



**Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Daun Tembakau Terhadap  
Laju Korosi Baja AISI E 2512  
Media Air Laut**

**SKRIPSI**

Oleh :

**Pemi Juni Setiawan**

**111910101018**

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



**Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Daun Tembakau  
Terhadap Laju Korosi Baja AISI E 2512  
Media Air Laut**

**SKRIPSI**

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

Oleh :

**Pemi Juni Setiawan**

**111910101018**

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

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Wiwik Susilowati dan Ayahanda Bunarso tercinta yang senantiasa memberikan semangat, dorongan, kasih sayang, dan dukungan yang tidak kenal lelah hingga saat ini serta doa yang tiada hentinya beliau haturkan dengan penuh keikhlasan hati;
2. Kakakku Wulandari Bakti Purwati, Slamet Mulyono, dan Mahmudi yang selalu memberi dukungan demi terciptanya skripsi ini;
3. 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 Ir. FX. Kristianta, M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Utama, Bapak Dr. R. Koekoeh K.W., S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing anggota yang telah meluangkan waktunya memberikan masukan, dan ide dalam penulisan skripsi ini. Bapak Santoso Mulyadi, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama, Bapak Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji anggota yang sudah memberikan saran dan masukan yang sangat membantu dalam penyelesaian skripsi ini;
4. Saudaraku Teknik Mesin 2011 Universitas Jember yang senantiasa memberikan motivasi dan semangat persaudaraan selama perkuliahan hingga saat ini dan teruslah bersaudara hingga kita bisa berbagi kesenangan dan kebahagiaan lagi di surga-NYA kelak;
5. Sahabatku Roby Rusli, Yudha Khiswanto, Agung Fauzi, Farihen, Annas, Riza Hasbi, Syadillah Farhan, Intan Titoni, Rheza Ageng, Fitta Ayu, Yeni, Rikaya, Retna, Maulina, Ayu Rossa yang tidak pernah lelah untuk mengingatkan untuk selalu semangat;
6. Serta civitas akademik baik dilingkungan UNEJ maupun seluruh instansi pendidikan, perusahaan dan lembaga terkait.

**MOTTO**

*“Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.”*

(terjemahan surat Al-Mujaadilah ayat 11)\*)

*“dan jangan kamu berputus asa dari rahmat ALLAH. Sesungguhnya tiada berputus asa dari rahmat ALLAH, melainkan kaum yang kafir.”*

(terjemahan surat Yusuf ayat 87)\*)

*“Belajar dari hari kemarin, hidup untuk hari ini, dan berharap untuk besok.”*

(Albert Einstein)

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Pemi Juni Setiawan

NIM : 111910101018

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “PENGARUH KONSENTRASI INHIBITOR EKSTRAK DAUN TEMBAKAU TERHADAP LAJU KOROSI BAJA AISI E 2512 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, Oktober 2015

Yang menyatakan,

(Pemi Juni Setiawan)

NIM 111910101018

**SKRIPSI**

**PENGARUH KONSENTRASI INHIBITOR EKSTRAK DAUN  
TEMBAKAU TERHADAP LAJU KOROSI BAJA AISI E 2512  
MEDIA AIR LAUT**

Oleh

Pemi Juni Setiawan  
NIM 111910101018

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Ir. FX. Kristianta, M.Eng.

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

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Daun Tembakau Terhadap Laju Korosi Baja AISI E 2512 Media Air Laut ” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Rabu, 7 Oktober 2015

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Ir. FX. Kristianta, M.Eng.  
NIP 19650120 200112 1 001

Dr. R. Koekoeh K.W.,S.T., M.Eng.  
NIP 19670708 199412 1 001

Anggota I,

Anggota II,

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

Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T.  
NIP 19691201 199602 1 001

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

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



## RINGKASAN

**Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Daun Tembakau Terhadap Laju Korosi Baja AISI E 2512 Media Air Laut;** Pemi Juni Setiawan, 111910101018; 2015; 83 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Korosi merupakan suatu bentuk kerusakan yang terjadi pada logam. Faktor utama penyebab terjadinya korosi adalah lingkungan. 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 Nitrogen.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Daun Tembakau Terhadap Laju Korosi Baja AISI E 2512 Media Air Laut. Pada penelitian ini memvariasikan konsentrasi ekstrak daun tembakau dengan lama perendaman. Konsentrasi yang digunakan adalah 0, 3, 6 dan 9%, lama perendaman 36 hari. Pengambilan data diambil setiap hari ke 9, 18, 27 dan 36.

Penelitian ini dilakukan di 3 tempat berbeda. Laboratorium Uji Bahan Fakultas Teknik Universitas Jember untuk melakukan pemotongan spesimen. Laboratorium Biologi Fakultas Farmasi Universitas Jember untuk melakukan ekstrak Tembakau dan penimbangan spesimen. Laboratorium Pengujian Bahan – UB untuk melakukan pengujian mikro spesimen.

Dari hasil penelitian didapat nilai laju korosi terendah pada konsentrasi 3% serta waktu perendaman 27hari. Laju Korosinya  $1.3624 \text{ mg/dm}^2\text{day}$  dengan efisiensi inhibisinya mencapai 69.11%.



## SUMMARY

*Effect of Tobacco Leaf Extract Concentration Inhibitor Against Corrosion rate of steel AISI E 2512 in Sea water; Pemi Juni Setiawan, 111910101018; 2015; 83 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. 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 containing nitrogen.*

*This study aims to determine the effect of Tobacco Leaf Extract Concentration Inhibitor Against Corrosion rate of steel AISI E 2512 in Seawater. In this study, varying the concentration of the extract of tobacco leaves by soaking time. Concentrations used were 0, 3, 6 and 9%, soaking time 36 days. Collecting data is taken every day to 9, 18, 27 and 36.*

*This research was conducted in three different places. Materials Testing Laboratory of the Technical University of Jember for cutting specimens. Laboratory of Biology, Faculty of Pharmacy, University of Jember to extract Tobacco and weighing of the specimen. Materials Testing Laboratory - UB for testing micro specimens.*

*The result is the value of the lowest corrosion rate at 3% concentration and immersion time 27hari. Corrosion rate 1.3624 mg / dm<sup>2</sup>day with inhibisinya efficiency reached 69.11%.*

## PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Daun Tembakau Terhadap Laju Korosi Baja AISI E 2512 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. Ibunda Wiwik Susilowati dan Ayahanda Bunarso tercinta 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 Wulandari Bekti Purwati, Slamet Mulyono, dan Mahmudi yang selalu memberi dukungan demi terciptanya skripsi ini;
4. Bapak Ir. FX. Kristianta, M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Utama, Bapak Dr. R. Koekoeh K.W., S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing anggota yang telah meluangkan waktunya, memberikan masukan, dan ide dalam penulisan skripsi ini;
5. Bapak Santoso Mulyadi, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama, Bapak Dedi Dwi Laksana, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji anggota yang sudah memberikan saran dan masukan yang sangat membantu dalam penyelesaian skripsi ini;

6. Bapak Dosen Universitas Jember khususnya Jurusan Teknik Mesin yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
7. Saudara - saudaraku Teknik Mesin 2011 Universitas Jember yang tidak bisa penulis sebutkan satu – persatu. Semoga kalian semua mendapatkan yang terbaik;
8. Sahabatku Roby Rusli, Yudha Khiswanto, Agung Fauzi, Farihen, Annas, Riza Hasbi, Syadillah Farhan, Intan Titoni, Rheza Ageng, Fitta Ayu, Yeni, Rikaya, Retna, Maulina, Ayu Rossa yang tidak pernah lelah untuk mengingatkan untuk selalu semangat;
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, Oktober 2015

Penulis

**DAFTAR ISI**

	HALAMAN
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>MOTTO</b> .....	iii
<b>PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>PEMBIMBING</b> .....	v
<b>PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>PRAKATA</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	3
<b>1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian</b> .....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
<b>2.1 Pengertian Korosi</b> .....	5
<b>2.2 Definisi dan Prinsip Dasar Korosi</b> .....	5
<b>2.3 Jenis – Jenis Korosi</b> .....	9
<b>2.4 Faktor Penyebab terjadinya Korosi</b> .....	15
2.4.1 Sifat Material .....	15
2.4.2 Faktor Lingkungan .....	16

