



**Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Daun Teh Terhadap Laju
Korosi Baja AISI E2512
Media Air Laut**

SKRIPSI

Oleh :

Riza Hasbi Prasetya

111910101072

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2015**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

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

MOTTO

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

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

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

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Riza Hasbi Prasetya

NIM : 111910101072

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “PENGARUH KONSENTRASI INHIBITOR EKSTRAK DAUN TEH TERHADAP LAJU KOROSI BAJA AISI E2512 MEDIA AIR LAUT” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 2015

Yang menyatakan,

(Riza Hasbi Prasetya)

NIM 111910101072

SKRIPSI

**PENGARUH KONSENTRASI INHIBITOR EKSTRAK DAUN
TEH TERHADAP LAJU KOROSI BAJA AISI E2512 MEDIA
AIR LAUT**

Oleh

Riza Hasbi Prasetya
NIM 111910101072

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Dr. R. Koekoeh K.W.,S.T.,M.Eng.

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

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah Swt. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Daun Teh Terhadap Laju Korosi Baja AISI E2512 Media Air Laut.” Shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW sebagai sumber inspirasi dan panutan umat manusia dalam menjalani kehidupan di dunia ini. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

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

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan karunia yang tidak pernah henti dapat penulis rasakan setiap detik dalam hidup ini.
2. Kedua orang tua yang senantiasa mendoakan dan tiada hentinya memberikan arahan, bimbingan, motivasi, perhatian, materi dan mengajarkan pelajaran hidup yang tidak kenal lelah, juga yang utama adalah doa yang selalu beliau haturkan setiap saat.
3. Kakakku Diky Prasetya yang selalu memberi dukungan demi terciptanya skripsi ini.
4. Bapak Dr. R. Koekoeh K.W., S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Utama, Bapak Sumarji, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing anggota yang telah meluangkan waktu, memberikan masukan, dan ide dalam penulisan skripsi ini;
5. Bapak Hari Arbiantara, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama, Bapak Ir. Dwi Djumhariyanto M.T. selaku Dosen Penguji anggota yang banyak sekali memberikan saran yang sangat membantu dan arahan menuju ke arah yang benar dalam penyelesaian skripsi ini;

6. Bapak Dosen Universitas Jember khususnya Jurusan Teknik Mesin yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
7. Kepada Maulina Hari Pradipta yang tidak pernah lelah untuk mengingatkan untuk selalu semangat, juga keluarga dan semua orang;
8. Saudara - saudaraku Teknik Mesin 11 universitas jember yang tidak bisa penulis sebutkan satu – persatu. Semoga kalian semua mendapatkan yang terbaik.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

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

Jember, Juli 2015

Penulis

RINGKASAN

Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Daun Teh Terhadap Laju Korosi Baja AISI E2512 Media Air Laut; Riza Hasbi Prasetya, 111910101072; 2015; 104 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Korosi merupakan suatu bentuk kerusakan yang terjadi pada logam. Faktor utama penyebab terjadinya korosi adalah lingkungan. Tangki *ballast* adalah suatu bagian di dalam kapal yang menampung air laut, fungsinya untuk dapat memposisikan kapal dalam keadaan seimbang. Tangki *ballast* merupakan material yang berinteraksi langsung dengan air laut dan sangat merugikan bagi dunia kelautan. Korosi tidak dapat dicegah namun, lajunya dapat dikurangi. Salah satu metode untuk memperlambat terjadinya korosi adalah dengan cara pemberian inhibitor. Inhibitor adalah suatu zat yang apabila ditambahkan dengan jumlah yang tepat akan menurunkan laju korosi lingkungan tersebut terhadap logam. Inhibitor organik yaitu inhibitor yang berasal dari bagian tumbuhan yang mengandung tanin. Tanin merupakan zat kimia yang terdapat pada daun, akar, kulit, buah, dan batang tumbuhan. Daun teh mengandung senyawa tannin berkisar antara 7%-15%. Senyawa tanin yang ada dalam daun teh inilah yang dapat berfungsi sebagai inhibitor.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Daun Teh Terhadap Laju Korosi Baja AISI E2512 Media Air Laut. Pada penelitian ini memvariasikan konsentrasi ekstrak daun teh dengan lama perendaman. Konsentrasi yang digunakan adalah 0, 9, 10 dan 11%, lama perendaman 40 hari. Pengambilan data diambil setiap hari ke 10, 20, 30 dan 40.

Penelitian ini dilakukan di 2 tempat berbeda. Laboratorium Uji Bahan Fakultas Teknik Universitas Jember untuk melakukan pemotongan spesimen dan Laboratorium Pengujian Bahan – UB untuk melakukan pengujian mikro spesimen.

Dari hasil penelitian didapat nilai laju korosi terendah pada konsentrasi 10% serta waktu perendaman 30 hari. Laju Korosinya 1,8175 mg/dm²day dengan efisiensi inhibisinya mencapai 80,09%.



SUMMARY

Effect of Tea Leaf Extract Concentration Inhibitor Against Corrosion rate of steel AISI E2512 in Seawater; Riza Hasbi Prasetya 111910101072; 2015; 104 Pages; *Mechanical Engineering Department of Engineering Faculty, University of Jember.*

Corrosion is a form of damage to the metal. The main factor is the cause of the corrosion environment. Ballast tank is a part of the ship that holds sea water, its function to be able to position the boat in balance. Ballast tanks is a material that interacts directly with seawater and very harmful to the marine world. Corrosion can not be prevented however, its speed can be reduced. One method is to slow down the corrosion inhibitor administration. Inhibitor is a substance that when added with the right amount will reduce the corrosion rate of the metal environment. Organic inhibitors are inhibitors derived from plant parts that contain tannins. Tannins are chemical substances contained in the leaves, roots, bark, fruit, and plant stems. Tea leaves contain tannin ranging between 7% - 15%. Tannin present in tea leaves is what can function as inhibitors.

This study aims to determine the effect of Tea Leaf Extract Concentration Inhibitor Against Corrosion rate of steel AISI E2512 Media Seawater. In this study, varying the concentration of the tea leaf extract with soaking time. Concentrations used were 0, 9, 10 and 11%, soaking time of 40 days. Collecting data is taken every day to 10, 20, 30 and 40.

This research was conducted in two different places. Materials Testing Laboratory of the Faculty of Engineering, University of Jember for cutting specimens and Materials Testing Laboratory - UB for testing micro specimens.

The result is the value of the lowest corrosion rate at 10% concentration and soaking time of 30 days. Corrosion rate of 1.8175 mg / dm²day with inhibition efficiency reached 80.09%.



DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN	iv
PEMBIMBING	v
PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Definisi dan Prinsip Dasar Korosi	5
2.2 Jenis-Jenis Korosi	8
2.3 Faktor Penyebab terjadinya Korosi	13
2.3.1 Sifat Material.....	13
2.3.2 Faktor Lingkungan	14

2.4 Pengendalian Korosi	16
2.5 Inhibitor	17
2.5.1 Jenis Inhibitor Menurut Bahan Dasarnya	17
2.5.2 Jenis Inhibitor Menurut Reaksi yang Dihambat.....	17
2.6 Tanin	18
2.7 Daun Teh	20
2.8 Baja	23
2.8.1 Baja Secara Umum.....	23
2.8.2 Baja AISI E2512	24
2.8.3 Korosi Pada Baja AISI E2512.....	25
2.9 Ekstrak Daun Teh Sebagai Inhibitor	26
2.10 Hipotesis	32
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	33
3.1 Metode Penelitian	33
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	33
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	33
3.3.1 Alat.....	33
3.3.2 Bahan	34
3.4 Prosedur Penelitian	34
3.5 Pelaksanaan Penelitian	35
3.5.1 Persiapan alat	35
3.5.2 Persiapan dan pembuatan spesimen uji.....	35
3.5.3 Pembuatan Ekstrak Daun Teh.....	36
3.5.4 Pengkorosian Material	37
3.5.5 Pengambilan dan Pembersihan Material.....	38
3.5.6 Pengamatan Struktur Makro	38
3.5.7 Pengamatan Struktur Mikro	38
3.6 Analisis Data	40

3.7 Variabel Penelitian	41
3.7.1 Variabel Bebas.....	41
3.7.2 Variabel Terikat.....	41
3.8 Metode Pengujian	41
3.8.1 Penyajian Data Eksperimen Faktorial.....	42
3.8.2 Percobaan Faktorial Metode Rancang Acak Lengkap.....	44
3.8.3 Uji Hipotesis.....	46
3.9 Diagram Alir Proses	48
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	50
4.1 Data Hasil Penelitian	50
4.2 Uji Statistik	57
4.3 Analisis Laju Korosi	58
4.3.1 Analisis Laju Korosi Konsentrasi 0%	58
4.3.2 Analisis Laju Korosi Konsentrasi 9%	59
4.3.3 Analisis Laju Korosi Konsentrasi 10%.....	61
4.3.4 Analisis Laju Korosi Konsentrasi 11%.....	63
4.3.5 Analisis Laju Korosi Berbagai Variasi Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Daun Teh.....	64
4.4 Mekanisme Inhibitor	66
4.5 Analisis Efisiensi Inhibitor Ekstrak Daun Teh	67
4.6 Analisis Struktur Makro	69
4.7 Analisis Struktur Mikro	72
BAB 5. PENUTUP	76
5.1 Kesimpulan	76
5.2 Saran	76
DAFTAR PUSTAKA	77
LAMPIRAN 1. TABEL DATA	80
LAMPIRAN 2. GAMBAR DAN ALAT PENGUJIAN	95

DAFTAR GAMBAR

	HALAMAN
2.1 Sel Korosi.....	8
2.2 Korosi Celah.....	9
2.3 Korosi Lelah.....	10
2.4 Korosi Erosi.....	10
2.5 Korosi Galvanis.....	11
2.6 Korosi Seragam.....	12
2.7 Korosi Sumuran.....	12
2.8 Senyawa Tanin.....	19
2.9 Daun teh Sebagai Inhibitor.....	20
2.10 Tangki <i>Ballast</i>	25
2.11 Grafik Perbandingan laju Korosi Inhibitor Kalsium Karbonat dan Tapioka....	26
2.12 Grafik Pengaruh Inhibitor Terhadap Laju Korosi Baja <i>Schedule 40 Grade B</i> <i>ERW</i> Inhibitor Ekstrak Daun Teh media NaCl 3%	27
2.13 Grafik Efisiensi Inhibitor Ekstrak Daun Teh Terhadap Laju Korosi Baja <i>Schedule 40 Grade BERW</i> Media NaCl 3%	28
2.14 Grafik Pengaruh Inhibitor Ekstrak Daun Teh Pada Baja St37 Media HCl 3% dan NaCl 3%	29
2.15 Grafik Efisiensi Inhibitor Ekstrak Daun Teh Terhadap Laju Korosi Baja St37 Media HCl 3% dan NaCl 3%	30
2.16 Grafik Pengaruh Variasi Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Daun Teh Terhadap Laju Korosi.....	31
3.1 Penampang Spesimen Uji	36
3.2 Skema Peletakan Material.....	38
4.1 Grafik Pengaruh Inhibitor Ekstrak Daun Teh Konsentrasi 0%	58
4.2 Grafik Pengaruh Inhibitor Ekstrak Daun Teh Konsentrasi 9%	59

4.3	Grafik Pengaruh Inhibitor Ekstrak Daun Teh Konsentrasi 10%	61
4.4	Grafik Pengaruh Inhibitor Ekstrak Daun Teh Konsentrasi 11%	63
4.5	Grafik Pengaruh Variasi Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Daun Teh Terhadap Laju Korosi	65
4.6	Mekanisme Kerja Inhibitor.....	67
4.7	Grafik Efisiensi Ekstrak Daun Teh Terhadap Waktu	68
4.8	Foto Permukaan Baja AISI E2512 Sebelum Perendaman.....	69
4.9	Foto Makro Baja AISI E2512 Konsentrasi 0% perendaman 40hari.....	70
4.10	Foto Makro Baja AISI E2512 Konsentrasi 9% perendaman 40hari.....	70
4.11	Foto Makro Baja AISI E2512 Konsentrasi 10% perendaman 40hari.....	71
4.12	Foto Makro Baja AISI E2512 Konsentrasi 11% perendaman 40hari.....	71
4.13	Foto Mikro Konsentrasi 0% perendaman 40hari.....	72
4.14	Foto Mikro Konsentrasi 9% perendaman 40hari.....	73
4.15	Foto Mikro Konsentrasi 10% perendaman 40hari.....	73
4.16	Foto Mikro Konsentrasi 11% perendaman 40hari.....	73

DAFTAR TABEL

	HALAMAN
3.1 Tabel Komposisi Inhibitor Berbagai Variasi	37
3.2 Tabel Data Sempel Percobaan Faktorial dua Faktor.....	42
3.3 Tabel ANOVA	42
3.4 Nilai Laju Korosi (mg / dm ² day)	58
4.1 Tabel Hasil Penelitian Konsentrasi 0%	50
4.2 Tabel Hasil Penelitian Konsentrasi 9%	52
4.3 Tabel Hasil Penelitian Konsentrasi 10%.....	53
4.4 Tabel Hasil Penelitian Konsentrasi 11%.....	55
4.5 Tabel ANAVA Pengaruh Variasi Waktu dan Konsentrasi Terhadap Laju Korosi.....	57
4.6 Tabel Daya Inhibisi Ekstrak Daun Teh.....	67

DAFTAR LAMPIRAN

	HALAMAN
LAMPIRAN A. TABEL PENGAMBILAN DATA	80
A1. Tabel Lampiran Laju Korosi Konsentrasi 0%	80
A2. Tabel Lampiran Laju Korosi Konsentrasi 9%	81
A3. Tabel Lampiran Laju Korosi Konsentrasi 10%	83
A4. Tabel Lampiran Laju Korosi Konsentrasi 11%	85
A5. Perhitungan Laju Korosi	87
LAMPIRAN B. EFISIENSI INHIBITOR	88
B1. Tabel Efisiensi Inhibitor	88
B2. Perhitungan Efisiensi Inhibitor.....	88
LAMPIRAN C. UJI STATIK	89
C1. Tabel Pengambilan Data Uji Statistik	89
C2. Tabel Hasil Uji Statistik (SPSS).....	91
C3. Perhitungan Uji Statistik.....	91
LAMPIRAN D. KOMPOSISI KIMIA DAUN TEH	94
D1. Tabel Katekin, Kafein dan Tanin pada Bagian Pucuk Teh.....	94
LAMPIRAN E. GAMBAR ALAT PENELITIAN	95
LAMPIRAN F. BAHAN PENELITIAN	97
LAMPIRAN G. FOTO MAKRO	100
LAMPIRAN H. SPESIFIKASI BAJA	104

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Korosi atau pengkaratan dikenal sebagai peristiwa kerusakan logam karena adanya faktor metalurgi (pada material itu sendiri) dan reaksi kimia dengan lingkungannya yang menyebabkan terjadinya penurunan kualitas suatu bahan logam (Nathan, 1977). Bahan-bahan korosif (yang dapat menyebabkan korosi) terdiri atas asam dan garam. Banyak kerugian yang diakibatkan oleh korosi, contohnya di Indramayu, korosi menyebabkan kebocoran pada pipa gas di salah satu sumur milik PT Pertamina hingga akhirnya terjadinya ledakan (Whidarto, 1999). Akibat korosi pula 20 dari 36 kapal milik TNI AL yang dibeli dari Jerman tidak dapat beroperasi (Trethewey dan Chamberlain, 1991).

Korosi tidak dapat dicegah tetapi lajunya dapat dikurangi. Berbagai cara telah dilakukan untuk mengurangi laju korosi, salah satunya dengan pemakaian inhibitor. Sejauh ini penggunaan inhibitor merupakan salah satu cara yang paling efektif untuk mencegah korosi, karena biayanya yang relatif murah dan prosesnya yang sederhana (Hermawan, 2007). Inhibitor korosi dapat didefinisikan sebagai suatu zat yang apabila ditambahkan dalam jumlah sedikit ke dalam lingkungan akan menurunkan serangan korosi lingkungan terhadap logam. Biasanya proses korosi logam berlangsung secara elektrokimia yang terjadi secara simultan pada daerah anoda dan katoda. Inhibitor biasanya ditambahkan dalam jumlah sedikit, baik secara kontinu maupun periodik menurut suatu selang waktu tertentu.

Inhibitor terbagi dua yaitu inhibitor organik dan inhibitor anorganik (Aidil, 1972). Inhibitor organik yaitu inhibitor yang berasal dari bagian tumbuhan yang mengandung tanin. Tanin merupakan zat kimia yang terdapat pada daun, akar, kulit, buah, dan batang tumbuhan (Haryati, 2008). Senyawa ekstrak bahan alam yang dijadikan inhibitor harus mengandung atom N (nitrogen), O (oksigen), P (phosphor), S (sulfur), dan atom-atom yang memiliki pasangan elektron bebas (Ferdany, 2010).

Unsur-unsur yang mengandung pasangan elektron bebas ini nantinya dapat berfungsi sebagai ligan yang akan membentuk senyawa kompleks. Salah satu jenis tumbuhan yang mengandung tanin adalah teh (*Camelia sinensis*) yang terletak pada bagian daunnya. Sedangkan inhibitor anorganik adalah inhibitor yang diperoleh dari mineral-mineral yang tidak mengandung unsur karbon dalam senyawanya. Material dasar dari inhibitor anorganik antara lain kromat, nitrit, silikat, dan pospat. Inhibitor anorganik bersifat sebagai inhibitor anodik karena inhibitor ini memiliki gugus aktif, yaitu anion negatif yang berguna untuk mengurangi korosi. Senyawa-senyawa ini juga sangat berguna dalam aplikasi pelapisan antikorosi, tetapi mempunyai kelemahan utama yaitu bersifat toksik (Haryono, 2010). Daun teh mengandung senyawa tanin berkisar antara 7%-15%. Senyawa tanin yang ada dalam daun teh inilah yang dapat berfungsi sebagai inhibitor (Putra, 2009).

Penelitian oleh Ludiana (2012) mengenai pengaruh konsentrasi inhibitor ekstrak daun teh (*Camelia sinensis*) terhadap laju korosi baja karbon *Schedule 40 Grade B ERW* dengan medium korosif NaCl 3% dan waktu perendaman selama 3 hari dan 6 hari untuk melihat kemampuan inhibitor menghambat laju korosi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi inhibisi korosi yang paling besar terjadi pada konsentrasi 4%, baik untuk perendaman 3 hari maupun 6 hari dengan efisiensi masing-masing adalah 74,32% dan 73,41%.

Peneliti selanjutnya oleh Desi (2013) mengenai pengendalian laju korosi baja St-37 dalam medium asam klorida dan natrium klorida menggunakan inhibitor ekstrak daun teh (*Camelia sinensis*) dengan metode metode potensiodinamik untuk melihat nilai arus korosi, dan metode kehilangan berat untk melihat nilai laju korosi. Medium korosif yang digunakan adalah HCl 3 % dan NaCl 3 %. Variasi konsentrasi inhibitor yang digunakan adalah dari 1 % hingga 10 % dengan lama perendaman selama empat hari. Hasil penelitian menunjukkan bahawa Semakin besar konsentrasi inhibitor yang ditambahkan maka nilai laju korosi akan semakin menurun dan nilai efisiensi inhibisi korosi semakin tinggi.

Peneliti berikutnya, Ega (2014) mengenai pengaruh konsentrasi ekstrak daun teh terhadap laju korosi baja karbon A53 dalam media air laut Variasi konsentrasi inhibitor yang digunakan adalah dari 0%, 10%, 12%, 14%, 16% dengan lama perendaman 35 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi inhibitor 10% adalah yang paling efektif dalam menurunkan laju korosi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi inhibitor ekstrak daun teh terhadap laju korosi baja AISI E2512 dalam medium air laut. Untuk menentukan nilai efisiensi inhibisi ekstrak daun teh, digunakan metode perhitungan pengurangan massa material dan pengamatan struktur makro & mikro material menggunakan mikroskop optik.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang yang telah di sampaikan, maka dapat diperoleh rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana perubahan struktur makro dan mikro baja AISI E2512 setelah terjadi penambahan ekstrak daun teh?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi ekstrak daun teh terhadap laju korosi baja AISI E2512?
3. Berapakah konsentrasi optimal ekstrak daun teh sebagai inhibitor korosi pada baja AISI E2512?

1.3 Batasan Masalah

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

Adapun batasannya adalah :

1. Tidak menghitung sifat mekanik material uji
2. Inhibitor yang digunakan adalah daun teh dari perkebunan Kertowono, Gucialit, Lumajang

3. Temperatur dan densitas baja diasumsikan konstan yaitu 21°C dan 7,86 g/cm³
4. Air laut yang digunakan berasal dari Pelabuhan Meneng Kabupaten Banyuwangi
5. Tidak membahas perubahan energi pada saat proses korosi yang terjadi
6. Kandungan garam air laut dianggap konstan

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1 Tujuan

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui struktur makro dan mikro yang terjadi pada baja AISI E2512 setelah terjadi penambahan ekstrak daun teh
2. Untuk mengetahui pengaruh pemberian variasi konsentrasi ekstrak daun teh terhadap laju korosi baja AISI E2512 dalam medium air laut.
3. Untuk mengetahui pengaruh waktu perendaman terhadap laju korosi baja AISI E2512 dalam medium air laut.
4. Untuk mengetahui perbandingan laju korosi pada pemberian ekstrak daun teh dengan dan tanpa pemberian ekstrak daun teh.
5. Untuk mengetahui perbandingan laju korosi pada pemberian variasi waktu perendaman

1.4.2 Manfaat

Sehubungan dengan permasalahan yang telah di sebutkan diatas, maka dalam penelitian ini diharapkan :

1. Mengetahui konsentrasi ekstraksi daun teh yang optimal sebagai inhibitor korosi pada baja AISI E2512.
2. Mengetahui laju korosi pada baja AISI E2512 sebelum dan setelah diberikan inhibitor ekstrak daun teh.
3. Mengetahui waktu perendaman yang optimal pada penelitian ini

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi dan Prinsip Dasar Korosi

Menurut Supardi (1997) korosi adalah kerusakan atau degradasi logam akibat reaksi redoks antara suatu logam dengan berbagai zat di lingkungannya yang menghasilkan senyawa-senyawa yang tidak dikehendaki. Dalam bahasa sehari-hari, korosi disebut dengan perkaratan.

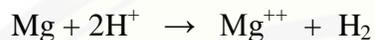
Terdapat beberapa definisi dari pakar, yaitu sebagai berikut:

1. Perusakan material tanpa perusakan mekanis
2. Kebalikan dari metalurgi ekstraktif
3. Proses elektrokimia dalam mencapai kesetimbangan termodinamika suatu sistem. Jadi korosi adalah sistem termodinamika logam dengan lingkungan (air, udara, tanah), yang berusaha mencapai kesetimbangan. Sistem ini dikategorikan setimbang bila logam telah membentuk oksida atau senyawa kimia lain yang lebih stabil.

Pada proses korosi yang terjadi, disamping karena reaksi kimia biasa, maka yang lebih umum ialah oleh proses elektrokimia. Sedangkan yang dimaksud dengan lingkungan adalah dapat berupa udara dengan sinar matahari, air tawar, embun, air laut, air danau, air sungai dan tanah. Menurut teori korosi elektrokimia, bahwa proses korosi pada logam disebabkan karena logam itu mempunyai komposisi kimia yang tidak homogen. Dalam kenyataan memang logam sangat sulit untuk dibuat betul-betul homogen. Akibatnya akan ada perbedaan potensial yang dapat menimbulkan korosi galvanis bila ada elektrolit seperti uap air dari udara. Garam, asam dan basa merupakan salah satu elektrolit yang akan larut dalam air, kemudian akan terjadi ionisasi didalamnya.



Baja karbon sangat mudah bereaksi dengan ion H^+ (dari asam) dan adanya O_2 yang larut dari udara. Korosi seperti ini akan berlangsung sangat cepat walaupun temperatur lingkungannya rendah, karena telah terjadi reaksi elektrokimia.



Reaksi tersebut disebut reaksi elektrokimia karena pada reaksi itu terjadi muatan listrik dan elektron.



Reaksi ini disebut juga sebagai reaksi korosi basah.

Reaksi korosi menghilangkan oksida logam, sulfida logam dan hasil reaksi lainnya. Pada proses korosi reaksi yang berpengaruh adalah reaksi elektrokimia. Korosi elektrokimia biasanya terjadi pada lingkungan yang basah, pada temperatur yang relatif rendah, dengan berbagai bentuk korosi mengikuti mekanisme elektrokimia yang terjadi reaksi oksidasi (anodik) dan reduksi (katodik).

