3.6 Analisis Data

3.6.1 Analisis dengan Metode Gravimetri

Setelah spesimen direndam, dilakukan penimbangan berat masing-masing spesimen pada selang waktu 5 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:

$$E = \frac{Ro - Ri}{Ro} \times 100 \%$$

Dimana:

E = Daya Inhibisi (%)

Ro = 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 pipa baja karbon A53. Kemudian dianalisis jenis korosinya dengan melihat proses terjadinya korosi pada saat perendaman dan didapat data. Sehingga dari sini data dibahas dan disimpulkan hasilnya.

Kemudian untuk menganalisis jenis korosi dan struktur mikro, pada penelitian ini dilakukan foto mikro pipa baja karbon A53 menggunakan mikroskop optik pada perbesaran 100x tanpa etsa dan dengan etsa. Untuk larutan etsa baja karbon rendah menggunakan 4% NHO_3 dan 100 mL etanol 96% (Sumber: ASM Hand Book, 1995:170).

3.6.2 Pengambilan Data

Pengambilan data untuk variasi persentase konsentrasi inhibitor ekstrak kulit buah kakao dengan air laut sebesar 0 ppm, 500 ppm, 1000 ppm, 1500 ppm, dan 2000 ppm adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Tabel pengambilan data

		Faktor A (Hari)									
		5	10	15	20	25	30	35	40	Jumlah	Rata – rata
Faktor B (Konsentrasi Ekstrak Kulit Buah Kakao)	0 ppm										
	Jumlah										
	Rata – rata										
	500 ppm										
	Jumlah										
	Rata – rata										
	1000 ppm										
	Jumlah										
	Rata – rata										
	1500 ppm										
	Jumlah										
	Rata – rata										
	2000 ppm										
	Jumlah										
	Rata – rata										

3.6.3 Pengolahan Data

Data dari table 3.2 akan diolah datanya untuk dimunculkan dalam grafik variasi konsentrasi serta waktu perendaman sehingga dapat dianalisa dan diolah

dengan cara menganalisa grafik tersebut. Selanjutya dilakukan perhitungan laju korosi dan efisiensi inhibisi yang dimunculkan juga dalam bentuk grafik. Laju korosi dihitung dengan rumus:

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

Satuan mdd merupakan (mg/dm².day), satuan ini digunakan karena waktu perendaman dilakukan dengan rentang waktu hari. Sedangkan efisiensi inhibisi dihitung menggunakan rumus:

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

3.7 Jadwal Penelitian

No	Jenis Kegiatan	Bulan																			
		Agustus				September				Oktober r				November				Desember			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Studi literatur																				
2.	Penyusunan proposal																				
3.	Penelitian pendahuluan																				
4.	Seminar proposal																				
5.	Pengujian																				
6.	Pengolahan data dan analisis data																				

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Setelah dilakukan penelitian setiap 5 hari sekali selama 40 hari dengan variabel yang berbeda-beda didapatkan data pengurangan berat dan laju korosi sebagai berikut:

4.1.1 Data Hasil Penelitian pada Konsentrasi 0 ppm

Waktu (hari)	Berat Awal (g)	Berat Akhir (g)	Selisih (g)	T (jam)	D (g/cm ³)	A (cm ²)	Laju Korosi (mdd)	Rata-rata
5	5,5322	5,5308	0,0014	120	7,86	5,1883	0,6866	0,6977
	5,0856	5,0844	0,0012	120	7,86	4,8632	0,6279	
	5,1397	5,1382	0,0015	120	7,86	4,9028	0,7785	
10	5,694	5,6913	0,0027	240	7,86	5,3051	0,6475	0,7352
	5,0854	5,0829	0,0025	240	7,86	4,8631	0,6540	
	5,363	5,3594	0,0036	240	7,86	5,0656	0,9042	
15	5,7706	5,765	0,0056	360	7,86	5,3602	0,8861	0,8878
	5,3544	5,3493	0,0051	360	7,86	5,0594	0,8550	
	5,6063	5,6006	0,0057	360	7,86	5,2418	0,9223	
20	5,5664	5,558	0,0084	480	7,86	5,2130	1,0250	0,1118
	5,1896	5,1807	0,0089	480	7,86	4,9393	1,1462	
	5,0113	5,0025	0,0088	480	7,86	4,8087	1,1641	
25	5,2136	5,2021	0,0115	600	7,86	4,9568	1,1807	1,1397
	5,556	5,5449	0,0111	600	7,86	5,2055	1,0852	
	5,1935	5,1823	0,0112	600	7,86	4,9421	1,1533	

Waktu (hari)	Berat Awal (g)	Berat Akhir (g)	W (g)	T (jam)	D (g/cm ³)	A (cm ²)	Laju Korosi (mdd)	Rata-rata
30	5,1497	5,1342	0,0155	720	7,86	4,9101	1,3387	1,2436
	5,4729	5,4586	0,0143	720	7,86	5,1454	1,1786	
	5,1256	5,1116	0,014	720	7,86	4,8925	1,2135	
35	5,1382	5,1189	0,0193	840	7,86	4,9017	1,4313	1,4380
	5,1656	5,146	0,0196	840	7,86	4,9218	1,4476	
	5,2588	5,2391	0,0197	840	7,86	4,9898	1,4351	
40	4,5551	4,5328	0,0223	960	7,86	4,4713	1,5863	1,5113
	4,6292	4,6062	0,023	960	7,86	4,5265	1,6162	
	5,1257	5,1022	0,0235	960	7,86	5,6144	1,3313	

4.1.2 Data Hasil Penelitian pada Konsentrasi 500 ppm

Waktu (hari)	Berat Awal (g)	Berat Akhir (g)	W (g)	T (jam)	D (g/cm ³)	A (cm ²)	Laju Korosi (mdd)	Rata-rata
5	5,7218	5,7208	0,001	120	7,86	5,3251	0,4778	0,4796
	5,666	5,6652	0,0008	120	7,86	5,2849	0,3852	
	5,082	5,0809	0,0011	120	7,86	4,8606	0,5759	
10	5,2935	5,2918	0,0017	240	7,86	5,0151	0,4313	0,4208
	5,3087	5,3071	0,0016	240	7,86	5,0261	0,4050	
	5,7915	5,7897	0,0018	240	7,86	5,3752	0,4260	
15	5,4834	5,4808	0,0026	360	7,86	5,1530	0,4280	0,4184
	5,4821	5,4797	0,0024	360	7,86	5,1520	0,3951	
	5,1439	5,1414	0,0025	360	7,86	4,9059	0,4322	

Waktu (hari)	Berat Awal (g)	Berat Akhir (g)	W (g)	T (jam)	D (g/cm³)	A (cm²)	Laju Korosi (mdd)	Rata- rata
20	5,8496	5,8466	0,003	480	7,86	5,4169	0,3523	0,3600
	5,7057	5,7028	0,0029	480	7,86	5,3135	0,3472	
	5,5233	5,5202	0,0031	480	7,86	5,1818	0,3806	
25	5,3258	5,3222	0,0036	600	7,86	5,0386	0,3636	0,3587
	5,6124	5,609	0,0034	600	7,86	5,2462	0,3298	
	5,1651	5,1614	0,0037	600	7,86	4,9214	0,3826	
30	5,3868	5,3823	0,0045	720	7,86	5,0829	0,3755	0,3718
	5,8572	5,8528	0,0044	720	7,86	5,4224	0,3441	
	5,4713	5,4665	0,0048	720	7,86	5,1442	0,3957	
35	5,5038	5,4983	0,0055	840	7,86	5,8827	0,3399	0,3921
	5,1389	5,1333	0,0056	840	7,86	4,9022	0,4152	
	5,2795	5,2737	0,0058	840	7,86	5,0049	0,4213	
40	5,8943	5,8876	0,0067	960	7,86	5,4490	0,3911	0,4028
	5,4782	5,472	0,0062	960	7,86	5,1492	0,3830	
	4,8477	4,8413	0,0064	960	7,86	4,6883	0,4342	

4.1.3 Data Hasil Penelitian pada Konsentrasi 1000 ppm

Waktu (hari)	Berat Awal (g)	Berat Akhir (g)	W (g)	T (jam)	D (g/cm³)	A (cm²)	Laju Korosi (mdd)	Rata- rata
5	5,6525	5,6516	0,0009	120	7,86	5,2752	0,4341	0,4134
	5,7652	5,7645	0,0007	120	7,86	5,3563	0,3325	
	5,049	5,0481	0,0009	120	7,86	4,8364	0,4735	

Waktu (hari)	Berat Awal (g)	Berat Akhir (g)	W (g)	T (jam)	D (g/cm³)	A (cm²)	Laju Korosi (mdd)	Rata- rata
10	5,0026	5,001	0,0016	240	7,86	4,8023	0,4239	0,3732
	5,7205	5,7193	0,0012	240	7,86	5,3242	0,2868	
	4,8162	4,8147	0,0015	240	7,86	4,6650	0,4091	
15	5,6469	5,6446	0,0023	360	7,86	5,2711	0,3701	0,3674
	5,1467	5,1449	0,0018	360	7,86	4,9079	0,3111	
	5,0451	5,0427	0,0024	360	7,86	4,8335	0,4211	
20	5,4992	5,4963	0,0029	480	7,86	5,1644	0,3572	0,3623
	4,0315	4,0289	0,0026	480	7,86	4,0773	0,4056	
	5,6901	5,6874	0,0027	480	7,86	5,3023	0,3239	
25	5,9216	5,9182	0,0034	600	7,86	5,4685	0,3164	0,3153
	5,1219	5,1189	0,003	600	7,86	4,8898	0,3122	
	5,4535	5,4503	0,0032	600	7,86	5,1313	0,3174	
30	5,3484	5,3442	0,0042	720	7,86	5,0550	0,3524	0,3209
	6,4262	6,4223	0,0039	720	7,86	5,8278	0,2838	
	5,7186	5,7145	0,0041	720	7,86	5,3228	0,3267	
35	5,2422	5,2374	0,0048	840	7,86	4,9777	0,3505	0,3326
	5,0068	5,0023	0,0045	840	7,86	4,8054	0,3404	
	5,8933	5,8887	0,0046	840	7,86	5,4483	0,3069	
40	5,1362	5,131	0,0052	960	7,86	4,9003	0,3375	0,3403
	5,6355	5,6306	0,0049	960	7,86	5,2629	0,2961	
	4,3951	4,3898	0,0053	960	7,86	4,3517	0,3874	

4.1.4 Data Hasil Penelitian pada Konsentrasi 1500 ppm

Waktu (hari)	Berat Awal (g)	Berat Akhir (g)	Selisih (g)	T (jam)	D (g/cm ³)	A (cm ²)	Laju Korosi (mdd)	Rata-rata
5	4,8912	4,8907	0,0005	120	7,86	4,7204	0,2695	0,3415
	5,8325	5,8318	0,0007	120	7,86	5,4047	0,3296	
	4,1757	4,175	0,0007	120	7,86	4,1866	0,4254	
10	4,7402	4,7389	0,0013	240	7,86	4,6088	0,3589	0,3314
	4,968	4,9669	0,0011	240	7,86	4,7769	0,2930	
	4,5405	4,5393	0,0012	240	7,86	4,4604	0,3423	
15	4,7963	4,7946	0,0017	360	7,86	4,6503	0,3101	0,3234
	5,5825	5,5805	0,002	360	7,86	5,2246	0,3247	
	5,0072	5,0053	0,0019	360	7,86	4,8057	0,3353	
20	4,9578	4,9552	0,0026	480	7,86	4,7694	0,3468	0,3334
	5,2493	5,2469	0,0024	480	7,86	4,9828	0,3064	
	4,9539	4,9513	0,0026	480	7,86	4,7665	0,3470	
25	5,843	5,8402	0,0028	600	7,86	5,4122	0,2633	0,2868
	4,8946	4,8919	0,0027	600	7,86	4,7229	0,2909	
	5,7116	5,7084	0,0032	600	7,86	5,3178	0,3062	
30	5,5594	5,5559	0,0035	720	7,86	5,2080	0,2850	0,3018
	5,0456	5,042	0,0036	720	7,86	4,8339	0,3158	
	5,4793	5,4756	0,0037	720	7,86	5,1500	0,3047	
35	5,2971	5,2927	0,0044	840	7,86	5,0177	0,3188	0,3114
	5,1858	5,1816	0,0042	840	7,86	4,9365	0,3093	
	5,4175	5,4132	0,0043	840	7,86	5,1052	0,3062	
40	5,8805	5,8756	0,0049	960	7,86	5,4391	0,2865	0,3213
	4,5094	4,5046	0,0048	960	7,86	4,4372	0,3441	
	5,0928	5,0877	0,0051	960	7,86	4,8685	0,3332	

4.1.5 Data Hasil Penelitian pada Konsentrasi 2000 ppm

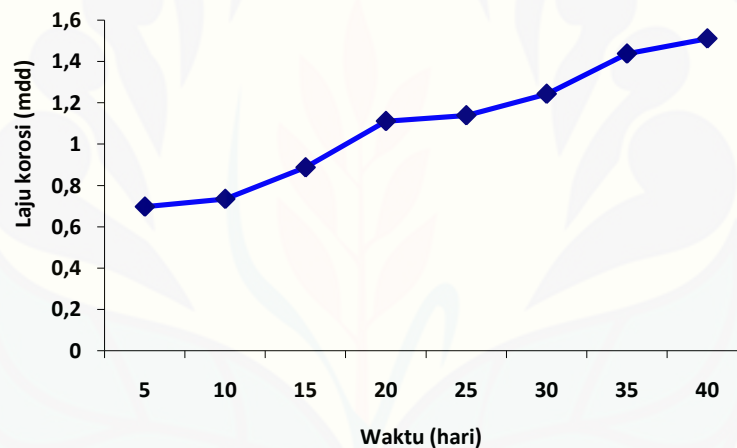
Waktu (hari)	Berat Awal (g)	Berat Akhir (g)	Selisih (g)	T (jam)	D (g/cm ³)	A (cm ²)	Laju Korosi (mdd)	Rata-rata
5	5,0667	5,0662	0,0005	120	7,86	4,8494	0,2624	0,2518
	4,7184	4,718	0,0004	120	7,86	4,5927	0,2216	
	4,8471	4,8466	0,0005	120	7,86	4,6879	0,2714	
10	4,4923	4,4915	0,0008	240	7,86	4,4245	0,2300	0,2408
	4,4349	4,4341	0,0008	240	7,86	4,3815	0,2323	
	4,4617	4,4608	0,0009	240	7,86	4,4016	0,2601	
15	5,5822	5,5808	0,0014	360	7,86	5,2244	0,2273	0,2326
	5,7225	5,7211	0,0014	360	7,86	5,3256	0,2230	
	5,466	5,4645	0,0015	360	7,86	5,1404	0,2475	
20	4,9273	4,9256	0,0017	480	7,86	4,7470	0,2278	0,2267
	4,5368	4,5353	0,0015	480	7,86	4,4577	0,2141	
	4,6504	4,6487	0,0017	480	7,86	4,5422	0,2381	
25	5,074	5,072	0,002	600	7,86	4,8547	0,2097	0,2192
	5,6471	5,645	0,0021	600	7,86	5,2713	0,2027	
	4,6826	4,6804	0,0022	600	7,86	4,5661	0,2452	
30	4,7012	4,6983	0,0029	720	7,86	4,5799	0,2685	0,2373
	4,8312	4,8287	0,0025	720	7,86	4,6761	0,2267	
	5,666	5,6633	0,0027	720	7,86	5,2849	0,2167	
35	4,8927	4,8894	0,0033	840	7,86	4,7215	0,2541	0,2477
	5,3967	5,3935	0,0032	840	7,86	5,8069	0,2003	
	4,3023	4,2989	0,0034	840	7,86	4,2821	0,2886	
40	4,4603	4,4564	0,0039	960	7,86	4,4005	0,2819	0,2514
	5,3687	5,3651	0,0036	960	7,86	5,0698	0,2259	
	5,6771	5,673	0,0041	960	7,86	5,2929	0,2464	

4.2 Analisis Laju Korosi

Analisis laju korosi digunakan untuk mengetahui tingkat inhibisi dari suatu konsentrasi ekstrak kulit buah kakao dimana terdapat pengaruh variasi konsentrasi inhibitor terhadap perubahan laju korosi.