<b>2.5 Baja</b> .....	18
2.5.1 Baja Secara Umum .....	18
2.5.2 Baja karbon AISI E 2512.....	19
<b>2.6 Air Laut</b> .....	19
<b>2.7 Inhibitor</b> .....	22
2.7.1 Jenis Inhibitor Menurut Bahan Dasarnya .....	22
2.7.2 Jenis Inhibitor Menurut Reaksi yang Dihambat.....	23
<b>2.8 Beberapa Masalah dalam Penggunaan Inhibitor</b> .....	24
<b>2.9 Pengendalian Korosi</b> .....	26
<b>2.10 Tembakau</b> .....	26
<b>2.11 Penelitian Terdahulu</b> .....	28
<b>2.12 Hipotesis</b> .....	30
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	31
<b>3.1 Metode Penelitian</b> .....	31
<b>3.2 Tempat dan Waktu Penelitian</b> .....	31
<b>3.3 Alat dan Bahan Penelitian</b> .....	31
3.3.1 Alat .....	31
3.3.2 Bahan .....	32
<b>3.4 Prosedur Penelitian</b> .....	32
<b>3.5 Pelaksanaan Penelitian</b> .....	33
3.5.1 Persiapan alat.....	33
3.5.2 Persiapan dan pembuatan spesimen uji .....	33
3.5.3 Pembuatan Ekstrak Daun Tembakau.....	34
3.5.4 Pengkorosian Material.....	35
3.5.5 Pengambilan dan Pembersihan Material .....	36
3.5.6 Pengamatan <i>Metallography</i> .....	36
<b>3.6 Analisis Data</b> .....	37
3.6.1 Analisis dengan Metode Gravimetri.....	37

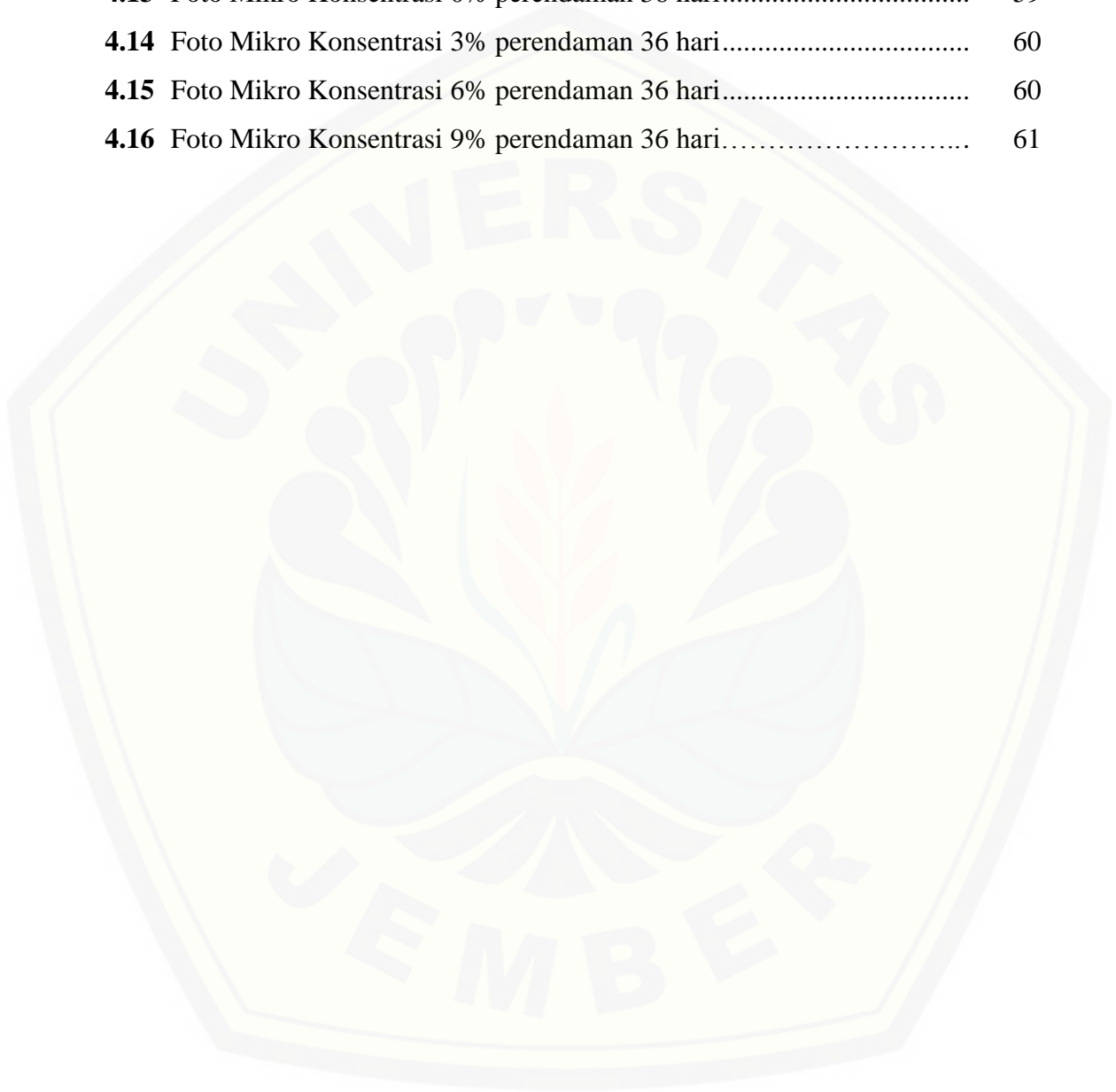
<b>3.7 Variabel Penelitian</b> .....	38
3.7.1 Variabel Bebas .....	38
3.7.2 Variabel Terikat .....	39
<b>3.8 Metode Pengujian</b> .....	39
3.8.1 Penyajian Data Eksperimen Faktorial .....	40
3.8.2 Percobaan Faktorial Metode Rancang Acak Lengkap .....	40
3.8.3 Uji Hipotesis .....	42
<b>3.9 Diagram Alir Proses</b> .....	43
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	45
<b>4.1 Analisis Laju Korosi</b> .....	45
4.1.1 Analisis Laju Korosi Konsentrasi 0% .....	45
4.1.2 Analisis Laju Korosi Konsentrasi 3% .....	46
4.1.3 Analisis Laju Korosi Konsentrasi 6% .....	48
4.1.4 Analisis Laju Korosi Konsentrasi 9% .....	49
4.1.5 Analisis Laju Korosi Berbagai Variasi Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Daun Tembakau .....	51
<b>4.2 Analisis Efisiensi Inhibitor Ekstrak Daun Tembakau</b> .....	52
<b>4.3 Mekanisme Inhibitor</b> .....	54
<b>4.4 Analisis Struktur Makro</b> .....	56
<b>4.5 Analisis Struktur Mikro</b> .....	59
<b>4.6 Uji Statistik</b> .....	61
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	63
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	63
<b>5.2 Saran</b> .....	63
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	64
<b>LAMPIRAN</b> .....	67



**DAFTAR GAMBAR**

	HALAMAN
<b>2.1</b> Sel Korosi.....	8
<b>2.2</b> Korosi Galvanis .....	9
<b>2.3</b> Korosi Lelah .....	10
<b>2.4</b> Korosi Tegangan.....	11
<b>2.5</b> Korosi Erosi.....	11
<b>2.6</b> Korosi Celah.....	12
<b>2.7</b> Korosi Sumuran .....	13
<b>2.8</b> Korosi Antar Kristal .....	13
<b>2.9</b> Korosi Merata .....	14
<b>2.10</b> Senyawa Nikotin.....	27
<b>2.11</b> Daun Tembakau .....	27
<b>2.12</b> Grafik Laju Korosi Untuk Inhibitor Tembakau.....	29
<b>3.1</b> Penampang Spesimen Uji .....	33
<b>3.2</b> Skema Peletakan Spesimen Uji .....	35
<b>4.1</b> Grafik Pengaruh Inhibitor Ekstrak Daun Tembakau Konsentrasi 0%....	45
<b>4.2</b> Grafik Pengaruh Inhibitor Ekstrak Daun Tembakau Konsentrasi 3%....	46
<b>4.3</b> Grafik Pengaruh Inhibitor Ekstrak Daun Tembakau Konsentrasi 6%....	48
<b>4.4</b> Grafik Pengaruh Inhibitor Ekstrak Daun Tembakau Konsentrasi 9%....	49
<b>4.5</b> Grafik Pengaruh Variasi Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Daun Tembakau Terhadap Laju Korosi .....	51
<b>4.6</b> Grafik Efisiensi Ekstrak Daun Tembakau Terhadap Waktu.....	53
<b>4.7</b> Struktur Molekul Nikotin.....	55
<b>4.8</b> Foto Permukaan Baja Karbon AISI E 2512 Sebelum Perendaman.. .....	56
<b>4.9</b> Foto Makro Baja AISI E 2512 Konsentrasi 0% perendaman 36 hari.....	56
<b>4.10</b> Foto Makro Baja AISI E 2512 Konsentrasi 3% perendaman 36 hari.....	57