Reaksi oksidasi adalah reaksi yang menghasilkan pelepasan elektron dan berakibat terbentuknya ion – ion positif. Logam yang mengalami reaksi ini disebut sebagai anoda. Proses korosi dapat terjadi hanya jika 4 komponen dasar terjadinya korosi terpenuhi, komponen tersebut yaitu :

1. Anoda, merupakan bagian logam yang berfungsi sebagai elektroda, dimana terjadi reaksi anodik. Reaksi anodik adalah reaksi yang menghasilkan elektron.

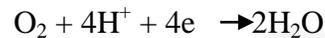


2. Katoda, merupakan elektroda yang mengalami reaksi katodik yang mengkonsumsi electron hasil dari reaksi anodik. Reaksi reduksi yang sering terjadi adalah :

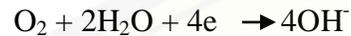
- Reaksi pembentukan hidrogen :



- Reaksi reduksi oksigen dalam larutan asam :



- Reaksi reduksi oksigen dalam larutan basa/netral :



- Reaksi reduksi logam :

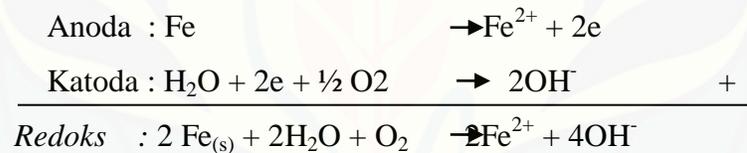


- Reaksi reduksi logam :



3. Penghantar listrik, dimana diantara katoda dan anoda harus terdapat kontak listrik agar arus sel korosi dapat mengalir.
4. Elektrolit, merupakan suatu media yang bersifat menghantarkan arus listrik seperti air dan tanah.

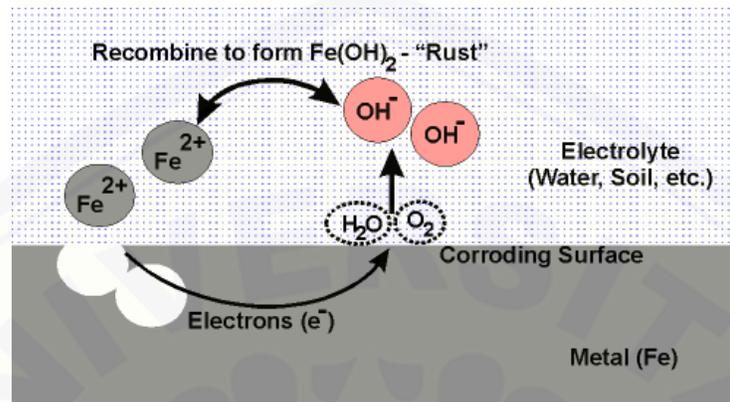
Contoh yang umum terjadi proses korosi adalah pada pipa penyulingan air laut sebagai berikut :



Reaksi diatas dapat dijelaskan bahwa reaksi terjadi pada anoda ialah logam Fe mengalami oksidasi sehingga menghasilkan ion – ion logam Fe dan elektron. Pada katoda terjadi reaksi reduksi dimana terjadi pelepasan ion – ion OH^- yang menyebabkan lingkungan menjadi basa atau netral. Ion OH^- ini berasal reduksi oksigen.

Logam yang berlaku sebagai sel korosi akan memberikan elektron (anoda) dan lingkungannya sebagai penerima elektron (katoda). Pada 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 dibawah ini.



Gambar 2.1 Sel Korosi (Sumber: Utomo, 2009)

Skema diatas dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Anoda : terjadi reaksi anodik dimana logam Fe larut menjadi ion Fe²⁺
2. Katoda : terjadi reaksi katodik
3. Elektrolit sebagai media perantara elektron

2.2 Jenis-Jenis Korosi

Jenis korosi yang umumnya terjadi pada logam adalah sebagai berikut:

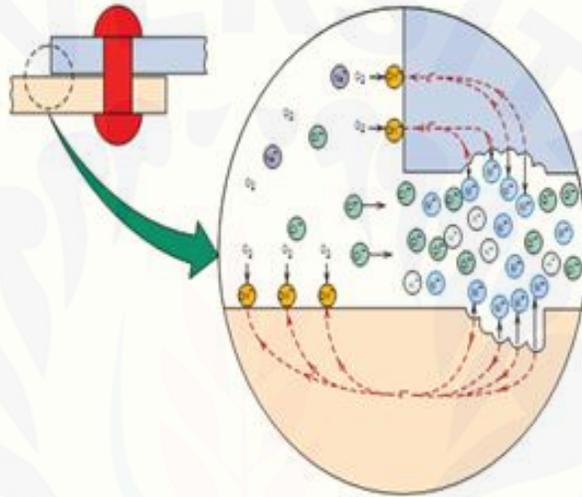
1. Korosi Celah (*Crevice Corrosion*)

Korosi yang terjadi pada logam yang berdempetan dengan logam lain atau non logam dan diantaranya terdapat celah yang dapat menahan kotoran dan air sebagai sumber terjadinya korosi. Konsentrasi Oksigen pada mulut lebih kaya dibandingkan pada bagian dalam, sehingga bagian dalam lebih anodik dan bagian mulut menjadi katodik. Maka terjadi aliran arus dari dalam menuju mulut logam yang menimbulkan korosi.

Atau juga perbedaan konsentrasi zat asam. Dimana celah sempit yang terisi elektrolit (pH rendah) maka akan terjadi sel korosi yang katoda permukaannya sebelah luar celah yang basah dengan air yang lebih banyak mengandung zat asam dari pada daerah dalam yang bersifat anodik. Maka pada

daerah ini terjadinya korosi yang disebabkan adanya katoda dan anoda. Korosi ini dapat dicegah dengan cara :

- Isolator
- Dikeringkan bagian yang basah
- Dibersihkan kotoran yang ada



Gambar 2.2 Korosi Celah (Sumber: Utomo, 2009)

2. Korosi Lelah (*Fatigue Corrosion*)

Logam mendapat beban siklus yang berulang-ulang, tetapi masih dibawah batas kekuatan luluhnya. Maka setelah sekian lama akan patah karena terjadinya 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 menderita beban, lasan dan lainnya. Korosi jenis ini dapat dicegah dengan cara :

- Menggunakan inhibitor
- Memilih bahan yang tepat atau memilih bahan yang kuat korosi.



Gambar 2.3 Korosi Lelah (Sumber: Utomo, 2009)

3. Korosi Erosi (*Erosion Corrosion*)

Logam yang sebelumnya telah terkena erosi akibat terjadinya keausan dan menimbulkan bagian-bagian yang tajam dan kasar. Bagian-bagian inilah yang mudah terserang korosi dan apabila terdapat gesekan maka akan menimbulkan abrasi yang lebih berat. Korosi jenis ini dapat dicegah dengan cara :

- Pilih bahan yang homogen
- Diberi *coating* dari zat agresif
- Diberikan inhibitor
- Hindari aliran fluida yang terlalu deras



Gambar 2.4 Korosi Erosi (Sumber: Utomo, 2009)

4. Korosi Galvanis (*Bemetal Corrosion*)

Jenis korosi ini terjadi antara dua buah logam yang mempunyai nilai potensial berbeda saat dua buah logam bersatu dalam suatu medium elektrolit yang korosif. Elektron akan mengalir dari logam yang kurang mulia (sebagai anodik) menuju ke logam yang lebih mulia (sebagai katodik). Akibatnya logam yang kurang mulia berubah menjadi ion-ion positif karena kehilangan elektron. Ion-ion positif metal bereaksi dengan ion-ion negatif yang berada di dalam elektrolit menjadi garam metal. Karena peristiwa ini, permukaan anoda kehilangan metal sehingga terbentuk sumur-sumur karat atau jika merata akan terbentuk karat permukaan. Korosi ini dapat dicegah dengan cara :

- Beri isolator yang cukup tebal hingga tidak ada aliran elektrolit
- Pasang proteksi katodik
- Penambahan anti korosi inhibitor pada cairan



Gambar 2.5 Korosi Galvanis (Sumber: Utomo, 2009)

5. *Uniform attack* (korosi seragam)

Korosi seragam adalah korosi yang terjadi pada permukaan logam akibat reaksi kimia karena pH air yang rendah dan udara yang lembab, sehingga makin lama logam makin menipis. Biasanya ini terjadi pada pelat baja atau profil, logam homogen. Korosi jenis ini bisa dicegah dengan cara :

- Diberi lapis lindung yang mengandung inhibitor seperti gemuk.
- Untuk lambung kapal diberi proteksi katodik ataupun inhibitor
- Pemeliharaan material yang tepat
- Untuk jangka pemakain yang lebih panjang diberi logam berpaduan tembaga 0,4%



Gambar 2.6 Korosi Seragam (Sumber: Utomo, 2009)

6. Korosi Sumuran (*Pitting Corrosion*)

Korosi sumuran adalah korosi yang 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. Korosi jenis ini dapat dicegah dengan cara:

- Pilih bahan yang homogen
- Diberikan inhibitor
- Diberikan *coating* dari zat agresif



Gambar 2.7 Korosi Sumuran (Sumber: Utomo, 2009)

2.3 Faktor Penyebab Terjadinya Korosi

Menurut Supardi (1997) terdapat beberapa faktor yang mengakibatkan terjadinya korosi yang terbagi atas tiga bagian, yaitu sifat material, faktor lingkungan dan adanya reaksi.

2.3.1 Sifat Material

1. Pengaruh susunan kimia material

Susunan kimia suatu material sangat mempengaruhi ketahanan material itu terhadap serangan korosi. Pada jenis logam yang sama dengan susunan kimia yang berbeda akan mengakibatkan ketahanan terhadap serangan korosi yang berbeda pula. Bahkan semua jenis logam cenderung akan mengalami korosi oleh media yang bersifat korosif seperti air laut.

2. Pengaruh struktur material

Kurangnya homogenitas struktur dapat menimbulkan efek-efek galvanis mikro pada material yang mengakibatkan terjadinya pengkaratan. Adanya titik-titik yang tidak sama dengan titik-titik di sekitarnya dapat mengakibatkan salah satu bertindak sebagai anoda dan salah satu lainnya sebagai katoda. Dalam kondisi demikian, material akan lebih reaktif dalam lingkungan yang elektrolit.

3. Pengaruh perbedaan potensial

Perbedaan potensial antara dua logam atau lebih yang digabungkan akan mengakibatkan terjadinya proses pengkaratan.

4. Pengaruh bentuk permukaan material

Permukaan logam yang mempunyai morfologi tertentu akan mengakibatkan korosi. Adanya kotoran pada permukaan material akan menyebabkan korosi karena terdapat oksigen yang terperangkap didalamnya.

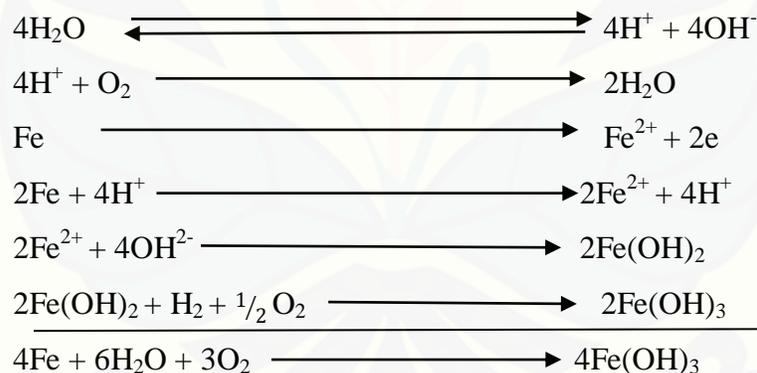
2.3.2 Faktor Lingkungan

1. Lingkungan Air

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

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

Mekanisme reaksi uap air di udara dengan logam adalah sebagai berikut:



Korosi pada lingkungan air bergantung pada pH, kadar oksigen dan temperatur. Misalnya pada baja tahan karat pada suhu 300-500°C bisa bertahan dari serangan korosi. Namun pada suhu 600-650°C baja tahan karat akan terserang korosi dengan cepat. pH dari suatu elektrolit sangat mempengaruhi pada proses terjadinya korosi pada besi. Pengaturan pH

dilakukan dengan pembubuhan KOH pada air yang mempunyai pH 6-14 dan pembubuhan asam pada air yang mempunyai pH 7-0.

Demikian juga dengan penambahan kadar O_2 dalam air maka akan mempercepat laju korosi pada suatu logam. Kadar O_2 dalam larutan harus dikurangi oleh garam yang terlarut dalam larutan dan kelarutannya bergantung pada logam yang tercelup dan luasan permukaan logam tercelup serta temperaturnya. Adapun macam-macam air seperti air suling adalah air yang paling bersih dan bebas dari kation dan anion serta terisolir dari udara dan bebas dari mikroba. Adapun air hujan atau air salju merupakan proses penyulingan alami, namun demikian air ini masih mengandung CO_2 dari udara yang dapat membentuk senyawa H_2CO_3 dan akan bersifat asam yang menyebabkan korosi pada baja. Untuk air permukaan komposisi zat terlarut bergantung pada tanah yang ditempati atau tergenang. Tetapi pada umumnya zat yang terlarut lebih rendah dari pada air laut. Biasanya air permukaan mengandung Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , Cl^- dan SO_4^{2-} yang agresifitasnya lebih rendah dari pada air laut.

Korosi oleh air bersih pada logam yang tidak mulia akan terbentuk reaksi sebagai berikut : $L + 2H_2O \longrightarrow L(OH)_2 + H_2$

Sedangkan untuk air bersih dan adanya O_2 , akan ada proses oksidasi dari udara sekitarnya. Hal ini biasanya terjadi pada air ekat permukaan. Reaksinya adalah sebagai berikut:



2. Lingkungan industri

Korosi di lingkungan industri yang menggunakan bahan kimia seperti pada pembuatan H_2SO_4 , HNO_3 , HCl , dan sebagainya maka akan sangat bersifat korosif.

Pengendalian korosi di lingkungan industri adalah sebagai berikut:

- a. Dipilih/dicarikan bahan logam untuk konstruksi yang paling ekonomis tetapi teknisnya masih dapat dipertanggung jawabkan.

- b. Dapat pula memilih bahan non logam seperti plastik, keramik, beton dan sebagainya dengan tidak boleh mengesampingkan kondisi kerjanya.
- c. Memberi logam lindung yang tepat atau lapis lindung lainnya.

3. Lingkungan laut

Udara lingkungan laut jauh lebih korosif dibandingkan dengan daerah pedalaman, karena disamping komposisi kimia seperti udara biasa juga akan mengandung garam-garam dan zat lain yang ada pada air laut. Hal ini disebabkan karena ombak yang membentur dan membuat percikan air laut. Percikan air laut yang berupa titik air yang halus akan terbawa oleh angin dan sangat berpengaruh pada korosifitas udara terhadap logam.

2.4 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 pencegahan 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, 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. Perubahan ketahanan logam terhadap lingkungan
2. Pemilihan bahan
3. Modifikasi rancangan
4. Teknik pelapisan

5. Proteksi anodik dan katodik
6. Penambahan inhibitor

2.5 Inhibitor

Inhibitor adalah suatu zat kimia yang apabila ditambahkan kedalam suatu lingkungan, dapat menurunkan laju penyerang korosi lingkungan itu terhadap suatu logam. Inhibitor merupakan zat yang dapat melapisi dan melindungi suatu logam dari proses korosi, lapisan ini hanya dalam ukuran beberapa lapis atom saja. Perlu diperhatikan antara inhibitor yang aman dan inhibitor yang berbahaya. Inhibitor yang aman adalah zat yang memperlambat kecepatan korosi tanpa meningkatkan intensitas korosi. Sedangkan inhibitor yang berbahaya adalah zat yang sangat memperlambat laju korosi tetapi akan meningkatkan intensitas serangan korosi.

2.5.1 Jenis Inhibitor Menurut Bahan Dasarnya :

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

2.5.2 Jenis Inhibitor Menurut Reaksi yang dihambat

1. Inhibitor Anodik

Inhibitor anodik akan di absorpsi pada bagian anodik dan akan menahan terjadinya korosi pada daerah tersebut. Karena korosi terjadi pada

daerah anoda, maka penggunaan inhibitor anodik sangat efisien. Tetapi apabila inhibitor ini tidak menutupi seluruh permukaan anoda, maka akan memperluas katoda. Dengan perbedaan luas ini, apabila terdapat ion klorida maka intensitas serangan korosi akan meningkat pada daerah anoda yang sempit dan masih terbuka. Jadi inhibitor kurang justru akan menjadi penyebab terjadinya korosi sumur.

Yang termasuk inhibitor anodik adalah zat-zat yang membentuk senyawa yang tidak larut, seperti: CO_3^{2-} , NaOH dan PO_4^{3-} karena akan membentuk $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Fe}(\text{PO})_4$ dan $\text{Fe}_2(\text{CO}_3)_3$ yang menjadi lapis lindung pada besi.

2. Inhibitor Katodik

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

Menurut Kristian A (2012) bahwa pemilihan bahan alam sebagai inhibitor korosi merupakan salah satu alternatif yang dapat dikembangkan karena biayanya yang relatif lebih murah serta ramah lingkungan. Dibandingkan dengan inhibitor yang diperoleh dari bahan kimia sintesis yang bersifat berbahaya, lebih mahal dan tidak ramah lingkungan. Bahan alam yang dapat dimanfaatkan sebagai inhibitor adalah senyawa - senyawa yang memiliki pasangan elektron bebas pada atom penyusunnya. Salah satu senyawa yang dapat digunakan sebagai inhibitor alami adalah tanin.

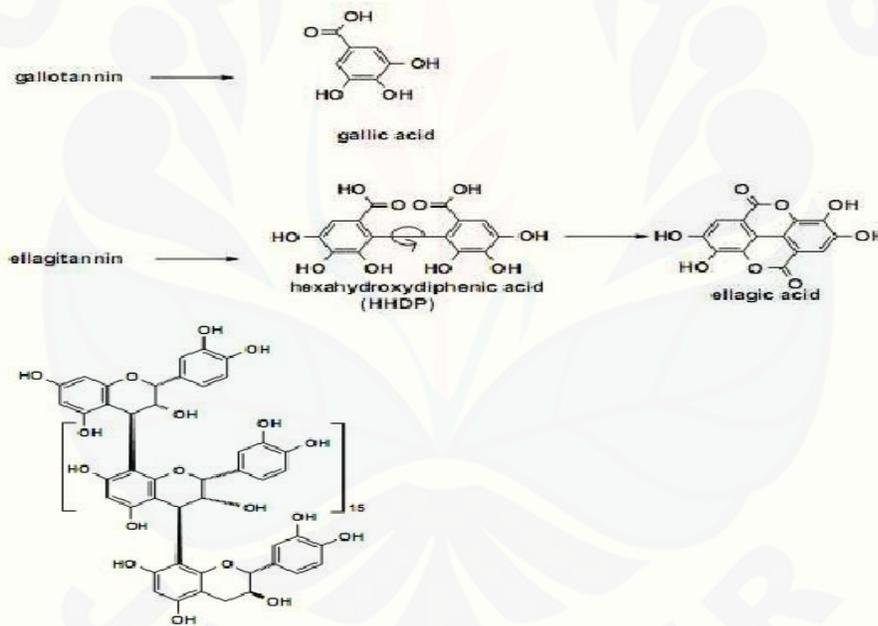
2.6 Tanin

Tanin merupakan senyawa organik non-toksik yang dapat terbiodegradasi, karena itu tanin dapat digunakan sebagai inhibitor yang baik untuk memperlambat terjadinya korosi, khususnya untuk baja, tanin dapat diekstraksi dari tumbuh-

tumbuhan dengan cara yang sederhana yaitu dengan perebusan, menggunakan air sebagai pelarut. Salah satu tumbuhan yang mengandung tanin adalah daun teh, yaitu terbesar terletak pada daunnya.

Tanin juga merupakan senyawa aktif metabolit sekunder yang diketahui mempunyai beberapa khasiat yaitu sebagai astringen, anti diare, anti bakteri dan anti oksidan. Tanin merupakan komponen zat organik yang sangat kompleks, terdiri dari senyawa fenolik yang sukar dipisahkan dan sukar mengkristal, mengendapkan protein dari larutannya dan bersenyawa dengan protein tersebut.

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



Gambar 2.8 Senyawa tanin

Tanin merupakan salah satu jenis senyawa yang termasuk ke dalam golongan polifenol. Senyawa tanin ini banyak di jumpai pada tumbuhan. 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 taninterkondensasi (*condensed tannins*) dan tannin terhidrolisiskan (*hydrolysable tannins*) (Hagerman et al., 1992; Harbone, 1996).

Tanin memiliki peranan biologis yang kompleks. Hal ini dikarenakan sifat tanin yang sangat kompleks mulai dari 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, dan Anne 2002).

2.7 Daun Teh (*Camelia sinensis*)

Salah satu jenis tumbuhan yang mengandung tanin adalah teh (*Camelia sinensis*) yang terletak pada bagian daunnya. Daun teh mengandung senyawa tanin berkisar antara 7% - 15%. Di dalam daun teh terdapat senyawa tanin, dan tanin inilah yang dapat berfungsi sebagai inhibitor (Putra, 2009). Daun teh yang mengandung tanin termasuk dalam inhibitor organik, karena bahan yang terdapat dari alam. Daun teh juga mengandung kafein, kandungan kimia dari daun teh lebih banyak mengandung kafein dibandingkan kopi. (Gurudas dkk, 1988).



Gambar 2.9 Daun Teh sebagai Inhibitor

Teh juga dapat digunakan sebagai antioksidan, memperbaiki sel-sel yang rusak, menghaluskan kulit, melangsingkan tubuh, mencegah kanker, mencegah penyakit jantung, mengurangi kolesterol dalam darah, melancarkan sirkulasi darah. Hal ini disebabkan karena teh mengandung senyawa-senyawa bermanfaat seperti polifenol, teofilin, flavonoid / metilksantin, tanin, vitamin C dan E, catechin, serta sejumlah mineral seperti Zn, Se, Mo, Ge, Mg. Berikut ini merupakan kandungan bahan aktif yang terdapat pada teh (Prasetyo, et al., 2011):

1. Katekin

Senyawa katekin (mendominasi hampir 20-30% berat daun teh, dalam basis kering), merupakan senyawa flavonoid dan termasuk salah satu kerabat tanin terkondensasi, sering disebut sebagai polifenol. Katekin telah terbukti memiliki kemampuan untuk menghentikan pertumbuhan bakteri penyebab keracunan makanan, mencegah tekanan darah tinggi, mengurangi kadar kolesterol dalam darah, menetralkan radikal bebas, mempercepat pembuangan kolesterol melalui feces, dan menghambat terjadinya mutasi pada sel tubuh. Pigmen hijau, kuning dan coklat dalam tanaman teh sangat berhubungan dengan klorofil dan senyawa polifenol ini.

2. Flouride

Unsur flouride (F) yang cukup tinggi dalam teh, dapat membantu mencegah tumbuhnya karies pada gigi serta memperkuat gigi.

3. Vitamin C dan E

Vitamin C dan vitamin E yang terdapat dalam teh juga dapat membantu memperkuat daya tahan tubuh.

4. Kafein

Kafein (merupakan komponen utama alkaloid, dengan kandungan 2-3%-b). Kafein teh berbeda dengan kafein kopi. Kafein teh dengan polifenol teh akan membentuk rasa yang menyegarkan dan merupakan senyawa penting dalam industri minuman karbonasi. Kafein teh

merupakan suatu trimetil turunan 2,6–diol dan memiliki sifat yang sangat hidrofilik, larut dalam kloroform, karbon tetraklorida, trikloroetilen, benzena dan alkohol.

5. Tanin

Tanin mengandung zat epigallocatechin dan epicatechin gallat yang merupakan varian dari catechin, mampu bertindak sebagai inhibitor dari angiotensin transferase, yaitu enzim penyebab tekanan darah tinggi dan mampu mencegah kanker lambung dan kerongkongan.

6. Mangan

Mangan (Mn) yang terkandung dalam teh dapat membantu penguraian gula menjadi energi sehingga dapat membantu menjaga kadar gula dalam darah.

7. Polisakarida

Polisakarida dengan kandungan utama berupa selulosa lipofilik (20%) dan starch, apabila dipanaskan pada temperatur di atas 60 °C akan membentuk koloid terdispersi dalam larutan encer, menjadi mengental dan dapat berbusa. Kandungan polisakarida dalam teh sekitar 40% berat kering.