4.2.1 Analisis Laju Korosi pada Konsentrasi 0 ppm

Konsentrasi 0 ppm inhibitor ekstrak kulit buah kakao ini adalah konsentrasi yang dijadikan pembanding variasi konsentrasi untuk konsentrasi yang lainnya. Pengaruh konsentrasi 0 ppm ekstrak kulit buah kakao dapat dilihat pada gambar 4.1 di bawah ini. Data hasil penelitian laju korosi ditunjukkan pada lampiran A.1



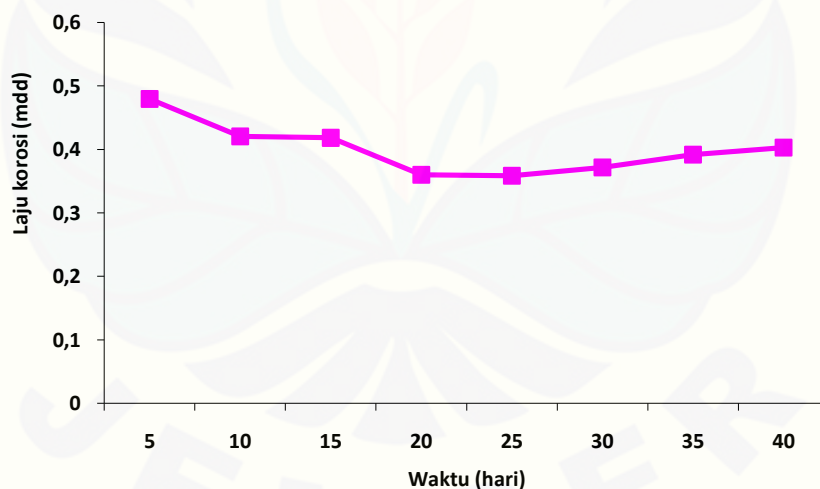
Gambar 4.1 Pengaruh inhibitor ekstrak kulit buah kakao dengan konsentrasi 0 ppm terhadap laju korosi

Pada lampiran A.1 menunjukkan perubahan laju korosi pada konsentrasi 0 ppm mengalami peningkatan setiap harinya. Hal ini terjadi karena pada konsentrasi 0 ppm tidak diberi larutan inhibitor sehingga korosi yang terjadi tidak terhambat oleh inhibitor. Pada perendaman 5 hari, laju korosi dari pipa baja sebesar 0,6977 mdd yang tiap harinya meningkat hingga hari ke 40 dengan laju korosi sebesar 1,5113 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.

(Leonard, dalam Anggraita, 2014) melakukan pengamatan bahwa pada air laut, proses korosi berlangsung sama seperti pada medium air tawar atau udara lembab, tetapi lajunya dipercepat dengan adanya ion klorida yang berjumlah kurang lebih 55% dibanding ion atau unsur lain. Laju korosi suatu logam yang terkorosi umumnya ditentukan oleh konduktivitas elektrolit yang terlarut. Salah satunya yaitu lingkungan yang mengandung ion-ion klorida. Air laut merupakan lingkungan yang mempunyai kadar garam hingga 3,5% yaitu lingkungan yang mempunyai kadar ion klorida yang cukup tinggi.

4.2.2 Analisis Laju Korosi pada Konsentrasi 500 ppm

Variasi yang kedua adalah konsentrasi ekstrak kulit buah kakao 500 ppm. Pengaruh konsentrasi 10 ppm ekstrak kulit buah kakao dapat dilihat pada gambar 4.2 di bawah ini. Data hasil penelitian laju korosi pada konsentrasi 500 ppm ditunjukkan pada lampiran A.2.



Gambar 4.2 Pengaruh inhibitor ekstrak kulit buah kakao dengan konsentrasi 500 ppm terhadap laju korosi

Laju korosi pada konsentrasi ekstrak kulit buah kakao 500 ppm terlihat terjadi penurunan laju korosi dibandingkan dengan konsentrasi 0 ppm (murni air laut). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan ekstrak kulit buah kakao sebesar 1000 ppm

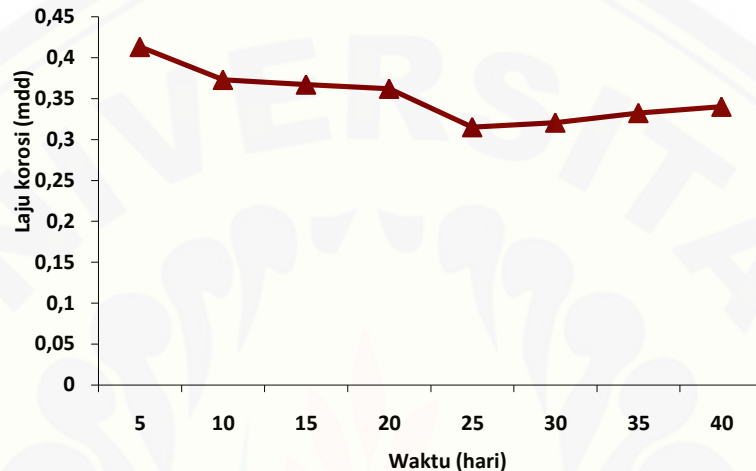
berpengaruh terhadap laju korosi yang terjadi. Laju korosi konsentrasi ekstrak kulit buah kakao 500 ppm pada perendaman 5 hari sebesar 0,4796 mdd. Pada hari ke 10 mengalami penurunan menjadi 0,4208 mdd. Pada hari ke 15 mengalami penurunan menjadi 0,4184. Pada hari ke 20 terjadi penurunan laju korosi menjadi 0,3600 mdd hingga hari ke 25 juga mengalami penurunan menjadi 0,3587 mdd. Sedangkan pada hari ke 30 mengalami peningkatan laju korosi menjadi 0,3718 mdd. Pada hari ke 35 juga mengalami peningkatan laju korosi menjadi 0,3921 mdd hingga hari ke 40 mengalami peningkatan laju korosi menjadi 0,4028 mdd.

Pola naik turunnya laju korosi yang terjadi pada gambar 4.2 menunjukkan bahwa proses penghambatan mempunyai waktu optimum tertentu. Pada gambar 4.2 terlihat bahwa pada hari ke 25 merupakan titik terendah laju korosi yang terjadi selama 40 hari perendaman. Perubahan pola laju korosi ini mengindikasikan adanya pengaruh yang terjadi pada perilaku korosi spesimen dengan waktu perendaman pada konsentrasi inhibitor ekstrak kulit buah kakao. Pada perendaman hari ke 0 hingga hari ke 5 terjadi proses adsorpsi inhibitor pada permukaan logam, hal ini akan membentuk lapisan tipis inhibitor dengan ketebalan beberapa molekul inhibitor. Kemudian pada hari ke 5 hingga hari ke 20 terjadi proses pemerataan lapisan tipis ekstrak kulit buah kakao, dimana lapisan ini cenderung mempertahankan tingkat perlindungan logam terhadap lingkungan sehingga laju korosinya relatif stabil. Pada hari ke 25 terjadi penurunan laju korosi yang sangat tinggi, hal ini merupakan titik optimum proteksi dari lapisan tipis ekstrak kulit buah kakao. Sedangkan pada hari ke 30 hingga hari ke 40 terjadi proses desorpsi, dimana terjadi pelepasan molekul-molekul proteksi lapisan tipis inhibitor kembali ke lingkungan sehingga laju korosi kembali meningkat.

Menurut (Irianty, dalam Anggraita, 2014), semakin lama waktu perendaman maka akan semakin besar juga nilai efisiensi inhibisinya. Namun, kemampuan inhibitor atau efisiensi inhibisi untuk melindungi baja dari korosi akan hilang atau habis pada waktu tertentu, hal itu dikarenakan semakin lama waktunya maka inhibitor akan semakin habis terserang oleh larutan.

4.2.3 Analisis Laju Korosi pada Konsentrasi 1000 ppm

Variasi yang ketiga adalah konsentrasi 1000 ppm. Data hasil penelitian laju korosi pada konsentrasi 1000 ppm ditunjukkan pada lampiran A.3.



Gambar 4.3 Pengaruh inhibitor ekstrak kulit buah kakao dengan konsentrasi 1000 ppm terhadap laju korosi

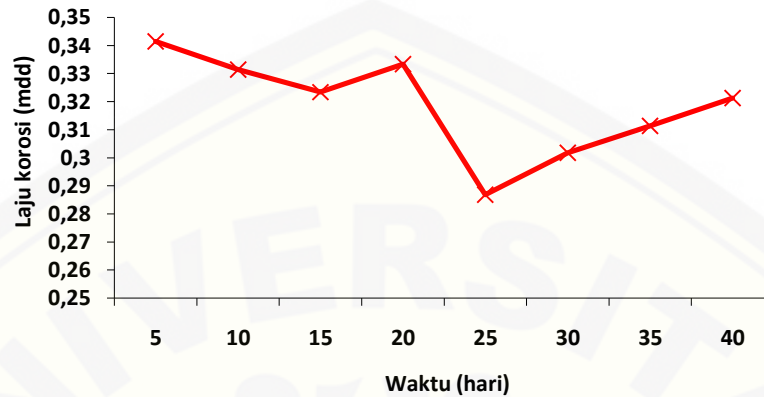
Pada perendaman selama 5 hari diketahui laju korosi yang terjadi sebesar 0,4134 mdd, terjadi penurunan laju korosi pada hari ke 10 menjadi 0,3732 mdd dan terjadi penurunan laju korosi juga pada hari ke 15 menjadi 0,3674 mdd. Penurunan laju korosi terus terjadi hingga hari ke 20 menjadi 0,3623 mdd dan terjadi penurunan laju korosi yang tinggi pada hari ke 25 menjadi 0,3153 mdd. Tetapi pada hari ke 30 mengalami peningkatan laju korosi menjadi 0,3209 mdd. Pada hari ke 35 juga mengalami peningkatan laju korosi menjadi 0,3326 mdd, peningkatan laju korosi meningkat hingga hari ke 40 menjadi 0,3403 mdd. Pada konsentrasi ekstrak kulit buah kakao sebesar 1000 ppm menunjukkan adanya pengurangan laju korosi jika dibandingkan dengan konsentrasi 0 ppm, tetapi jika dibandingkan dengan variasi konsentrasi 500 ppm, laju korosi pada variasi konsentrasi 1000 ppm mengalami penurunan.

Pada gambar 4.3 terlihat bahwa pada hari ke 25 merupakan titik terendah laju korosi yang terjadi selama 40 hari perendaman, hal ini sama dengan grafik laju korosi pada konsentrasi 500 ppm. Perubahan pola laju korosi ini mengindikasikan adanya pengaruh yang terjadi pada perilaku korosi spesimen dengan waktu perendaman pada konsentrasi inhibitor ekstrak kulit buah kakao. Pada perendaman hari ke 0 hingga hari ke 5 terjadi proses adsorpsi inhibitor pada permukaan logam, hal ini akan membentuk lapisan tipis inhibitor dengan ketebalan beberapa molekul inhibitor. Kemudian pada hari ke 5 hingga hari ke 20 terjadi proses pemerataan lapisan tipis ekstrak kulit buah kakao, dimana lapisan ini cenderung mempertahankan tingkat perlindungan logam terhadap lingkungan sehingga laju korosinya relatif stabil. Dari hasil penelitian pada konsentrasi 1000 ppm diketahui bahwa pada hari ke 5 sampai hari ke 20 mengalami penurunan laju korosi tetapi besarnya tidak signifikan sehingga bisa dikatakan masih stabil. Pada hari ke 25 terjadi penurunan laju korosi yang sangat tinggi, hal ini merupakan titik optimum proteksi dari lapisan tipis ekstrak kulit buah kakao. Sedangkan pada hari ke 30 hingga hari ke 40 terjadi proses desorpsi, dimana terjadi pelepasan molekul-molekul proteksi dari lapisan tipis ekstrak kulit buah kakao. Sedangkan pada hari ke 30 hingga hari ke 40 terjadi proses desorpsi, dimana terjadi pelepasan molekul-molekul proteksi lapisan tipis inhibitor kembali ke lingkungan sehingga laju korosi kembali meningkat.

Menurut (zulfikar,2014) Konsentrasi inhibitor dan waktu perendaman berpengaruh terhadap laju yang terjadi. Semakin tinggi konsentrasi inhibitor yang ditambahkan, semakin kecil laju korosi yang terjadi. Semakin lama waktu perendaman, semakin kecil laju korosi yang terjadi.

4.2.4 Analisis Laju Korosi pada Konsentrasi 1500 ppm

Variasi konsentrasi yang keempat adalah ekstrak kulit buah kakao sebesar 1500 ppm. Pengaruh konsentrasi 1500 ppm ekstrak kulit buah kakao dapat dilihat pada gambar 4.4 di bawah ini. Data hasil penelitian laju korosi pada konsentrasi 1500 ppm dapat dilihat pada lampiran A.4.



Gambar 4.4 Pengaruh inhibitor ekstrak kulit buah kakao dengan konsentrasi 1500 ppm terhadap laju korosi

Laju korosi yang terjadi pada perendaman selama 5 hari konsentrasi 1500 ppm sebesar 0,3415 mdd. Terjadi penurunan laju korosi pada hari ke 10 menjadi 0,3314 mdd dan terus turun hingga hari ke 15 menjadi 0,3234 mdd. Pada hari ke 20 mengalami peningkatan laju korosi menjadi 0,3334 mdd. Tetapi pada hari ke 25 mengalami penurunan laju korosi yang drastis menjadi 0,2868 mdd. Sedangkan pada hari ke 30 mengalami peningkatan laju korosi menjadi 0,3018 mdd. Pada hari ke 35 juga mengalami peningkatan laju korosi menjadi 0,3114 mdd hingga hari ke 40 mengalami peningkatan laju korosi menjadi 0,3213 mdd. Dari hasil perhitungan laju korosi pada konsentrasi 1500 ppm apabila dibandingkan dengan konsentrasi 500 ppm dan 1000 ppm terlihat terjadi penurunan. Hal ini membuktikan bahwa penambahan inhibitor mempunyai jumlah optimum tertentu yang apabila dilakukan penambahan akan terjadi penurunan laju korosi.