<b>4.11</b>	Foto Makro Baja AISI E 2512 Konsentrasi 6% perendaman 36 hari.....	58
<b>4.12</b>	Foto Makro Baja AISI E 2512 Konsentrasi 9% perendaman 36 hari.....	58
<b>4.13</b>	Foto Mikro Konsentrasi 0% perendaman 36 hari.....	59
<b>4.14</b>	Foto Mikro Konsentrasi 3% perendaman 36 hari.....	60
<b>4.15</b>	Foto Mikro Konsentrasi 6% perendaman 36 hari.....	60
<b>4.16</b>	Foto Mikro Konsentrasi 9% perendaman 36 hari.....	61



**DAFTAR TABEL**

	HALAMAN
<b>2.1</b> Komposisi Kandungan Kimia Ekstrak Daun Tembakau .....	28
<b>2.2</b> Laju Korosi Untuk Inhibitor Tembakau .....	28
<b>2.3</b> Penggolongan Tingkat Ketahanan Laju Korosi.....	30
<b>3.1</b> Komposisi Inhibitor Berbagai Variasi .....	35
<b>3.2</b> Tabel ANOVA .....	40
<b>4.1</b> Daya Inhibisi Ekstrak Daun Tembakau .....	52
<b>4.2</b> Tabel ANAVA Pengaruh Variasi Waktu dan Konsentrasi Terhadap Laju Korosi.....	61

**DAFTAR LAMPIRAN**

	HALAMAN
<b>LAMPIRAN A. TABEL PENGAMBILAN DATA</b> .....	67
A.1 Tabel Lampiran Laju Korosi Konsentrasi 0% .....	67
A.2 Tabel Lampiran Laju Korosi Konsentrasi 3% .....	68
A.3 Tabel Lampiran Laju Korosi Konsentrasi 6% .....	68
A.4 Tabel Lampiran Laju Korosi Konsentrasi 9% .....	69
A.5 Perhitungan Laju Korosi .....	70
<b>LAMPIRAN B. EFISIENSI INHIBITOR</b> .....	71
B.1 Tabel Efisiensi Inhibitor .....	71
B.2 Perhitungan Efisiensi Inhibitor .....	71
<b>LAMPIRAN C. DAUN TEMBAKAU</b> .....	72
C.1 Gambar Tembakau .....	72
C.2 Komposisi Kandungan Kimia Ekstrak Daun Tembakau .....	72
<b>LAMPIRAN D. UJI STATISTIK</b> .....	73
D.1 Tabel Pengambilan Data Uji Statistik .....	73
D.2 Tabel Hasil Uji Statistik (SPSS) .....	74
D.3 Perhitungan Uji Statistik .....	74
<b>LAMPIRAN E. GAMBAR ALAT PENELITIAN</b> .....	78
<b>LAMPIRAN F. BAHAN PENELITIAN</b> .....	80
<b>LAMPIRAN G. SPESIFIKASI BAJA</b> .....	83

## 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). Korosi atau yang biasa dikenal dengan istilah perkaratan adalah penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya (Supardi, 1997). Banyak kerugian yang disebabkan korosi. Contohnya di Indramayu, korosi menyebabkan kebocoran pada pipa gas di salah satu sumur milik P.T 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 merupakan masalah besar bagi peralatan yang menggunakan material dasar logam seperti mobil, jembatan, mesin, pipa, kapal dan lain sebagainya (Rieger, 1992). 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).

Baja merupakan material yang masih menjadi pilihan utama dalam berbagai kebutuhan konstruksi saat ini. Seperti halnya baja karbon AISI E 2512 yang digunakan sebagai bahan pembuatan konstruksi sistem ballast pada kapal laut. Sistem ballast pada kapal laut merupakan sistem yang digunakan untuk dapat memposisikan kapal dalam keadaan seimbang, yaitu dengan cara memasukkan air laut ke dalam tangki ballast pada kapal laut. Hal utama yang perlu diperhatikan adalah kerusakan akibat terjadinya korosi pada tangki ballast. Sehingga perlu direncanakan mengenai pemeliharaan agar tidak terjadi kerusakan yang lebih lanjut yang diakibatkan oleh proses korosi tersebut.

Inhibitor terbagi dua yaitu inhibitor organik dan inhibitor anorganik (Aidil, 1972). Inhibitor organik yaitu inhibitor yang berasal dari bagian tumbuhan yang mengandung nitrogen. Nitrogen merupakan zat kimia yang terdapat pada daun, akar, kulit, buah, dan batang tumbuhan. Senyawa ekstrak bahan alam yang dijadikan inhibitor harus mengandung atom Natrium, Oksigen, Fosfor, 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 nitrogen adalah tembakau 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).

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. Dan dengan menggunakan inhibitor bahan alam ini terbukti dapat menghambat laju korosi. Kandungan nikotin ini dapat ditemukan pada ekstrak daun tembakau. Pada penelitian sebelumnya dapat diketahui bahwa kandungan nikotin pada ekstrak daun tembakau dapat mengurangi laju korosi pada baja, tembaga, aluminium dan memiliki daya inhibisi yang baik (Haryono, 2010).

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan laju korosi baja karbon AISI E 2512 dalam medium air laut yang ditambahkan dan tanpa ditambahkan ekstrak daun tembakau dengan konsentrasi (0, 3, 6, 9% ), untuk menentukan nilai efisiensi inhibisi



ekstrak daun tembakau, digunakan metode perhitungan pengurangan massa material dan pengamatan struktur mikro material menggunakan mikroskop optik.

### 1.2 Rumusan Masalah

Untuk mengetahui seberapa besar ketahanan korosi pada baja karbon AISI E 2512, maka perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh pada kandungan ekstrak daun tembakau pada baja karbon AISI E 2512 terhadap laju korosi.

1. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi ekstrak daun tembakau terhadap efisiensi inhibitor pada baja karbon AISI E 2512 dalam medium air laut?
2. Bagaimana pengaruh laju korosi dengan variasi konsentrasi inhibitor ekstrak daun tembakau 0, 3, 6, 9% pada baja karbon AISI E 2512 dalam medium air laut?

### 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. Perhitungan yang digunakan hanya pada laju korosi baja karbon AISI E 2512 dan tidak menghitung sifat mekanik baja karbon AISI E 2512
2. Tidak membahas perubahan energi pada saat proses korosi yang terjadi
3. Pengamatan pada struktur mikro baja karbon AISI E 2512 setelah mengalami penambahan ekstrak daun tembakau
4. Kandungan kadar garam air laut dianggap konstan
5. Temperatur dan pH diasumsikan konstan
6. Hanya menghitung statistik penelitian

## **1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian**

### **1.4.1 Tujuan**

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi inhibitor ekstrak daun tembakau terhadap laju korosi baja karbon AISI E 2512 dalam medium air laut.
2. Untuk mengetahui pengaruh waktu perendaman terhadap laju korosi.
3. Untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi ekstrak daun tembakau terhadap efisiensi inhibitor pada lingkungan air laut.

### **1.4.2 Manfaat**

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

1. Dapat mendapat wawasan mengenai inhibisi ekstrak daun tembakau terhadap korosi yang terjadi pada baja karbon AISI E 2512.
2. Mengetahui laju korosi pada baja karbon AISI E 2512 sebelum dan setelah diberikan inhibitor ekstrak daun tembakau.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pengertian Korosi

Korosi berasal dari bahasa latin "*Corrodere*" yang artinya perusakan logam atau berkarat akibat lingkungannya. 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, seperti asam klorida (HCl) dan natrium klorida (NaCl) yang digunakan sebagai medium korosif. Korosi tidak dapat dicegah tetapi lajunya dapat dikurangi. Proses korosi logam berlangsung secara elektrokimia yang terjadi secara simultan pada daerah secara garis besar korosi ada dua jenis yaitu :

1. Korosi Internal yaitu korosi yang terjadi akibat adanya kandungan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S pada minyak bumi, sehingga apabila terjadi kontak dengan air akan membentuk asam yang merupakan penyebab korosi.
2. Korosi Eksternal yaitu korosi yang terjadi pada bagian permukaan dari sistem perpipaan dan peralatan, baik yang kontak dengan udara bebas dan permukaan tanah, akibat adanya kandungan zat asam pada udara dari tanah.