8. Kandungan-kandungan lain dalam teh

Kandungan lainnya: klorofil, tehobromin, tehofilin, tanin, xathine, adenine, minyak atsiri, kuersetin, 20% protein, dan 5-6% pektin. Protein dan peptida dalam tanaman teh tidak larut dalam air karena berikatan dengan tanin. Klorofil tidak larut dalam air. Asam amino utama tanaman teh berupa tehanin (2%). Lemak (sekitar 4%) dengan asam oleat sebagai kandungan utamanya. Saponin terkandung dalam jumlah yang sangat kecil. Kestabilan saponin bergantung pada pH dan terdegradasi pada $\text{pH} < 2$ dan $\text{pH} > 12$.

Beberapa reaksi kompleks yang terjadi antar komponen dalam tanaman teh dapat mempengaruhi sifat kelarutan maupun stabilitas senyawa tersebut. Reaksi tersebut antara lain:

- a. Katekin dapat membentuk senyawa kompleks dengan kafein dan polisakarida.
- b. Dalam media encer, polifenol berikatan dengan kafein (berlangsung sangat spontan) membentuk kompleks hidrofobik (akibat terjadinya ikatan hidrogen dan interaksi nonpolar), yang dikenal dengan “tea cream”. Bila kandungan kafein lebih banyak dibandingkan polifenol, maka interaksi kelebihan kafein dengan ikatan kafein akan menurunkan kelarutan senyawa kompleks ini.
- c. Dalam larutan encer, polifenol dan polisakarida dapat membentuk senyawa kompleks. Ikatan yang terjadi non kovalen. Temperatur dan konsentrasi yang tinggi merupakan faktor penentu hidrofobitas senyawa kompleks kafein-polisakarida. Sifat hidrofobik terjadi saat konsentrasi kafein dan polisakarida mendekati jenuh. Pada konsentrasi rendah, kelarutan molekul kompleks 5-7x lebih besar dibandingkan kafein dan polisakarida sebagai molekul tunggal.

2.8 Baja

2.8.1 Baja secara umum

Baja karbon adalah logam hasil perpaduan antara unsur Fe dan C. Sifat sifat mekanik baja karbon tergantung dari kadar C yang dikandungnya. Baja karbon sebenarnya adalah paduan dari beberapa komponen. Selain unsur Fe dan C, baja karbon juga mengandung unsur-unsur lain seperti Mn, Si, S, P, N, H, yang dapat mempengaruhi sifat-sifatnya. Baja karbon dapat diklasifikasikan menjadi tiga bagian menurut kadar karbon yang dikandungnya, yaitu baja karbon rendah dengan kadar karbon kurang dari 0,25 %, baja karbon sedang mengandung 0,25 – 0,6 % karbon, dan baja karbon tinggi mengandung 0,6 – 1,4 % karbon.

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. Kebanyakan dari 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

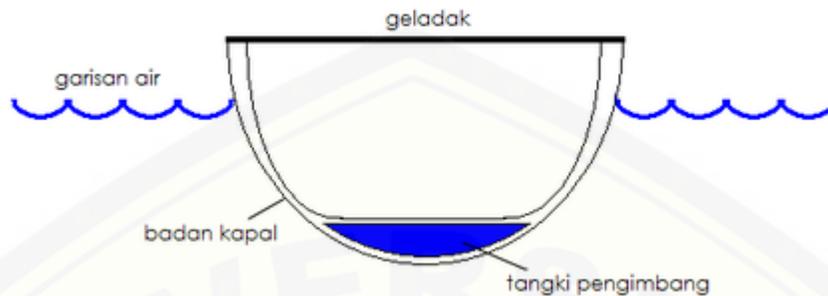
Baja karbon menengah merupakan baja yang mengandung 0,3–0,6% unsur karbon (*medium carbon steel*). Kekuatan lebih tinggi daripada baja karbon rendah. Sifatnya tidak mudah dibentuk dengan mesin, lebih sulit dilakukan pengelasan, dapat dikeraskan (*quenching*) dengan baik. Penggunaan untuk roda gigi dan 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 pemesinan. Penggunaannya seperti pada baja kawat, kabel tarik dan angkat, kikir, pahat, dll.

2.8.2 Baja AISI E 2512

Baja AISI E2512 adalah baja yang digunakan sebagai bahan pembuatan tangki pada sistem *ballast* kapal laut. Dimana sistem *ballast* pada kapal laut merupakan sistem yang digunakan untuk dapat memposisikan kapal dalam keadaan seimbang baik pada saat trim depan maupun belakang, ataupun dalam keadaan oleng. Cara kerja sistem *ballast* secara umum adalah untuk mengisi tangki *ballast* yang berada di *double bottom* dengan air laut yang diambil dari *seachest*. Melalui pompa *ballast*, dan saluran pipa utama dan pipa cabang.

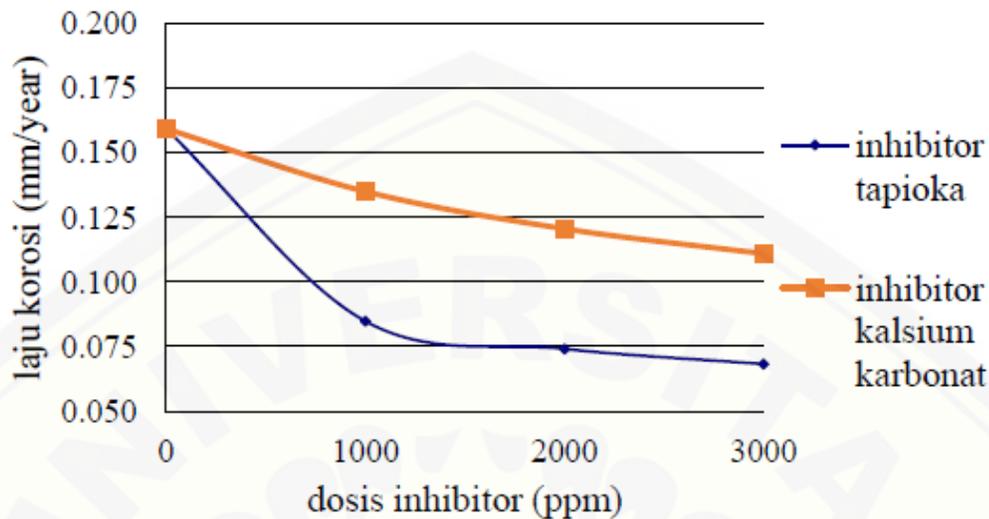


Gambar 2.10 Tangki ballast

Dimana baja AISI E2512 (E = kelas E, 25 = kandungan paduan Ni pada baja nominal 5,00%, 12 = kandungan paduan C pada baja sebesar 0,12%). Mempunyai kekuatan tarik baja *yield strength* (YS) $308 \text{ N/mm}^2 - 327 \text{ N/mm}^2$, *tensile strength* (TS) $438 \text{ N/mm}^2 - 464 \text{ N/mm}^2$ dan elongation 26-29 %. Dan mempunyai komposisi kimia C: 0,14%, Mn: 0,66%, P: 0,026%, S: 0,017, Si: 0,27 dan Ni: 5,25% (Veritas, 2004).

2.8.3. Korosi Pada Baja AISI E 2512

(Aziz dan Zulkifli, 2012) Dalam penelitian pengaruh inhibitor kalsium karbonat dan tapioka terhadap laju korosi pelat baja AISI E2512 pada media air laut dengan konsentrasi 0, 1000, 2000, dan 3000 ppm, dan lama perendaman selama 30 hari. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian pengurangan berat (*Weight Loss*)



Gambar 2.11 Grafik perbandingan laju korosi dengan inhibitor kalsium karbonat dan inhibitor tapioka

Dari gambar grafik 2.11 hasilnya adalah, konsentrasi yang paling optimal pada 3000 ppm. Data tersebut diperoleh baik dari inhibitor kalsium karbonat (0,111 mm/year), dan inhibitor tapioka (0,0682 mm/year).

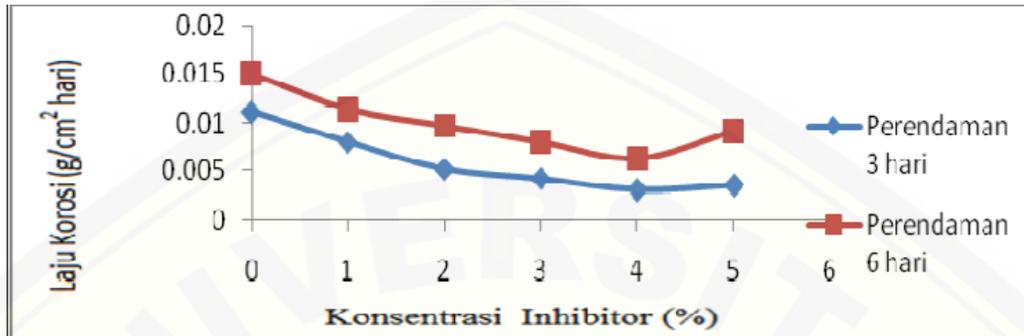
2.9 Ekstrak Daun Teh Sebagai Inhibitor

Beberapa penelitian terdahulu telah menunjukkan bahwa ekstrak daun teh dapat digunakan sebagai inhibitor alami yang dapat menghambat laju korosi pada baja. Berikut ini adalah beberapa penelitian mengenai ekstrak daun teh sebagai inhibitor korosi:

1. Pengaruh konsentrasi inhibitor ekstrak daun teh (*Camelia sinensis*) terhadap laju korosi baja Karbon Schedule 40 Grade B ERW pada media NaCl 3% dengan waktu perendaman 3 dan 6 hari.

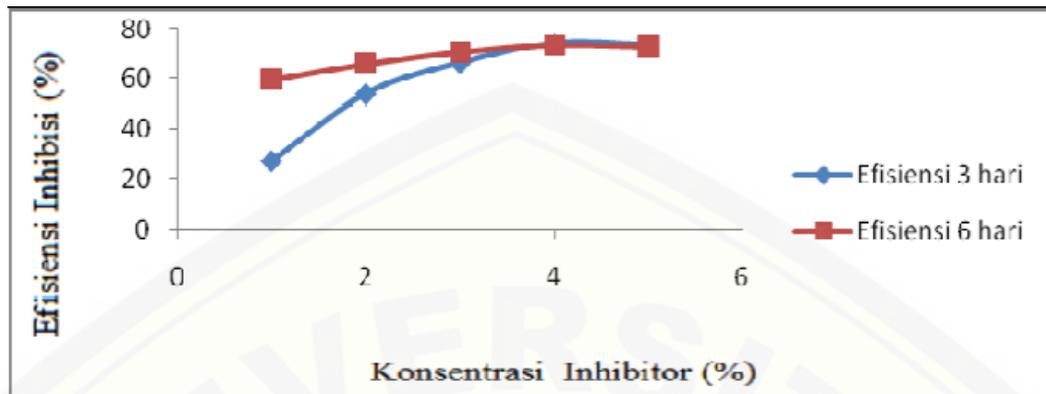
Pada penelitian sebelumnya oleh Ludiana (2012) mengenai pengaruh konsentrasi inhibitor ekstrak daun teh (*Camelia sinensis*) dengan konsentrasi 1%-5% terhadap laju korosi baja karbon *Schedule 40 Grade B ERW* dengan medium korosif

NaCl 3% dan waktu perendaman selama 3 hari dan 6 hari. Perhitungan laju korosi dilakukan dengan metode kehilangan berat (*Weight Loss*).



Gambar 2.12 Grafik pengaruh konsentrasi inhibitor terhadap laju korosi baja karbon Schedule 40 Grade B ERW menggunakan inhibitor ekstrak daun teh dalam larutan NaCl 3% dengan waktu perendaman 3 dan 6 hari

Dari Gambar 2.12 pada perendaman 3 hari dapat dilihat bahwa pada konsentrasi 0 %, nilai laju korosinya besar, setelah pemberian inhibitor dengan berbagai konsentrasi, grafiknya semakin menurun sampai pada konsentrasi 4 %, ini karena lapisan yang terbentuk sudah sempurna yang ditandai dengan tertutupnya seluruh permukaan sampel baja, sedangkan pada konsentrasi larutan inhibitor 5 % laju korosinya sudah mulai naik lagi, ini disebabkan karena garam (NaCl) merupakan zat yang membentuk ikatan logam dengan ion sehingga dapat mengurangi kekuatan ikatan antara atom-atom logam. Melemahnya ikatan-ikatan logam disebabkan oleh tereduksinya ion hidrogen dalam larutan, sehingga molekul hidrogen yang terbentuk diabsorpsi oleh logam, sehingga mengakibatkan laju korosi naik. Begitu juga pada perendaman selama 6 hari, pada berbagai variasi konsentrasi larutan inhibitor yang diberikan terlihat adanya indikasi pengurangan laju korosi sebelum dan setelah dilapisi larutan inhibitor. Laju korosi pada perendaman 6 hari lebih besar dari pada perendaman 3 hari, ini karena semakin lama perendaman, semakin besar juga ion yang teroksidasi, sehingga mengakibatkan laju korosinya besar.

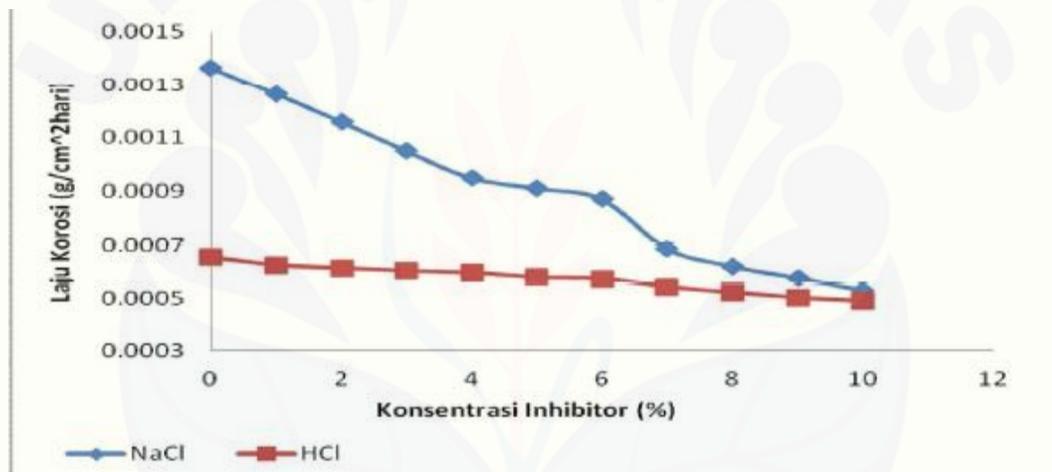


Gambar 2.13 Grafik konsentrasi inhibitor terhadap efisiensi inhibisi pada medium korosif larutan NaCl 3% untuk lama perendaman 3 dan 6 hari

Gambar 2.13 dapat dilihat pada perendaman 3 hari bahwa nilai efisiensi inhibisi semakin besar dengan bertambahnya konsentrasi yang diberikan, ini disebabkan karena pengaruh dari konsentrasi larutan inhibitor yang diberikan, semakin besar konsentrasi yang diberikan, maka akan semakin besar juga nilai efisiensi inhibisinya. Nilai efisiensi inhibisi yang paling besar terdapat pada konsentrasi inhibitor 4 % dengan nilai 74,32 % karena pada konsentrasi ini lapisan yang terbentuk sudah sempurna yang ditandai dengan tertutupnya seluruh permukaan sampel baja. Pada konsentrasi 5 % nilai efisiensi inhibisi mulai turun, pada konsentrasi ini, inhibitor sudah tidak dapat lagi berfungsi dengan baik untuk melapisi permukaan baja dengan sempurna, sehingga laju korosinya tidak semakin kecil. Pada perendaman selama 6 hari dengan medium korosif (NaCl), didapatkan bahwa nilai efisiensi inhibisi yang paling besar juga terdapat pada konsentrasi inhibitor 4 % dengan nilai 73,58 % karena pada konsentrasi ini lapisan yang terbentuk sudah sempurna yang ditandai dengan tertutupnya seluruh permukaan sampel baja. Pada konsentrasi 5 % nilai efisiensi inhibisi sudah mulai turun, pada konsentrasi ini, Inhibitor sudah tidak dapat lagi berfungsi dengan baik untuk melapisi permukaan baja dengan sempurna, sehingga laju korosinya tidak semakin kecil.

2. Pengendalian laju korosi baja st 37 pada media asam klorida 3% dan natrium klorida 3% menggunakan inhibitor ekstrak daun teh variasi inhibitor 1-10% dan lama perendaman 4 hari.

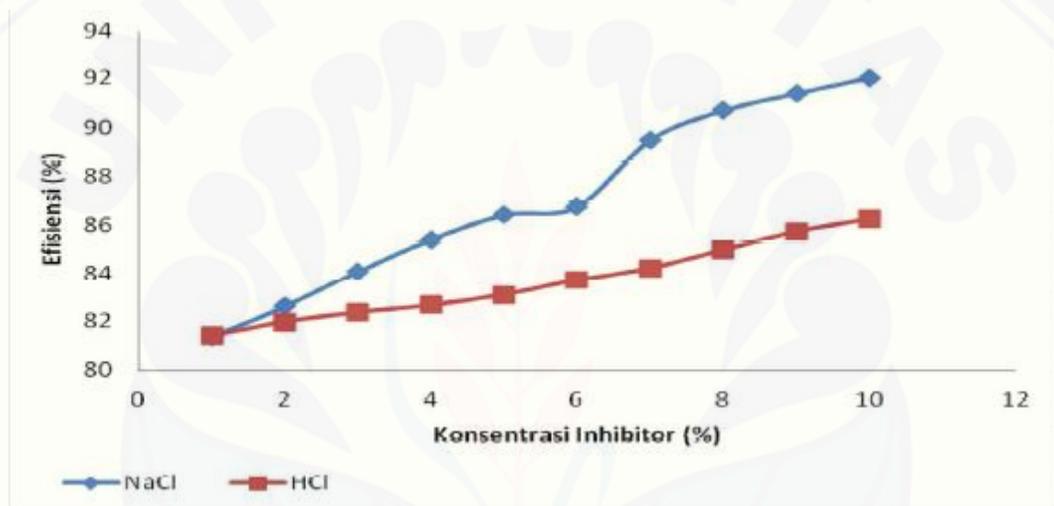
Peneliti selanjutnya oleh Desi (2013) mengenai pengendalian laju korosi baja St-37 dalam medium asam klorida dan natrium klorida menggunakan inhibitor ekstrak daun teh (*Camelia sinensis*) dengan metode metode potensiodynamik untuk melihat nilai arus korosi, dan metode kehilangan berat untk melihat nilai laju korosi. Medium korosif yang digunakan adalah HCl 3 % dan NaCl 3 %. Variasi konsentrasi inhibitor yang digunakan adalah dari 1 % hingga 10 % dengan lama perendaman selama empat hari. Metode yang digunakan adalah metode kehilangan berat.



Gambar 2.14 Grafik pengaruh konsentrasi inhibitor terhadap laju korosi baja St-37 dalam larutan HCl 3% dan NaCl 3% dengan dan tanpa penambahan inhibitor ekstrak daun teh pada perendaman selama empat hari.

Dari Gambar 2.14 dilihat bahwa pada konsentrasi tanpa penambahan ekstrak 0% atau diistilahkan dengan blanko, nilai laju korosinya besar, setelah pemberian inhibitor dengan kenaikan konsentrasi yang diberikan, grafik menunjukkan penurunan nilai laju korosi dari pemberian konsentrasi inhibitor 1% sampai dengan 10%. Hal ini terjadi karena inhibitor berperan sebagai penghambat laju korosi. Semakin besar nilai konsentrasi inhibitor yang diberikan, maka nilai laju korosi juga akan semakin menurun. Adanya penurunan nilai laju korosi terhadap variasi inhibitor

yang diberikan, menunjukkan bahwa ekstrak daun teh baik digunakan sebagai inhibitor. Dalam hal ini inhibitor berperan sebagai penghambat dikarenakan tanin yang terkandung dalam ekstrak daun teh berikatan dengan besi sehingga terbentuk proteksi yang melindungi baja dari korosi (Hermawan, 2007). Dengan bertambahnya konsentrasi tanin akan menggeser nilai laju korosi ke arah yang lebih rendah, dengan kata lain tannin berperan sebagai inhibitor anodik, dimana proses inhibisi korosi berlangsung dengan cara menekan reaksi oksidasi baja sehingga transfer elektron dapat terhambat (Trethewey, 1991).

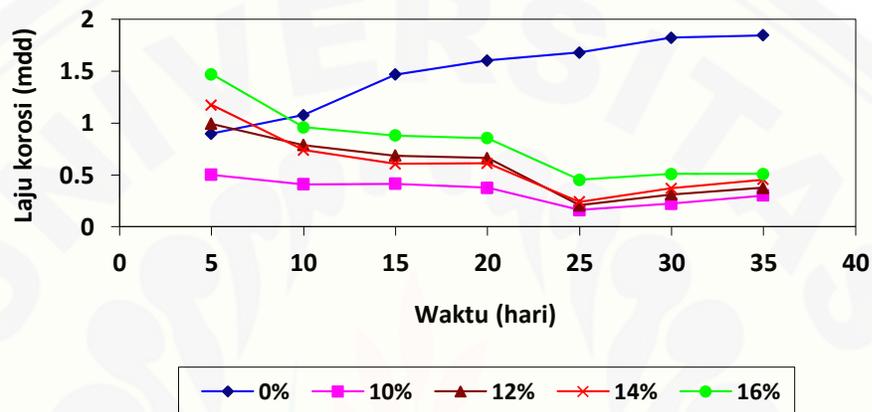


Gambar 2.15 Grafik pengaruh konsentrasi inhibitor terhadap efisiensi inhibisi korosi baja St-37 dalam medium korosif HCl 3% dan NaCl 3% pada perendaman selama empat hari.

Dari Gambar 2.15 dapat dilihat bahwa nilai efisiensi inhibisi ekstrak daun teh terhadap korosi baja St-37 cenderung naik dengan bertambahnya konsentrasi yang diberikan dimana semakin besar konsentrasi inhibitor yang diberikan, akan semakin besar pula nilai efisiensi inhibisi yang dihasilkan. Pada grafik dapat terlihat bahwa efisiensi inhibisi tertinggi terdapat pada medium korosif natrium klorida (NaCl) mencapai 92%, sedangkan pada medium korosif asam klorida (HCl) dapat mencapai 86,3%.

3. Pengaruh konsentrasi inhibitor ekstrak daun teh terhadap laju korosi baja karbon A53 pada media air laut.

Peneliti berikutnya, Ega (2014) mengenai pengaruh konsentrasi ekstrak daun teh terhadap laju korosi baja karbon A53 dalam media air laut Variasi konsentrasi inhibitor yang digunakan adalah dari 0%, 10%, 12%, 14%, 16% dengan lama perendaman 35 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi inhibitor 10% adalah yang paling efektif dalam menurunkan laju korosi.



Gambar 2.16 Grafik Pengaruh variasi konsentrasi inhibitor ekstrak daun teh terhadap laju korosi

Dari gambar 2.16 Proteksi inhibitor yang terbaik adalah pada konsentrasi ekstrak daun teh sebesar 10%, dapat dilihat dari waktu awal perendaman spesimen yaitu pada 5 hari sampai dengan akhir perendaman spesimen yaitu 35 hari laju korosi yang terjadi memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan pada konsentrasi 0%, 12%, 14%, dan 16%. Hal ini disebabkan karena dosis yang tepat terhadap perlindungan larutan inhibitor pada laju korosi.

Peningkatan laju korosi pada konsentrasi yang lebih tinggi ini membuktikan bahwa inhibitor dapat digunakan secara efektif apabila dimasukkan dalam dosis yang tepat. Hal ini menunjukkan bahwa pada konsentrasi 12%, 14% dan 16% inhibitor ekstrak daun teh tidak dapat memproteksi pipa baja karbon A53 dengan optimal karena jumlah ekstrak daun teh yang bertambah pekat.

2.10 Hipotesis

Hipotesis awal dari penelitian ini adalah pemberian variasi konsentrasi inhibitor ekstrak daun teh berpengaruh terhadap laju korosi baja AISI E2512. Jumlah konsentrasi ekstrak daun teh sebagai inhibitor pada larutan korosif berpengaruh terhadap laju korosi dan waktu perendaman spesimen pada ekstrak daun teh juga akan mempengaruhi tingkat efisiensi inhibitor pada baja AISI E2512.



BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental. Metode eksperimental adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji pengaruh dari suatu perlakuan yang dilakukan pada objek yang diteliti dengan membandingkannya dengan tanpa adanya perlakuan. Metode eksperimental yang dilakukan adalah dengan menambahkan inhibitor ekstrak daun teh dengan berbagai konsentrasi pada spesimen uji yaitu baja AISI E2512 yang direndam dalam lautan korosif berupa air laut.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dimulai pada bulan Maret 2015 sampai dengan April 2015 yang dilakukan di Laboratorium Kemasan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember dan Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

1. Timbangan dengan ketelitian 0,0001 mg, Excellent Scale
2. Gelas ukur 100 ml
3. Jangka Sorong
4. *Rotary evaporator*
5. Mikroskop Panasonic f10 ccd
6. Mesin grinding
7. Kertas gosok grade 400, 600, 800, 1000, 1200, dan 1500
8. Gergaji potong
9. Mesin blender
10. Oven
11. Kamera

12. Wadah medium korosif berbentuk balok dari kaca (50 mm x 200 mm x 150 mm) sebanyak 4 buah.
13. Sikat kecil

3.3.2 Bahan

1. Spesimen uji baja AISI E 2512 (dimensi: 10 mm x 10 mm x 5 mm)

Dimana baja AISI E 2512 (E = kelas/perlakuan dalam pembuatan baja karbon, 2 = kandungan paduan Ni pada baja karbon, 5 = besar prosentase kandungan nikel nominal 5,00%, 12 = kandungan paduan C pada baja sebesar 0,12%). Mempunyai kekuatan tarik plat baja *yield strength* (YS) 308 N/mm² - 327 N/mm², *tensile strength* (TS) 438 N/mm² – 464 N/mm² dan elongation 26-29 %. Dan mempunyai komposisi kimia C: 0,14%, Mn: 0,66%, P: 0,026%, S: 0,017, Si: 0,27 dan Ni: 5,25% (Veritas, 2004).

2. Daun Teh
3. Kertas ampelas grade 400, 600, 800, 1000, 1200, dan 1500
4. Aseton (C₃H₆O)
5. Etanol
6. Kertas saring
7. Aquades
8. Air laut
9. HCl
10. HNO₃
11. Tisu

3.4 Prosedur Penelitian

Adapun langkah-langkah penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan alat dan bahan
2. Membuat dan membentuk spesimen uji baja AISI E2512 hingga sesuai dengan dimensi yang diinginkan sejumlah 160 buah spesimen
3. Membersihkan spesimen uji dari kotoran-kotoran yang menempel.

4. Memberi nomor setiap spesimen menggunakan stamping, kemudian tiap spesimen ditimbang sebelum perendaman.
5. Membuat ekstrak daun teh melalui proses maserasi dengan konsentrasi 0, 9, 10, 11%
6. Menimbang berat spesimen yang siap direndam ke dalam medium korosif.
7. Melakukan perendaman spesimen pada masing-masing konsentrasi dan mengujinya pada masing-masing waktu perendaman yang telah ditentukan (10, 20, 30 dan 40 hari).
8. Melakukan pengamatan dan perekaman proses terjadinya korosi pada salah satu sample, yaitu pada medium yang diberi inhibitor sebesar variasi 0, 9, 10, 11% pada masing-masing waktu perendaman.
9. Mengukur berat spesimen uji setelah perendaman dan pembersihan dan menghitung laju korosinya (mdd) dan efisiensi inhibitor.
10. Melakukan pengamatan makroskopik dan struktur mikro logam menggunakan mikroskop optik.
11. Analisis data dan kesimpulan.

3.5 Pelaksanaan Penelitian

3.5.1 Persiapan Alat

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

3.5.2 Persiapan dan Pembuatan Spesimen Uji

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah pelat baja AISI E2512. Persiapan material dilakukan dengan membersihkan material dari kotoran atau minyak yang ada ataupun yang melekat. Kemudian material diberi tanda ukuran sesuai dengan panjang benda uji yang akan dibuat.

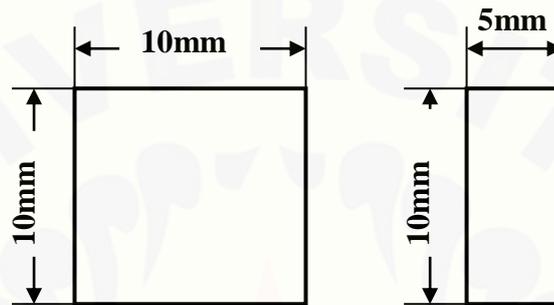
Setelah semua persiapan terhadap material selesai kemudian dilakukan pembuatan spesimen uji sesuai dengan standart ASTM G31 – 72 (*Standart Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metal*).

Dengan spesimen sebagai berikut:

Panjang = 10 mm

Lebar = 10 mm

Tinggi = 5 mm



Gambar 3.1 Penampang Spesimen Uji

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

3.5.3 Pembuatan Ekstrak Daun Teh

Pemilihan inhibitor dari ekstrak daun teh ini adalah karena 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.

Proses pembuatan ekstrak yaitu dengan cara maserasi. Maserasi adalah salah satu jenis metoda ekstraksi dengan sistem tanpa pemanasan atau dikenal dengan istilah ekstraksi dingin, jadi pada metoda ini pelarut dan sampel tidak

mengalami pemanasan. Adapun langkah-langkah proses ekstraksi daun teh menggunakan metode maserasi adalah sebagai berikut:

1. Mengering anginkan 3kg daun teh dalam suhu kamar selama 7 hari.
2. Daun teh yang telah dikeringkan dihaluskan menggunakan blender.
3. Daun teh kering kemudian diekstrak dengan metode maserasi menggunakan pelarut etanol dan aquades. Larutan ini dibuat dengan melarutkan 350 mg daun teh kering dicampur dengan 2,625 L etanol 70%.
4. Selanjutnya dimasukkan ke dalam wadah pada suhu 50°C dalam waktu 3hari.
5. Hasil perendaman selanjutnya disaring menggunakan kertas saring hingga didapat filtrat.
6. Filtrat yang didapat selanjutnya diuapkan dengan menggunakan alat penguap putar vakum (*rotary evaporator*) dengan kecepatan 200 rpm pada suhu 60°C sehingga menghasilkan ekstrak pekat yang nantinya akan di larutkan dalam medium korosif dengan variasi 0%, 9%, 10%, 11%

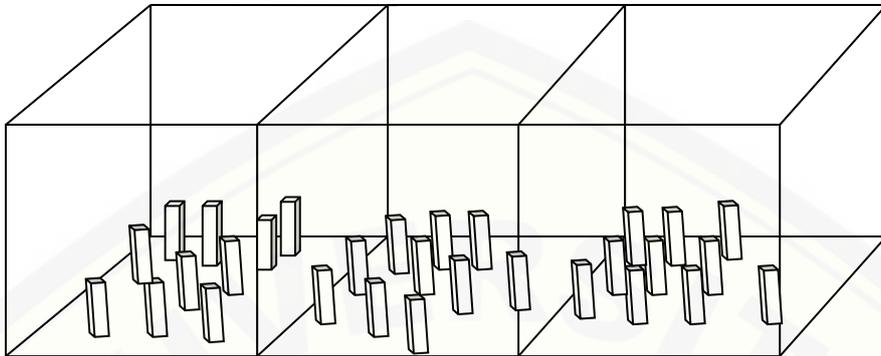
Tabel 3.1 Komposisi Inhibitor berbagai Variasi

No	Volume Larutan Inhibitor Daun Teh (ml)	Volume Larutan Korosif (ml)	Volume Larutan Inhibitor (%)
1	0	500	0
2	45	455	9
3	50	450	10
4	55	445	11

3.5.4 Pengkorosian Material

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

dengan media pelarut, pengujian setiap konsentrasi dibutuhkan 10 spesimen uji pada setiap pengamatan yang dilakukan.



Gambar 3.2 Skema peletakan material saat pengujian

3.5.5 Pengambilan dan Pembersihan Material

Pengambilan spesimen dilakukan 10 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 hcl yang dicampur dengan aquades. metode ini dipilih dengan harapan kehilangan berat akibat pembersihan akan lebih kecil apabila dibandingkan dengan metode lainnya.

3.5.6 Pengamatan Struktur Makro

Pengamatan struktur makro dilakukan setiap 10 hari sekali selama 40 hari pada setiap variasi konsentrasi ekstrak daun teh dan sampel yang diamati diambil secara acak. Pengamatan makro diamati berdasarkan hasil foto menggunakan kamera digital pada setiap variasi ekstrak daun teh yang diambil secara acak.

3.5.7 Pengamatan Struktur Mikro

Setelah proses pengambilan dan perhitungan dilakukan, selanjutnya adalah melakukan pengamatan metallography melalui beberapa proses penghalusan

permukaan logam, setelah permukaan halus kurang lebih seperti cermin kemudian selanjutnya dilakukan fotomikro.

Spesimen yang difoto mikro adalah baja AISI E2512 yang belum mendapatkan proses apapun dan yang telah direndam dalam larutan medium korosif dan penambahan inhibitor ekstrak daun teh dalam berbagai variasi konsentrasi dan waktu perendaman.

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

a. Proses Grinding

Penggosokan dilakukan secara bertahap menggunakan mesin grinding. Tahap awal yaitu menghilangkan goresan – goresan yang agak kasar hingga merata dan halus (bekas goresan harus sejajar). Pada tahap ini penggosokan dilakukan dengan kertas gosok (amplas) mulai dari grid 400 dan dilanjutkan 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 kedalam larutan kimia. Larutan yang digunakan dalam penelitian ini adalah HNO_3 dan etanol 97% selama 55 detik lalu dimasukkan kedalam air bersih kemudian spesimen tersebut dibersihkan dengan tisu kering, setelah itu dikeringkan dengan *hairdriyer*. Hal ini bertujuan untuk memperjelas gambar struktur mikro pada mikroskop dan untuk melengkapi analisis yang dilakukan.

d. Pengambilan Foto Mikro

Pemeriksaan foto mikro bertujuan untuk mengetahui struktur mikro yang diperoleh dari hasil proses pengkorosian pada baja AISI E2512. 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

Analisis dengan Metode Gravimetri

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

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

Dimana :

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

W = berat yang hilang, (g)

A = luas, (cm^2)

T = waktu, (jam)

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

Keterangan: 2400000 merupakan nilai besaran konstanta (ASTM G1-72, 1994)

Daya Inhibisi dihitung berdasarkan rumus empiris di bawah ini:

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

Dimana :

E = Daya Inhibisi (%)

R_o = Laju korosi tanpa adanya inhibitor (mdd)

R_i = Laju korosi dengan adanya inhibitor (mdd)

(Sumber : Widharto, 1999)

Data yang dihasilkan adalah menghitung masa benda uji sebelum dan setelah perendaman untuk dibandingkan. Konversi satunya adalah massa perluasan terhadap waktu perendaman (mdd) pada baja AISI E2512. Kemudian dianalisis jenis korosinya dengan melihat proses terjadinya korosi pada saat perendaman dan didapat data. Sehingga dari sini data dibahas dan disimpulkan hasilnya.

3.7 Variabel Penelitian

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

3.7.1 Variabel bebas

Variabel bebas yaitu variabel yang bebas ditentukan oleh peneliti sebelum melakukan penelitian. Variabel bebas pada percobaan ini adalah variasi konsentrasi inhibitor, dari 0, 9, 10, 11% dan juga waktu perendaman, dari 10, 20, 30, dan 40 hari.

3.7.2 Variabel Terikat

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

3.8 Metode Pengujian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimental dengan pendekatan kuantitatif. Uji statistik yang dilakukan dalam penelitian ini adalah eksperimen faktorial. Dimana eksperimen faktorial ini digunakan apabila terdapat lebih dari satu faktor yang mempengaruhi sesuatu yang diamati. Dalam penelitian ini faktor yang mempengaruhi laju korosi adalah waktu dan konsentrasi. Analisis ini dilakukan untuk menyelidiki apakah terdapat perbedaan yang berarti mengenai efek waktu dan konsentrasi terhadap laju korosi (Sastrosupadi, 2000).

Bentuk eksperimen faktorial dari data hasil percobaan Y_{ijk} dapat dinyatakan dengan model matematis (Kismiantini, 2011):

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ijk} + \varepsilon_{ijk} \quad \text{dengan } i = 1, 2, \dots 4$$

$$J = 1, 2, \dots 4$$

$$K = 1, 2, \dots 10$$

Dimana :

- Y_{ijk} : Pengamatan pada faktor A taraf ke-i, faktor B taraf ke-j dan ulangan ke-k
- μ : Rataan umum
- α_i : Pengaruh utama faktor A taraf ke-i
- β_j : Pengaruh utama faktor B taraf ke-j
- $(\alpha\beta)_{ijk}$: Pengaruh interaksi dari faktor A taraf ke-i dan faktor B taraf ke-j
- ε_{ijk} : Pengaruh acak pada faktor A taraf ke-i, faktor B taraf ke-j & ulangan ke-k

3.8.1 Penyajian Data Eksperimen Faktorial

Penelitian yang akan dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi inhibitor ekstrak daun teh dengan konsentrasi 0, 9, 10, 11% dengan variasi waktu pengamatan 10, 20, 30, dan 40 hari, rancangan yang digunakan adalah percobaan faktorial 10 kali ulangan (n) untuk menyajikan data sampel dapat kita buat tabel percobaan faktorial dua faktor yang terdapat pada tabel 3.2 dibawah ini.

Tabel 3.2 Data sampel untuk Percobaan Faktorial Dua Faktor

Faktor A (Konsentrasi)	r	Faktor B (Hari)				Total
		10 hari	20 hari	30 hari	40 hari	
0%	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					

Faktor A (Konsentrasi)	r	Faktor B (Hari)				Total
		10 hari	20 hari	30 hari	40 hari	
	10					
Sub Total						
9%	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
Sub Total						
10%	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
Sub Total						
11%	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					

Faktor A (Konsentrasi)	r	Faktor B (Hari)				Total
		10 hari	20 hari	30 hari	40 hari	
	8					
	9					
	10					
Sub Total						

3.8.2 Percobaan Faktorial dengan Metode Rancangan Acak Lengkap

Percobaan Faktorial menggunakan rancangan dasar Rancangan Acak Lengkap dimana peneliti ingin mengetahui pengaruh pemberian ekstrak daun teh dan pengaruh lama waktu perendaman terhadap kecepatan laju korosi diberikan perlakuan yang sama (homogen) untuk seluruh spesimen uji dan kombinasi perlakuan ditempatkan secara acak dan bebas pada percobaan, dapat dibuat tabel hasil pengamatan dengan pola Acak yang disajikan dalam tabel 3.3 yaitu tabel Ansira atau Anova sebagai berikut.

Tabel 3.3 Tabel Anova

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F Hitung	F Tabel
					5%
Perlakuan	Ab-1	$\frac{\sum (\sum y_j)^2 - FK}{R}$	JKP/dbp	KTP/KTG	
A	a-1	$\frac{\sum (\sum y_i)^2 - FK}{Rb}$	JKA/dba	KTA/KTG	
B	b-1	$\frac{\sum (\sum y_j)^2 - FK}{Ra}$	JKB/dbb	KTB/KTG	
AB	(a-1)(b-1)	JKP-JKA-JKB	JKAB/dbab	KTAB/KTG	
Galat	Ab(r-1)	JKT-JKP	JKG/dbg		
Total	(abr-1)	$\sum (y_{ijk})^2 - FK$			

Ket :

A = Perlakuan faktorial a

B = Perlakuan faktorial b

r = Jumlah ulangan

FK = $\frac{(\sum Y_{ij})^2}{a \times b \times r}$

JKT = $\sum (y_{ijk})^2 - FK$

JKP = $\frac{\sum (\sum y_j)^2}{r} - FK$

JKG = JKT - JKP

JK faktor A = $\frac{\sum (\sum Y_i)^2}{R_{xb}} - FK$

JK faktor B = $\frac{\sum (\sum Y_j)^2}{R_{xa}} - FK$

JK faktor AB = JKP - JKA - JKB

KTP = JKP/dbp

KTA = JKA/dba

KTB = JKB/dbb

KTAB = JKAB/dbab

KTG = JKG/dbg

DBP = ab-1

DBA = a-1

DBB = b-1

DBAB = (a-1)(b-1)

DBG = ab(r-1)

DBT = (abr-1)

3.8.3 Uji Hipotesis

Hipotesis adalah suatu pernyataan yang masih lemah kebenarannya dan perlu dibuktikan atau dugaan yang sifatnya masih sementara. Pengujian hipotesis akan menghasilkan keputusan menerima atau menolak hipotesis. Penolakan suatu hipotesis bukan berarti disimpulkan bahwa hipotesis salah, dimana bukti yang tidak konsisten dengan hipotesis. Penerimaan hipotesis sebagai akibat tidak cukupnya bukti untuk menolak dan tidak berimplikasi bahwa hipotesis itu benar. Pada penelitian ini ditetapkan nilai taraf signifikan α sebesar 5% atau 0,05 dengan artian ada kemungkinan satu diantara seratus keputusan penolakan hipotesis nol adalah keputusan yang keliru (Sudaryono, 2012).

Model acak untuk membuktikan hipotesis bahwa:

Hipotesis pengaruh utama faktor A

$H_0 : \sigma_a^2 = 0$ (Keragaman faktor A tidak berpengaruh terhadap respon yang diamati)

$H_1 : \sigma_a^2 > 0$ (Keragaman faktor A berpengaruh terhadap respon yang diamati)

Hipotesis pengaruh utama faktor B

$H_0 : \sigma_b^2 = 0$ (Keragaman faktor B tidak berpengaruh terhadap respon yang diamati)

$H_1 : \sigma_b^2 > 0$ (Keragaman faktor B berpengaruh terhadap respon yang diamati)

Hipotesis pengaruh interaksi

$H_0 : \sigma_{\alpha\beta}^2 = 0$ (Keragaman faktor A dan B tidak berpengaruh terhadap respon yang diamati)

$H_1 : \sigma_{\alpha\beta}^2 > 0$ (Keragaman faktor A dan B berpengaruh terhadap respon yang diamati)

Uji F dilakukan untuk membandingkan besaran pengaruh perlakuan (KTP) atau pengaruh kontrol lokal (pengelompokan) dengan efek kondisi (galat) (KTG).

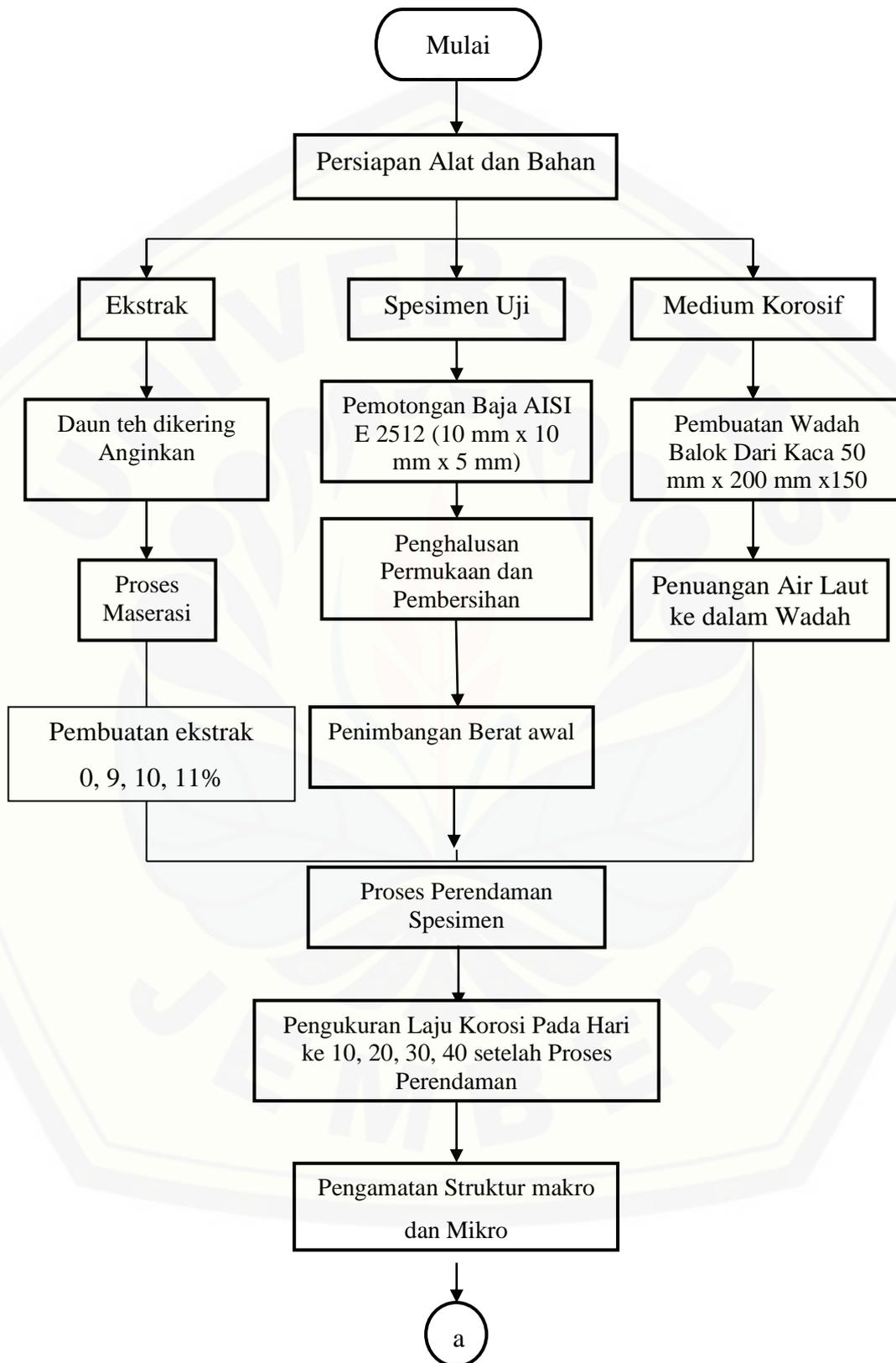
Kriteria keputusan :

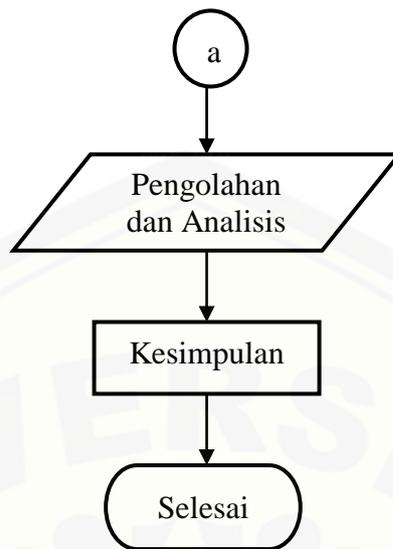
H_0 ditolak jika $F_{hit} > F_{\alpha}(a-1, a(r-1))$

Kriteria Pengambilan keputusan :

1. Jika F hitung $< F$ tabel 5%, maka hasil penelitian menunjukkan bahwa inhibitor dan lama perendaman tidak berpengaruh terhadap laju korosi atau dengan kata lain terima H_0 dan tolak H_1
2. Jika F hitung $> F$ tabel 5%, maka hasil penelitian menunjukkan bahwa inhibitor dan lama perendaman berpengaruh terhadap laju korosi atau dengan kata lain tolak H_0 dan terima H_1

3.9 Diagram Alir Proses





Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Setelah dilakukan penelitian setiap 10 hari sekali hingga 40 hari dengan variabel yang berbeda-beda didapat data pengurangan berat (*Weight Lose*) dan laju korosi disajikan pada tabel berikut :

4.1. Tabel Hasil Penelitian pada Konsentrasi 0%

Waktu(Hari)	Berat awal	Berat akhir	Selisih	Waktu (T)	D	A	Laju Korosi
10	5.7045	5.6847	0.0198	240	7.86	4.3	5.858334813
	5.2430	5.2230	0.0200	240	7.86	4.3	5.917509912
	4.3373	4.3176	0.0197	240	7.86	4	6.265903308
	6.6590	6.6392	0.0198	240	7.86	5.62	4.482355818
	6.1784	6.1585	0.0199	240	7.86	4.94	5.125114607
	4.3913	4.3718	0.0195	240	7.86	4	6.202290076
	4.1398	4.1197	0.0201	240	7.86	4	6.393129771
	3.4250	3.405	0.0200	240	7.86	2.88	8.835171049
	4.5359	4.5161	0.0198	240	7.86	4.26	5.913342651
	3.9712	3.9515	0.0197	240	7.86	4	6.265903308
Rata-rata							6.1259
20	5.2227	5.1812	0.0415	480	7.86	4.3	6.139416534
	4.3102	4.2686	0.0416	480	7.86	4	6.615776081
	4.9322	4.8908	0.0414	480	7.86	4.26	6.182130954
	4.4584	4.4171	0.0413	480	7.86	4	6.568066158
	4.0573	4.0159	0.0414	480	7.86	4	6.583969466
	3.7695	3.7283	0.0412	480	7.86	3.7	7.083419297
	6.0745	6.0335	0.0410	480	7.86	4.94	5.279640675