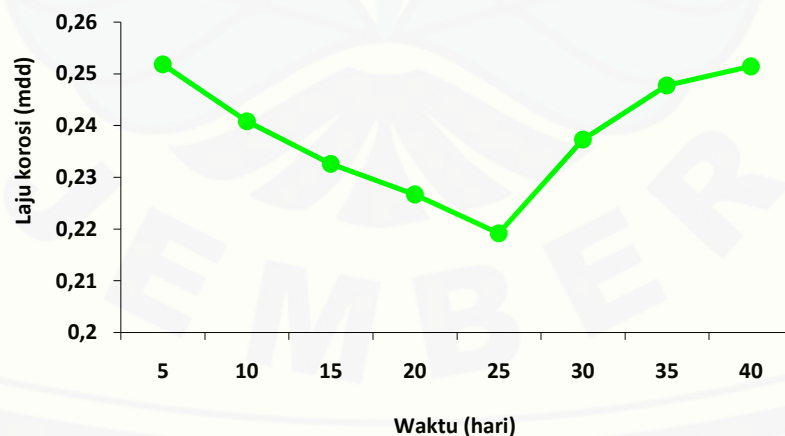
Pada gambar 4.4 terlihat bahwa hasil dari perendaman spesimen selama 40 hari dengan konsentrasi 1500 ppm menunjukkan grafik dengan pola yang hampir sama dengan konsentrasi 1000 ppm. Pada perendaman hari ke 0 hingga hari ke 5 terjadi proses adsorpsi inhibitor pada permukaan logam, hal ini akan membentuk lapisan tipis inhibitor dengan ketebalan beberapa molekul inhibitor. Kemudian pada hari ke 5 hingga hari ke 20 terjadi proses pemerataan lapisan tipis ekstrak kulit buah kakao,

dimana lapisan ini cenderung mempertahankan tingkat perlindungan logam terhadap lingkungan sehingga laju korosinya relatif stabil. Pada hari ke 25 terjadi penurunan laju korosi yang sangat tinggi, hal ini merupakan titik optimum proteksi dari lapisan tipis ekstrak kulit buah kakao. Sedangkan pada hari ke 30 hingga hari ke 40 terjadi proses desorpsi, dimana terjadi pelepasan molekul-molekul proteksi lapisan tipis inhibitor kembali ke lingkungan sehingga laju korosi kembali meningkat.

Menurut (Angraita, 2014), apabila konsentrasi inhibitor yang ditambahkan jumlahnya terlalu banyak, akan meningkatkan laju korosi pada baja. Pada konsentrasi inhibitor yang pekat, penyerapan inhibitor ke dalam permukaan pipa baja memang bertambah besar. Tetapi setelah senyawa kompleks menyelubungi permukaan pipa baja telah penuh, yang terjadi justru sebaliknya yaitu terjadi desorpsi atau pengikisan senyawa kompleks dari permukaan pipa baja karbon A53.

4.2.5 Analisis Laju Korosi pada Konsentrasi 2000 ppm

Variasi konsentrasi yang kelima adalah ekstrak kulit buah kakao sebesar 2000 ppm. Pengaruh konsentrasi 2000 ppm ekstrak kulit buah kakao dapat dilihat pada gambar 4.5 di bawah ini. Data hasil penelitian laju korosi pada konsentrasi 2000 ppm dapat dilihat pada lampiran A.5.



Gambar 4.5 Pengaruh inhibitor ekstrak kulit buah kakao dengan konsentrasi 2000 ppm terhadap laju korosi

Laju korosi yang terjadi pada awal perendaman konsentrasi 2000 ppm sebesar 0,2518 mdd. terjadi penurunan laju korosi pada hari ke 10 menjadi 0,2408 mdd dan terjadi penurunan laju korosi juga pada hari ke 15 menjadi 0,2326 mdd. Penurunan laju korosi juga terjadi pada hari ke 20 menjadi 0,2267 mdd dan penurunan laju korosi terus hingga pada hari ke 25 menjadi 0,2192 mdd. Tetapi pada hari ke 30 mengalami peningkatan laju korosi menjadi 0,2373 mdd. Pada hari ke 35 juga mengalami peningkatan laju korosi menjadi 0,2473 mdd, peningkatan laju korosi meningkat hingga hari ke 40 menjadi 0,2514 mdd.

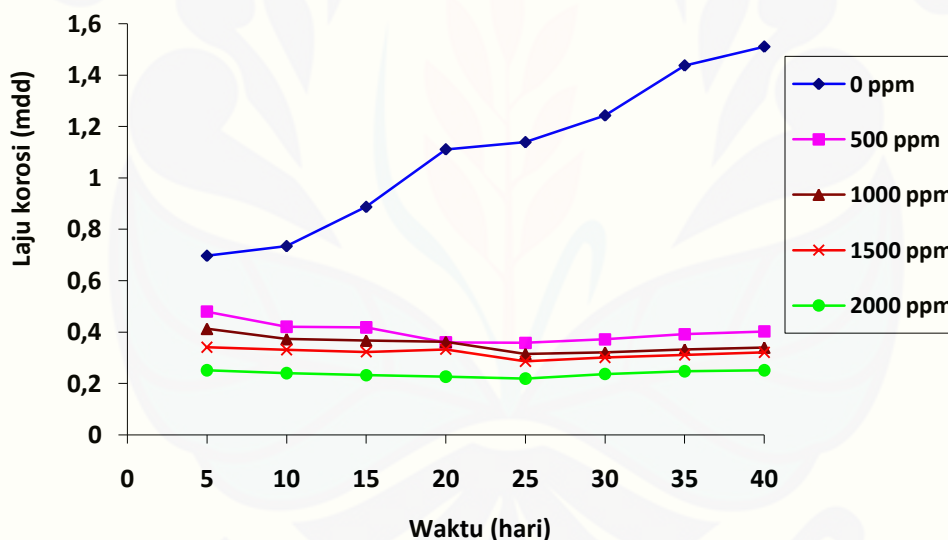
Laju korosi yang terjadi pada konsentrasi 2000 ppm ini lebih kecil dibandingkan pada konsentrasi 500 ppm, 1000 ppm, dan 1500 ppm, hal ini disebabkan oleh larutan tidak menjadi jenuh karena dosis ekstrak kulit buah kakao yang tepat. Hal ini mengakibatkan bahwa penambahan konsentrasi inhibitor ekstrak kulit buah kakao pada konsentrasi 2000 ppm menjadi sangat efektif atau menjadi senyawa yang menghambat korosi baja.

Pola naik turunnya laju korosi yang terjadi pada gambar 4.5 menunjukkan bahwa proses penginhibisian mempunyai waktu optimum tertentu. Pada gambar 4.5 terlihat bahwa pada hari ke 25 merupakan titik terendah laju korosi yang terjadi selama 40 hari perendaman. Perubahan pola laju korosi ini mengindikasikan adanya pengaruh yang terjadi pada perilaku korosi spesimen dengan waktu perendaman pada konsentrasi inhibitor ekstrak kulit buah kakao. Pada perendaman hari ke 0 hingga hari ke 5 terjadi proses adsorpsi inhibitor pada permukaan logam, hal ini akan membentuk lapisan tipis inhibitor dengan ketebalan beberapa molekul inhibitor. Kemudian pada hari ke 5 hingga hari ke 20 terjadi proses pemerataan lapisan tipis ekstrak kulit buah kakao, dimana lapisan ini cenderung mempertahankan tingkat penyerangan lingkungan terhadap logam sehingga laju korosinya relatif stabil. Pada hari ke 25 terjadi penurunan laju korosi kulit buah kakao. Sedangkan pada hari ke 30 hingga hari ke 40 terjadi proses desorpsi, dimana terjadi pelepasan molekul-molekul proteksi lapisan tipis inhibitor kembali ke lingkungan sehingga laju korosi kembali meningkat.

Pada penelitian tentang Laju reaksi korosi dengan adanya ekstrak kulit buah kakao dalam air laut, air hujan maupun air laut menurun jika dibandingkan dengan tanpa penambahan ekstrak Sri Hermawan, dkk (2012). Hal ini terbukti pada penelitian saya yang menunjukkan adanya penurunan laju korosi pada konsentrasi 500 ppm, 1000 ppm, 1500 ppm dan 2000 ppm.

4.2.6 Analisis Laju Korosi pada Berbagai Variasi Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Kulit Buah Kakao

Analisis ini digunakan untuk memudahkan membandingkan variasi konsentrasi inhibitor ekstrak kulit buah kakao yang paling efektif melindungi pipa baja karbon A53 dari korosi.



Gambar 4.6 Pengaruh variasi konsentrasi inhibitor ekstrak kulit buah kakao terhadap laju korosi

Dari gambar 4.6 terlihat bahwa laju korosi pada konsentrasi 500 ppm, 1000 ppm, 1500 ppm, dan 2000 ppm laju korosinya semakin menurun. Penurunan laju korosi yang terjadi pada konsentrasi 2000 ppm ini kemungkinan disebabkan karena dosis ekstrak kulit buah kakao yang tepat yang menyebabkan larutan ekstrak kulit

buah kakao menjadi tidak jenuh. Pada konsentrasi ini penyerapan inhibitor ke dalam permukaan pipa baja karbon A53 memang bertambah besar. Tetapi, setelah senyawa kompleks meyelubungi permukaan baja telah penuh, yang terjadi justru sebaliknya yaitu terjadi desorpsi.

Pada gambar 4.6 terlihat pola yang relatif sama antara grafik dari konsentrasi ekstrak kulit buah kakao 500 ppm, 1000 ppm, 1500 ppm, dan 2000 ppm dimana pada hari ke 25, laju korosi yang terjadi besarnya lebih kecil dibandingkan dengan laju korosi selama 40 hari perendaman. Sehingga dapat disimpulkan bahwa, waktu perendaman selama 25 hari merupakan waktu yang optimum untuk inhibitor ekstrak kulit buah kakao dalam menghambat laju korosi yang terjadi.

Proteksi inhibitor yang terbaik adalah pada konsentrasi ekstrak kulit buah kakao sebesar 2000 ppm, dapat dilihat dari waktu awal perendaman spesimen yaitu pada 5 hari sampai dengan akhir perendaman spesimen yaitu 40 hari laju korosi yang terjadi memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan pada konsentrasi 0 ppm, 500 ppm, 1000 ppm, dan 1500 ppm. Hal ini disebabkan karena konsentrasi yang tepat terhadap perlindungan larutan inhibitor pada laju korosi.

Penurunan laju korosi pada konsentrasi yang lebih tinggi ini membuktikan bahwa inhibitor dapat digunakan secara efektif apabila dimasukkan dalam konsentrasi yang tepat. Hal ini menunjukkan bahwa pada konsentrasi 500 ppm, 1000 ppm, 1500 ppm dan 2000 ppm inhibitor ekstrak kulit buah kakao dapat memproteksi pipa baja karbon A53 dengan maksimal karena jumlah ekstrak kulit buah kakao yang tidak pekat.

Menurut (Emriadi, 2000), Laju reaksi korosi dengan adanya ekstrak kulit buah kakao dalam air laut, air hujan maupun air laut menurun jika dibandingkan dengan tanpa penambahan ekstrak. Hal ini disebabkan karena adanya senyawa tanin yang ada dalam ekstrak. Senyawa tanin dalam ekstrak dapat membentuk senyawa kompleks dengan Fe(III) di permukaan logam, sehingga laju reaksi korosi akan mengalami penurunan. Senyawa kompleks ini akan menghalangi serangan ion-ion korosif pada permukaan logam, sehingga laju reaksi korosi akan menurun.

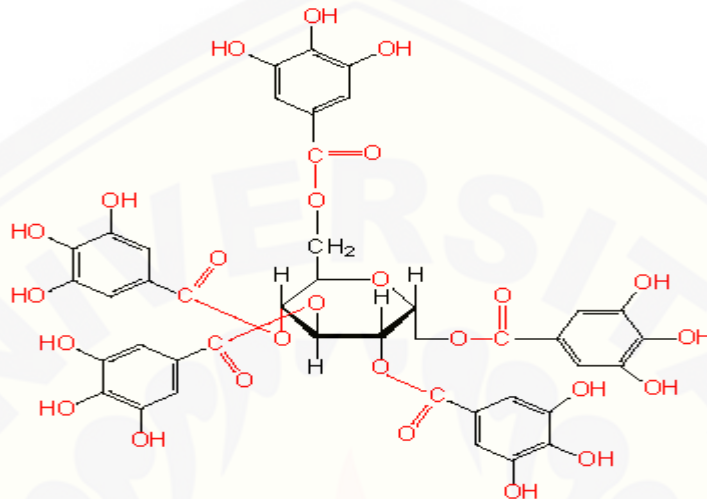
4.3 Mekanisme Inhibitor

Adanya inhibitor pada permukaan pipa baja karbon A53 akibat adanya adsorpsi. Adsorpsi muncul adanya gaya adhesi antara inhibitor dan permukaan pipa baja karbon A53. Adsorpsi molekul inhibitor pada permukaan pipa baja karbon A53 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 kakao merupakan senyawa yang mengandung tanin. Senyawa tanin dalam ekstrak dapat membentuk senyawa kompleks dengan Fe(III) di permukaan logam sehingga laju reaksi korosi akan mengalami penurunan. Senyawa kompleks ini akan menghalangi serangan ion-ion korosif pada permukaan logam, sehingga laju reaksi korosi akan menurun. Menurut Figuera et al (1993), kulit buah kakao mengandung campuran flavonoid atau tanin terkondensasi atau terpolimerisasi, seperti antosianidin, katekin, leukoantosianidin yang kadang-kadang terikat dengan glukosa. Tanin yang terikat dengan gula umumnya mudah larut dalam pelarut hidroalkohol, sedangkan tanin terkondensasi atau tanin lebih mudah terekstraksi dengan pelarut aseton 70%. Hal ini menyebabkan dimungkinkannya pemanfaatan kulit buah kakao sebagai inhibitor alami pada reaksi korosi baja.

Senyawa yang terkandung didalam ekstrak kulit buah kakao yang berperan dalam perlindungan korosi logam adalah senyawa tanin. Tanin merupakan komponen zat organik derivat polimer glikosida yang terdapat dalam bermacam-macam tumbuhan, terutama tumbuhan berkeping dua (dikotil). Monomer tanin adalah digallic acid dan D-glukosa dan memiliki rumus molekul $C_{76}H_{52}O_{46}$. Ekstrak tanin terdiri dari campuran senyawa polifenol yang sangat kompleks dan biasanya bergabung dengan karbohidrat rendah. Oleh karena adanya gugus fenol, maka tanin akan dapat berkondensasi dengan formaldehida. Tanin terkondensasi sangat reaktif terhadap formaldehida dan mampu membentuk produk kondensasi, berguna untuk

bahan perekat termosetting yang tahan air dan panas. Rumus molekul tanin adalah $C_{76}H_{52}O_{46}$ pada gambar 4.7 dibawah ini.



Gambar 4.7 Struktur molekul tanin (Wikipedia, 2014)

Seperti yang dijelaskan sebelumnya bahwa baja akan bereaksi dengan rantai karena adanya senyawa tanin yang ada dalam ekstrak. Senyawa tanin dalam ekstrak dapat membentuk senyawa kompleks dengan Fe(III) di permukaan logam, sehingga laju reaksi korosi akan mengalami penurunan. Senyawa kompleks ini akan menghalangi serangan ion-ion korosif pada permukaan logam, sehingga laju reaksi korosi akan menurun.