### 1.2 Definisi dan Prinsip Dasar Terjadinya 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:

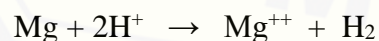
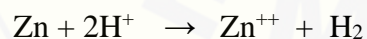
1. Perusakan material tanpa perusakan mekanis
2. Kebalikan dari metalurgi ekstraktif

3. Proses elektrokimia dalam mencapai kesetimbangan termodinamika suatu system. Jadi korosi adalah system 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  $\text{H}^+$  (dari asam) dan adanya  $\text{O}_2$  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 ialah yaitu :

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

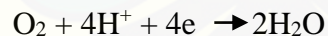


2. Katoda, merupakan elektroda yang mengalami reaksi katodik yang mengkonsumsi electron hasil dari reaksi anodik. Reaksi reduksi yang sering terjadi adalah :

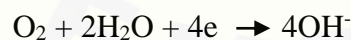
- Reaksi pembentukan hidrogen :



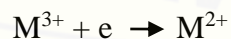
- Reaksi reduksi oksigen dalam larutan asam :



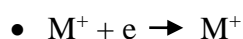
- Reaksi reduksi oksigen dalam larutan basa/netral :



- Reaksi reduksi logam :



- Reaksi reduksi logam :

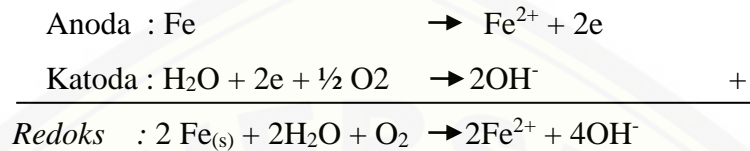


3. Penghantar listrik, dimana diantara katoda dan anoda harus terdapat kontak listrik agar arus sel korosi dapat mengalir.



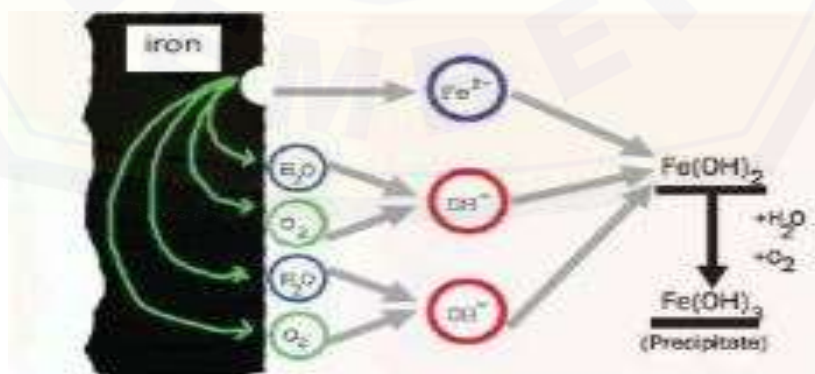
4. Elektrolit, merupakan suatu media yang bersifat menghantarkan arus listrik seperti air dan tanah.

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<sup>-</sup> yang menyebabkan lingkungan menjadi basa atau netral. Ion OH<sup>-</sup> 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 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.1 Sel Korosi (Sumber: Supardi, 1997)



Skema diatas dapat dijabarkan sebagai berikut :

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

### 2.3 Jenis-Jenis Korosi

Jenis korosi yang umumnya terjadi pada logam adalah sebagai berikut:

#### 1. 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.



Gambar 2.2 Korosi Galvanis (Sumber: Utomo, 2009)

## 2. Korosi Lelah (*Fatigue Corrosion*)

Korosi jenis ini sering terjadi di daerah yang kondisi oksidasi terhadap krom (Cr) SS sangat rendah atau bahkan tidak ada sama sekali (miskin oksigen). Sering pula terjadi akibat desain konstruksi peralatan yang tidak memungkinkan terjadinya oksidasi tersebut misal celah antara *gasket/ packing*, celah yang terbentuk akibat pengelasan yang tidak sempurna, sudut-sudut yang sempit, celah/sudut antara 2 atau lebih lapisan metal, celah antara mur/baut dsb. Praktis korosi ini terjadi di daerah yang sangat sempit (celah, sudut, takik dsb). *Crevice Corrosion* dapat dipandang sebagai *pitting corrosion* yang lebih berat/ hebat dan terjadi pada *temperature* dibawah *temperature moderate* yang biasa menyebabkan *pitting corrosion*.



Gambar 2.3 Korosi Lelah (Sumber: Utomo, 2009)

## 3. Korosi Tegangan (*Stress Corrosion*)

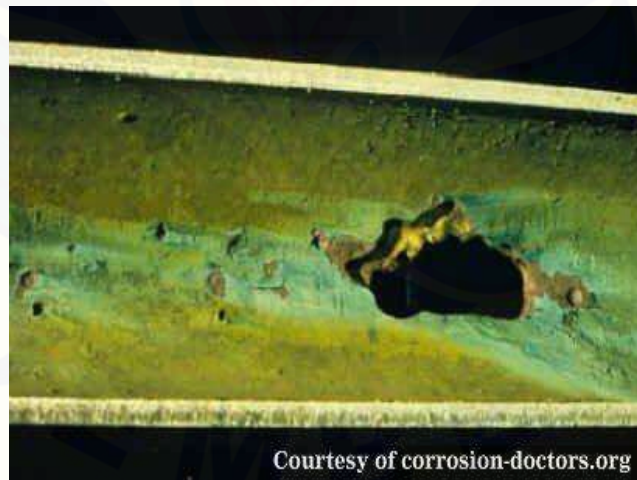
Gaya-gaya seperti tarikan (*tensile*) atau kompresi (*Compressive*) berpengaruh sangat kecil pada proses pengkaratan. Adanya kombinasi antara regangan tarik (*tensile stress*) dan lingkungan yang korosif, maka akan terjadi kegagalan material berupa retakan yang disebut retak karat regangan.



Gambar 2.4 Korosi Tegangan (Sumber: Utomo, 2009)

#### 4. Korosi Erosi (*Errosion 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.



Gambar 2.5 Korosi Erosi (Sumber: Utomo, 2009)

#### 5. 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.

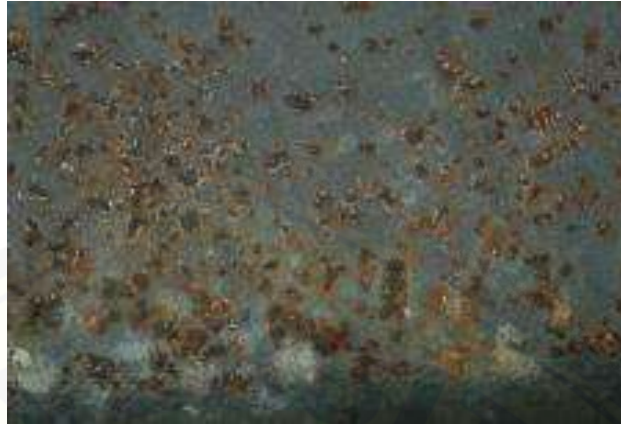


Gambar 2.6 Korosi Celah (Sumber: Utomo, 2009)

#### 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.





Gambar 2.7 Korosi Sumuran (Sumber: Utomo, 2009)

#### 7. Korosi Antar kristal

Terjadinya korosi hanya pada batas kristal, akibat dari serangan elektrolit. Karena tegangan pada kristal adalah paling tinggi. Dan terjadinya karbida pada batas butir yang dapat mengakibatkan korosi ini.



Gambar 2.8 Korosi Antar Kristal (Sumber: Utomo, 2009)

#### 8. Korosi merata (*uniform corrosion*)

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



Gambar 2.9 Korosi Merata (Sumber: Utomo, 2009)

## 9. Penggetasan Hidrogen

### a. *Hydrogen Embrittlement*

Penggetasan hidrogen adalah suatu proses hilangnya daktilitas baja dengan terserapnya hidrogen ke dalam struktur material baja. Kekuatan tarik tidak terpengaruh secara nyata. Daktilitas ini dapat dikembalikan melalui perlakuan panas. Kerusakan hidrogen menggambarkan pelemahan baja secara permanen karena berkembangnya retak-retak mikro (*microfissures*). Retak yang disebabkan oleh kerusakan hidrogen biasanya terjadi di sepanjang batas butir, karenanya berbeda dengan retak dingin akibat kemasukan hidrogen yang biasanya bersifat transgranular. Di dalam material baja, atom-atom hidrogen ini bergabung menjadi molekul ( $H_2$ ) dan menyebabkan terjadinya regangan lokal yang hebat. Jika baja cukup ductil maka kemungkinan dapat bertahan terhadap regangan lokal ini. Namun jika baja getas dan keras, maka akan terjadi retak-retak halus, yang kemudian menjadi besar dan mengakibatkan kegagalan material. Ini akan mengakibatkan cacat pada baja atau material dan mengurangi kekuatan pada material tersebut apabila diberi perlakuan beban.