Lanjutan

Waktu(Hari)	Berat awal	Berat akhir	Selisih	Waktu (T)	D	A	Laju Korosi
	4.8300	4.7891	0.0409	480	7.86	4.3	6.050653885
	4.2889	4.2477	0.0412	480	7.86	4	6.55216285
	4.9422	4.9007	0.0415	480	7.86	4.3	6.139416534
Rata-rata							6.3194
30	4.1220	4.0600	0.0620	720	7.86	4	6.57336726
	4.6820	4.6209	0.0611	720	7.86	4.62	5.608612479
	3.7630	3.7015	0.0615	720	7.86	3.98	6.553121843
	4.5950	4.5337	0.0613	720	7.86	4.26	6.102489975
	3.8642	3.8027	0.0615	720	7.86	3.42	7.626147642
	5.4956	5.4339	0.0617	720	7.86	4.94	5.296810239
	4.3577	4.2961	0.0616	720	7.86	4	6.530958439
	3.3684	3.3070	0.0614	720	7.86	3.14	8.292680292
	4.4616	4.4000	0.0616	720	7.86	4	6.530958439
	4.4394	4.3785	0.0609	720	7.86	4	6.456743003
Rata-rata							6.5571
40	4.6368	4.5527	0.0841	960	7.86	4.26	6.279193396
	5.5793	5.4942	0.0851	960	7.86	4.9	5.523965311
	3.7250	3.6404	0.0846	960	7.86	3.7	7.272539715
	4.2500	4.1652	0.0848	960	7.86	4	6.743002545
	5.4496	5.3654	0.0842	960	7.86	4.3	6.228179182
	4.0107	3.9255	0.0852	960	7.86	4	6.77480916
	4.0919	4.0075	0.0844	960	7.86	4	6.711195929
	4.3823	4.2982	0.0841	960	7.86	4	6.687340967
	3.2892	3.2047	0.0845	960	7.86	2.88	9.33214942
	5.0360	4.9517	0.0843	960	7.86	4.3	6.23557607
Rata-rata							6.7787

4.2. Tabel Hasil Penelitian pada Konsentrasi 9%

Waktu(Hari)	Berat awal	Berat akhir	Selisih	Waktu (T)	D	A	Laju Korosi
10	3.9920	3.9709	0.0211	240	7.86	3.7	7.25534695
	4.9999	4.9799	0.0200	240	7.86	4.3	5.917509912
	5.8227	5.8014	0.0213	240	7.86	4.94	5.485675433
	5.0521	5.0306	0.0215	240	7.86	4.26	6.421053889
	3.8127	3.7916	0.0211	240	7.86	3.92	6.848159111
	4.9121	4.8912	0.0209	240	7.86	4.3	6.183797858
	5.5990	5.5778	0.0212	240	7.86	4.3	6.272560507
	4.2479	4.2265	0.0214	240	7.86	4	6.806615776
	5.3100	5.2877	0.0223	240	7.86	4.3	6.598023552
	5.4660	5.4440	0.0220	240	7.86	4.3	6.509260903
Rata-rata							6.4298
20	5.3058	5.2828	0.0230	480	7.86	4.3	3.402568199
	4.5423	4.5198	0.0225	480	7.86	4.26	3.359853779
	5.2285	5.2065	0.0220	480	7.86	4.3	3.254630452
	4.9559	4.9341	0.0218	480	7.86	4.3	3.225042902
	4.7385	4.7164	0.0221	480	7.86	4.3	3.269424226
	5.3041	5.2818	0.0223	480	7.86	4.3	3.299011776
	3.8283	3.8054	0.0229	480	7.86	3.92	3.716181129
	5.7402	5.7171	0.0231	480	7.86	4.94	2.97462682
	4.8589	4.8362	0.0227	480	7.86	4.26	3.389719146
	4.8126	4.7910	0.0216	480	7.86	4.26	3.225459628
Rata-rata							3.3116
30	4.2630	4.2420	0.0210	720	7.86	4	2.226463104
	4.5612	4.5597	0.0015	720	7.86	4.3	0.147937748
	4.9607	4.9397	0.0210	720	7.86	4.9	1.817520901
	4.8505	4.8294	0.0211	720	7.86	4.6	1.945274182
	5.3144	5.2927	0.0217	720	7.86	4.9	1.878104932
	4.0575	4.0368	0.0207	720	7.86	4	2.194656489

Lanjutan

Waktu(Hari)	Berat awal	Berat akhir	Selisih	Waktu (T)	D	A	Laju Korosi
	4.8005	4.7800	0.0205	720	7.86	4.6	1.889958329
	4.1486	4.1273	0.0213	720	7.86	4	2.25826972
	3.5820	3.5703	0.0117	720	7.86	3.14	1.580201293
	4.0636	4.0425	0.0211	720	7.86	4	2.23706531
Rata-rata							1.8175
40	5.3300	5.3049	0.0251	960	7.86	4.3	1.856618735
	6.3300	6.3039	0.0261	960	7.86	5.26	1.578237019
	5.3350	5.3095	0.0255	960	7.86	4.3	1.886206284
	4.2311	4.2058	0.0253	960	7.86	4.18	1.925137271
	3.9253	3.8990	0.0263	960	7.86	3.58	2.336631271
	5.8134	5.7877	0.0257	960	7.86	4.9	1.668224542
	3.8962	3.8703	0.0259	960	7.86	3.58	2.301093153
	6.4035	6.3777	0.0258	960	7.86	5.26	1.560096363
	4.4135	4.3885	0.0250	960	7.86	4.26	1.866585433
	4.0943	4.0683	0.0260	960	7.86	4	2.067430025
Rata-rata							1.9046

4.3. Tabel Hasil Penelitian pada Konsentrasi 10%

Waktu(Hari)	Berat awal	Berat akhir	Selisih	Waktu (T)	D	A	Laju Korosi
10	4.7274	4.7116	0.0158	240	7.86	4.54	4.427705104
	4.0436	4.0285	0.0151	240	7.86	4	4.802798982
	5.7738	5.7592	0.0146	240	7.86	4.94	3.760134335
	4.6200	4.6047	0.0153	240	7.86	4.26	4.56940114
	6.2759	6.2611	0.0148	240	7.86	4.94	3.811643024
	6.2883	6.2728	0.0155	240	7.86	4.94	3.991923437
	4.1601	4.1449	0.0152	240	7.86	4	4.834605598
	4.3422	4.3271	0.0151	240	7.86	4	4.802798982
	5.4308	5.4156	0.0152	240	7.86	4.64	4.167763447

Lanjutan

Waktu(Hari)	Berat awal	Berat akhir	Selisih	Waktu (T)	D	A	Laju Korosi
	5.7485	5.7334	0.0151	240	7.86	4.94	3.888906058
Rata-rata							4.3057
20	4.0925	4.0752	0.0173	480	7.86	4.18	2.632796425
	5.7871	5.7702	0.0169	480	7.86	4.94	2.176242132
	4.3478	4.3307	0.0171	480	7.86	4.26	2.553488872
	4.5741	4.5567	0.0174	480	7.86	4.44	2.492950966
	5.3050	5.2882	0.0168	480	7.86	4.62	2.31320842
	4.6977	4.6819	0.0158	480	7.86	4.26	2.359363987
	3.9863	3.9701	0.0162	480	7.86	3.98	2.589282289
	5.5496	5.5332	0.0164	480	7.86	4.62	2.258132029
	4.1715	4.1542	0.0173	480	7.86	4	2.751272265
	4.2391	4.2221	0.0170	480	7.86	4.26	2.538556189
Rata-rata							2.4665
30	3.6148	3.6010	0.0138	720	7.86	3.58	1.634753437
	3.8481	3.8333	0.0148	720	7.86	3.58	1.75321383
	3.2244	3.2118	0.0126	720	7.86	3.1	1.723713371
	4.7045	4.6916	0.0129	720	7.86	4.3	1.272264631
	4.9024	4.8892	0.0132	720	7.86	4.44	1.260802788
	3.5114	3.4989	0.0125	720	7.86	3.4	1.559147832
	4.2211	4.2089	0.0122	720	7.86	4	1.293469042
	3.8054	3.7925	0.0129	720	7.86	3.98	1.378819458
	5.3430	5.3308	0.0122	720	7.86	4.54	1.139620301
	4.6373	4.6241	0.0132	720	7.86	4.26	1.314076145
Rata-rata							1.3057
	4.5903	4.5705	0.0198	960	7.86	4.26	1.478335663
	4.9164	4.8967	0.0197	960	7.86	4.54	1.380154914
	4.1055	4.0855	0.0200	960	7.86	4	1.590330789
	4.4085	4.3884	0.0201	960	7.86	4.26	1.500734688

Lanjutan

Waktu(Hari)	Berat awal	Berat akhir	Selisih	Waktu (T)	D	A	Laju Korosi
40	5.4036	5.3838	0.0198	960	7.86	4.54	1.387160776
	4.8178	4.7979	0.0199	960	7.86	4.54	1.394166639
	4.5263	4.5063	0.0200	960	7.86	4.26	1.495508249
	4.7838	4.7633	0.0205	960	7.86	4.54	1.436201814
	4.9124	4.8917	0.0207	960	7.86	4.54	1.450213539
	6.3529	6.3318	0.0211	960	7.86	5.26	1.275892762
Rata-rata							1.43886

4.4. Tabel Hasil Penelitian pada Konsentrasi 11%

Waktu(Hari)	Berat awal	Berat akhir	Selisih	Waktu (T)	D	A	Laju Korosi
10	3.8415	3.8187	0.0228	240	7.86	3.7	7.83990097
	4.1814	4.1583	0.0231	240	7.86	4	7.347328244
	5.2906	5.2673	0.0233	240	7.86	4.3	6.893899047
	5.3308	5.3071	0.0237	240	7.86	4.3	7.012249246
	3.6449	3.6214	0.0235	240	7.86	3.42	8.742169248
	4.4452	4.4227	0.0225	240	7.86	4.26	6.719707558
	4.0159	3.9931	0.0228	240	7.86	4	7.251908397
	6.0205	5.9970	0.0235	240	7.86	4.94	6.052271018
	4.7547	4.7310	0.0237	240	7.86	4.6	6.554928643
	4.6829	4.6601	0.0228	240	7.86	4.54	6.389346605
Rata-rata							7.0803
20	6.4130	6.3886	0.0244	480	7.86	5.26	2.950879943
	4.3970	4.3724	0.0246	480	7.86	4.18	3.743745206
	4.4404	4.4166	0.0238	480	7.86	4.18	3.621997395
	4.6835	4.6587	0.0248	480	7.86	4.26	3.703305499
	5.1989	5.1739	0.0250	480	7.86	4.44	3.581826101

Lanjutan

Waktu(Hari)	Berat awal	Berat akhir	Selisih	Waktu (T)	D	A	Laju Korosi
	4.1795	4.1549	0.0246	480	7.86	4	3.91221374
	4.4795	4.4550	0.0245	480	7.86	4.18	3.72852673
	4.2182	4.1943	0.0239	480	7.86	4.18	3.637215871
	5.3448	5.3200	0.0248	480	7.86	4.54	3.474907803
	5.6535	5.6288	0.0247	480	7.86	5.26	2.987161253
Rata-rata							3.5341
30	5.4082	5.3857	0.0225	720	7.86	4.62	2.065364661
	4.2633	4.2403	0.0230	720	7.86	4.16	2.344718471
	5.1050	5.0817	0.0233	720	7.86	4.54	2.176487952
	4.2400	4.2165	0.0235	720	7.86	4.18	2.384227977
	4.9077	4.8843	0.0234	720	7.86	4.54	2.185829102
	5.3198	5.2962	0.0236	720	7.86	4.54	2.204511402
	5.8006	5.7776	0.0230	720	7.86	4.62	2.111261653
	4.1930	4.1698	0.0232	720	7.86	4	2.45971162
	4.8228	4.7993	0.0235	720	7.86	4.54	2.195170252
	5.6172	5.5936	0.0236	720	7.86	5.26	1.902753187
Rata-rata							2.20300
40	4.4710	4.4412	0.0298	960	7.86	4.18	2.267552991
	5.4143	5.3845	0.0298	960	7.86	4.62	2.051595563
	3.7185	3.6888	0.0297	960	7.86	3.42	2.762153475
	3.7453	3.7153	0.0300	960	7.86	3.42	2.790054015
	5.2656	5.2353	0.0303	960	7.86	4.54	2.122776339
	5.3464	5.3165	0.0299	960	7.86	4.54	2.094752889
	3.5644	3.5346	0.0298	960	7.86	3.42	2.771453655
	4.6822	4.6518	0.0304	960	7.86	4.26	2.269767886
	4.8057	4.7752	0.0305	960	7.86	4.26	2.277234228
	5.4805	5.4498	0.0307	960	7.86	4.62	2.113556503
Rata-rata							2.35208

4.2 Uji Statistik

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

Tabel 4.5 Tabel ANAVA Pengaruh Variasi Waktu dan Konsentrasi Terhadap Laju Korosi

SK	Db	JK	KT	F-hit	Sig.	F-tabel 5%	Ket
Waktu	3	228,880	76,293	238,102	0,00	2,67	Signifikan
Konsentrasi	3	357,984	119,328	372,408	0,00	2,67	Signifikan
Interaksi	9	122,496	13,611	42,477	0,00	1,95	Signifikan
Galat	144	46,141	0,320				
Total	159	755,501					

Berdasarkan tabel 4.6 di atas, pada sumber keragaman (SK) waktu, didapatkan nilai F-hitung sebesar 238,102. Dari tabel distribusi F dengan db $n_1 = 3$ dan $n_2 = 144$ didapatkan F tabel sebesar 2,67 pada taraf 5%. Jika F-hitung dibandingkan dengan F-tabel dapat dipastikan bahwa F-hitung lebih besar daripada F-tabel 5% ($238,102 > 2,67$). Dari pengujian ini didapatkan kesimpulan bahwa terdapat pengaruh signifikan variasi waktu perendaman terhadap laju korosi baja AISI E 2512 atau terima H_1 dan tolak H_0 .

Pada sumber keragaman (SK) konsentrasi, didapatkan nilai F-hitung sebesar 372,408. Dari tabel distribusi F dengan db $n_1 = 3$ dan $n_2 = 144$ didapatkan F tabel sebesar 2,67 pada taraf 5%. Jika F-hitung dibandingkan dengan F-tabel dapat dipastikan bahwa F-hitung lebih besar daripada F-tabel 5% ($372,408 > 2,67$). Dari pengujian ini didapatkan kesimpulan bahwa terdapat pengaruh signifikan variasi konsentrasi inhibitor ekstrak daun teh terhadap laju korosi baja AISI E 2512 atau terima H_1 dan tolak H_0 .

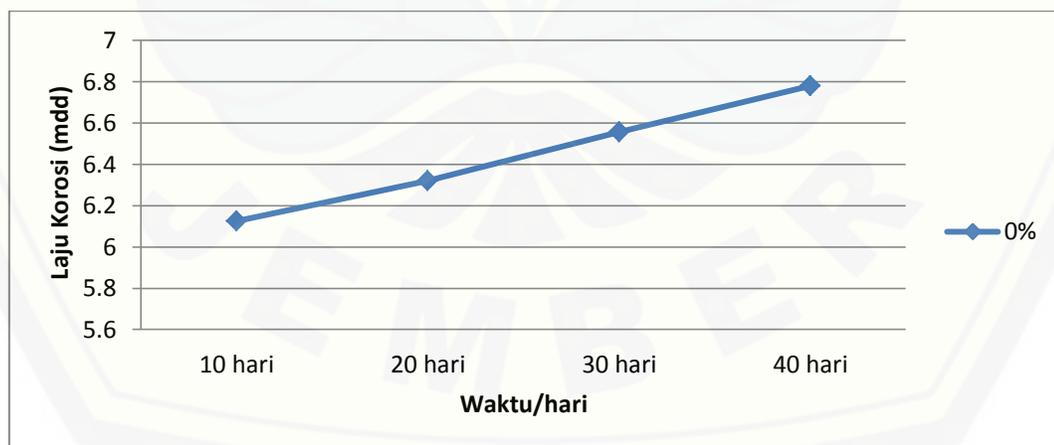
Pada sumber keragaman (SK) Interaksi, didapatkan nilai F-hitung sebesar 42,477. Dari tabel distribusi F dengan db $n_1 = 9$ dan $n_2 = 144$ didapatkan F tabel sebesar 1,95 pada taraf 5%. Jika F-hitung dibandingkan dengan F-tabel dapat dipastikan bahwa F-hitung lebih besar daripada F-tabel 5% ($42,477 > 1,95$). Dari pengujian ini didapatkan kesimpulan bahwa terdapat pengaruh interaksi yang signifikan antara faktor variasi waktu perendaman dengan variasi konsentrasi ekstrak daun teh terhadap laju korosi baja AISI E 2512 atau terima H_0 dan tolak H_1 .

4.3 Analisis Laju Korosi

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

4.3.1 Analisis Laju Korosi pada Konsentrasi 0%

Konsentrasi inhibitor ekstrak daun teh 0% adalah konsentrasi yang dijadikan pembanding variasi konsentrasi untuk konsentrasi yang lainnya. Pengaruh dari inhibitor ekstrak daun teh konsentrasi 0% (air laut murni) dapat dilihat pada gambar 4.1 di bawah ini. Data hasil penelitian laju korosi ditunjukkan pada lampiran A.1



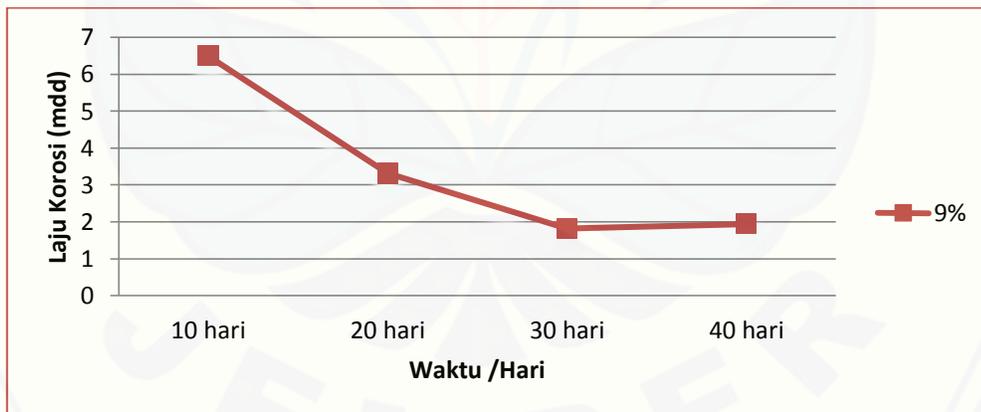
Gambar 4.1 Pengaruh inhibitor ekstrak daun teh dengan konsentrasi 0% terhadap laju korosi baja AISI E2512

Pada lampiran A.1 setiap harinya konsentrasi 0% menunjukkan peningkatan perubahan laju korosi dari ke hari ke 10 sampai hari ke 40. Hal ini disebabkan karena pada konsentrasi 0% tidak diberi larutan inhibitor sehingga korosi yang terjadi tidak terhambat sam sekali oleh inhibitor sehingga laju korosi semakin meningkat hari ke hari. Pada perendaman 10 hari, laju korosi dari baja AISI E2512 sebesar 6,1259 mdd yang tiap harinya meningkat hingga hari ke 40 dengan laju korosi sebesar 6,7787 mdd.

Menurut (Ludiana, 2012), laju korosi pada perendaman 6 hari lebih besar dari pada perendaman 3 hari, ini dikarenakan semakin lama perendaman, semakin besar juga ion yang teroksidasi, sehingga mengakibatkan laju korosinya besar.

4.3.2 Analisis Laju Korosi pada Konsentrasi 9%

Variasi yang kedua adalah inhibitor ekstrak daun teh dengan konsentrasi 9%. Pengaruh konsentrasi 9% ekstrak daun teh dapat dilihat pada gambar 4.2 di bawah ini. Data hasil penelitian laju korosi pada konsentrasi 9% ditunjukkan pada lampiran A.2.



Gambar 4.2 Pengaruh inhibitor ekstrak daun teh dengan konsentrasi 9% terhadap laju korosi baja AISI E2512

Laju korosi inhibitor ekstrak daun teh dengan konsentrasi 9% terlihat terjadi penurunan laju korosi dibandingkan dengan konsentrasi 0% (murni air laut). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan ekstrak daun teh sebesar 9% berpengaruh terhadap

laju korosi yang terjadi. Laju korosi konsentrasi ekstrak daun teh 9% pada perendaman 10 hari sebesar 6,4298 mdd. Pada hari ke 20 mengalami penurunan menjadi 3,3116 mdd sampai pada hari ke 30 sebesar 1,8175 mdd. Sedangkan pada hari ke 40 mengalami sedikit peningkatan laju korosi menjadi 1,9406 mdd.

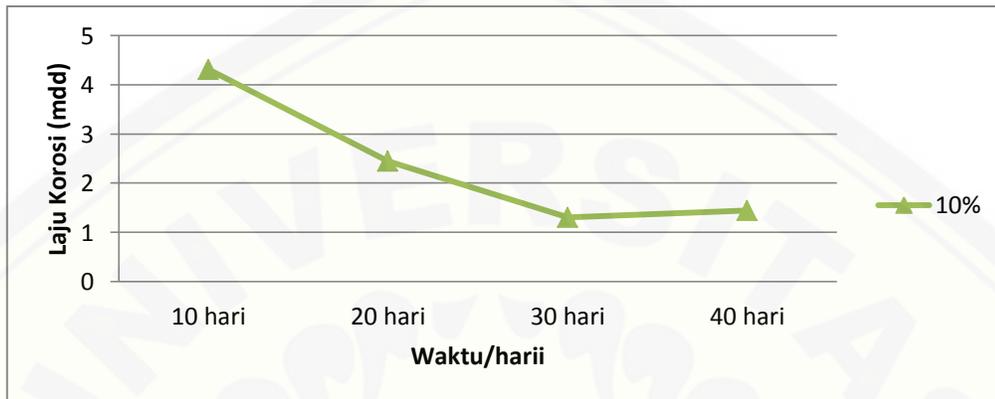
Pola naik turunnya laju korosi yang terjadi pada gambar 4.2 menunjukkan bahwa proses penghambatan mempunyai waktu optimum tertentu. Pada gambar 4.2 terlihat bahwa pada hari ke 30 merupakan titik terendah (titik terbaik) laju korosi yang terjadi selama 40 hari perendaman. Perubahan pola laju korosi ini mengindikasikan adanya pengaruh yang terjadi pada perilaku korosi spesimen dengan waktu perendaman pada konsentrasi inhibitor ekstrak daun teh. Pada perendaman hari ke 0 hingga hari ke 10 terjadi proses adsorpsi inhibitor pada permukaan logam, hal ini akan membentuk lapisan tipis inhibitor dengan ketebalan beberapa molekul inhibitor. Kemudian pada hari ke 10 hingga hari ke 20 terjadi proses pemerataan lapisan tipis ekstrak daun teh, dimana lapisan ini cenderung mempertahankan tingkat perlindungan logam terhadap lingkungan sehingga laju korosinya relatif stabil. Pada hari ke 30 terjadi penurunan laju korosi yang sangat tinggi, hal ini merupakan titik optimum proteksi dari lapisan tipis ekstrak daun teh. Sedangkan pada hari ke 40 terjadi proses desorpsi, dimana terjadi pelepasan molekul-molekul proteksi lapisan tipis inhibitor kembali ke lingkungan sehingga laju korosi kembali meningkat.

Pada konsentrasi inhibitor ekstrak daun teh 9% diketahui bahwa laju korosi cenderung menurun dibandingkan dengan tanpa menggunakan inhibitor (air laut murni). Hal ini dikarenakan inhibitor merupakan suatu senyawa untuk dapat menghambat laju korosi.