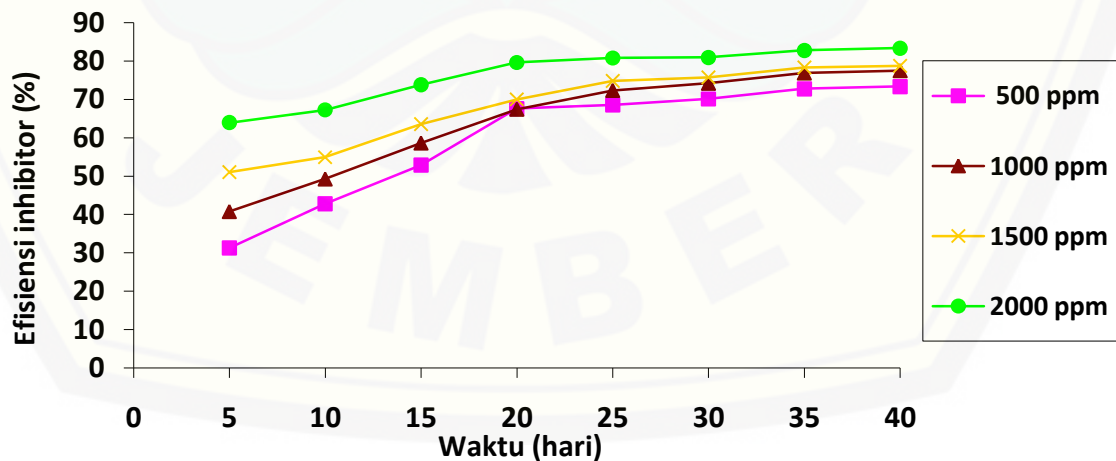
4.4 Analisis Efisiensi Inhibitor Ekstrak Kulit Buah Kakao

Analisis efisiensi inhibitor ini diperlukan untuk menentukan inhibitor dengan konsentrasi berapa yang efektif digunakan untuk perlindungan korosi. Data tentang efisiensi setelah 40 hari perendaman dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 Daya inhibisi ekstrak kulit buah kakao

Waktu (hari)	Efisiensi konsentrasi ekstrak daun kulit buah kakao			
	500 ppm	1000 ppm	1500 ppm	2000 ppm
5	31,25%	40,75%	51,05%	63,91%
10	42,77%	49,24%	54,93%	67,25%
15	52,87%	58,61%	63,58%	73,80%
20	67,62%	67,42%	70,01%	79,61%
25	68,53%	72,33%	74,83%	80,77%
30	70,11%	74,19%	75,73%	80,92%
35	72,73%	76,87%	78,34%	82,78%
40	73,35%	77,48%	78,74%	83,37%

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



Gambar 4.8 Grafik efisiensi ekstrak kulit buah kakao terhadap waktu

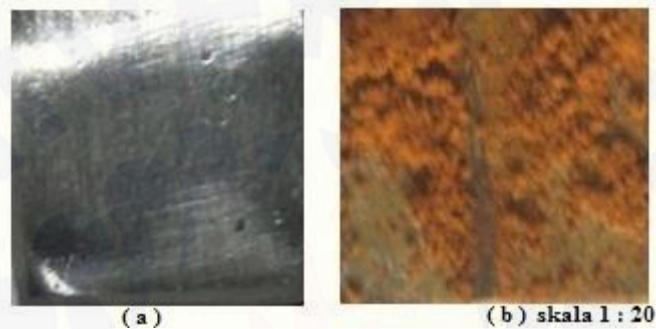
Hubungan efisiensi inhibisi terhadap konsentrasi inhibitor dapat dilihat pada gambar 4.8, dimana efisiensi inhibisi cenderung naik untuk setiap penambahan konsentrasi inhibitor. Efisiensi inhibisi ekstrak kulit buah kakao yang dihasilkan berbeda-beda tergantung pada konsentrasi inhibitor dan media korosif. Pada grafik dapat dilihat bahwa efisiensi inhibisi pada media korosif air laut dapat mencapai 83,37% pada konsentrasi inhibitor 2000 ppm, hal ini disebabkan karena pada kondisi tersebut senyawa kompleks Fe-tanin terbentuk dengan sempurna dan menutupi seluruh permukaan baja.

Menurut Griffith et.al (1971), penentuan efisiensi inhibisi yang paling tepat dan teliti adalah metode pengurangan berat karena perlakuannya mudah untuk diikuti. Berdasarkan pada Gambar 4.8 terlihat bahwa waktu perendaman mempengaruhi efisiensi inhibisi. Pada perendaman hari ke 5 sampai 40 hari nilai efisiensi inhibisinya semakin besar dengan bertambahnya waktu yang diberikan, ini disebabkan karena pengaruh waktu perendaman dalam larutan inhibitor yang diberikan, semakin lama waktu perendaman maka akan semakin besar juga nilai efisiensi inhibisinya. Namun, kemampuan inhibitor atau efisiensi inhibisi untuk melindungi baja 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).

4.5 Analisis Struktur Makro

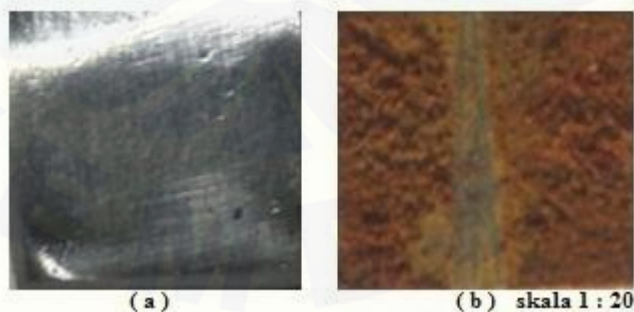
Dari hasil penelitian diketahui bahwa pada setiap variasi konsentrasi ekstrak kulit buah kakao, tingkat korosinya berbeda-beda. Sehingga perlu diamati perbedaan-perbedaan yang terjadi pada permukaan pipa baja pada setiap variasi konsentrasi ekstrak kulit buah kakao.

Setelah dilakukan perendaman selama 40 hari permukaan pipa baja karbon A53 menunjukkan beberapa perubahan, yang artinya pada permukaan pipa baja sudah terkena korosi. Gambar 4.10 dibawah ini menunjukkan foto permukaan pipa baja karbon A53 sebelum dan setelah dilakukan perendaman ekstrak kulit buah kakao selama 40 hari.



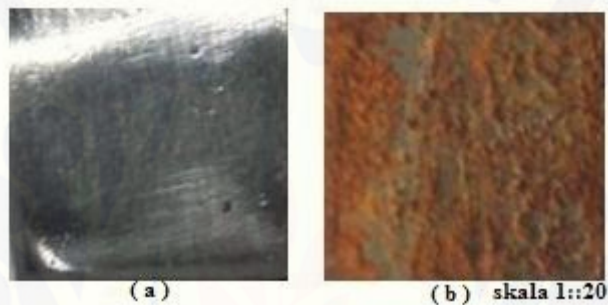
Gambar 4.9 Foto makro pipa baja karbon A53 A sebelum direndam dan B setelah direndam ekstrak kulit buah kakao 0 ppm selama 40 hari

Pada gambar 4.9 yaitu pada gambar A permukaan pipa baja karbon tidak mengalami korosi, Sedangkan pada gambar B konsentrasi 0 ppm permukaan pipa baja karbon mengalami korosi yang ditunjukkan oleh warna coklat gelap diseluruh permukaanya. Korosi ini terjadi karena tidak adanya penambahan ekstrak kulit buah kakao sehingga tidak ada proses penginhibisian pada permukaan pipa baja.



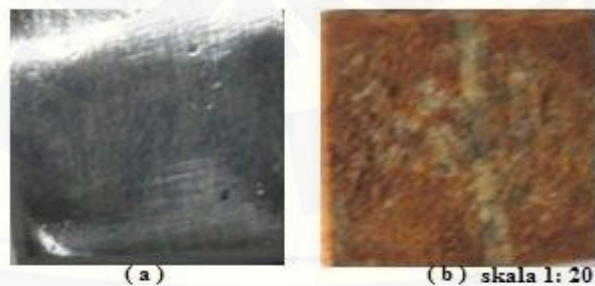
Gambar 4.10 Foto makro pipa baja karbon A53 A sebelum direndam dan B setelah direndam ekstrak kulit buah kakao 500 ppm selama 40 hari

Pada gambar 4.10 pada gambar A permukaan pipa baja karbon tidak mengalami korosi, Sedangkan pada gambar B konsentrasi 500 ppm menunjukkan adanya lapisan tipis seperti air yang disebut sebagai *film* tipis dari ekstrak kulit buah kakao yang berfungsi sebagai pelindung dari serangan korosi. Tetapi pada konsentrasi 500 ppm, permukaan pipa baja karbon A53 terdapat butiran berwarna coklat kehitaman yang menunjukkan adanya endapan dari ekstrak kulit buah kakao sehingga berpotensi terjadi pengikisan permukaan akibat korosi.



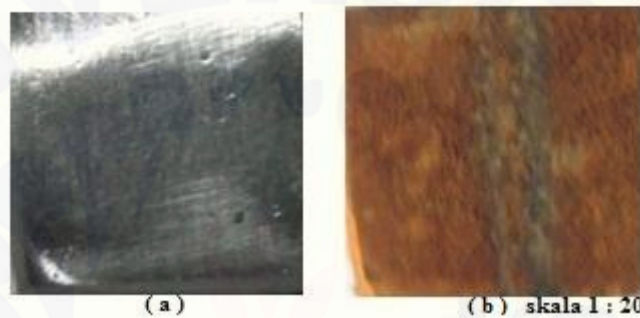
Gambar 4.11 Foto makro pipa baja karbon A53 A sebelum direndam dan B setelah direndam ekstrak kulit buah kakao 1000 ppm selama 40 hari

Pada gambar 4.11 yaitu pada gambar A permukaan pipa baja karbon tidak mengalami korosi, Sedangkan pada gambar B merupakan konsentrasi 1000 ppm, gejala yang sama ditunjukkan seperti pada spesimen 500 ppm. Tetapi pada konsentrasi 1000 ppm ini butiran coklat kehitaman dari ekstrak kulit buah kakao menurun jumlahnya sehingga memperkecil laju korosi yang terjadi.



Gambar 4.12 Foto makro pipa baja karbon A53 A sebelum direndam dan B setelah direndam ekstrak kulit buah kakao 1500 ppm selama 40 hari

Pada gambar 4.12 gambar A permukaan pipa baja karbon tidak mengalami korosi, sedangkan pada gambar B merupakan konsentrasi ekstrak kulit buah kakao 1500 ppm, pada konsentrasi ini menunjukkan adanya lapisan coklat yang berada pada permukaan pipa baja karbon A53. Lapisan warna coklat tersebut merupakan suatu endapan ekstrak kulit buah kakao yang tidak pekat sehingga dapat melindungi film tipis inhibitor.

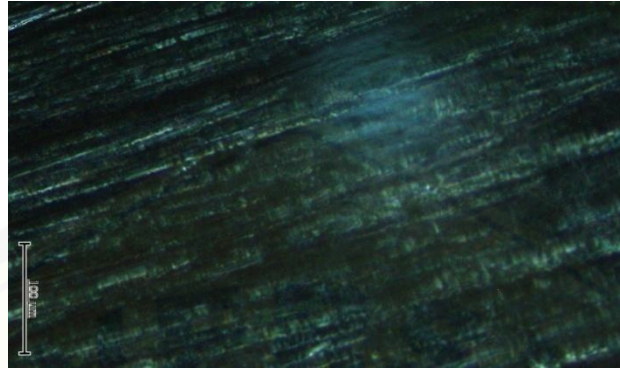


Gambar 4.13 Foto makro pipa baja karbon A53 sebelum direndam dan B setelah direndam ekstrak kulit buah kakao 2000 ppm selama 40 hari

Pada gambar 4.13 gambar A permukaan pipa baja karbon tidak mengalami korosi. Pada gambar B merupakan konsentrasi ekstrak kulit buah kakao 2000 ppm, pada gambar tersebut terlihat adanya sedikit endapan berwarna coklat yang menunjukkan tidak pekatnya konsentrasi dari ekstrak kulit buah kakao yang mengakibatkan ekstrak kulit buah kakao dapat melakukan proses peginhibisian dengan optimal.

4.6 Analisis Struktur Mikro

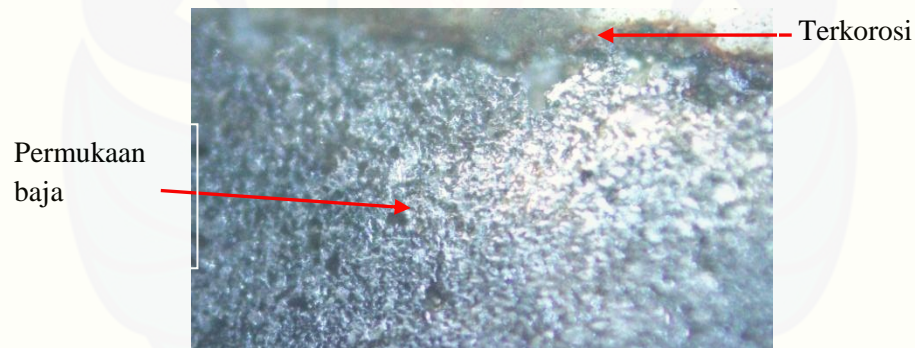
Pengamatan struktur mikro sangat penting dilakukan agar dapat mengamati struktur mikro dari permukaan pipa baja pada setiap variasi konsentrasi ekstrak kulit buah kakao sebelum dan sesudah perendaman sehingga dapat diketahui jenis korosi apa yang terjadi. Gambar 4.14 dibawah ini menunjukkan foto mikro permukaan pipa baja karbon A53 sebelum dilakukan perendaman kulit buah kakao.



Gambar 4.14 Foto mikro perbesaran 200X sebelum dilakukan perendaman ekstrak kulit buah kakao

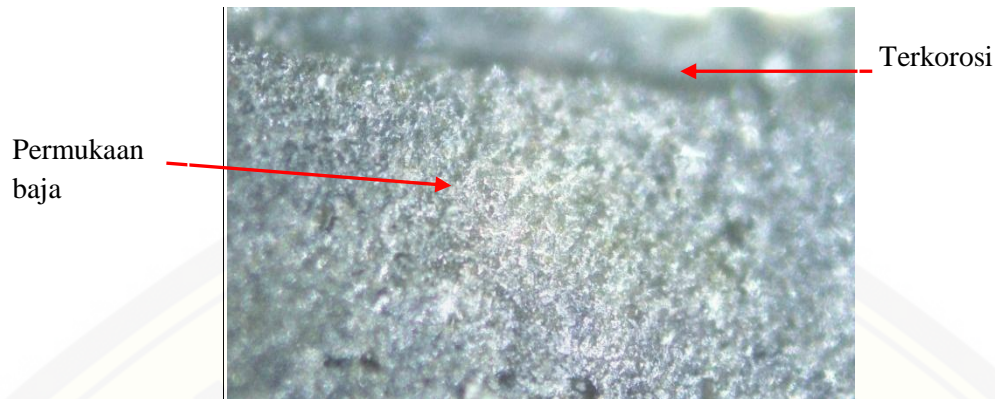
Pada gambar 4.14 terlihat belum adanya sel korosi yang terbentuk pada permukaan pipa baja tersebut. Pada foto tersebut terlihat garis-garis berwarna putih yang merupakan hasil dari pengamplasan yang kurang halus.

Foto hasil perendaman spesimen pipa baja pada setiap variasi konsentrasi ekstrak kulit buah kakao terlihat pada gambar 4.15 dibawah ini.



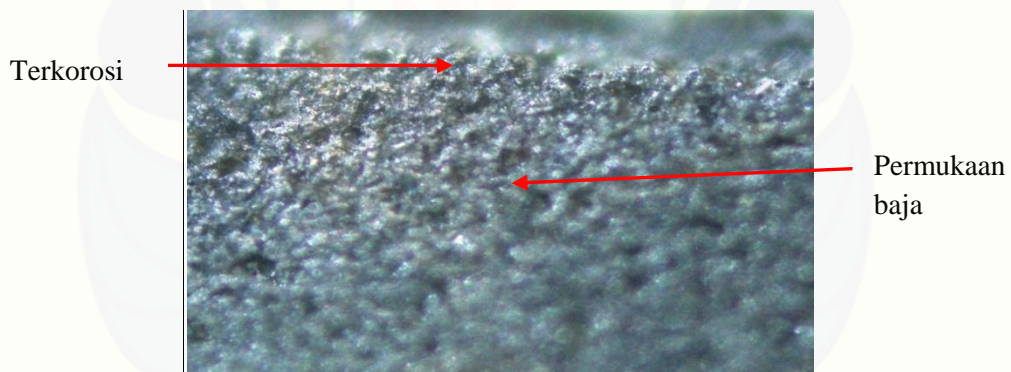
Gambar 4.15 Foto mikro perbesaran 200X setelah direndam ekstrak kulit buah kakao selama 40 hari pada konsentrasi 0 ppm

Pada gambar 4.15 menunjukkan foto mikro pipa baja karbon A53 pada konsentrasi 0 ppm dengan waktu perendaman 40 hari, pada gambar ditunjukkan bahwa lubang akibat korosi sangat besar. Hal ini disebabkan tidak adanya ekstrak kulit buah kakao yang dilarutkan dalam konsentrasi ini sehingga korosi yang terjadi terlihat dengan jelas.