*b. Hydrogen Damage*

Kerusakan hidrogen di dalam material baja terjadi akibat atom-atom hidrogen ini bergabung menjadi molekul ( $H_2$ ) dan menyebabkan terjadinya regangan lokal. Jika kemudian gas  $H_2$  terperangkap di dalam cacat material seperti inklusi, laminasi maka gas hidrogen lama kelamaan berkumpul dan menaikkan tekanan di lokasi tersebut. Karena besarnya tekanan menyebabkan gelembung atau *blister*. Hal ini tidak terjadi pada suhu yang tidak terlalu tinggi dan pada daerah yang dekat dengan permukaan (Supardi, 1997). Kerusakan hydrogen menggambarkan pelemahan baja.

## **2.4 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.

### **2.4.1 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.

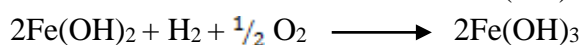
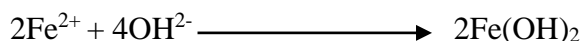
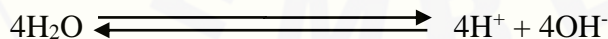
## 2.4.2 Faktor Lingkungan

### 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. Menurut penelitian Whitman dan Russel ternyata pH dari suatu elektrolit sangat mempengaruhi pada proses terjadinya korosi pada besi. Pengaturan pH dilakukan dengan pembubuhan KOH pada air yang mempunyai pH 6-14 dan pembubuhan asam pada air yang mempunyai pH 7-0. Demikian juga dengan penambahan kadar O<sub>2</sub> dalam air maka akan mempercepat laju korosi pada suatu logam. Kadar O<sub>2</sub> dalam larutan harus dikurangi oleh garam yang terlarut dalam larutan dan kelarutannya bergantung pada logam yang tercelup dan luasan permukaan logam tercelup serta temperturnya. Adapun macam-macam air seperti air suling adalah air yang paling bersih dan bebas dari kation dan anion serta terisolir dari udara dan bebas dari mikroba. Adapun air hujan atau air salju merupakan proses penyulingan alami, namun demikian air ini masih mengandung CO<sub>2</sub> dari udara yang dapat membentuk senyawa H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 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<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, NH<sup>4+</sup>, Cl<sup>-</sup> dan SO<sub>4</sub><sup>-</sup> 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<sub>2</sub>, akan ada proses oksidasi dari udara sekitarnya. Hal ini biasanya terjadi pada air ekat permukaan. Reaksinya adalah sebagai berikut:  $2L + 3H_2O + 3/2 O_2 \longrightarrow 2L(OH)_3$

## 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 teknisnyamasih 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.

## 2.5 Baja

### 2.5.1 Baja secara umum

Baja karbon adalah logam hasilperpaduan antara unsur Fe dan C. Sifat sifat mekanik baja karbon tergantung dari kadar Cyangdikandungnya. 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. Bajakarbon dapat diklasifikasikanmenjadi 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. Kebanyakandari produk baja ini berbentuk pelat hasil pembentukan roll dingin dan proses annealing. Kandungan karbonnya yang rendah dan mikrostrukturnya yang terdiri dari fasa ferit dan pearlit menjadikan baja karbon rendah bersifat lunak dan kekuatannya lemah namun keuletan dan ketangguhannya sangat baik.

2. Baja karbon menengah

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

3. Baja karbon tinggi

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

#### 2.5.2 Baja karbon AISI E 2512

Baja karbon AISI E 2512 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.



Dimana baja AISI E 2512 (E = kelas E, 25 = kandungan paduan Ni pada baja nominal 5,00%, 12 = kandungan paduan C pada baja sebesar 0,12%). Mempunyai kekuatan tarik plat baja *yield strength* (YS) 308 N/mm<sup>2</sup> - 327 N/mm<sup>2</sup>, *tensile strength* (TS) 438 N/mm<sup>2</sup> – 464 N/mm<sup>2</sup> 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%.

## 2.6 Air Laut

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

### 1. Densitas

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

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

Penentuan dasar pertama dalam membuat persamaan di atas dilakukan oleh Knudsen dan Ekman pada tahun 1902. Pada persamaan mereka,  $\rho$  dinyatakan dalam g cm<sup>-3</sup>. Penentuan dasar yang baru didasarkan pada data tekanan dan salinitas dengan kisaran yang lebih besar, menghasilkan persamaan densitas baru yang dikenal sebagai Persamaan Keadaan Internasional (*The International Equation of State*, 1980). Persamaan ini menggunakan temperatur dalam °C, salinitas dari Skala Salinitas Praktis dan tekanan dalam dbar (1 dbar = 10.000 pascal = 10.000 N m<sup>-2</sup>). Densitas dalam persamaan ini dinyatakan dalam kg m<sup>-3</sup>. Jadi, densitas dengan harga 1,025 g cm<sup>-3</sup> dalam rumusan yang lama sama dengan densitas dengan harga 1025 kg m<sup>-3</sup> dalam Persamaan Keadaan Internasional (Anonim, 2006).



## 2. Organisme laut

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

Ketika  $\text{CO}_2$  terlarut, maka akan bereaksi dengan air membentuk kesetimbangan bentuk ionik ( $\text{CO}_{2(\text{aq})}$ ), asam karbonat ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) dan karbonat ( $\text{CO}_3^{2-}$ ). perbandingan dari jenis ini bergantung pada temperatur air laut dan alkalinitas (kapasitas penetralan asam dari sebuah larutan).

Terlarutnya  $\text{CO}_2$  juga akan menyebabkan naiknya konsentrasi ion hidrogen di lautan sehingga mengurangi pH lautan, sejak dimulai revolusi industri lautan turun sebesar 0,1 satuan

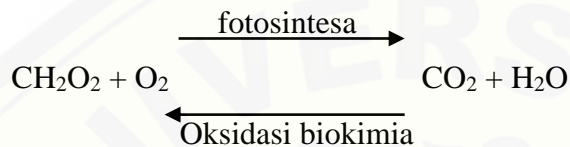
## 3. Salinitas

Salinitas adalah berat keseluruhan dalam gram, garam-garam non organik dalam 1 kg air laut apabila seluruh unsur-unsur bromida dan iodida digantikan dengan jumlah yang sesuai dari unsur-unsur klorida dan semua unsur-unsur karbonat digantikan dengan unsur-unsur oksida.

## 4. Keasaman (pH) air laut

Air laut umumnya mempunyai pH lebih besar dari delapan pada permukaan. pada pH ini, 93% dari total karbon anorganik ada dalam bentuk  $\text{HCO}_3^-$ , 6% sebagai  $\text{CO}_3^{2-}$ , dan 1% sebagai  $\text{CO}_2$ .

Konsentrasi ion karbonat relatif sangat tinggi pada permukaan dan permukaan air hampir selalu jenuh dengan kalsium karbonat. Hal ini menyebabkan terjadinya pengendapan jenuh *calcareous scale* pada permukaan logam. Konsentrasi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{O}_2$  mempunyai hubungan yang erat dengan pH air laut dalam proses fotosintesa dan oksidasi biokimia dengan reaksi sebagai berikut :



Reaksi dari kiri ke kanan, oksigen terlarut dipakai dan  $\text{CO}_2$  dihasilkan. Hasil  $\text{CO}_2$  akan membuat air lebih asam yang mana hal ini akan menurunkan pH dan juga menurunkan kejenuhan terhadap karbonat. Walaupun pH mempunyai pengaruh yang sangat kecil terhadap kecepatan korosi air laut, tetapi dalam hubungannya dengan deposit *calcareous* mempunyai pengaruh yang besar. Pengendapan kerak biasanya terjadi pada pH yang lebih tinggi dimana ion  $\text{OH}^-$  dihasilkan selama reduksi oksigen terlarut.

## 2.7 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.

### 2.7.1 Jenis Inhibitor Menurut Bahan Dasarnya :

#### 1. Inhibitor Organik

Inhibitor organik adalah inhibitor yang akan 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

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).