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.

4.3.3 Analisis Laju Korosi pada Konsentrasi 10%

Variasi yang ketiga adalah konsentrasi 10%. Data hasil penelitian laju korosi pada konsentrasi 10% ditunjukkan pada lampiran A.3.



Gambar 4.3 Pengaruh inhibitor ekstrak daun teh dengan konsentrasi 10% terhadap laju korosi baja AISI E2512

Pada perendaman selama 10 hari diketahui laju korosi yang terjadi sebesar 4,3057 mdd, terjadi penurunan laju korosi pada hari ke 20 menjadi 2,4665 mdd. Penurunan laju korosi terjadi hingga hari ke 30 yaitu sebesar 1,3057 mdd. Pada konsentrasi 10% penurunan laju korosi tertinggi terjadi pada hari ke 30, sedangkan pada hari ke 40 laju korosi cenderung meningkat, yaitu sebesar 1,4388 mdd. Pada konsentrasi ekstrak daun teh sebesar 10% menunjukkan adanya pengurangan laju korosi jika dibandingkan dengan konsentrasi 0%, 9% dan 11%.

Pada gambar 4.3 terlihat bahwa pada hari ke 30 merupakan titik terendah laju korosi yang terjadi selama 40 hari perendaman, hal ini sama dengan grafik laju korosi pada konsentrasi 9%. Perubahan pola laju korosi ini mengindikasikan adanya pengaruh yang terjadi pada perilaku korosi spesimen dengan waktu perendaman pada konsentrasi inhibitor ekstrak daun teh. Pada perendaman hari ke 0 hingga hari ke 10 terjadi proses adsorpsi inhibitor pada permukaan logam, hal ini akan membentuk lapisan tipis inhibitor dengan ketebalan beberapa molekul inhibitor. Kemudian pada hari ke 10 hingga hari ke 20 terjadi proses pemerataan lapisan tipis ekstrak daun teh, dimana lapisan ini cenderung mempertahankan tingkat perlindungan logam terhadap

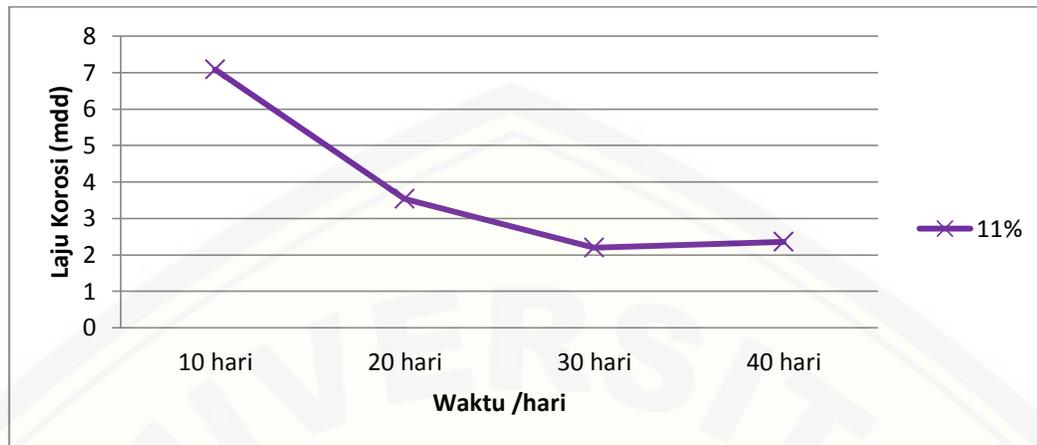
lingkungan sehingga laju korosinya relatif stabil. Dari hasil penelitian pada konsentrasi 10% diketahui bahwa pada hari ke 10 sampai hari ke 20 mengalami penurunan laju korosi tetapi besarnya tidak signifikan sehingga bisa dikatakan masih stabil. Pada hari ke 30 terjadi penurunan laju korosi yang sangat tinggi, hal ini merupakan titik optimum proteksi dari lapisan tipis ekstrak daun teh. Sedangkan pada hari ke 40 terjadi proses desorpsi, dimana terjadi pelepasan molekul-molekul proteksi dari lapisan tipis inhibitor ekstrak daun teh 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.

Menurut Ega (2014), pemberian konsentrasi inhibitor yang tepat dapat mengurangi laju korosi, sehingga baja dapat terproteksi (terlindungi) dari serangan korosi oleh air laut.

4.3.4 Analisis Laju Korosi pada Konsentrasi 11%

Variasi konsentrasi yang keempat adalah ekstrak daun teh sebesar 11%. Pengaruh inhibitor ekstrak daun teh konsentrasi 11% dapat dilihat pada gambar 4.4 di bawah ini. Data hasil penelitian laju korosi pada konsentrasi 11% dapat dilihat pada lampiran A.4.



Gambar 4.4 Pengaruh inhibitor ekstrak daun teh dengan konsentrasi 11% terhadap laju korosi baja AISI E2512

Laju korosi yang terjadi pada awal perendaman konsentrasi 11% sebesar 7,0803 mdd, laju korosi tersebut terjadi pada 10 hari pertama. Terjadi penurunan laju korosi pada hari ke 20 sebesar 3,5341 mdd dan pada hari ke 30 kembali terjadi penurunan laju korosi pada spesimen baja yaitu sebesar 2,2030 mdd. Namun, kembali terjadi peningkatan di hari ke 40 pada konsentrasi 11% yaitu sebesar 2,3521 mdd.

Laju korosi yang terjadi pada konsentrasi 11% ini lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi 9%, dan 10%, hal ini disebabkan oleh larutan sudah menjadi jenuh karena dosis ekstrak daun teh yang terlalu banyak. Hal ini mengakibatkan bahwa penambahan konsentrasi inhibitor ekstrak daun teh pada konsentrasi 11% menjadi sangat tidak efektif atau menjadi senyawa yang mengkorosi baja, tetapi apabila dibandingkan dengan tanpa menggunakan inhibitor konsentrasi 9% dan 11% dari ekstrak daun teh ini masih sangat efektif.

Pola naik turunnya laju korosi yang terjadi pada gambar 4.4 menunjukkan bahwa proses penghambatan mempunyai waktu optimum tertentu. Pada gambar 4.4 terlihat bahwa pada hari ke 30 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 daun teh. Pada perendaman hari ke 0 hingga hari ke 10

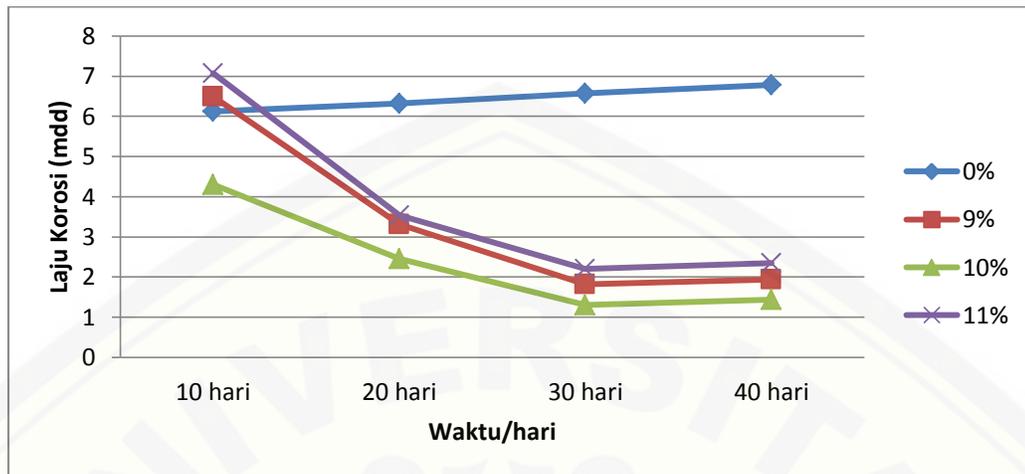
terjadi proses adsorpsi inhibitor pada permukaan logam, hal ini akan membentuk lapisan tipis inhibitor dengan ketebalan beberapa molekul inhibitor. Kemudian pada hari ke 10 hingga hari ke 20 terjadi proses pemerataan lapisan tipis ekstrak daun teh, dimana lapisan ini cenderung mempertahankan tingkat penyerangan lingkungan terhadap logam sehingga laju korosinya relatif stabil. Pada hari ke 30 terjadi penurunan laju korosi yang sangat tinggi, hal ini merupakan titik optimum proteksi dari lapisan tipis ekstrak daun teh. Sedangkan pada hari ke 40 terjadi proses desorpsi, dimana terjadi pelepasan molekul-molekul proteksi lapisan tipis inhibitor kembali ke lingkungan sehingga laju korosi kembali meningkat.

Menurut (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.

Menurut (Ega, 2014), Peningkatan laju korosi pada konsentrasi yang lebih tinggi ini membuktikan bahwa inhibitor dapat digunakan secara efektif apabila dimasukkan dalam dosis yang tepat. Hal ini menunjukkan bahwa pada konsentrasi 12%, 14% dan 16% inhibitor ekstrak daun teh tidak dapat memproteksi pipa baja karbon A53 dengan optimal karena jumlah ekstrak daun teh yang bertambah pekat.

4.3.5 Analisis Laju Korosi pada Berbagai Variasi Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Daun Teh

Analisis ini digunakan untuk memudahkan membandingkan variasi konsentrasi inhibitor ekstrak daun teh yang paling efektif melindungi baja AISI E2512 dari korosi



Gambar 4.5 Pengaruh variasi konsentrasi inhibitor ekstrak daun teh terhadap laju korosi

Dari gambar 4.5 terlihat bahwa laju korosi pada konsentrasi 9% dan 10%, laju korosinya lebih kecil dibandingkan pada konsentrasi 11%. Peningkatan laju korosi yang terjadi pada konsentrasi 11% ini kemungkinan disebabkan karena dosis ekstrak daun teh yang terlalu banyak yang menyebabkan larutan ekstrak daun teh yang menjadi jenuh. Pada konsentrasi ini penyerapan inhibitor ke dalam permukaan baja AISI E2512 memang bertambah besar. Tetapi, setelah senyawa kompleks meyelubungi permukaan baja telah penuh, yang terjadi justru sebaliknya yaitu terjadi desorpsi.

Pada gambar 4.5 terlihat pola yang relatif sama antara grafik dari konsentrasi ekstrak daun teh 9%, 10%, dan 11%, dimana pada hari ke 30, laju korosi yang terjadi besarnya lebih kecil dibandingkan dengan laju korosi selama 10, 20, dan 40 hari perendaman. Sehingga dapat disimpulkan bahwa, waktu perendaman selama 30 hari merupakan waktu yang optimum untuk inhibitor ekstrak daun teh dalam menghambat laju korosi yang terjadi.

Proteksi inhibitor yang terbaik adalah pada konsentrasi ekstrak daun teh sebesar 10%, dapat dilihat dari waktu awal perendaman spesimen yaitu pada 10 hari sampai dengan akhir perendaman spesimen yaitu 40 hari laju korosi yang terjadi memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan pada konsentrasi 0%, 9%, dan 11%. Hal

ini disebabkan karena dosis yang tepat terhadap perlindungan larutan inhibitor pada laju korosi.

Peningkatan laju korosi pada konsentrasi yang lebih tinggi ini membuktikan bahwa inhibitor dapat digunakan secara efektif apabila dimasukkan dalam dosis yang tepat. Hal ini menunjukkan bahwa pada konsentrasi 9%, dan 11% inhibitor ekstrak daun teh tidak dapat memproteksi baja AISI E2512 dengan optimal karena jumlah ekstrak daun teh yang bertambah pekat. Tetapi jika dibandingkan dengan tanpa pemberian inhibitor (air laut murni), konsentrasi 9% dan 11% masih lebih efektif karena dapat dilihat dengan tanpa menggunakan inhibitor laju korosi baja AISI E2512 sangat tinggi hingga menjapai 6,7787 mdd dan berat yang hilang (W) tertinggi mencapai 0,0852 gram.

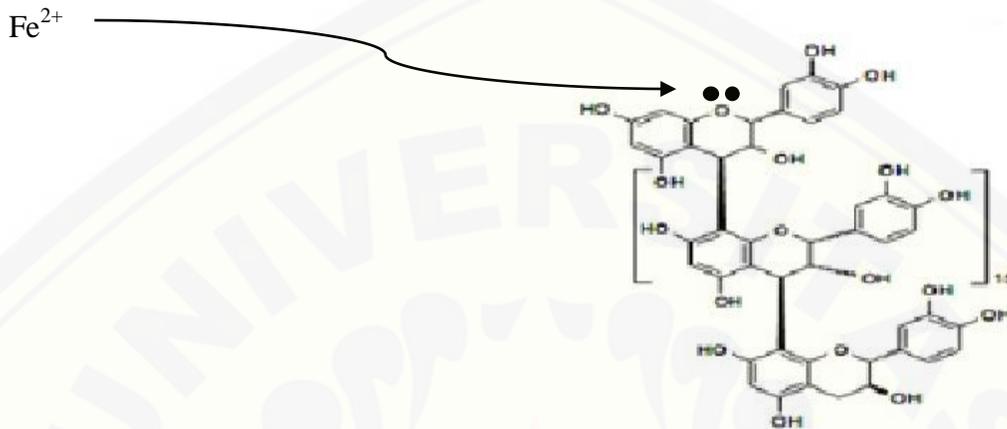
Menurut (Giat, 2013) inhibitor membentuk senyawa di permukaan logam, yang terdiri dari senyawa kompleks antara besi dengan senyawa kafeina, senyawa ini menurunkan konduktivitas logam, dan konsekuensinya menurunkan laju korosi. Kemudian dengan bertambahnya konsentrasi inhibitor kafeina, laju korosi baja KS01 semakin menurun, hingga pada konsentrasi optimum inhibitorynya.

4.4 Mekanisme Inhibitor

Adanya inhibitor pada permukaan baja AISI E2512 akibat adanya adsorpsi. Adsorpsi timbul dikarenakan adanya gaya adhesi antara inhibitor dan permukaan baja AISI E2512. Adsorpsi molekul inhibitor pada permukaan baja AISI E2512 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 daun teh merupakan senyawa yang mengandung atom yang memiliki pasangan elektron bebas. Inhibitor ekstrak daun teh memiliki gugus O yang terdapat pada tanin untuk mendonorkan sepasang elektron bebasnya pada permukaan baja ketika ion Fe^+ terdifusi.

Pada saat terkorosi $\text{Fe} \longrightarrow \text{Fe}^{2+} + 2e$ (Melepaskan/kehilangan elektron). Kemudian terjadi reaksi antara besi dan tannin. Tanin yang mengandung gugus O mendonorkan sepasang electron bebasnya pada permukaan baja.



Gambar 4.6 Mekanisme Kerja Inhibitor

Senyawa kompleks yang terbentuk memiliki kestabilan yang lebih tinggi dibandingkan baja, sehingga permukaan baja yang diberi inhibitor akan lebih tahan terhadap korosi.

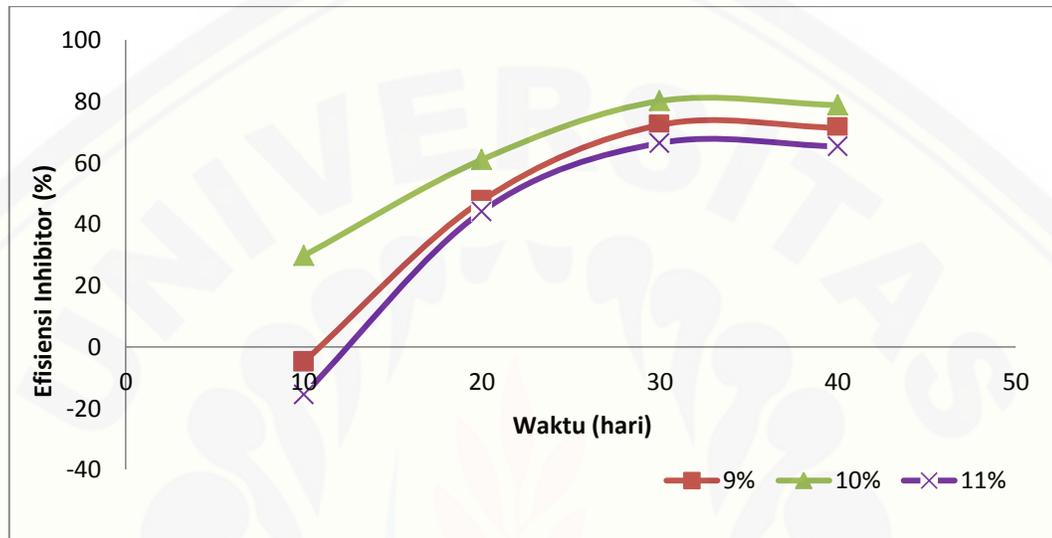
4.5 Analisis Efisiensi Inhibitor Ekstrak Daun Teh

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 4.6 dibawah ini.

Tabel 4.6 Tabel daya inhibisi ekstrak daun teh

Waktu (Hari)	Efisiensi Konsentrasi Ekstrak Daun Teh		
	9%	10%	11%
10	-4,9%	29,71%	-15,58%
20	47,59%	60,97%	44,07%
30	72,28%	80,09%	66,40%
40	71,37%	78,77%	65,30%

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



Gambar 4.7 Grafik efisiensi ekstrak daun teh terhadap waktu

Dari tabel di atas terlihat bahwa pada hari ke 10, efisiensi inhibitor pada konsentrasi 9% dan 11% bernilai negatif. Nilai negatif tersebut menunjukkan bahwa laju korosi yang terjadi pada inhibitor konsentrasi 9% dan 11% lebih tinggi jika dibandingkan dengan konsentrasi 0% (tanpa penambahan inhibitor). Dimana efisiensi inhibitor merupakan perbandingan antara selisih dari laju korosi tanpa adanya inhibitor dan laju korosi dengan adanya penambahan inhibitor, dibagi dengan laju korosi tanpa adanya inhibitor. Nilai efisiensi negatif ini tidak terjadi pada inhibitor konsentrasi 10% karena pada inhibitor konsentrasi 9% dan 11% memiliki kohesi yang lebih besar dibandingkan dengan inhibitor konsentrasi 10%. Akibat dari besarnya kohesi yang ada, akan menyebabkan permukaan lapisan film tipis inhibitor yang terbentuk permukaannya tidak merata sehingga tidak mampu melindungi permukaan logam terhadap serangan korosi.

Sedangkan penurunan efisiensi inhibitor pada hari ke 40 terjadi akibat tidak stabilnya lapisan inhibitor yang terbentuk. Menurut (Li, et al., 2010), Penurunan nilai efisiensi inhibisi pada waktu perendaman yang terjadi setelah waktu optimum tercapai kemungkinan disebabkan oleh inhibitor yang teradsorpsi pada permukaan baja karbon tertarik kembali ke larutan sehingga menimbulkan kerusakan pada lapisan yang bersifat protektif tersebut.

Sedangkan pada konsentrasi 11% inhibitor tidak bekerja secara efektif. Ketidakmampuan konsentrasi ini dalam melindungi baja AISI E2512 dari korosi kemungkinan disebabkan oleh larutan inhibitor yang telah menjadi jenuh. Pada konsentrasi ini penyerapan inhibitor ke dalam permukaan baja AISI E2512 memang bertambah besar. Tetapi, setelah senyawa kompleks menyelubungi permukaan baja telah penuh, yang terjadi malah sebaliknya yaitu terjadinya desorpsi.

4.6 Analisis Struktur Makro

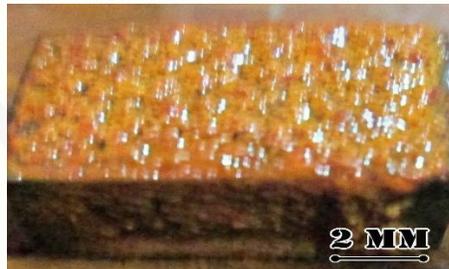
Dari hasil penelitian diketahui bahwa pada setiap variasi konsentrasi ekstrak daun teh, tingkat korosinya berbeda-beda. Sehingga perlu diamati perbedaan-perbedaan yang terjadi pada permukaan baja pada setiap variasi konsentrasi ekstrak daun teh. Gambar 4.8 dibawah ini menunjukkan foto permukaan baja AISI E2512 sebelum dilakukan perendaman ekstrak daun teh.



Gambar 4.8 Foto permukaan baja AISI E2512 sebelum dilakukan perendaman ekstrak daun teh

Setelah dilakukan perendaman selama 40 hari permukaan baja AISI E2512 menunjukkan beberapa perubahan, yang artinya pada permukaan baja sudah terkena

korosi. Gambar 4.9 dibawah ini menunjukkan foto permukaan baja AISI E2512 setelah dilakukan perendaman ekstrak daun teh selama 40 hari. Menurut (Ludiana, 2012), semakin lama perendaman tanpa penambahan inhibitor maka baja akan cepat terkorosi, oleh sebab itu diperlukan penambahan inhibitor untuk mengurangi laju korosi.



Gambar 4.9 Foto makro baja AISI E2512 setelah direndam ekstrak daun teh 0% selama 40 hari

Pada gambar 4.9 yaitu pada konsentrasi 0%, permukaan baja AISI E2512 mengalami korosi yang ditunjukkan oleh warna coklat gelap diseluruh permukaanya. Korosi ini terjadi karena tidak adanya penambahan ekstrak daun teh sehingga tidak ada proses penginhibisian pada permukaan baja tersebut.



Gambar 4.10 Foto makro baja AISI E2512 setelah direndam ekstrak daun teh 9% selama 40 hari

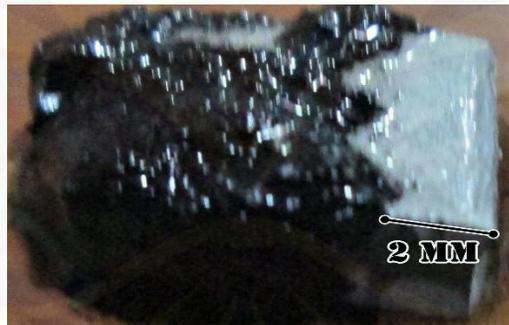
Pada gambar 4.10 yaitu pada konsentrasi 9%, gejala yang ditunjukkan adalah adanya sedikit inhibitor ekstrak daun teh yang menempel pada spesimen uji. Dari hasil uji *Weigh lose* dan laju korosi bahwa pada konsentrasi 9% inhibitor lebih efektif daripada 0% (tanpa menggunakan inhibitor) dan 11%. Pada konsentrasi 9% kemungkinan lapisan *film* tipis yang diharapkan untuk lebih menghambat korosi

belum terbentuk, hal ini terlihat pada perbedaan nilai laju korosi yang lebih tinggi dibanding dengan konsentrasi 10%



Gambar 4.11 Foto makro baja AISI E2512 setelah direndam ekstrak daun teh 10% selama 40 hari

Pada gambar 4.11 yakni pada konsentrasi 10%, menunjukkan adanya lapisan tipis seperti air yang disebut sebagai *film* tipis dari ekstrak daun teh yang berfungsi sebagai pelindung dari serangan korosi. Menurut (Raja dan Sathuraman, 2008) konsentrasi inhibitor yang tepat akan melindungi permukaan baja dari serangan korosi, lapisan film yang terbentuk sangat halus dan tidak bisa dilihat secara langsung, permukaan hanya terbentuk lapisan seperti air.



Gambar 4.12 Foto makro baja AISI E2512 setelah direndam ekstrak daun teh 11% selama 40 hari

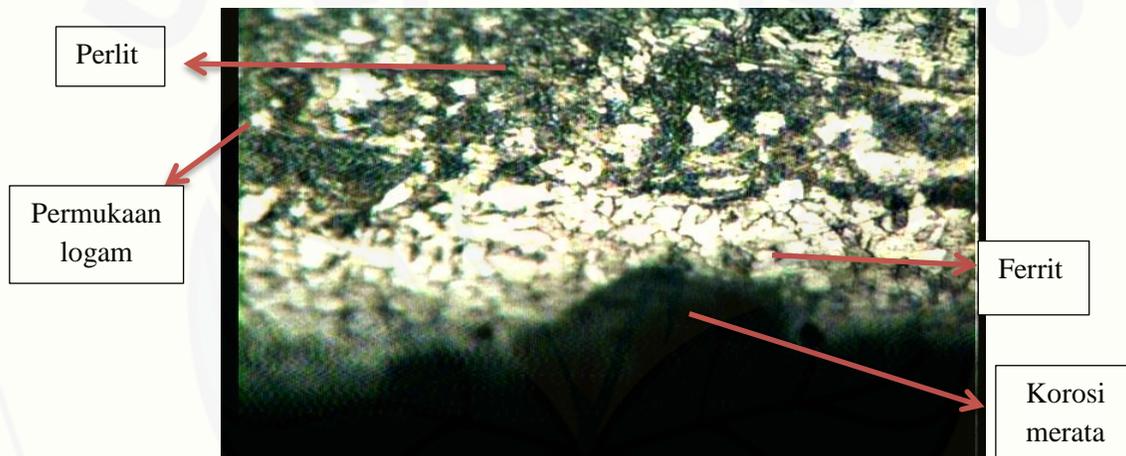
Pada gambar 4.12 merupakan konsentrasi ekstrak daun teh 11%, pada konsentrasi ini menunjukkan adanya lapisan hitam yang berada pada tengah permukaan baja AISI E2512. Lapisan hitam tersebut merupakan suatu endapan ekstrak daun teh yang terlalu pekat sehingga dapat merusak film tipis inhibitor.