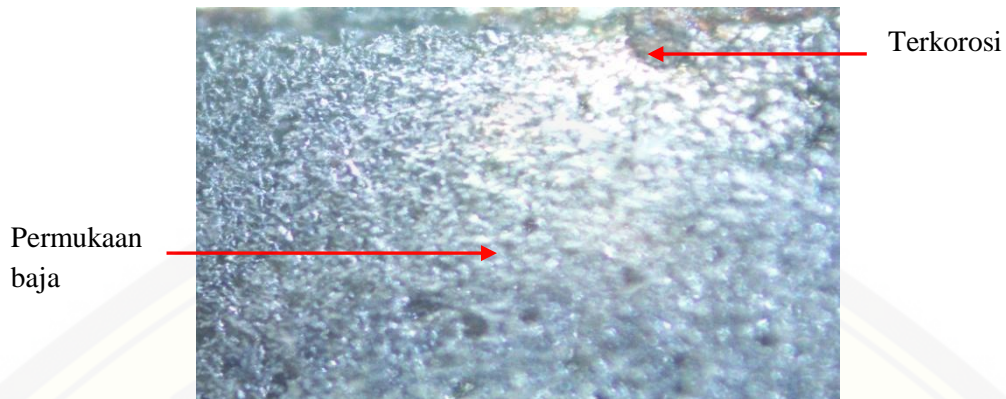
Gambar 4.16 Foto mikro perbesaran 200X setelah direndam ekstrak kulit buah kakao selama 40 hari pada konsentrasi 500 ppm

Pada gambar 4.16 menunjukkan foto mikro pipa baja karbon A53 pada konsentrasi 500 ppm pada gambar terlihat bahwa terdapat cekungan yang merupakan lubang korosi. Lubang korosi yang terbentuk masih berukuran kecil karena lapisan inhibitor yang terbentuk sangat efektif untuk menangkal terjadinya korosi.



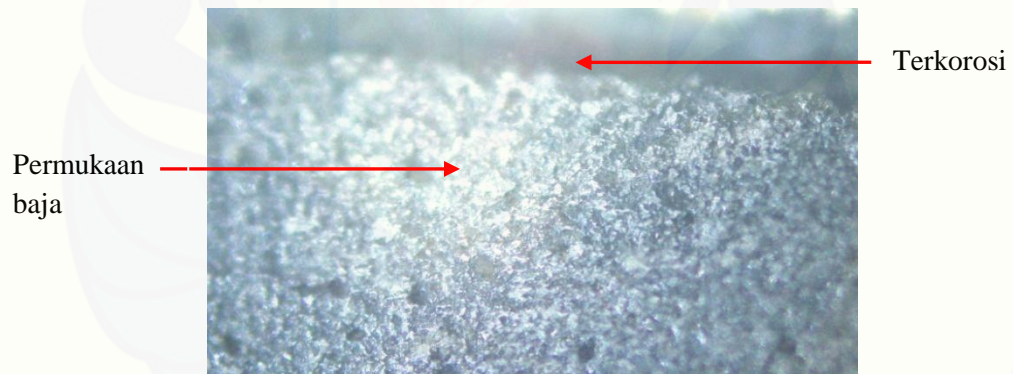
Gambar 4.17 Foto mikro perbesaran 200X setelah direndam ekstrak kulit buah kakao selama 40 hari pada konsentrasi 1000 ppm

Pada gambar 4.17 adalah pada konsentrasi 1000 ppm, pada foto mikro pipa baja tersebut terdapat lubang kecil dan tidak dalam. Hal ini terjadi akibat korosi yang terbentuk selama 40 hari. Lubang kecil tersebut sudah berubah warna menjadi hitam yang menandakan terus berkembangnya korosi yang akan terjadi.



Gambar 4.18 Foto mikro perbesaran 200X setelah direndam ekstrak kulit buah kakao selama 40 hari pada konsentrasi 1500 ppm

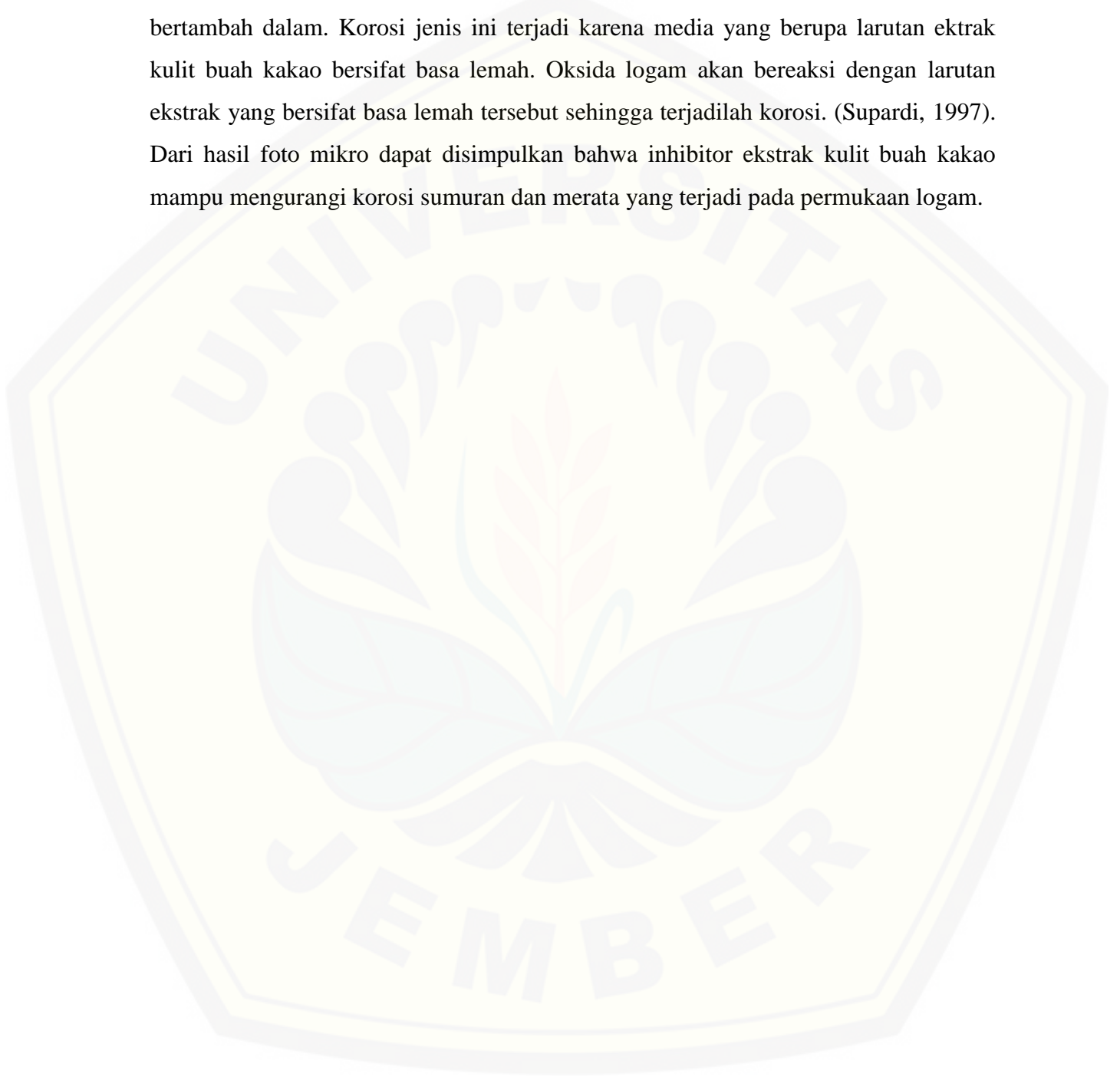
Pada gambar 4.18 merupakan konsentrasi 1500 ppm pada foto mikro tersebut terdapat lubang yang kecil tetapi tidak dalam. Hal ini terjadi akibat adanya endapan dari ekstrak kulit buah kakao yang jumlahnya berlebih sehingga terjadi proses desorpsi.



Gambar 4.19 Foto mikro perbesaran 200X setelah direndam ekstrak kulit buah kakao selama 40 hari pada konsentrasi 2000 ppm

Pada gambar 4.19 yang merupakan konsentrasi 2000 ppm ekstrak kulit buah kakao, pada permukaan pipa baja terdapat sedikit lubang kecil, hal ini terjadi karena ekstrak kulit buah kakao yang tidak jenuh. Karena tidak melebihi jumlah optimum konsentrasi ekstrak kulit buah kakao, semakin banyak jumlah ekstrak kulit buah kakao yang ditambahkan akan menurunkan laju korosinya karena larutan inhibitor yang tidak pekat.

Jenis korosi yang terjadi adalah korosi merata dan sumuran, 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 kakao 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 kakao mampu mengurangi korosi sumuran dan merata yang terjadi pada permukaan logam.



BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

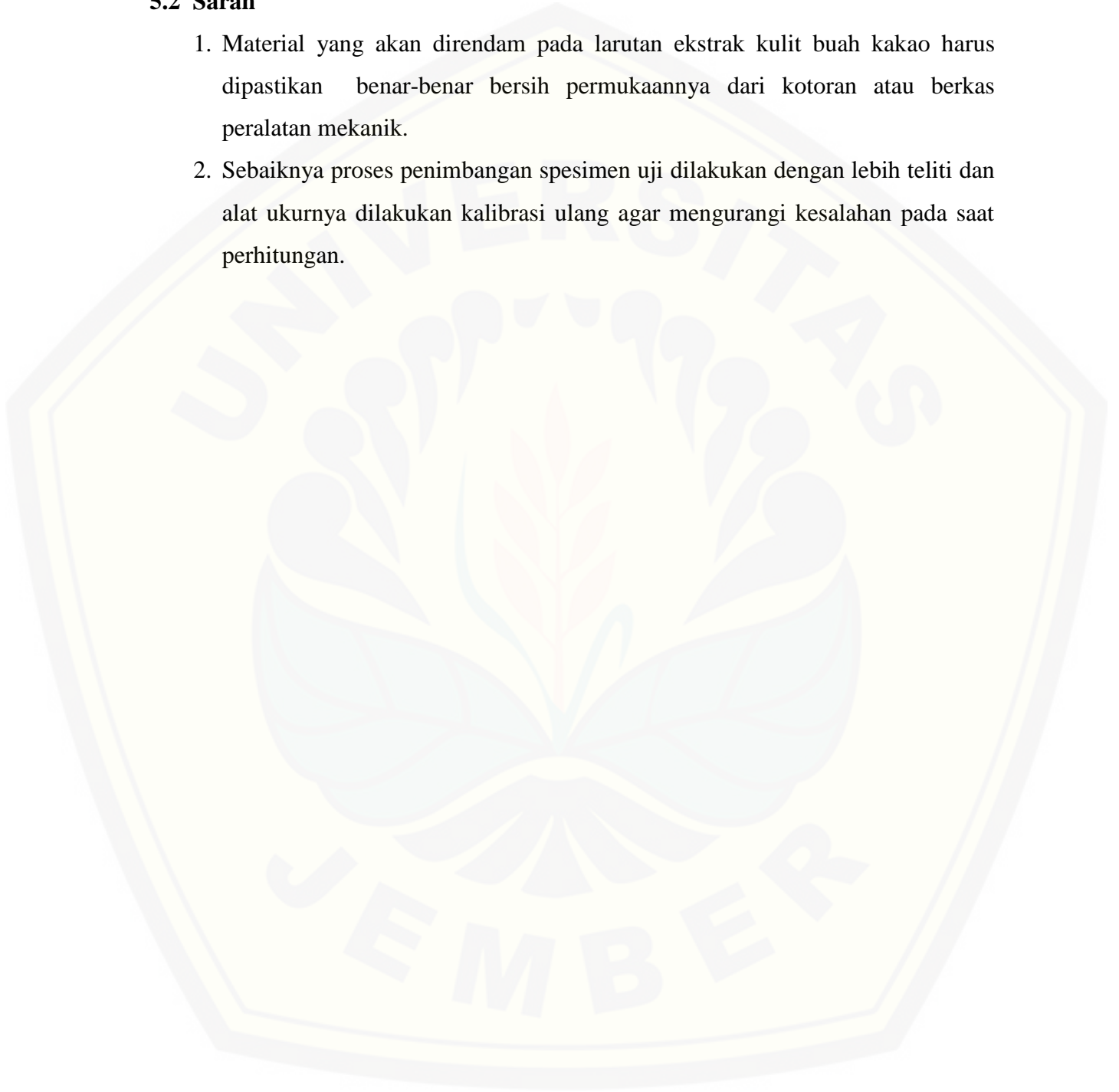
5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Laju korosi pada pipa baja karbon A53 rata-rata pada konsentrasi 0 ppm adalah 1,0956 mdd, 500 ppm adalah 0,4005 mdd, 1000 ppm adalah 0,3532 mdd, 1500 ppm adalah 0,3189 mdd, dan 2000 ppm adalah 0,2384 mdd.
2. Konsentrasi inhibitor yang maksimal untuk menghambat laju korosi adalah pada konsentrasi ekstrak kulit buah kakao 2000 ppm. Waktu perendaman yang paling optimal adalah perendaman selama 25 hari.
3. Rata-rata efisiensi inhibitor ekstrak kulit buah kakao setelah perendaman selama 40 hari sebesar 78,23% yaitu pada konsentrasi 500 ppm sebesar 73,35%, 1000 ppm sebesar 77,48%, 1500 ppm sebesar 78,74%, dan 2000 ppm sebesar 83,37%.
4. Pada foto makro dan mikro terdapat bentuk bercak kecoklatan dan kehitaman. Bercak kecoklatan ini adalah korosi yang terjadi pada pipa baja karbon A53 sedangkan Bercak kehitaman ini kemungkinan adalah endapan dari senyawa kompleks dengan Fe(III) di permukaan logam. Senyawa inilah yang nantinya akan membentuk *filming corrosion inhibitor* yang akan melindungi permukaan pipa baja karbon A53 terhadap serangan korosi.
5. Jenis korosi yang terjadi adalah korosi merata dan korosi sumuran, karena lubang-lubang yang terbentuk cenderung melebar bertambah besar dan ada pula lubang korosi yang bertambah dalam. Untuk mengatasi hal tersebut, maka digunakanlah inhibitor ekstrak kulit buah kakao karena inhibitor ekstrak kulit buah kakao mampu mengurangi korosi sumuran dan merata yang menyerang permukaan logam.

5.2 Saran

1. Material yang akan direndam pada larutan ekstrak kulit buah kakao harus dipastikan benar-benar bersih permukaannya dari kotoran atau berkas peralatan mekanik.
2. Sebaiknya proses penimbangan spesimen uji dilakukan dengan lebih teliti dan alat ukurnya dilakukan kalibrasi ulang agar mengurangi kesalahan pada saat perhitungan.