### 2.7.2 Jenis Inhibitor Menurut Reaksi yang dihambat

#### 1. Inhibitor Anodik

Inhibitor anodik akan di adsorpsi 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,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{NaOH}$  dan  $\text{PO}_4^{3-}$  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.

Inhibitor katodik dibedakan menjadi :

- Inhibitor racun : Contohnya :  $As_2O_3$ ,  $Sb_2O_3$ . Inhibitor jenis ini menghambat penggabungan atom-atom  $H_{ad}$  menjadi molekul gas  $H_2$  di permukaan logam, dapat mengakibatkan perapuhan hidrogen pada baja kekuatan tinggi. Dan bersifat racun bagi lingkungan.
- Inhibitor presipitasi katodik : mengendapkan  $CaCO_3$ ,  $MgCO_3$ ,  $CaSO_4$ ,  $MgSO_4$  dari dalam air. Contoh :  $ZnSO_4$  + dispersan.
- *Oxygen scavenger* : mengikat  $O_2$  terlarut  
Contoh :  $N_2H_4$  (Hydrazine) +  $O_2 \rightarrow N_2 + 2 H_2O$

Menurut Kristian dan Purwanto (2011) 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 dan tidak ramah lingkungan. Bahan alam yang dapat dimanfaatkan sebagai inhibitor adalah senyawa - senyawa yang memiliki pasangan elektron bebas pada atom penyusunnya.

### 2.8 Beberapa Masalah dalam Penggunaan Inhibitor

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

#### 1. Pembuihan (*foaming*)

Sifat zat inhibitor sebagai sabun (deterjen). Akibat pengaruhnya (*organic inhibitor*) terhadap permukaan karena fungsinya diserap oleh permukaan tersebut. *Foaming* terjadi pada peralatan yang mengandung gas

dan gerakan agitasi. Untuk mencegah hal tersebut perlu diinjeksikan zat anti *foaming* atau menggunakan inhibitor secara tepat.

## 2. Terjadi Emulsi

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

## 3. Penyumbatan (*plugging*)

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

## 4. Terciptanya masalah korosi baru

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

## 5. Masalah *Heat Transfer*

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



#### 6. Pengaruh beracun

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

#### 7. Kehilangan inhibitor

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

### 2.9 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).

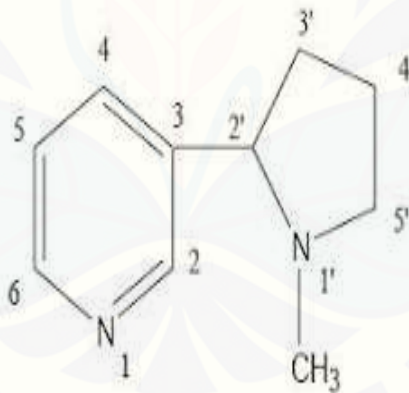
Pengendalian korosi harus dimulai dari suatu perencanaan, pengumpulan data lingkungan, proses, peralatan dan bahan yang dipakai serta pemeliharaan yang akan diterapkan. Adapun metode-metode yang dilakukan dalam pengendalian korosi sebagai berikut.

1. Pengubahan ketahanan logam terhadap lingkungan
2. Pemilihan bahan

3. Modifikasi rancangan
4. Teknik pelapisan
5. Proteksi anodik dan katodik
6. Penambahan inhibitor

### 2.10 Tembakau

Tembakau mengandung senyawa nikotin yang merupakan senyawa kimia organik yang tergolong kelompok alkaloid. Senyawa nikotin memiliki atom nitrogen yang menyumbangkan elektron bebas pada reaksi korosi sehingga dapat menjadi inhibitor korosi. Nikotin adalah suatu alkaloid dengan nama kimia *3-(1-metil-2-pirolidil) piridin*. Saat diekstraksi dari daun tembakau, nikotin tak berwarna, tetapi segera menjadi coklat ketika bersentuhan dengan udara. Nikotin dapat menguap dan dapat dimurnikan dengan cara penyulingan uap dari larutan yang dibasakan.



Gambar 2.10 Senyawa Nikotin

Nikotin adalah bahan alkaloid toksik yang merupakan senyawa amin tersier, bersifat basa lemah dengan pH 8,0. Pada pH tersebut, sebanyak 31% nikotin berbentuk bukan ion dan dapat melewati membran sel. Pada pH ini nikotin berada dalam bentuk ion. Nikotin adalah zat alkaloid yang ada secara natural di tanaman tembakau.



Gambar 2.11 Daun Tembakau

Tabel 2.1. Komposisi kandungan kimia pada ekstrak daun tembakau

<b>Komponen</b>	<b>Komposisi(% bk)</b>
Total nitrogen	2.20
Protein nitrogen (protein)	1.58
Nikotin	0.67
Nitrogen dari asam $\alpha$ -amino	0.30
Air terlarut karbohidrat	25.9
Selulosa	12.3
Pektin	13.4
Polypentose	4.90

Sumber : Podlejski (1983)

## 2.11 Penelitian Terdahulu

### 2.11.1 Tembakau

Tembakau mengandung senyawa nikotin yang merupakan senyawa kimia organik yang tergolong kelompok alkaloid. Senyawa nikotin memiliki atom nitrogen yang menyumbangkan elektron bebas pada reaksi korosi sehingga dapat menjadi

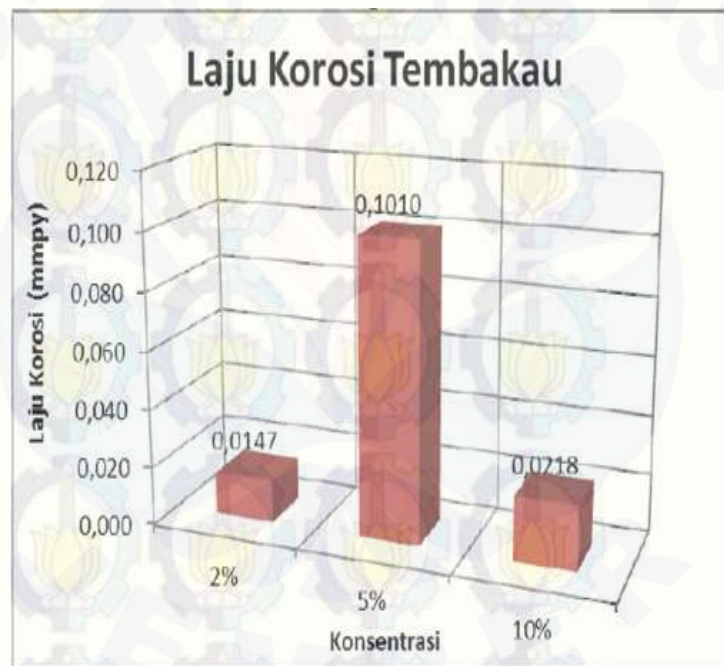
inhibitor korosi. Hasil pengujian untuk campuran inhibitor tembakau adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2. Laju Korosi Untuk Inhibitor Tembakau

Konsentrasi	Laju Korosi Rata- rata
2%	0,0147
5%	0,1010
10%	0,218

Sumber : Supomo, 2013

Dari data hasil pengujian laju korosi pada tabel 2.2 dapat dibentuk grafik perbandingan laju korosi untuk inhibitor tembakau pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 Grafik Laju Korosi Untuk Inhibitor Tembakau

(Sumber:Supomo, 2013)

Dari gambar 2.12 dapat dilihat bahwa konsentrasi tembakau yang terbaik untuk inhibitor korosi adalah pada konsentrasi 2%.

### 2.11.2 Perhitungan dan Analisis Pembuatan Ekstrak Bahan Alami Sebagai Inhibitor

Penggunaan ekstrak bahan alami sebagai inhibitor korosi memiliki sisi positif dalam hal keramahan lingkungan, tapi di sisi lain perlu dilakukan analisis ekonomis penggunaan ekstrak bahan alami sebagai inhibitor korosi. Biaya produksi yang didapat dibandingkan dengan harga dari cat anti korosi yang umum digunakan pada kapal.