Sangat pekatnya konsentrasi dari ekstrak daun teh yang mengakibatkan ekstrak daun teh tidak dapat melakukan proses peginhibisian dengan optimal.

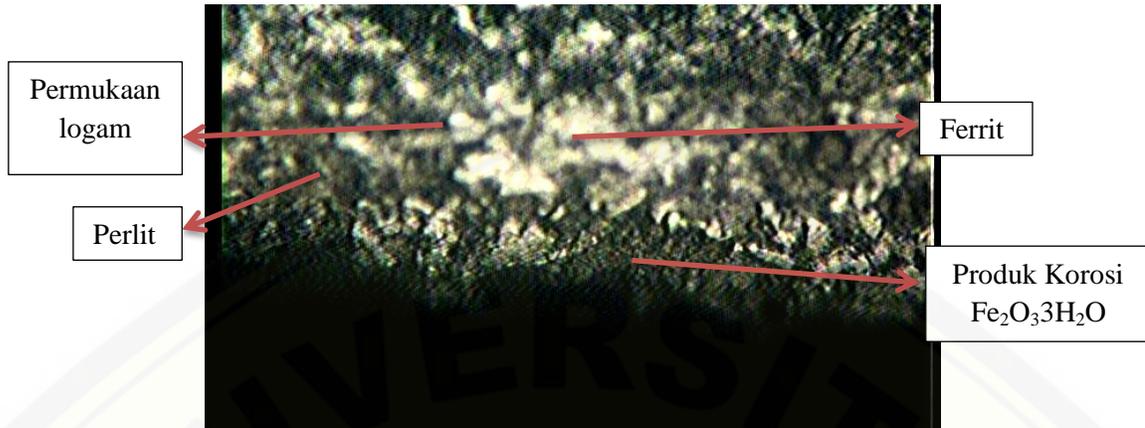
4.7 Analisis Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro sangat penting dilakukan agar dapat mengamati struktur mikro dari permukaan baja pada setiap variasi konsentrasi ekstrak daun teh sehingga dapat diketahui jenis korosi apa yang terjadi. Gambar 4.13 dibawah ini menunjukkan foto mikro permukaan baja AISI E2512 tanpa pemberian inhibitor ekstrak daun teh.

Foto hasil perendaman spesimen baja pada setiap variasi konsentrasi ekstrak daun teh terlihat pada gambar 4.13 dibawah ini.



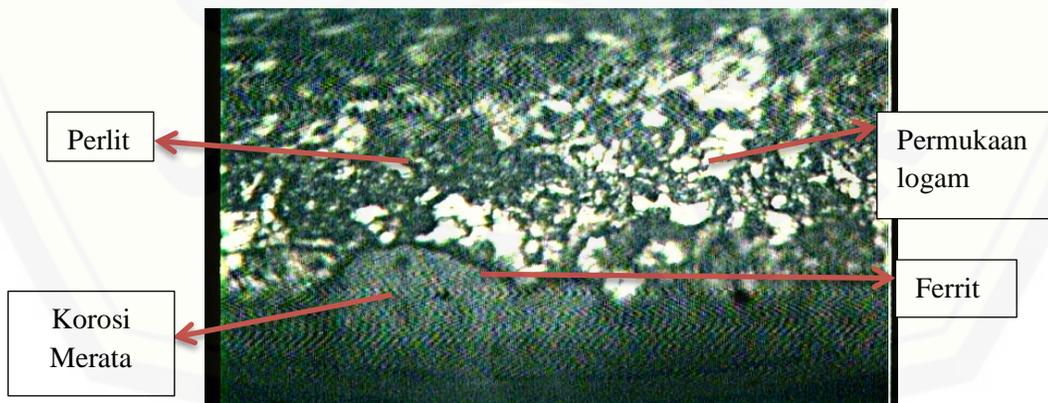
Gambar 4.13 Foto mikro pembesaran 400x setelah direndam ekstrak daun teh selama 40 hari pada konsentrasi 0%



Gambar 4.14 Foto mikro pembesaran 400x setelah direndam ekstrak daun teh selama 40 hari pada konsentrasi 9%



Gambar 4.15 Foto mikro pembesaran 400x setelah direndam ekstrak daun teh selama 40 hari pada konsentrasi 10%



Gambar 4.16 Foto mikro pembesaran 400x setelah direndam ekstrak daun teh selama 40 hari pada konsentrasi 11%

Terjadi perubahan struktur mikro yang cukup signifikan antara konsentrasi 0, 9,10, dan 11%. Pada gambar 4.12 yaitu konsentrasi 0% terlihat korosi pada permukaan baja yang cenderung melebar dan bertambah dalam, hal ini karena tidak ada penambahan inhibitor ekstrak daun teh (menggunakan air laut murni). Pada gambar 4.13 yaitu konsentrasi 9% terjadi korosi pada permukaan baja yang tidak terlalu dalam tetapi cukup merata, hal ini disebabkan karena adanya pemberian inhibitor yang melindungi permukaan baja dari serangan korosi. Pada gambar 4.14 yaitu konsentrasi 10% menunjukkan bahwa korosi yang terjadi sangatlah sedikit, hanya terlihat bagian-bagian kecil dari permukaan baja yang terkorosi. Sedangkan pada gambar 4.15 menunjukkan kembali terjadinya korosi yang cukup dalam dan lebar, kemungkinan pada konsentrasi 11% ini inhibitor sudah mulai jenuh dan akhirnya molekul-molekul inhibitor yang awalnya menempel untuk memproteksi baja dari serangan korosi sedikit demi sedikit terlepas.

Dari foto mikro terlihat adanya struktur *ferrite* dan *pearlite*. *Ferrite* cenderung berwarna terang dan *pearlite* berwarna gelap. Adanya *ferrite* dan *pearlite* disebabkan karena baja AISI E2512 adalah baja dengan kadar karbon 0,014 termasuk baja tahan karat atau bisa juga disebut *hypoeutectoid steel*. Tidak ada perubahan dari strukturnya, karena pada penelitian ini spesimen tidak ada perubahan temperatur yang ekstrim dan pendinginan yang cepat. (Ir. H. Sulaeman dan M. Ali Kharakan, 2002), pada struktur mikro material tanpa perlakuan panas dan yang diberi perlakuan panas sampai 800 °C terjadi perubahan strukturnya. Awalnya hanya terbentuk struktur *ferrite* (berwarna terang) yang lebih dominan daripada *pearlite* (yang berwarna gelap). Setelah pemanasan 800 °C terjadi perubahan dengan terbentuknya struktur *ferrite* (berwarna terang), *martensit* dan *bainit* (terang kehitaman). Struktur *ferrite* dan *bainit* tampak sama dominan. Hal ini disebabkan karena adanya perlakuan panas dan pendinginan cepat yang ekstrim terhadap material tersebut.

Jenis korosi yang terjadi adalah korosi merata, karena lubang-lubang yang terbentuk cenderung melebar bertambah besar dan ada pula yang bertambah dalam. Korosi jenis ini terjadi karena media yang berupa larutan ekstrak daun teh 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 daun teh mampu mengurangi korosi merata yang terjadi pada permukaan logam.



BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Rata – rata laju korosi pada baja AISI E2512 adalah pada konsentrasi 0% sebesar 6,4452 mdd, pada konsentrasi 9% sebesar 3,3658 mdd, pada konsentrasi 10% sebesar 2,3791 mdd, dan 11% sebesar 3,79235 mdd.
2. Konsentrasi inhibitor yang tepat dapat menurunkan (menghambat) laju korosi.
3. Dalam penelitian ini konsentrasi yang paling optimal adalah 10%.
4. Efisiensi inhibitor ekstrak daun teh terbesar terdapat setelah perendaman selama 30 hari, yaitu pada konsentrasi 9% sebesar 72,28%, 10% sebesar 80,08%, dan 11% sebesar 66,40%.
5. Pada foto makro 10% terdapat bentuk lapisan film tipis seperti air, lapisan ini kemungkinan adalah endapan dari senyawa kompleks $\{\text{Fe}(\text{Tanin}_3)_6\}^{2+}$.
6. Jenis korosi yang terjadi adalah korosi merata.

5.2 Saran

1. Perlu adanya penelitian tentang penggunaan inhibitor bahan alam lain untuk proteksi permukaan logam dari serangan korosi.
2. Nilai parameter yang mempengaruhi hasil penelitian agar lebih divariasikan sehingga mendapatkan hasil yang maksimal.
3. Menggunakan metode pelindung proteksi katodik untuk memperlambat proses korosi.

LAMPIRAN A. Tabel pengambilan data

A.1 Tabel lampiran laju korosi pada konsentrasi ekstrak daun teh 0%

Waktu(Hari)	Berat awal	Berat akhir	Selisih	Waktu (T)	D	A	Laju Korosi
10	5.7045	5.6847	0.0198	240	7.86	4.3	5.858334813
	5.2430	5.2230	0.0200	240	7.86	4.3	5.917509912
	4.3373	4.3176	0.0197	240	7.86	4	6.265903308
	6.6590	6.6392	0.0198	240	7.86	5.62	4.482355818
	6.1784	6.1585	0.0199	240	7.86	4.94	5.125114607
	4.3913	4.3718	0.0195	240	7.86	4	6.202290076
	4.1398	4.1197	0.0201	240	7.86	4	6.393129771
	3.4250	3.405	0.0200	240	7.86	2.88	8.835171049
	4.5359	4.5161	0.0198	240	7.86	4.26	5.913342651
	3.9712	3.9515	0.0197	240	7.86	4	6.265903308
Rata-rata							6.1259
20	5.2227	5.1812	0.0415	480	7.86	4.3	6.139416534
	4.3102	4.2686	0.0416	480	7.86	4	6.615776081
	4.9322	4.8908	0.0414	480	7.86	4.26	6.182130954
	4.4584	4.4171	0.0413	480	7.86	4	6.568066158
	4.0573	4.0159	0.0414	480	7.86	4	6.583969466
	3.7695	3.7283	0.0412	480	7.86	3.7	7.083419297
	6.0745	6.0335	0.0410	480	7.86	4.94	5.279640675
	4.8300	4.7891	0.0409	480	7.86	4.3	6.050653885
	4.2889	4.2477	0.0412	480	7.86	4	6.55216285
	4.9422	4.9007	0.0415	480	7.86	4.3	6.139416534
Rata-rata							6.3194
30	4.1220	4.0600	0.0620	720	7.86	4	6.57336726
	4.6820	4.6209	0.0611	720	7.86	4.62	5.608612479
	3.7630	3.7015	0.0615	720	7.86	3.98	6.553121843
	4.5950	4.5337	0.0613	720	7.86	4.26	6.102489975
	3.8642	3.8027	0.0615	720	7.86	3.42	7.626147642
	5.4956	5.4339	0.0617	720	7.86	4.94	5.296810239

Lanjutan

Waktu(Hari)	Berat awal	Berat akhir	Selisih	Waktu (T)	D	A	Laju Korosi
	4.3577	4.2961	0.0616	720	7.86	4	6.530958439
	3.3684	3.3070	0.0614	720	7.86	3.14	8.292680292
	4.4616	4.4000	0.0616	720	7.86	4	6.530958439
	4.4394	4.3785	0.0609	720	7.86	4	6.456743003
Rata-rata							6.5571
40	4.6368	4.5527	0.0841	960	7.86	4.26	6.279193396
	5.5793	5.4942	0.0851	960	7.86	4.9	5.523965311
	3.7250	3.6404	0.0846	960	7.86	3.7	7.272539715
	4.2500	4.1652	0.0848	960	7.86	4	6.743002545
	5.4496	5.3654	0.0842	960	7.86	4.3	6.228179182
	4.0107	3.9255	0.0852	960	7.86	4	6.77480916
	4.0919	4.0075	0.0844	960	7.86	4	6.711195929
	4.3823	4.2982	0.0841	960	7.86	4	6.687340967
	3.2892	3.2047	0.0845	960	7.86	2.88	9.33214942
	5.0360	4.9517	0.0843	960	7.86	4.3	6.23557607
Rata-rata							6.7787

A.2 Tabel laju korosi pada konsentrasi ekstrak daun teh 9%

Waktu(Hari)	Berat awal	Berat akhir	Selisih	Waktu (T)	D	A	Laju Korosi
10	3.9920	3.9709	0.0211	240	7.86	3.7	7.25534695
	4.9999	4.9799	0.0200	240	7.86	4.3	5.917509912
	5.8227	5.8014	0.0213	240	7.86	4.94	5.485675433
	5.0521	5.0306	0.0215	240	7.86	4.26	6.421053889
	3.8127	3.7916	0.0211	240	7.86	3.92	6.848159111
	4.9121	4.8912	0.0209	240	7.86	4.3	6.183797858

Lanjutan

Waktu(Hari)	Berat awal	Berat akhir	Selisih	Waktu (T)	D	A	Laju Korosi
	5.5990	5.5778	0.0212	240	7.86	4.3	6.272560507
	4.2479	4.2265	0.0214	240	7.86	4	6.806615776
	5.3100	5.2877	0.0223	240	7.86	4.3	6.598023552
	5.4660	5.4440	0.0220	240	7.86	4.3	6.509260903
Rata-rata							6.4298
20	5.3058	5.2828	0.0230	480	7.86	4.3	3.402568199
	4.5423	4.5198	0.0225	480	7.86	4.26	3.359853779
	5.2285	5.2065	0.0220	480	7.86	4.3	3.254630452
	4.9559	4.9341	0.0218	480	7.86	4.3	3.225042902
	4.7385	4.7164	0.0221	480	7.86	4.3	3.269424226
	5.3041	5.2818	0.0223	480	7.86	4.3	3.299011776
	3.8283	3.8054	0.0229	480	7.86	3.92	3.716181129
	5.7402	5.7171	0.0231	480	7.86	4.94	2.97462682
	4.8589	4.8362	0.0227	480	7.86	4.26	3.389719146
	4.8126	4.7910	0.0216	480	7.86	4.26	3.225459628
Rata-rata							3.3116
30	4.2630	4.2420	0.0210	720	7.86	4	2.226463104
	4.5612	4.5597	0.0015	720	7.86	4.3	0.147937748
	4.9607	4.9397	0.0210	720	7.86	4.9	1.817520901
	4.8505	4.8294	0.0211	720	7.86	4.6	1.945274182
	5.3144	5.2927	0.0217	720	7.86	4.9	1.878104932
	4.0575	4.0368	0.0207	720	7.86	4	2.194656489
	4.8005	4.7800	0.0205	720	7.86	4.6	1.889958329
	4.1486	4.1273	0.0213	720	7.86	4	2.25826972
	3.5820	3.5703	0.0117	720	7.86	3.14	1.580201293
	4.0636	4.0425	0.0211	720	7.86	4	2.23706531
Rata-rata							1.8175

Lanjutan

Waktu(Hari)	Berat awal	Berat akhir	Selisih	Waktu (T)	D	A	Laju Korosi
40	5.3300	5.3049	0.0251	960	7.86	4.3	1.856618735
	6.3300	6.3039	0.0261	960	7.86	5.26	1.578237019
	5.3350	5.3095	0.0255	960	7.86	4.3	1.886206284
	4.2311	4.2058	0.0253	960	7.86	4.18	1.925137271
	3.9253	3.8990	0.0263	960	7.86	3.58	2.336631271
	5.8134	5.7877	0.0257	960	7.86	4.9	1.668224542
	3.8962	3.8703	0.0259	960	7.86	3.58	2.301093153
	6.4035	6.3777	0.0258	960	7.86	5.26	1.560096363
	4.4135	4.3885	0.0250	960	7.86	4.26	1.866585433
	4.0943	4.0683	0.0260	960	7.86	4	2.067430025
Rata-rata							1.9046

A.3 Tabel laju korosi pada konsentrasi ekstrak daun teh 10%

Waktu(Hari)	Berat awal	Berat akhir	Selisih	Waktu (T)	D	A	Laju Korosi
10	4.7274	4.7116	0.0158	240	7.86	4.54	4.427705104
	4.0436	4.0285	0.0151	240	7.86	4	4.802798982
	5.7738	5.7592	0.0146	240	7.86	4.94	3.760134335
	4.6200	4.6047	0.0153	240	7.86	4.26	4.56940114
	6.2759	6.2611	0.0148	240	7.86	4.94	3.811643024
	6.2883	6.2728	0.0155	240	7.86	4.94	3.991923437
	4.1601	4.1449	0.0152	240	7.86	4	4.834605598
	4.3422	4.3271	0.0151	240	7.86	4	4.802798982
	5.4308	5.4156	0.0152	240	7.86	4.64	4.167763447
	5.7485	5.7334	0.0151	240	7.86	4.94	3.888906058
Rata-rata							4.3057

Waktu(Hari)	Berat awal	Berat akhir	Selisih	Waktu (T)	D	A	Laju Korosi
20	4.0925	4.0752	0.0173	480	7.86	4.18	2.632796425
	5.7871	5.7702	0.0169	480	7.86	4.94	2.176242132
	4.3478	4.3307	0.0171	480	7.86	4.26	2.553488872
	4.5741	4.5567	0.0174	480	7.86	4.44	2.492950966
	5.3050	5.2882	0.0168	480	7.86	4.62	2.31320842
	4.6977	4.6819	0.0158	480	7.86	4.26	2.359363987
	3.9863	3.9701	0.0162	480	7.86	3.98	2.589282289
	5.5496	5.5332	0.0164	480	7.86	4.62	2.258132029
	4.1715	4.1542	0.0173	480	7.86	4	2.751272265
	4.2391	4.2221	0.0170	480	7.86	4.26	2.538556189
Rata-rata							2.4665
30	3.6148	3.6010	0.0138	720	7.86	3.58	1.634753437
	3.8481	3.8333	0.0148	720	7.86	3.58	1.75321383
	3.2244	3.2118	0.0126	720	7.86	3.1	1.723713371
	4.7045	4.6916	0.0129	720	7.86	4.3	1.272264631
	4.9024	4.8892	0.0132	720	7.86	4.44	1.260802788
	3.5114	3.4989	0.0125	720	7.86	3.4	1.559147832
	4.2211	4.2089	0.0122	720	7.86	4	1.293469042
	3.8054	3.7925	0.0129	720	7.86	3.98	1.378819458
	5.3430	5.3308	0.0122	720	7.86	4.54	1.139620301
	4.6373	4.6241	0.0132	720	7.86	4.26	1.314076145
Rata-rata							1.3057
40	4.5903	4.5705	0.0198	960	7.86	4.26	1.478335663
	4.9164	4.8967	0.0197	960	7.86	4.54	1.380154914
	4.1055	4.0855	0.0200	960	7.86	4	1.590330789
	4.4085	4.3884	0.0201	960	7.86	4.26	1.500734688
	5.4036	5.3838	0.0198	960	7.86	4.54	1.387160776
	4.8178	4.7979	0.0199	960	7.86	4.54	1.394166639
	4.5263	4.5063	0.0200	960	7.86	4.26	1.495508249
	4.7838	4.7633	0.0205	960	7.86	4.54	1.436201814

Lanjutan

Waktu(Hari)	Berat awal	Berat akhir	Selisih	Waktu (T)	D	A	Laju Korosi
	4.9124	4.8917	0.0207	960	7.86	4.54	1.450213539
	6.3529	6.3318	0.0211	960	7.86	5.26	1.275892762
Rata-rata							1.43886

A.4 Tabel laju korosi pada konsentrasi ekstrak daun teh 11%

Waktu(Hari)	Berat awal	Berat akhir	Selisih	Waktu (T)	D	A	Laju Korosi
10	3.8415	3.8187	0.0228	240	7.86	3.7	7.83990097
	4.1814	4.1583	0.0231	240	7.86	4	7.347328244
	5.2906	5.2673	0.0233	240	7.86	4.3	6.893899047
	5.3308	5.3071	0.0237	240	7.86	4.3	7.012249246
	3.6449	3.6214	0.0235	240	7.86	3.42	8.742169248
	4.4452	4.4227	0.0225	240	7.86	4.26	6.719707558
	4.0159	3.9931	0.0228	240	7.86	4	7.251908397
	6.0205	5.9970	0.0235	240	7.86	4.94	6.052271018
	4.7547	4.7310	0.0237	240	7.86	4.6	6.554928643
	4.6829	4.6601	0.0228	240	7.86	4.54	6.389346605
Rata-rata							7.0803
20	6.4130	6.3886	0.0244	480	7.86	5.26	2.950879943
	4.3970	4.3724	0.0246	480	7.86	4.18	3.743745206
	4.4404	4.4166	0.0238	480	7.86	4.18	3.621997395
	4.6835	4.6587	0.0248	480	7.86	4.26	3.703305499
	5.1989	5.1739	0.0250	480	7.86	4.44	3.581826101
	4.1795	4.1549	0.0246	480	7.86	4	3.91221374
	4.4795	4.4550	0.0245	480	7.86	4.18	3.72852673
	4.2182	4.1943	0.0239	480	7.86	4.18	3.637215871
	5.3448	5.3200	0.0248	480	7.86	4.54	3.474907803
	5.6535	5.6288	0.0247	480	7.86	5.26	2.987161253
Rata-rata							3.5341

Waktu(Hari)	Berat awal	Berat akhir	Selisih	Waktu (T)	D	A	Laju Korosi
30	5.4082	5.3857	0.0225	720	7.86	4.62	2.065364661
	4.2633	4.2403	0.0230	720	7.86	4.16	2.344718471
	5.1050	5.0817	0.0233	720	7.86	4.54	2.176487952
	4.2400	4.2165	0.0235	720	7.86	4.18	2.384227977
	4.9077	4.8843	0.0234	720	7.86	4.54	2.185829102
	5.3198	5.2962	0.0236	720	7.86	4.54	2.204511402
	5.8006	5.7776	0.0230	720	7.86	4.62	2.111261653
	4.1930	4.1698	0.0232	720	7.86	4	2.45971162
	4.8228	4.7993	0.0235	720	7.86	4.54	2.195170252
	5.6172	5.5936	0.0236	720	7.86	5.26	1.902753187
Rata-rata							2.20300
40	4.4710	4.4412	0.0298	960	7.86	4.18	2.267552991
	5.4143	5.3845	0.0298	960	7.86	4.62	2.051595563
	3.7185	3.6888	0.0297	960	7.86	3.42	2.762153475
	3.7453	3.7153	0.0300	960	7.86	3.42	2.790054015
	5.2656	5.2353	0.0303	960	7.86	4.54	2.122776339
	5.3464	5.3165	0.0299	960	7.86	4.54	2.094752889
	3.5644	3.5346	0.0298	960	7.86	3.42	2.771453655
	4.6822	4.6518	0.0304	960	7.86	4.26	2.269767886
	4.8057	4.7752	0.0305	960	7.86	4.26	2.277234228
	5.4805	5.4498	0.0307	960	7.86	4.62	2.113556503
Rata-rata							2.35208

A.5 Perhitungan laju korosi

- Diambil contoh perendaman sampel ke-1 pada konsentrasi ekstrak daun teh 0% selama 10 hari (240 jam)

$$W = 0,0198 \text{ g}$$

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

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

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

$$\begin{aligned} \text{Laju Korosi} &= \frac{2400000 \times W}{A \times T \times D} \\ &= \frac{2400000 \times 0,0198}{4,3 \times 240 \times 7,86} \\ &= 5,85833 \text{ mdd} \end{aligned}$$

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

LAMPIRAN B. Efisiensi inhibitor**B.1 Tabel Efisiensi Inhibitor**

Waktu (Hari)	Efisiensi Konsentrasi Ekstrak Daun Teh		
	9%	10%	11%
10	-4,9%	29,71%	-15,58%
20	47,59%	60,97%	44,07%
30	72,28%	80,09%	66,40%
40	71,37%	78,77%	65,30%