DAFTAR PUSTAKA

- Abd. Karim, Azis & A. Yusuf, Zulkifly. 2012. *Analisa Pengaruh Penambahan Inhibitor Kalsium Karbonat Dan Tapioka Terhadap Tingkat Laju Korosi Pada Pelat Baja Tangki Ballast Air Laut*. Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan (JRKT) Volume 10, Nomor 2, Universitas Hasanuddin : Makassar.
- Anggraita, Eka, Dani. 2014. *Pengaruh Variasi Konsentrasi Ekstrak Kopi Terhadap Laju Korosi Pipa Baja Karbon A53 Pada Media Air Laut*. Teknik Mesin. Universitas Jember.
- Anonim., 2007, *Tannin: Chemical Analysis*. *Polyphenol flavonoid/tannin analysis.htm*, diakses 14 April 2007
- Anonim. 2006. *Corrosion of Metal Detection*
- Arsad, H.2011. *Pengaruh Variasi Beban dan Lama Rendaman Air Laut Terhadap Perubahan Defleksi Material Pipa Baja ASTM A53 dengan Metode Uji C-Ring*.
- ASTM G1-90. 1994. *Standart Practice for Preparing, Cleaning and Evaluating Corrosin 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.
- ASTM G1. A1. C.3.5.1994. *Standart Practice For Cleaning Procedure For Removal Of Corrosion Products*. Internasional, Anual Book of ASTM Standart, USA, 1994.
- Bandono, B. S. K., 2009. *Pengaruh Konsentrasi Natrium Kromat (Na₂CRO₄) Terhadap laju Korosi Baja AISI 1045 Pada Lingkungan Air Laut Dengan Metode Pengukuran Potensiostat Amel 4331*. Tidak dipublikasikan. Skripsi. Jember : Program Sarjana Universitas Jember.
- Budiyanto, Pengendalian Korosi, Budisma.blogspot.com, 2011, diakses tanggal 02 Juli 2012.
- Devara, Ega. 2014. *Pengaruh Variasi Konsentrasi Ekstrak daun teh Terhadap Laju Korosi Pipa Baja Karbon A53 Pada Media Air Laut*. Teknik Mesin. Universitas Jember.

- Emriadi, 2000. *Mekanisme dan Laju Reaksi Inhibisi Korosi Baja Oleh Tanin*, Universitas Andalas, Sumatera Barat.
- Fontana.Mars.G.1987. Corrosion Engineering Association of Corrothion Engineering (NACE)Standart. McGraw- HillBookCompany. Tokyo
- Griffith et.al. 1971. penentuan efisiensi inhibisi dengan metode pengurangan berat Autonomic and Enteric Ganglia: Transmission and Its Pharmacology
- Hermawan, Beni. 2007. Ekstrak Bahan Alami Sebagai Inhibitor korosi. <http://www.chem-istry.org/author/BeniHermawan.com>. [diakses tanggal 28 April 2014, jam 20.00 WIB].
- Indahsari,Elisa.2009.Manajemen Korosi Berbasis Resiko Pada Structur Jacket. Offshore Engineering. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Juliana, Anggono. Soejono, Tjitro. 1999. Studi Perbandingan Kinerja Anoda Korban Paduan Aluminium dengan Paduan Seng dalam Lingkungan Air Laut. Teknik Mesin. Universitas Kristen Petra.
- Li, X.-H., Deng, S.-D., & Fu, H. 2010. Inhibition by jasminum nudiflorum Lindl. Leaves extract of the corrosion of cold rolled steel in hydrochloric acid solution. J. Appl Electrochem, 40, 1641-1649.
- Ludiana, Y. 2012. *Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Ektrak Daun Teh (Camelia sinensis) Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Schedule 40 Grade B ERW*. Jurnal Fisika Volume 1 No.1, Unand : Padang.
- Muliati, 2009. Reaktivitas Gugus Hidroksil Tanin Kulit Buah Kakao pada Pewarnaan Sutra, Jurnal Industri Hasil Perkebunan.vol.4 No1 . Makassar.
- Podlesjski. 1983. *Inhibitor of Corrosion*.
- Sri Hermawan, Yuli Rizky Ananda Nasution, Rosdanelli Hasibuan, 2012. *Penentuan Efisiensi Inhibisi Korosi Baja Menggunakan Ekstrak Kulit Buah Kakao (Theobroma Cacao)*. Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.
- Supardi, Rachmad. 1997. *Korosi*. Bandung : Tarsito.
- Trethewey, KR and Chamberlain, J. 1991. *Korosi Untuk Mahasiswa dan Rekayasawan*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Universitas Jember. 2010. *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah*. Jember: Jember University Press.

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

Utomo, Budi. 2009. *Jenis Korosi Dan Penanggulangannya*. KAPAL, Volume 6, No. 2, Universitas Diponegoro: Semarang.

Widharto, S. 1999. *Karat dan Pencegahannya*. Cetakan I. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.

Zulfikar, vicky. 2014. *pengaruh konsentrasi inhibitor ekstrak daun jambu biji dan waktu perendaman terhadap laju korosi baja api 5l grade b schedule 80 dalam media air laut*



LAMPIRAN A. Tabel pengambilan data

A.1 Laju korosi pada konsentrasi ekstrak kulit buah kakao

Waktu (hari)	Berat Awal (g)	Berat Akhir (g)	W (g)	T (jam)	D (g/cm ³)	A (cm ²)	Laju Korosi (mdd)	Rata- rata
5	5,5322	5,5308	0,0014	120	7,86	5,1883	0,6866	0,6977
	5,0856	5,0842	0,0012	120	7,86	4,8632	0,6279	
	5,1397	5,1382	0,0015	120	7,86	4,9028	0,7785	
10	5,694	5,6913	0,0027	240	7,86	5,3051	0,6475	0,7352
	5,0854	5,0829	0,0025	240	7,86	4,8631	0,6540	
	5,363	5,3594	0,0036	240	7,86	5,0656	0,9042	
15	5,7706	5,765	0,0056	360	7,86	5,3602	0,8861	0,8878
	5,3544	5,3493	0,0051	360	7,86	5,0594	0,8550	
	5,6063	5,6006	0,0057	360	7,86	5,2418	0,9223	
20	5,5664	5,558	0,0084	480	7,86	5,2130	1,0250	1,1118
	5,1896	5,1807	0,0089	480	7,86	4,9393	1,1462	
	5,0113	5,0025	0,0088	480	7,86	4,8087	1,1641	
25	5,2136	5,2021	0,0115	600	7,86	4,9568	1,1807	1,1397
	5,556	5,5449	0,0111	600	7,86	5,2055	1,0852	
	5,1935	5,1823	0,0112	600	7,86	4,9421	1,1533	
30	5,1497	5,1342	0,0155	720	7,86	4,9101	1,3387	1,2436
	5,4729	5,4586	0,0143	720	7,86	5,1454	1,1786	
	5,1256	5,1116	0,014	720	7,86	4,8925	1,2135	
35	5,1382	5,1189	0,0193	840	7,86	4,9017	1,4313	1,4380
	5,1656	5,146	0,0196	840	7,86	4,9218	1,4476	
	5,2588	5,2391	0,0197	840	7,86	4,9898	1,4351	
40	4,5551	4,5328	0,0223	960	7,86	4,4713	1,5863	1,5113
	4,6292	4,6062	0,023	960	7,86	4,5265	1,6162	
	5,1257	5,1022	0,0235	960	7,86	5,6144	1,3313	

A.2 Laju korosi pada konsentrasi ekstrak kulit buah kakao 500 ppm

Waktu (hari)	Berat Awal (g)	Berat Akhir (g)	W (g)	T (jam)	D (g/cm ³)	A (cm ²)	Laju Korosi (mdd)	Rata- rata
5	5,7218	5,7208	0,001	120	7,86	5,3251	0,4778	0,4796
	5,666	5,6652	0,0008	120	7,86	5,2849	0,3852	
	5,082	5,0809	0,0011	120	7,86	4,8606	0,5759	
10	5,2935	5,2918	0,0017	240	7,86	5,0151	0,4313	0,4208
	5,3087	5,3071	0,0016	240	7,86	5,0261	0,4050	
	5,7915	5,7897	0,0018	240	7,86	5,3752	0,4260	
15	5,4834	5,4808	0,0026	360	7,86	5,1530	0,4280	0,4184
	5,4821	5,4797	0,0024	360	7,86	5,1520	0,3951	
	5,1439	5,1414	0,0025	360	7,86	4,9059	0,4322	
20	5,8496	5,8466	0,003	480	7,86	5,4169	0,3523	0,3600
	5,7057	5,7028	0,0029	480	7,86	5,3135	0,3472	
	5,5233	5,5202	0,0031	480	7,86	5,1818	0,3806	
25	5,3258	5,3222	0,0036	600	7,86	5,0386	0,3636	0,3587
	5,6124	5,609	0,0034	600	7,86	5,2462	0,3298	
	5,1651	5,1614	0,0037	600	7,86	4,9214	0,3826	
30	5,3868	5,3823	0,0045	720	7,86	5,0829	0,3755	0,3718
	5,8572	5,8528	0,0044	720	7,86	5,4224	0,3441	
	5,4713	5,4665	0,0048	720	7,86	5,1442	0,3957	
35	5,5038	5,4983	0,0055	840	7,86	5,8827	0,3399	0,3921
	5,1389	5,1333	0,0056	840	7,86	4,9022	0,4152	
	5,2795	5,2737	0,0058	840	7,86	5,0049	0,4213	
40	5,8943	5,8876	0,0067	960	7,86	5,4490	0,3911	0,4028
	5,4782	5,472	0,0062	960	7,86	5,1492	0,3830	
	4,8477	4,8413	0,0064	960	7,86	4,6883	0,4342	

A.3 Laju korosi pada konsentrasi ekstrak kulit buah kakao 1000 ppm

Waktu (hari)	Berat Awal (g)	Berat Akhir (g)	W (g)	T (jam)	D (g/cm ³)	A (cm ²)	Laju Korosi (mdd)	Rata- rata
5	5,6525	5,6516	0,0009	120	7,86	5,2752	0,4341	0,4134
	5,7652	5,7645	0,0007	120	7,86	5,3563	0,3325	
	5,049	5,0481	0,0009	120	7,86	4,8364	0,4735	
10	5,0026	5,001	0,0016	240	7,86	4,8023	0,4239	0,3732
	5,7205	5,7193	0,0012	240	7,86	5,3242	0,2868	
	4,8162	4,8147	0,0015	240	7,86	4,6650	0,4091	
15	5,6469	5,6446	0,0023	360	7,86	5,2711	0,3701	0,3674
	5,1467	5,1449	0,0018	360	7,86	4,9079	0,3111	
	5,0451	5,0427	0,0024	360	7,86	4,8335	0,4211	
20	5,4992	5,4963	0,0029	480	7,86	5,1644	0,3572	0,3623
	4,0315	4,0289	0,0026	480	7,86	4,0773	0,4056	
	5,6901	5,6874	0,0027	480	7,86	5,3023	0,3239	
25	5,9216	5,9182	0,0034	600	7,86	5,4685	0,3164	0,3153
	5,1219	5,1189	0,003	600	7,86	4,8898	0,3122	
	5,4535	5,4503	0,0032	600	7,86	5,1313	0,3174	
30	5,3484	5,3442	0,0042	720	7,86	5,0550	0,3524	0,3209
	6,4262	6,4223	0,0039	720	7,86	5,8278	0,2838	
	5,7186	5,7145	0,0041	720	7,86	5,3228	0,3267	
35	5,2422	5,2374	0,0048	840	7,86	4,9777	0,3505	0,3326
	5,0068	5,0023	0,0045	840	7,86	4,8054	0,3404	
	5,8933	5,8887	0,0046	840	7,86	5,4483	0,3069	
40	5,1362	5,131	0,0052	960	7,86	4,9003	0,3375	0,3403
	5,6355	5,6306	0,0049	960	7,86	5,2629	0,2961	
	4,3951	4,3898	0,0053	960	7,86	4,3517	0,3874	

A.4 Laju korosi pada konsentrasi ekstrak kulit buah kakao 1500 ppm

Waktu (hari)	Berat Awal (g)	Berat Akhir (g)	W (g)	T (jam)	D (g/cm ³)	A (cm ²)	Laju Korosi (mdd)	Rata-rata
5	4,8912	4,8907	0,0005	120	7,86	4,7204	0,2695	0,3415
	5,8325	5,8318	0,0007	120	7,86	5,4047	0,3296	
	4,1757	4,175	0,0007	120	7,86	4,1866	0,4254	
10	4,7402	4,7389	0,0013	240	7,86	4,6088	0,3589	0,3314
	4,968	4,9669	0,0011	240	7,86	4,7769	0,2930	
	4,5405	4,5393	0,0012	240	7,86	4,4604	0,3423	
15	4,7963	4,7946	0,0017	360	7,86	4,6503	0,3101	0,3234
	5,5825	5,5805	0,002	360	7,86	5,2246	0,3247	
	5,0072	5,0053	0,0019	360	7,86	4,8057	0,3353	
20	4,9578	4,9552	0,0026	480	7,86	4,7694	0,3468	0,3334
	5,2493	5,2469	0,0024	480	7,86	4,9828	0,3064	
	4,9539	4,9513	0,0026	480	7,86	4,7665	0,3470	
25	5,843	5,8402	0,0028	600	7,86	5,4122	0,2633	0,2868
	4,8946	4,8919	0,0027	600	7,86	4,7229	0,2909	
	5,7116	5,7084	0,0032	600	7,86	5,3178	0,3062	
30	5,5594	5,5559	0,0035	720	7,86	5,2080	0,2850	0,3018
	5,0456	5,042	0,0036	720	7,86	4,8339	0,3158	
	5,4793	5,4756	0,0037	720	7,86	5,1500	0,3047	
35	5,2971	5,2927	0,0044	840	7,86	5,0177	0,3188	0,3114
	5,1858	5,1816	0,0042	840	7,86	4,9365	0,3093	
	5,4175	5,4132	0,0043	840	7,86	5,1052	0,3062	
40	5,8805	5,8756	0,0049	960	7,86	5,4391	0,2865	0,3213
	4,5094	4,5046	0,0048	960	7,86	4,4372	0,3441	
	5,0928	5,0877	0,0051	960	7,86	4,8685	0,3332	

A.5 Laju korosi pada konsentrasi ekstrak kulit buah kakao 2000 ppm

Waktu (hari)	Berat Awal (g)	Berat Akhir (g)	W (g)	T (jam)	D (g/cm ³)	A (cm ²)	Laju Korosi (mdd)	Rata-rata
5	5,0667	5,0662	0,0005	120	7,86	4,8494	0,2624	0,2518
	4,7184	4,718	0,0004	120	7,86	4,5927	0,2216	
	4,8471	4,8466	0,0005	120	7,86	4,6879	0,2714	
10	4,4923	4,4915	0,0008	240	7,86	4,4245	0,2300	0,2408
	4,4349	4,4341	0,0008	240	7,86	4,3815	0,2323	
	4,4617	4,4608	0,0009	240	7,86	4,4016	0,2601	
15	5,5822	5,5808	0,0014	360	7,86	5,2244	0,2273	0,2326
	5,7225	5,7211	0,0014	360	7,86	5,3256	0,2230	
	5,466	5,4645	0,0015	360	7,86	5,1404	0,2475	
20	4,9273	4,9256	0,0017	480	7,86	4,7470	0,2278	0,2267
	4,5368	4,5353	0,0015	480	7,86	4,4577	0,2141	
	4,6504	4,6487	0,0017	480	7,86	4,5422	0,2381	
25	5,074	5,072	0,002	600	7,86	4,8547	0,2097	0,2192
	5,6471	5,645	0,0021	600	7,86	5,2713	0,2027	
	4,6826	4,6804	0,0022	600	7,86	4,5661	0,2452	
30	4,7012	4,6983	0,0029	720	7,86	4,5799	0,2685	0,2373
	4,8312	4,8287	0,0025	720	7,86	4,6761	0,2267	
	5,666	5,6633	0,0027	720	7,86	5,2849	0,2167	
35	4,8927	4,8894	0,0033	840	7,86	4,7215	0,2541	0,2477
	5,3967	5,3935	0,0032	840	7,86	5,8069	0,2003	
	4,3023	4,2989	0,0034	840	7,86	4,2821	0,2886	
40	4,4603	4,4564	0,0039	960	7,86	4,4005	0,2819	0,2514
	5,3687	5,3651	0,0036	960	7,86	5,0698	0,2259	
	5,6771	5,673	0,0041	960	7,86	5,2929	0,2464	