### 2.11.3 Pembahasan

Ketahanan spesimen dengan inhibitor alami terhadap korosi semuanya termasuk pada golongan good dan excellent berdasarkan tabel Tingkat ketahanan korosi Berdasarkan Laju Korosi

Tabel 2.3. Penggolongan Tingkat Ketahanan Laju Korosi

Tembakau 2%	0,01469	<0,02	Outstanding	Good
Tembakau 5%	0,10095	0,1 – 0,5	Good	Good
Tembakau 10%	0,02182	0,02 – 0,1	Excellent	Good

Sumber : Supomo, 2013

### 2.11.4 Kesimpulan

Penggunaan Inhibitor alami pada cat, dapat mempengaruhi laju korosi untuk pelat A36. Dari Hasil Pengujian didapat laju korosi untuk inhibitor tembakau dengan konsentrasi 2% 0,01469 (mmpy), kemudian 5% dengan 0,10095 (mmpy) dan 10% 0,0218 (mmpy). Berdasarkan hasil analisis penelitian, didapat inhibitor alami yang efektif digunakan sebagai inhibitor korosi untuk cat berdasarkan nilai laju korosi dan nilai ekonomis. Inhibitor tersebut adalah inhibitor tembakau 2%.

## 2.12 Hipotesis

Hipotesis awal penelitian ini adalah pemberian variasi konsentrasi inhibitor ekstrak daun tembakau berpengaruh pada laju korosi baja karbon AISI E 2512. waktu perendaman spesimen pada ekstrak daun tembakau juga akan mempengaruhi tingkat efisiensi inhibitor pada baja karbon AISI E 2512.



## BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Metode Penelitian

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

### 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

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

### 3.3 Alat dan Bahan

#### 3.3.1 Alat

1. Timbangan dengan ketelitian 0,0001 mg, Excellent Scale
2. Gelas ukur 100 ml
3. Jangka sorong
4. *Rotary evaporator*
5. Mikroskop Olympus U-MSSP4
6. Mesin grinding
7. Kertas gosok grade 400, 600, 800, 1000, 1200, dan 1500
8. Gergaji
9. Mesin blender
10. Oven
11. Wadah medium korosif sebanyak 16 buah.

### 3.3.2 Bahan

1. Spesimen baja karbon AISI E 2512 (dimensi: 10 mm x 10 mm x 5 mm)
2. Daun tembakau
3. Kertas ampelas grade 400, 600, 800, 1000, 1200, dan 1500
4. Aseton ( $C_3H_6O$ )
5. Etanol
6. Kertas saring
7. Aquades
8. Air laut
9. HCl
10.  $HNO_3$
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 karbon AISI E 2512 sesuai dengan dimensi yang diinginkan sejumlah 64 buah spesimen uji.
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 tembakau melalui proses maserasi dengan konsentrasi 0, 3, 6, 9%
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 (9, 18, 27 dan 36 hari).
8. Mengukur berat spesimen uji setelah perendaman, pembersihan dan menghitung laju korosinya (mdd) dan efisiensi inhibitor.

9. Melakukan pengamatan makro dan mikro pada spesimen uji baja karbon AISI E 2512 menggunakan mikroskop optik.
10. 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.

#### 3.5.2 Persiapan dan Pembuatan Spesimen Uji

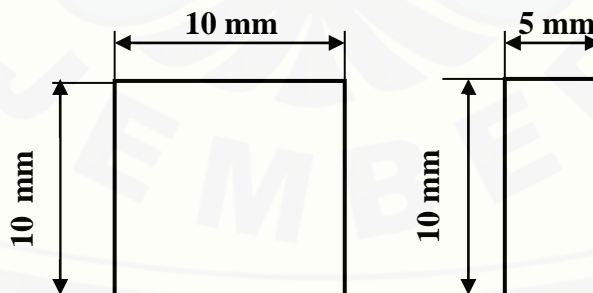
Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon AISI E 2512. Persiapan material dilakukan dengan membersihkan material dari kotoran. Setelah semua persiapan terhadap material selesai kemudian dilakukan pembuatan spesimen uji sesuai dengan standart ASTM G31 – 72 (*Standart Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metal*).

Dengan spesimen sebagai berikut:

Panjang = 10 mm

Lebar = 10 mm

Tinggi = 5 mm



Gambar 3.1 Penampang Spesimen Uji

Pembentukan spesimen uji dilakukan dengan memotong material menggunakan gergaji potong, selanjutnya dilakukan pengikiran pada bagian sisinya untuk mendapatkan kerataan ukuran sesuai dengan yang diinginkan sebelum

dilakukan pengujian material dihaluskan terlebih dahulu dengan kertas gosok *grade* 400, 600, 800, 1000, 1200, dan 1500 pada permukaan seluruhnya. Setelah permukaannya dalam keadaan halus, selanjutnya dibersihkan dengan aquades, larutan HCl encer dan aseton. Kemudian spesimen kita lakukan penimbangan awal sebelum proses pengkorosian pada medium korosif.

### 3.5.3 Pembuatan Ekstrak Daun Tembakau

Pemilihan inhibitor dari ekstrak daun tembakau 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 tembakau menggunakan metode maserasi adalah sebagai berikut:

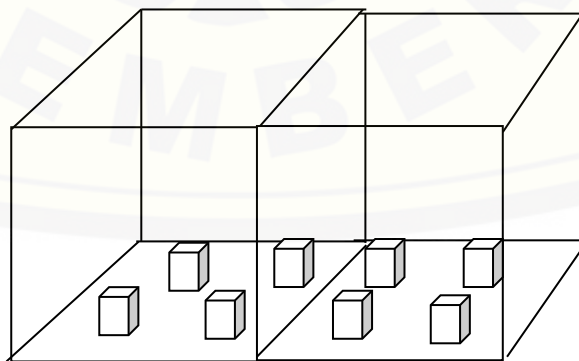
1. Mengering anginkan daun tembakau dalam suhu kamar selama 24 hari.
2. Daun tembakau yang telah dikeringkan dihaluskan menggunakan blender.
3. Selanjutnya dimasukkan ke dalam botol yang berisi etanol 96% pada suhu 50°C dalam waktu 150 menit
4. Hasil perendaman selanjutnya disaring menggunakan kertas saring hingga didapat filtrat.
5. 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 dalam bentuk cairan kental yang nantinya akan dilarutkan dalam medium korosif dengan variasi konsentrasi 0, 3, 6 dan 9 %
6. Proses pencampuran antara larutan inhibitor ekstrak daun tembakau dengan larutan korosif yaitu air laut dapat di lihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Komposisi Inhibitor berbagai Variasi

No	Volume Larutan Inhibitor Daun Tembakau (ml)	Volume Larutan Korosif (ml)	Volume Larutan Inhibitor (%)
1	0	500	0
2	15	485	3
3	30	470	6
4	45	455	9

#### 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 tembakau. Perendaman dilakukan selama 36 hari dan dilakukan pengamatan dan perhitungan pada masing-masing waktu yang telah ditentukan, yaitu pada perendaman 9, 18, 27, dan 36 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 0, 3, 6 dan 9% dibutuhkan 4 spesimen uji pada setiap pengamatan yang dilakukan dan skema peletakan spesimen uji dapat dilihat pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Skema peletakan spesimen uji



### 3.5.5 Pengambilan dan Pembersihan Material

Pengambilan spesimen dilakukan 9 hari sekali selama 36 hari. Penimbangan berat spesimen dilakukan setelah pembersihan spesimen sesuai dengan standar ASTM G1-90 (*Standard Practice for Preparing, Cleaning and Evaluating Corrosion Test Specimens*). Pembersihan dilakukan dengan metode *chemical cleaning* menggunakan larutan *acid pickling*, metode ini dipilih dengan harapan kehilangan berat akibat pembersihan akan lebih kecil apabila dibandingkan dengan metode lainnya. Larutan *acid pickling* yang digunakan adalah 500 ml asam klorida dan hexamethylene tetramine 3,5 g yang telah dicampur dengan aquades sampai menjadi 1000 ml, dilakukan pada temperatur kamar, dengan waktu 10 menit.

### 3.5.6 Pengamatan *Metallography*

Setelah proses pengambilan dan perhitungan dilakukan, selanjutnya adalah melakukan pengamatan *metallography* melalui beberapa proses penghalusan permukaan logam, setelah permukaan halus, selanjutnya dilakukan foto mikro.

Spesimen yang difoto mikro adalah baja karbon AISI E 2512 yang sudah dilakukan perendaman pada larutan medium korosif dan penambahan inhibitor ekstrak daun tembakau dalam variasi konsentrasi 0, 3, 6 dan 9%.