B.2 Perhitungan efisiensi inhibitor

- Diambil contoh efisiensi inhibitor konsentrasi ekstrak daun teh 10% selama 10 hari

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

$$E = \frac{6,1259 - 4,3057}{6,1259}$$

$$= 29,71 \%$$

Dimana:

E : efisiensi inhibitor (%)

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

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

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

Lampiran C. Uji Statistik

C.1 Tabel Pengambilan Data Uji Statistik

Faktor A (Konsentrasi)	r	Faktor B (Hari)				Total
		10 hari	20 hari	30 hari	40 hari	
0%	1	5.858335	6.139417	6.573367	6.279193	24.850312
	2	5.91751	6.615776	5.608612	5.523965	23.6658638
	3	6.265903	6.182131	6.553122	7.27254	26.2736958
	4	4.482356	6.568066	6.10249	6.743003	23.8959145
	5	5.125115	6.583969	7.626148	6.228179	25.5634109
	6	6.20229	7.083419	5.29681	6.774809	25.3573288
	7	6.39313	5.279641	6.530958	6.711196	24.9149248
	8	8.835171	6.050654	8.29268	6.687341	29.8658462
	9	5.913343	6.552163	6.530958	9.332149	28.3286134
	10	6.265903	6.139417	6.456743	6.235576	25.0976389
Sub Total		61.25906	63.19465	65.57189	67.78795	257.813549
9%	1	7.255347	3.402568	2.226463	1.856619	14.740997
	2	5.91751	3.359854	1.134189	1.578237	11.9897901
	3	5.485675	3.25463	0.952035	1.886206	11.5785469
	4	6.421054	3.225043	1.945274	1.925137	13.5165082
	5	6.848159	3.269424	1.878105	2.336631	14.3323195
	6	6.183798	3.299012	2.194656	1.668225	13.3456907
	7	6.272561	3.716181	1.889958	2.301093	14.1797931
	8	6.806616	2.974627	2.25827	1.560096	13.5996087
	9	6.598024	3.389719	1.580201	1.866585	13.4345294
	10	6.509261	3.22546	2.237065	2.06743	14.0392159
Sub Total		64.298	33.11652	18.29622	19.04626	134.757
	1	4.427705	2.632796	1.634753	1.478336	10.1735906
	2	4.802799	2.176242	1.753214	1.380155	10.1124099

Faktor A (Konsentrasi)	r	Faktor B (Hari)				Total	
		10 hari	20 hari	30 hari	40 hari		
10%	3	3.760134	2.553489	1.723713	1.590331	9.627667367	
	4	4.569401	2.492951	1.272265	1.500735	9.835351425	
	5	3.811643	2.313208	1.260803	1.387161	8.772815008	
	6	3.991923	2.359364	1.559148	1.394167	9.304601895	
	7	4.834606	2.589282	1.293469	1.495508	10.21286518	
	8	4.802799	2.258132	1.378819	1.436202	9.875952283	
	9	4.167763	2.751272	1.13962	1.450214	9.508869552	
	10	3.888906	2.538556	1.314076	1.275893	9.017431154	
	Sub Total		43.05768	24.66529	14.32988	14.3887	96.44155
	11%	1	7.8399	2.95088	2.06536	2.26755	15.1236986
2		7.34733	3.74375	2.34472	2.0516	15.4873875	
3		6.8939	3.622	2.17649	2.76215	15.4545379	
4		7.01225	3.70331	2.38423	2.79005	15.8898367	
5		8.74217	3.58183	2.18583	2.12278	16.6326007	
6		6.71971	3.91221	2.20451	2.09475	14.9311856	
7		7.25191	3.72853	2.11126	2.77145	15.8631505	
8		6.05227	3.63722	2.45971	2.26977	14.4189664	
9		6.55493	3.47491	2.19517	2.27723	14.5022409	
10		6.38935	2.98716	1.90275	2.11356	13.3928176	
Sub Total		70.80371	35.34178	22.03004	23.5209	151.6964224	
		239.4184	156.3182	120.228	124.7438	640.70846	

C.2 Tabel Hasil Uji Statistik (SPSS)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	709.360 ^a	15	47.291	147.588	.000
Intercept	2564.704	1	2564.704	8.004E3	.000
Waktu	228.880	3	76.293	238.102	.000
konsentrasi	357.984	3	119.328	372.408	.000
Waktu * konsentrasi	122.496	9	13.611	42.477	.000
Error	46.141	144	.320		
Total	3320.205	160			
Corrected Total	755.501	159			

C.3 Perhitungan Uji Statistik

Keterangan :

Faktor A (Konsentrasi) : Terdiri dari 4 faktor,

Faktor B (Waktu) : Terdiri dari 4 faktor

R (banyaknya pengulangan) : 10 pengulangan

- **Derajat Bebas (db)**

Derajat bebas total (dbt)

$$(a \times b \times r) - 1 = (4 \times 4 \times 10) - 1 = 160 - 1 = 159$$

Derajat bebas perlakuan (dbp)

$$(ab-1) = (4 \times 4 - 1) = 16 - 1 = 15$$

Derajat bebas faktor A (dba)

$$a - 1 = 4 - 1 = 3$$

Derajat bebas faktor B (dbb)

$$b - 1 = 4 - 1 = 3$$

Derajat bebas interaksi faktor AB (dba*b)

$$(a-1)(b-1) = (4-1) \times (4-1) = 9$$

Derajat bebas galat (dbg)

$$dbt - dbp = 159 - 15 = 144$$

- **Faktor Koreksi (FK)**

$$FK = \frac{(Y_{ij})^2}{a \times b \times r}$$

$$= \frac{(640,708)^2}{4 \times 4 \times 10}$$

$$= \frac{410506,74}{160}$$

$$= 2564,704$$

Jumlah Kuadrat (JK)

- Jumlah Kuadrat Total (JKT)

$$\begin{aligned} \text{JKT} &= \sum (y_{ijk})^2 - \text{FK} \\ &= (5,85^2 + 6,13^2 + 6,57^2 + \dots + 2,11^2) - \text{FK} \\ &= 3320,205 - 2564,704 \\ &= 755,501 \end{aligned}$$

- Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP)

$$\begin{aligned} \text{JKP} &= \frac{\sum (\sum y_j)^2}{r} - \text{FK} \\ &= \frac{(61,25^2 + 63,19^2 + 65,57^2 + 67,78^2 + \dots + 23,52^2)}{10} - 2564,704 \\ &= 3274,505 - 2564,704 \\ &= 709,360 \end{aligned}$$

- Jumlah Kuadrat Faktor A (JKA)

$$\begin{aligned} \text{JKA} &= \frac{\sum (\sum Y_i)^2}{r \times b} - \text{FK} \\ &= \frac{(257,81^2 + 134,75^2 + \dots + 151,69^2)}{10 \times 4} - 2564,704 \\ &= 2923,50 - 2564,704 \\ &= 357,984 \end{aligned}$$

- Jumlah Kuadrat Faktor B (JKB)

$$\begin{aligned} \text{JK faktor B} &= \frac{\sum (\sum Y_j)^2}{R \times a} - \text{FK} \\ &= \frac{(239,4^2 + 156,3^2 + 120,2^2 + 124,7^2)}{4 \times 10} - 2564,704 \\ &= 2794,31 - 2564,704 \\ &= 228,880 \end{aligned}$$

- Jumlah Kuadrat Interaksi (JKAB)

$$\begin{aligned} \text{JK faktor AB} &= \text{JKP} - \text{JKA} - \text{JKB} \\ &= 709,360 - 357,984 - 228,880 \\ &= 122,496 \end{aligned}$$

- Jumlah Kuadrat Galat (JKG)

$$\begin{aligned} \text{JKG} &= \text{JKT} - \text{JKP} \\ &= 755,501 - 709,360 \\ &= 46,141 \end{aligned}$$

Kuadrat Tengah (KT)

- Kuadrat Tengah Perlakuan (KTP)

$$\begin{aligned} \text{KTP} &= \text{JKP} / \text{dbp} \\ &= 709,360 / 15 \\ &= 47,291 \end{aligned}$$
- Kuadrat Tengah Faktor A (KTA)

$$\begin{aligned} \text{KTA} &= \text{JKA} / \text{dba} \\ &= 357,984 / 3 \\ &= 119,328 \end{aligned}$$
- Kuadrat Tengah Faktor B (KTB)

$$\begin{aligned} \text{KTB} &= \text{JKB} / \text{dbb} \\ &= 228,880 / 3 \\ &= 76,29 \end{aligned}$$
- Kuadrat Tengah Interaksi Faktor AB (KTAB)

$$\begin{aligned} \text{KTAB} &= \text{JKAB} / \text{dbab} \\ &= 122,496 / 9 \\ &= 13,611 \end{aligned}$$
- Kuadrat Tengah Galat (KTG)

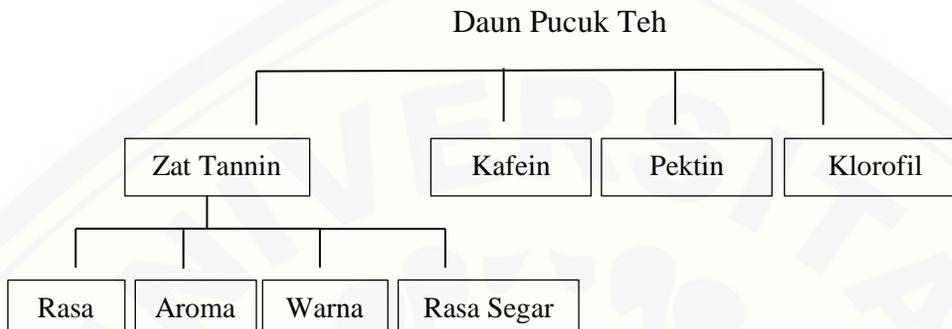
$$\begin{aligned} \text{KTG} &= \text{JKG} / \text{dbg} \\ &= 46,141 / 144 \\ &= 0,320 \end{aligned}$$

Frekuensi Hitung (F-hit)

- F-hit P = $\text{KTP} / \text{KTG} = 47,291 / 0,321 = 147,588$
- F-hit A = $\text{KTA} / \text{KTG} = 119,328 / 0,321 = 372,408$
- F-hit B = $\text{KTB} / \text{KTG} = 76,293 / 0,321 = 238,102$
- F-hit AB = $\text{KTAB} / \text{KTG} = 13,611 / 0,321 = 42,477$

LAMPIRAN D.

Komposisi kimia pada daun teh perkebunan Kertowono, Gucialit Lumajang



D.1 Tabel Katekin, Kafein dan Tanin pada bagian – bagian pucuk teh :

Bagian Daun Teh	Katekin	Kafein	Tanin
Daun Pertama	26%	4,7%	15%
Daun Kedua	25%	4,2%	9%
Daun Ketiga	20%	3,5%	7%
Tangkai Atas	17%	2,9%	-
Tangkai Kedua	11%	2,5%	-
Tangkai Ketiga	5%	1	-
Tangkai Keempat	-	-	-

(Sumber: Perkebunan Teh Kertowono, Gucialit, Lumajang)

LAMPIRAN E. Alat penelitian



Gambar E1. Alat Penelitian

Keterangan :

- A. Mesin gerinding
- B. Mesin *rotary evaporator*
- C. Timbangan dengan ketelitian 0,0001 mg, *Excellent Scale*
- D. Mikroskop Panasonic f10 ccd



Gambar E2. Alat Penelitian

Keterangan:

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

LAMPIRAN F. Bahan Penelitian



Gambar F1. Bahan Penelitian

Keterangan :

- A. Daun teh dari perkebunan Kertowono, Gucialit, Lumajang
- B. Proses pengeringan daun te



Gambar F2. Peletakan dan Perendaman Spesimen

Keterangan :

- A. Proses pencampuran serbuk daun teh dengan etanol 70%
- B. Proses peletakan spesimen dan perendaman spesimen
- C. Pemindahan spesimen untuk segera ditimbang



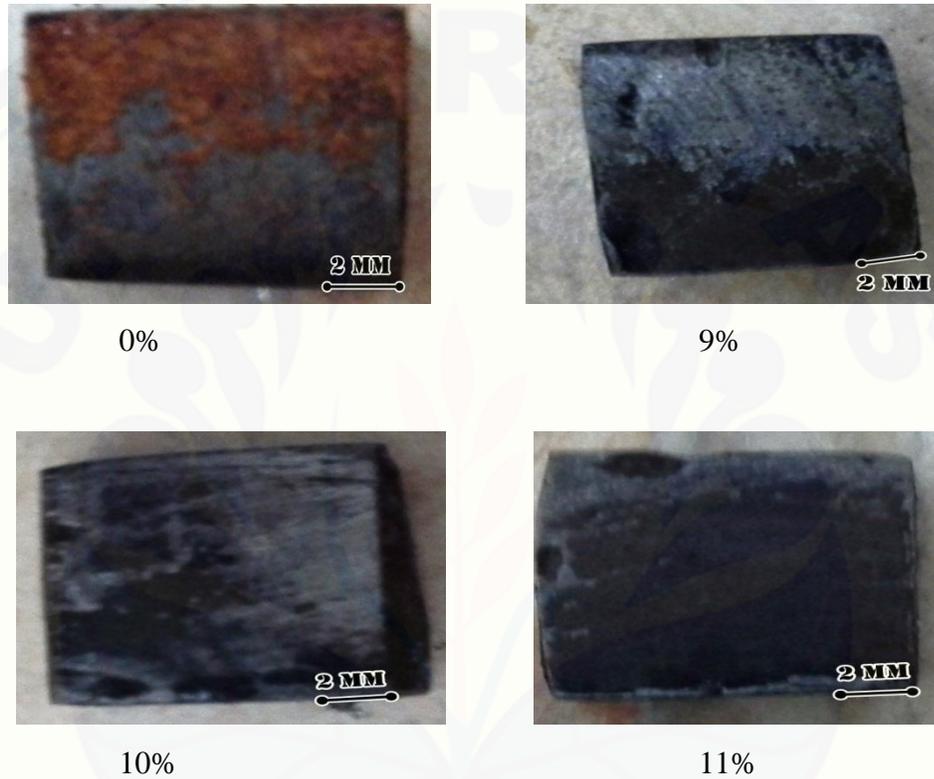
Gambar F3. Bahan Penelitian

Keterangan :

- A. Etanol 70%
- B. Aquadest
- C. HNO₃

LAMPIRAN G. Struktur makro

Untuk foto makro permukaan baja AISI E2512 menggunakan camera digital dengan pengambilan sampel secara acak.

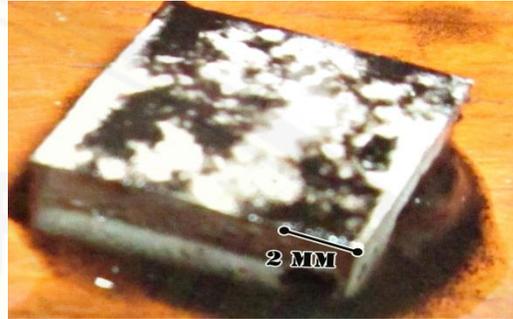
G.1 Foto makro untuk waktu perendaman 10 hari

Gambar G1. Foto makro perendaman 10 hari

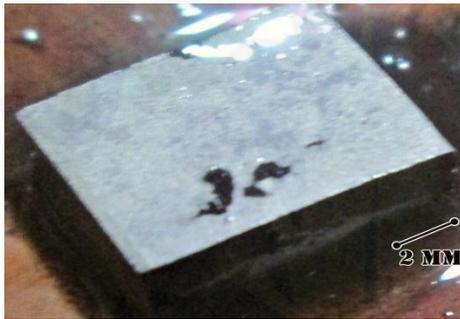
G.2 Foto makro untuk waktu perendaman 20 hari



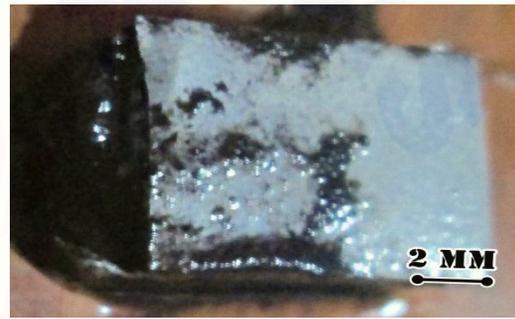
0%



9%



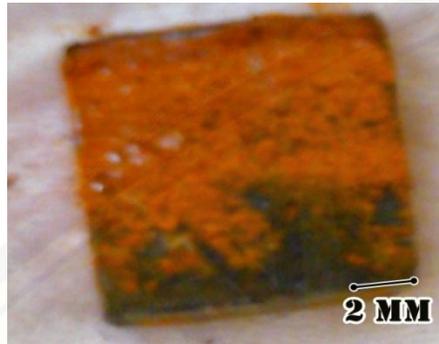
10%



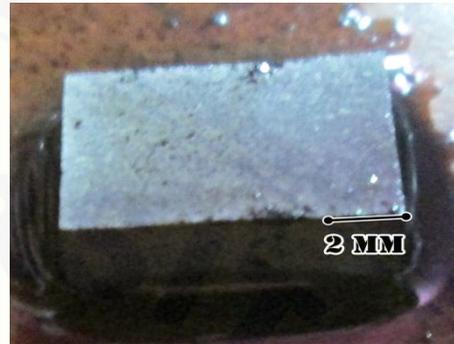
11%

Gambar G2. Foto makro perendaman 20 hari

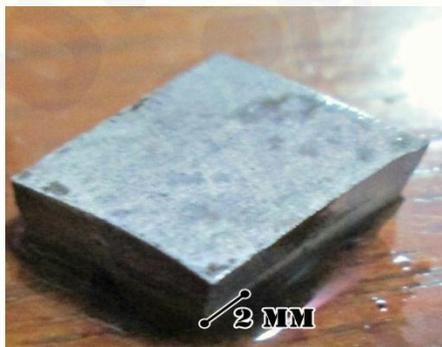
G.3 Foto makro untuk waktu perendaman 30 hari



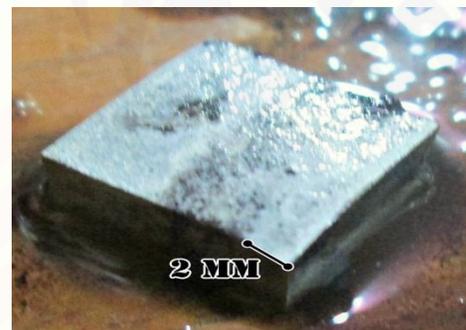
0%



9%



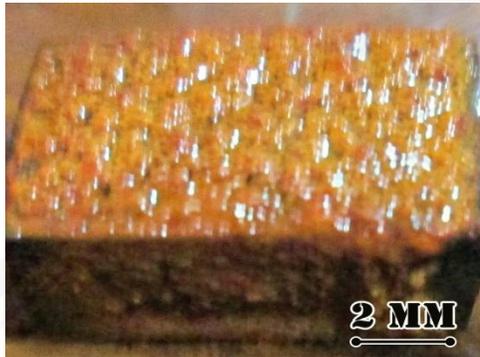
10%



11%

Gambar G3. Foto makro perendaman 30 hari

G.4 Foto makro untuk waktu perendaman 40 hari



0%



9%



10%



11%

Gambar G4. Foto makro perendaman 40 hari

Daftar Pustaka

- Aidil, E., and A. M. Shams El Din. 1972. *Corrosion inhibition by naturally occurring substances-I. The effect of Hibiscus subdariffa (karkade) extract on the dissolution of Al and Zn*, *Corrosion Science*. vol. 12, no. 12, pp. 897–904.
- Anggraita, E. D. 2014. Pengaruh Variasi Konsentrasi Ekstrak Kopi Terhadap Laju Korosi Pipa Baja Karbon A53 Pada Media Air Laut. Teknik Mesin. Universitas Jember.
- ASTM G1-72. 1994. *Standart Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metal*. ASTM Internasional, Annual Book of ASTM Standart, USA, 1994.
- ASTM G1-90. 1994. *Standard Practice for Preparing, Cleaning and Evaluating Corrosion Test Specimens*. ASTM Internasional, Annual Book of ASTM Standart, USA, 1994.
- Aziz dan Zulkifli 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 Vol. 10, Makasar
- Desi, M, S. 2013. *Pengendalian laju korosi baja St-37 dalam medium asam klorida dan natrium klorida menggunakan inhibitor ekstrak daun teh (Camelia sinensis)*. Jurnal Fisika Unand Vol. 2, Padang
- Ega Devara (2014). *Pengaruh konsentrasi ekstrak daun teh terhadap media air laut pada Baja A53*. Jurnal Teknik Mesin, Jember
- Ferdany, A., 2010. Tanin. [Http :// en. Wikipedia. Org/wiki/tannin](http://en.wikipedia.org/wiki/tannin). [diakses tanggal 28 Oktober 2014 jam 14.00 WIB]
- Giat, S, Sulistioso. Et, al,. 2013. Pengaruh Inhibitor Kafeina pada Laju Korosi dan Struktur Mikro Baja Karbon KS01 dan AISI 1045 dalam Media Air Laut. Jurusan Kimia. Universitas Pajajaran.

- Gurudas, Pedersen, M., and Harald, W.T. 1988. *The Spiritual Properties of Herbs*. Cassandra Press, San Rafael, California. USA
- Hagerman, Ann E, 2002. "Tannin Handbook."
<www.users.muohio.edu/hagermae/tannin.pdf>.
- Hagerman, et, al., 1998. High Molecular Weight Plant Polyphenols (Tannins) as Biological Antioxidant. *Journal Agriculture Food Chemistry* 46 : 1887-1892.
- Harborne, J.B. 1996. *Metode Fitokimia : Penuntun Cara Mode Menganalisis Tumbuhan*, diterjemahkan oleh Kosasih Padmawinata dan Iwang Soediro. Terbitan Kedua. Penerbit ITB. Bandung
- Haryati. 2008. *Potensi dan Peluang Tanaman Obat*, Jakarta : Erlangga.
- Haryono,G., Sugiarto, B., dkk. 2010. *Ekstrak Bahan Alam sebagai Inhibitor Korosi*, Jurusan Teknik Kimia FTI UPN Veteran : Yogyakarta.
- Hermawan, B. 2007. *Ekstrak Bahan Alami sebagai Inhibitor korosi*.
http://www.chem-istry.org/author/Beni_Hermawan.com
- Kristian, Andy. 2012. Pengaruh Inhibitor Kafein terhadap Laju Korosi Baja API5L Grade B dalam Media Air Laut. Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PTBIN). BATAN.
- 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 The (Camelia sinensis) Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Schedule 40 Grade B ERW*. *Jurnal Fisika Volume 1 No.1*, Unand : Padang.
- Nathan, C.C. (1977), *Corrosion Inhibitors*. Houston, National Association Of Corrosion Engineers.
- Prasetyo, Susiana, et al., 2011. Pengaruh Rasio Biji Teh / Pelarut Air dan Temperatur Pada Ekstraksi Saponin Biji Teh secara Batch. *Teknik Kimia*. Universitas Katolik Parahyangan Bandung.

- Putra, S.E. (2009). Antioksidan Alami di Sekitar Kita.[Online].
Tersedia : http://www.chem-istry.org/artikel_kimia/kimia_pangan/antioksidan-alami-di-sekitar-kita. 5.
Akses 20 November 2014, 22.11 WIB.
- Raja, P.B and Sethuraman, M.G, 2008. Natural Product as Corrosion Inhibitor for Metal in Corrosive Media – A review. *Materials Letters*
- Sastrosupadi, A., 2000 Rancangan Percobaan Praktis Bidang Pertanian. Penerbit. Kanisus. Yogyakarta
- Sudaryono, 2012. *Dasar-Dasar evaluasi Pembelajaran*. Yogyakarta. Graha Ilmu
- Sulaeman, S., dan M, Ali., Kharakan, 2002. Analisa Pengaruh Heat Treatment Terhadap Ketebalan Lapisan Zinc dan Ketahanan Korosi pada Lingkungan Engine hanger Sebelum Proses Pelapisannya. Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Jakarta
- Supardi, H.R. 1997. Korosi. Bandung.
- Threthewey, K.R and Chamberlein.J. 1991. Korosi, Untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasawan. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Utomo, B. 2009. Jenis Korosi dan Penanggulangannya. Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro, Vol. 6, No. 2, Semarang
- Widharto. S., Karat dan Pencegahannya, Cet.1, Jakarta : Pradnya Paramitha, 1999