A.6 Perhitungan laju korosi

- Diambil contoh perendaman sampel ke-1 pada konsentrasi ekstrak daun teh 0% selama 5 hari (120 jam)

$$W = 0,0014 \text{ g}$$

$$A = 5,1883 \text{ cm}^2$$

$$T = 120 \text{ jam}$$

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

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

$$= \frac{2400000 \times 0,0014}{5,1883 \times 120 \times 7,86} = 0,6866 \text{ mdd}$$

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	Spesimen	Laju korosi pada konsentrasi ekstrak kulit buah kakao				
		0 ppm	500 ppm	1000 ppm	1500 ppm	2000 ppm
5	1	0,6866	0,4778	0,4341	0,2695	0,2624
	2	0,6279	0,3852	0,3325	0,3296	0,2216
	3	0,7785	0,5759	0,4735	0,4254	0,2714
	jumlah	2,0930	1,4389	1,2402	1,0245	0,7554
	rata-rata	0,6977	0,4796	0,4134	0,3415	0,2518
10	1	0,6475	0,4313	0,4239	0,3589	0,2300
	2	0,6540	0,4050	0,2868	0,2930	0,2323
	3	0,9042	0,4260	0,4091	0,3423	0,2601
	jumlah	2,2057	1,2623	1,1197	0,9941	0,7225
	rata-rata	0,7352	0,4208	0,3732	0,3314	0,2408
15	1	0,8861	0,4280	0,3701	0,3101	0,2273
	2	0,8550	0,3951	0,3111	0,3247	0,2230
	3	0,9223	0,4322	0,4211	0,3353	0,2475
	jumlah	2,6634	1,2553	1,1023	0,9701	0,6978
	rata-rata	0,8878	0,4184	0,3674	0,3234	0,2326
20	1	1,0250	0,3523	0,3572	0,3468	0,2278
	2	1,1462	0,3472	0,4056	0,3064	0,2141
	3	1,1641	0,3806	0,3239	0,3470	0,2381
	jumlah	3,3354	1,0801	1,0868	1,0002	0,6800
	rata-rata	1,1118	0,3600	0,3623	0,3334	0,2267
25	1	1,1807	0,3636	0,3164	0,2633	0,2097
	2	1,0852	0,3298	0,3122	0,2909	0,2027
	3	1,1533	0,3826	0,3174	0,3062	0,2452
	jumlah	3,4192	1,0760	0,9460	0,8605	0,6576
	rata-rata	1,1397	0,3587	0,3153	0,2868	0,2192
30	1	1,3387	0,3755	0,3524	0,2850	0,2685
	2	1,1786	0,3441	0,2838	0,3158	0,2267
	3	1,2135	0,3957	0,3267	0,3047	0,2167
	jumlah	3,7309	1,1153	0,9628	0,9055	0,7119
	rata-rata	1,2436	0,3718	0,3209	0,3018	0,2373
35	1	1,4313	0,3399	0,3505	0,3188	0,2541

	2	1,4476	0,4152	0,3404	0,3093	0,2003
	3	1,4351	0,4213	0,3069	0,3062	0,2886
	jumlah	4,3140	1,1764	0,9978	0,9342	0,7430
	rata-rata	1,4380	0,3921	0,3326	0,3114	0,2477
40	1	1,5863	0,3911	0,3375	0,2865	0,2819
	2	1,6162	0,3830	0,2961	0,3441	0,2259
	3	1,3313	0,4342	0,3874	0,3332	0,2464
	jumlah	4,5338	1,2083	1,0210	0,9638	0,7541
	rata-rata	1,5113	0,4028	0,3403	0,3213	0,2514
	Jumlah Keseleruhan	26,2954	9,6125	8,4767	7,6529	5,7222
	rata-rata keseluruhan	1,0956	0,4005	0,3532	0,3189	0,2384

B.2 Tabel efisiensi inhibitor

Waktu		Rata-rata laju korosi pada konsentrasi ekstrak kulit buah kakao				
		0 ppm	500 ppm	1000 ppm	1500 ppm	2000 ppm
5	Daya Inhibisi	0,6977	0,4796	0,4134	0,3415	0,2518
			31,25%	40,75%	51,05%	63,91%
10	Daya Inhibisi	0,7352	0,4208	0,3732	0,3314	0,2408
			42,77%	49,24%	54,93%	67,25%
15	Daya Inhibisi	0,8878	0,4184	0,3674	0,3234	0,2326
			52,87%	58,61%	63,58%	73,80%
20	Daya Inhibisi	1,1118	0,3600	0,3623	0,3334	0,2267
			67,62%	67,42%	70,01%	79,61%
25	Daya Inhibisi	1,1397	0,3587	0,3153	0,2868	0,2192
			68,53%	72,33%	74,83%	80,77%
30	Daya Inhibisi	1,2436	0,3718	0,3209	0,3018	0,2373
			70,11%	74,19%	75,73%	80,92%
35	Daya Inhibisi	1,4380	0,3921	0,3326	0,3114	0,2477
			72,73%	76,87%	78,34%	82,78%
40	Daya Inhibisi	1,5113	0,4028	0,3403	0,3213	0,2514
			73,35%	77,48%	78,74%	83,37%

B.3 Perhitungan efisiensi inhibitor

- Diambil contoh efisiensi inhibitor konsentrasi ekstrak kulit buah kakao 500 ppm selama 5 hari

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

$$E = \frac{0,6977 - 0,4796}{0,6977} \times 100 \% = 31,25 \%$$

Dimana:

E : efisiensi inhibitor (%)

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

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

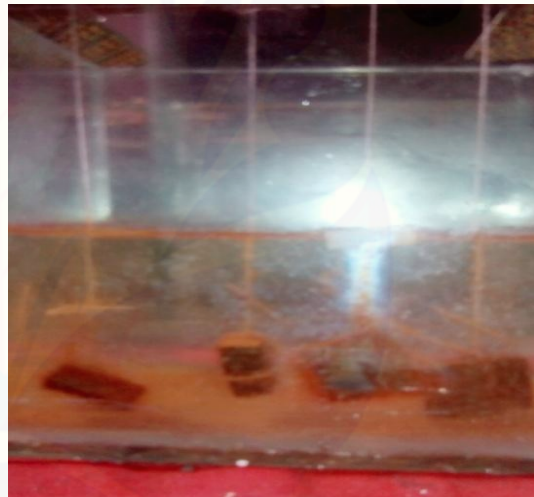
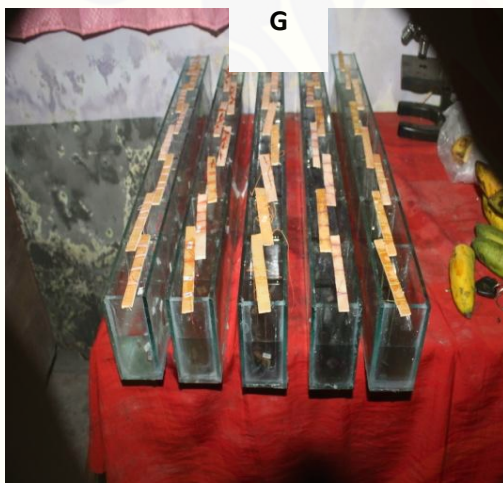
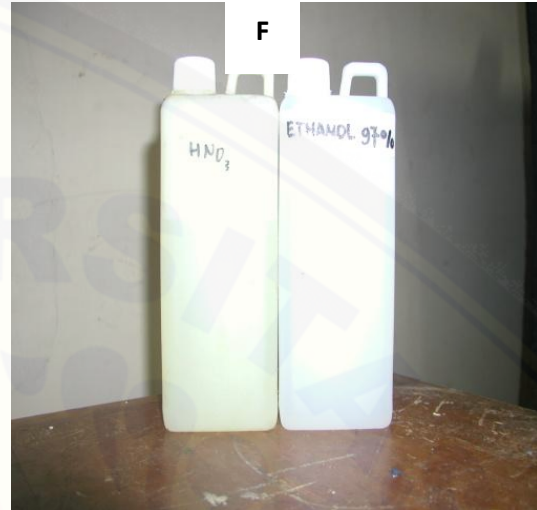
Keterangan: untuk perhitungan selanjutnya adalah dengan memakai contoh perhitungan yang sama seperti perhitungan diatas.

LAMPIRAN C. Bahan penelitian



Keterangan:

- A. Buah kakao yang siap dipetik adalah buah kakao yang telah masak optimal ditandai dengan perubahan warna kulit buah yang semula hijau menjadi kuning (jenis Forastero) dan merah (jenis Criollo).
- B. Kulit buah kakao yang sedang dikering anginkan
- C. Kulit buah kakao yang sudah disaring menjadi serbuk
- D. Ekstrak Kulit Buah kakao hasil rotary evaporator



Keterangan:

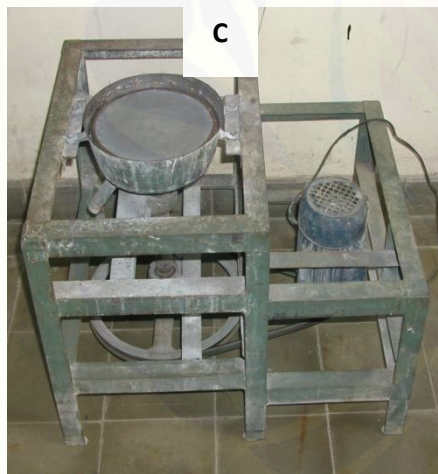
E. Aquadest

F. HNO₃ dan Etanol 96 %

G. Peredaman spesimen uji

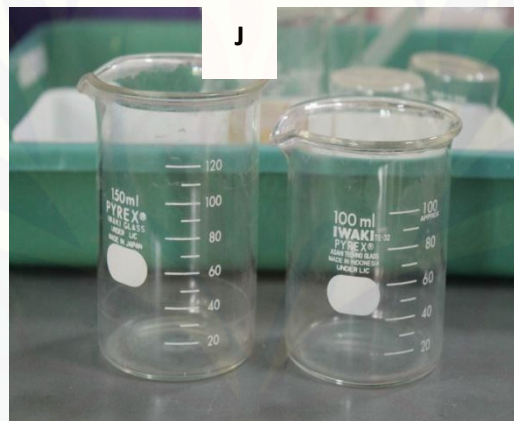
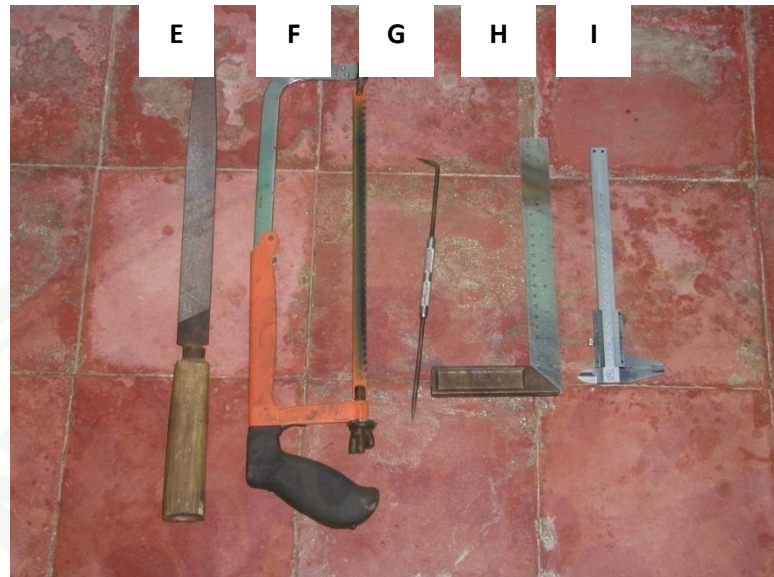
H. proses peletakan spesimen

LAMPIRAN D. Alat penelitian



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 mL

LAMPIRAN E. Sertifikat pipa baja karbon A53


PT. STEEL PIPE INDUSTRY OF INDONESIA, Tbk
 Head Office : Jl. Kalibutih 189-191 Surabaya 60173 - Indonesia, Phone (031)5320921,5316921,5320320,5332900 Fax. : (031)5310712,5320290
 Factory Unit I : Jl. Rungkut Industri I No.28-32 Surabaya 60293 - Indonesia, Phone (031)8434865,8439503 Fax. : (031)8431348,8420723
 Factory Unit II : Jl. Rungkut Industri II No.10 Surabaya 60293 - Indonesia, Phone (031)8439555,8439666
 Factory Unit III : Desa Wragunung, Kec.Karangpilang PO BOX 1984 Surabaya - Indonesia, Phone(031)7661362,7661646 Fax. : (031)7661610

MILL TEST CERTIFICATE
No. 03930/SP-III/XII/2013

Order & Address : RANGKA RAYA
 JL. PEGIRIAN NO.24 RT.000 SIDODADI - SIMOKERTO
 SURABAYA
 Order No. : 0377/XII/13
 Modification : ERW STEEL PIPE
 Specification : BLACK STEEL PIPE TO ASTM A53 GR. A

Date : 23.12.2013
 Ex.SPPB No. : 06943.13.W
 L/C No. & Date :
 Packing List No.&Date :
 Issuing Bank :
 Page 1 of 1

NO.FORM : QASIS-LI.III/01
 REVISI : 0

MILL WORK NO.	Ordered Sizes		DELIVERED QUANTITIES		DESCRIPTION OF TEST					
	Diameter Inch	Thickness mm	Length mm	PCS	Net Weight Kg/Pc	Surface & Dimension	Hydrostatic Test 1520 PSI	Flattening Test 2/3D,1/3D	Bend Test	Coating Average
30076762	6	SCH-40	6.000,0	18	-	GOOD	GOOD	GOOD	-	-

MILL WORK NO.	HEAT NO.	TENSILE TEST				CHEMICAL ANALYSIS, %								REMARKS
		Yield Strength N/mm ²	Tensile Strength N/mm ²	Elongation %	Min:	C	Mn	P	S	CU	NI	CR	MO	
30076762	I2U70	Min: 205	Min: 330	Min: 39,8	Min: 411	Max: 0,25	Max: 0,09	Max: 0,05	Max: 0,015	Max: 0,045	Max: 0,4	Max: 0,4	Max: 0,15	Max: 0,08
		314	411	39,8	411	0,09	0,09	0,05	0,015	0,045	0,4	0,4	0,15	0,08



I HEREBY CERTIFY THAT THE PIPES DESCRIBED HERE IN HAVE BEEN
 TESTED IN ACCORDANCE WITH ABOVE SPECIFICATIONS AND
 WITH THE REQUIREMENTS CALLED FOR BY THE ABOVE ORDER.