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

#### a. Proses Grinding

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

b. Polishing

Polishing dilakukan pada mesin polisher, yaitu piringan yang di atasnya diberi lapisan kain beludru. Polishing dilakukan dengan sedikit menekan benda kerja ke kain beludru 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  $\text{HNO}_3$  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 mikro pada mikroskop dan untuk melengkapi analisis yang dilakukan.

d. Pengambilan Foto Mikro

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

### 3.6 Analisis Data

#### 3.6.1 Analisis dengan Metode Gravimetri

Setelah spesimen direndam, dilakukan penimbangan berat masing – masing spesimen pada selang waktu 9 hari sekali selama 36 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 :

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

Dimana :

Mdd = laju korosi, ( $mg / dm^2 day$ )

W = berat yang hilang, (g)

A = luas, ( $cm^2$ )

T = waktu, (jam)

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

Daya Inhibisi dihitung berdasarkan rumus empiris di bawah ini:

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

Dimana :

E = Daya Inhibisi (%)

R<sub>o</sub> = Laju korosi tanpa adanya inhibitor (mdd)

R<sub>i</sub> = 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 karbon AISI E 2512. Kemudian dianalisis jenis korosinya dengan melihat proses terjadinya korosi pada saat perendaman dan didapat data.

### 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, 3, 6, 9%

### 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):

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

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

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

Dimana :

$Y_{ijk}$  : Pengamatan pada faktor A taraf ke-i, faktor B taraf ke-j dan ulangan ke-k

$\mu$  : Rataan umum

$\alpha_i$  : Pengaruh utama faktor A taraf ke-i

$\beta_j$  : Pengaruh utama faktor B taraf ke-j

$(\alpha\beta)_{ij}$  : Pengaruh interaksi dari faktor A taraf ke-i dan faktor B taraf ke-j

$\varepsilon_{ijk}$  : 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 tembakau dengan konsentrasi 0, 3, 6, 9% dengan variasi waktu pengamatan 9, 18, 27, dan 36 hari, rancangan yang digunakan adalah percobaan faktorial 4 kali ulangan (n)

### 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 tembakau 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 3.2 yaitu table Anova sebagai berikut.

Tabel 3.2 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	$\frac{\sum (\sum y_i)^2 - FK}{R_b}$	JKA/dba	KTP/KTG	
B	b-1	$\frac{\sum (\sum y_j)^2 - FK}{R_a}$	JKB/dbb	KTP/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

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

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

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

$$JKG = JKT - JKP$$

$$JK \text{ faktor A} = \frac{\sum (\sum Y_i)^2 - FK}{R \times b}$$

$$JK \text{ faktor B} = \frac{\sum (\sum Y_j)^2 - FK}{R \times a}$$

$$JK \text{ faktor AB} = JKP - JKA - JKB$$

$$KTP = JKP / dbp$$

$$KTA = JKP / dba$$

$$KTB = JKP / dbb$$

$$KTAB = JKP / dbab$$

$$KTG = JKG / dbg$$

$$DBP = ab - 1$$

$$DBA = a - 1$$

$$DBB = b - 1$$

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

$$DBG = ab(r - 1)$$

$$DBT = (abr - 1)$$

### 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  $\alpha$  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

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

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

Hipotesis pengaruh utama faktor B

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

$H_1 : \sigma_\beta^2 > 0$  (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).

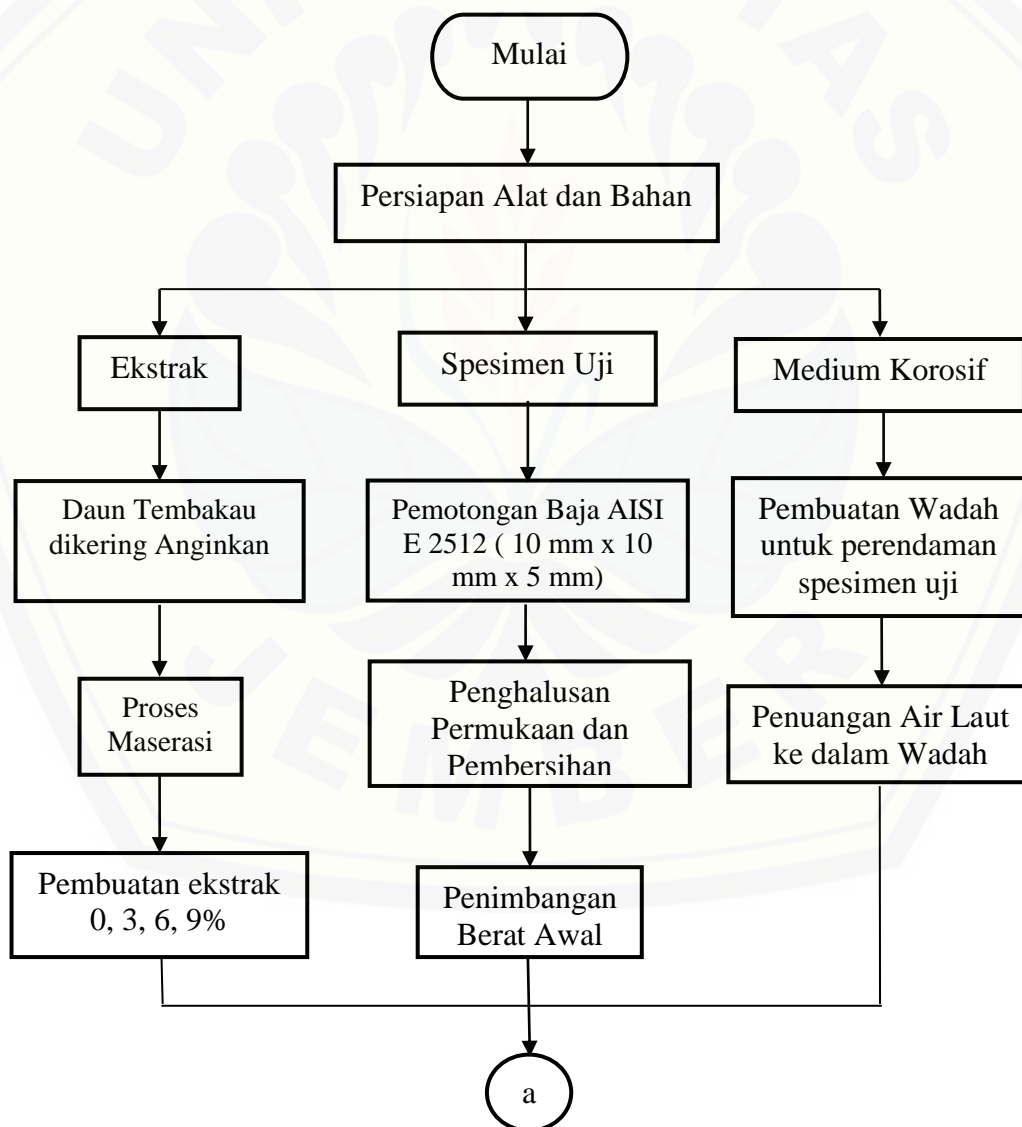
Kriteria keputusan :

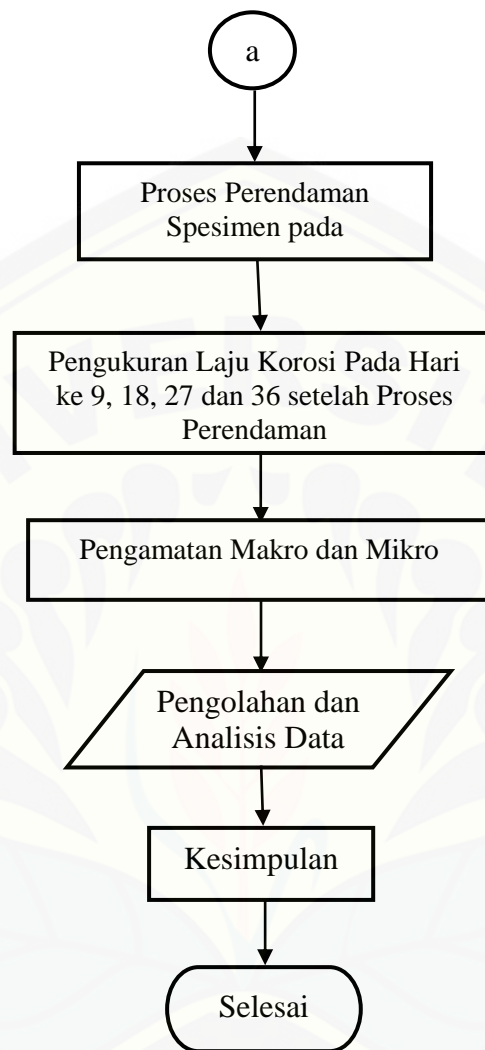
$H_0$  ditolak jika  $F_{hit} > F_{\alpha}(a-1, a(r-1))$

Kriteria Pengambilan keputusan :

1. Jika  $F_{hitung} < F_{tabel} \%$ , 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