Signature as appropriate

LAMPIRAN F. Struktur makro

Untuk foto makro permukaan pipa baja karbon A53 menggunakan camera digital dengan pengambilan sampel secara acak.

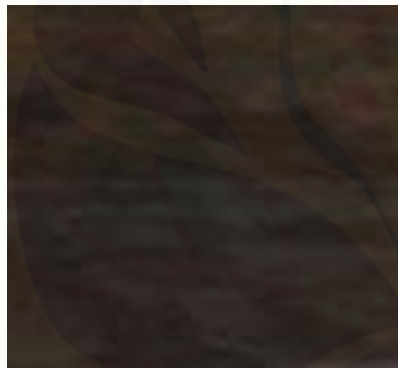
F.1 Foto makro untuk waktu perendaman 5 hari



0 ppm



500 ppm



1000 ppm



1500 ppm



2000 ppm

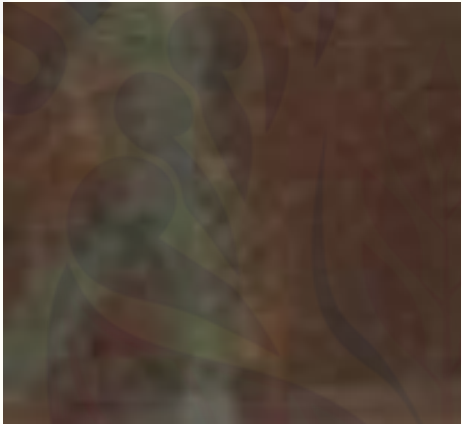
F.2 Foto makro untuk waktu perendaman 10 hari



0 ppm



500 ppm



1000 ppm



1500 ppm



2000 ppm

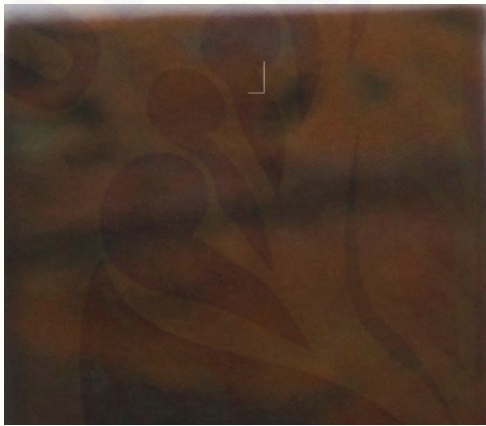
F.3 Foto makro untuk waktu perendaman 15 hari



0 ppm



500 ppm



1000 ppm



1500 ppm

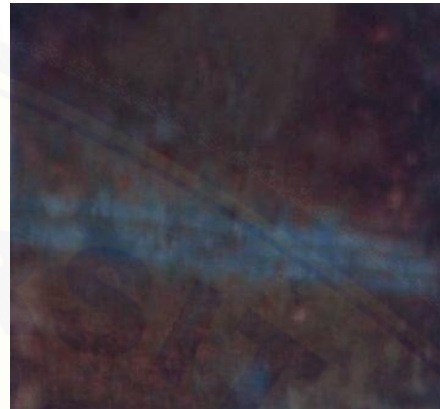


2000 ppm

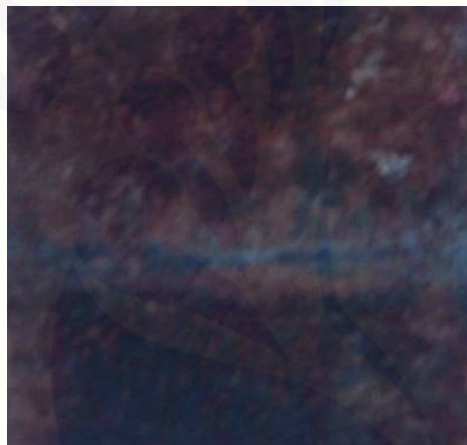
F.4 Foto makro untuk waktu perendaman 20 hari



0 ppm



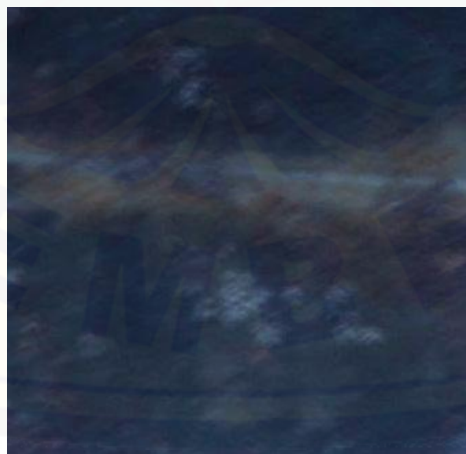
500 ppm



1000 ppm



1500 ppm



2000 ppm

F.5 Foto makro untuk waktu perendaman 25 hari



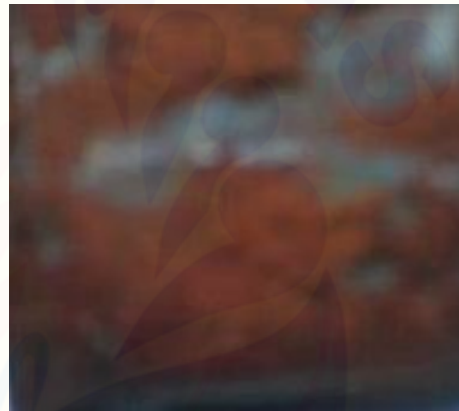
0 ppm



500 ppm



1000 ppm



1500 ppm



2000 ppm

F.6 Foto makro untuk waktu perendaman 30 hari



0 ppm



500 ppm



1000 ppm



1500 ppm



2000 ppm

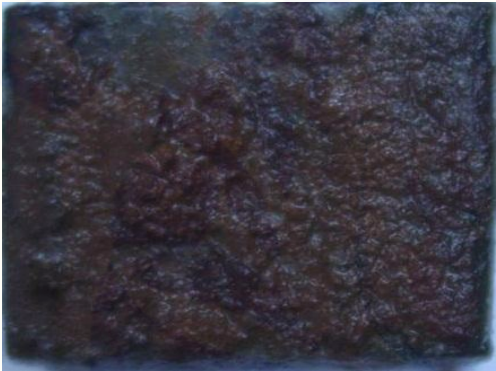
F.7 Foto makro untuk waktu perendaman 35 hari



0 ppm



500 ppm



1000 ppm

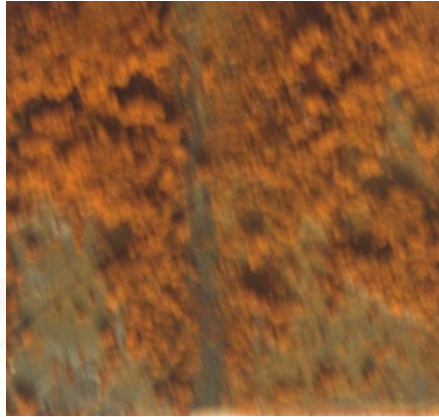


1500 ppm

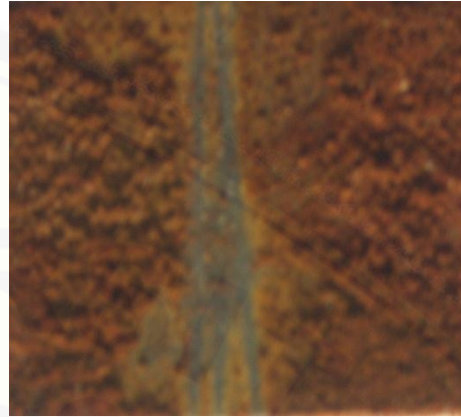


2000 ppm

F.8 Foto makro untuk waktu perendaman 40 hari



0 ppm



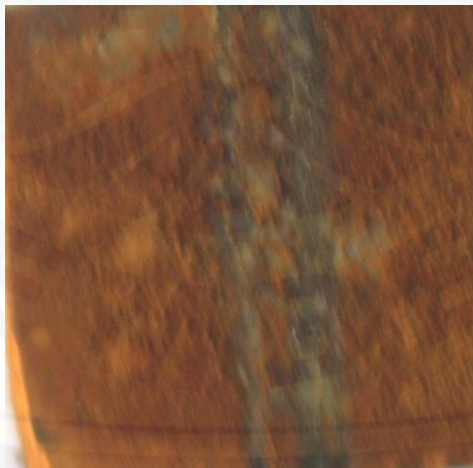
500 ppm



1000 ppm



1500 ppm

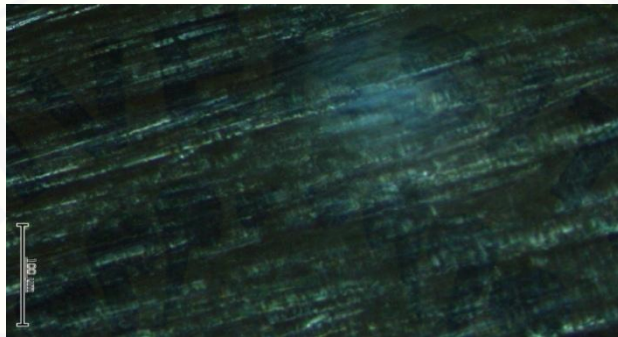


2000 ppm

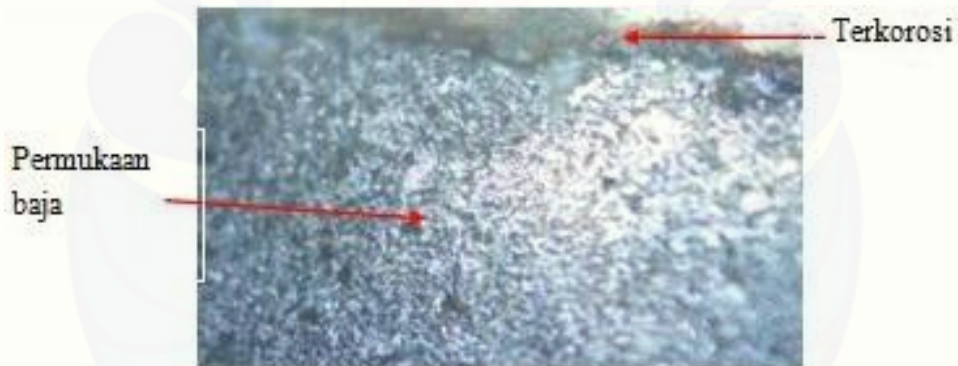
LAMPIRAN G. Foto struktur mikro

Untuk foto struktur mikro pipa baja karbon A53 menggunakan Mikroskop Olympus U-MSSP4 dengan perbesaran 200X.

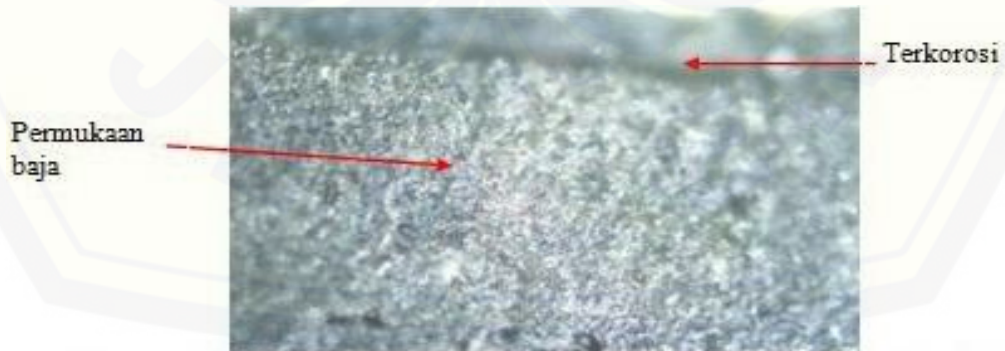
G.1 Foto mikro sebelum proses perendaman



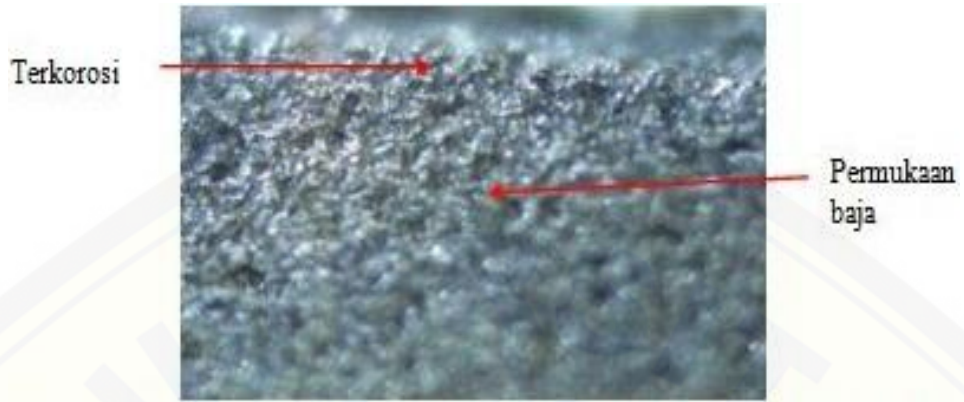
G.2 Foto mikro setelah perendaman selama 40 hari



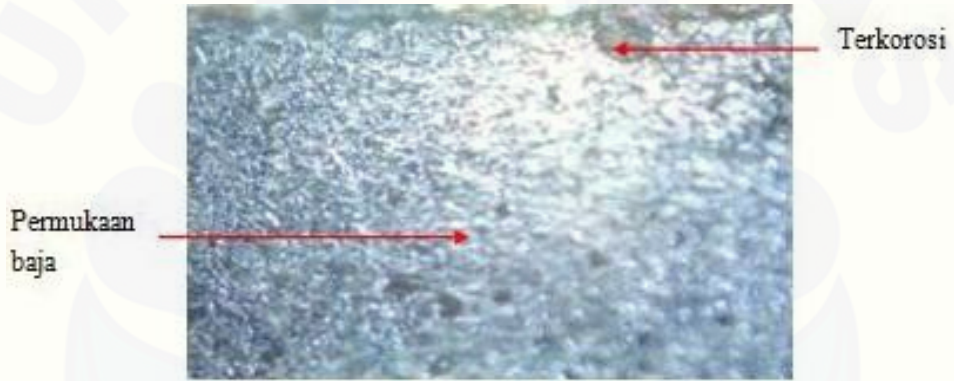
Konsentrasi 0 ppm



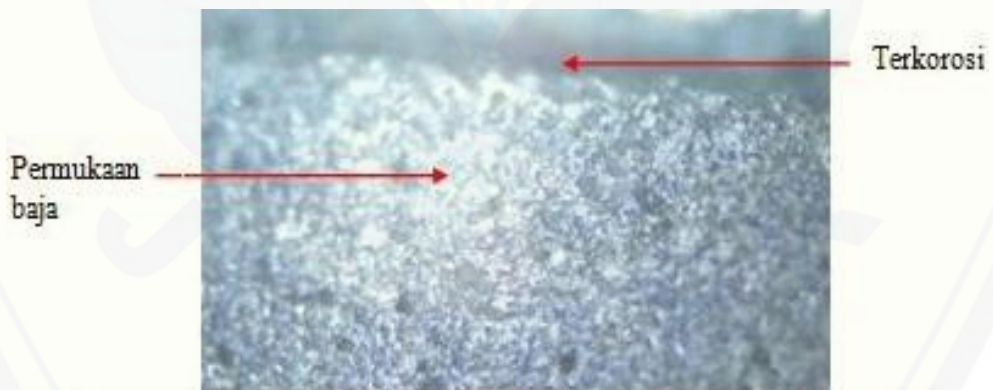
Konsentrasi 500 ppm



Konsentrasi 1000 ppm



Konsentrasi 1500 ppm



Konsentrasi 2000 ppm