TUGAS AKHIR

PENGARUH KOMPOSISI BIO INHIBITOR EKSTRAK DAUN KETAPANG *(TERMINALIA CATAPPA)* PADA LAJU KOROSI BAJA ASTM A36 DALAM MEDIA AIR GARAM

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Riau

Disusun Oleh:

YUDA MAULANA PUTRA
16.331.0673

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2021

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

PENGARUH KOMPOSISI BIO INHIBITOR EKSTRAK DAUN KETAPANG *(TERMINALIA CATAPPA)* PADA LAJU KOROSI BAJA ASTM A36 DALAM MEDIA AIR GARAM

Yuda Maulana Putra, Kurnia Hastuti

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau
Jl. Kaharudin Nasution No. 133 Perhentian Marpoyan, Pekanbaru, Riau
Email : yudamaulanaputra@student.uir.ac.id

ABSTRAK

Baja ASTM A36 merupakan baja yang memiliki kandungan karbon rendah. Permasalahan yang sering terjadi pada baja adalah korosi. Ada berbagai cara yang telah dilakukan untuk mengurangi laju korosi pada logam salah satunya dengan penambahan inhibitor korosi. Pohon ketapang merupakan salah satu jenis tumbuhan yang digunakan inhibitor korosi karena mengandung tanin pada daunnya. Tanin sendiri merupakan senyawa kompleks yang dapat digunakan sebagai inhibitor untuk melindungi logam dari korosi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh komposisi bio inhibitor ekstrak daun ketapang pada laju korosi baja ASTM A36 dalam media air garam. Metode pengukuran laju korosi yang digunakan adalah metode kehilangan berat. Komposisi bio inhibitor digunakan sebanyak 0 ppm, 1500 ppm, 2000 ppm, 2500 ppm, 3000 ppm dan direndam selama 25 hari dan laju korosi dihitung setiap hari ke 5, 10, 15, 25. Hasil penelitian menunjukan bahwa nilai laju korosi semakin menurun dengan seiringnya penambahan jumlah kosentrasi inhibitor dan laju korosi akan semakin naik seiring dengan penambahan waktu perendamannya. Nilai laju korosi terendah yang terjadi pada waktu 25 hari terdapat pada kosentrasi 3000 ppm yaitu 0,0879 mm/y, waktu 15 hari terjadi pada kosentrasi 3000 ppm yaitu 0,0771 mm/y, waktu 10 hari terjadi pada kosentrasi 3000 ppm yaitu 0,0751 mm/y, waktu 5 hari terjadi pada kosentrasi 3000 ppm yaitu 0,0693 mm/y. Nilai efisiensi inhibitor akan meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah kosentrasi inhibitor yang diberikan. Efisiensi inhibitor tertinggi terjadi pada kosentrasi 3000 ppm dengan waktu perendaman selama 25 hari yaitu 76,24%.

Kata kunci : Korosi, Baja ASTM A36, Ektrak daun Ketapang, Tanin

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

THE EFFECT OF BIO INHIBITOR COMPOSITION OF KETAPANG LEAF EXTRACT (TERMINALIA CATAPPA) ON CORROSION RATE OF ASTM A36 STEEL IN BRINE MEDIA

Yuda Maulana Putra, Kurnia Hastuti
Mechanical Engineering Study, Faculty of Engineering, Riau Islamic University
Jl. Kaharudin Nasution No. 113 Marpoyan, Pekanbaru Riau
Email : yudamaulanaputra@student.uir.ac.id

ABSTRACT

ASTM A36 steel is steel that has a low carbon content. The problem that often occurs in steel is corrosion. There are various ways that have been done to reduce the corrosion rate of metals, one of which is the addition of a corrosion inhibitor. Ketapang tree is a type of plant that is used as a corrosion inhibitor because it contains tannins in its leaves. Tannins are complex compounds that can be used as inhibitors to protect metals from corrosion. This study aims to determine the effect of the bio inhibitor composition of ketapang leaf extract on the corrosion rate of ASTM A36 steel in brine. The method of measuring the corrosion rate used is the weight loss method. The composition of the bio inhibitor is used as much as 0 ppm, 1500 ppm, 2000 ppm, 2500 ppm, 3000 ppm and soaked for 25 days and the corrosion rate is calculated every 5th, 10th, 15th, 25th day. increasing the amount of inhibitor concentration and the rate of corrosion will increase with increasing immersion time. The lowest corrosion rate value that occurred at 25 days was at a concentration of 3000 ppm, namely 0.0879 mm / y, 15 days occurred at a concentration of 3000 ppm, namely 0.0771 mm / y, 10 days occurred at a concentration of 3000 ppm, namely 0, 0751 mm / y, a time of 5 days occurs at a concentration of 3000 ppm, namely 0.0693 mm / y. The value of the inhibitor efficiency will increase as the amount of inhibitor concentration is given. The highest inhibitor efficiency occurred at a concentration of 3000 ppm with a soaking time for 25 days, namely 76.24%.

Keywords: Corrosion, ASTM A36 Steel, Ketapang Leaf Extract, Tannins

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah SWT, atas segala limpahan rahmat dan karunia serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "**Pengaruh Komposisi Bio Inhibitor Ekstrak Daun Ketapang *(Terminalia Catappa)* Pada Laju Korosi Baja ASTM A36 Dalam Media Air Garam** " dengan baik sebagai syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Strata 1 (S1) Teknik Mesin. Sholawat serta salam senantiasa selalu tercurahkan kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW,yang mana telah membawa kita dari zaman kebodohan untuk mencapai titik pencerahan dalam kehidupan umat manusia serta sosok yang menjadi tauladan yang sempurna yang berorientasi kepada kemuliaan hidup dan keselamantan jiwa diakhirat kelak.

Tugas Akhir ini tidak akan terwujud tanpa bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati penulis haturkan ucapan terima kasih kepada:

1. Kedua Orangtua penulis bapak Zulkifli dan ibunda Nuraini yang tercinta yang telah melahirkan, membesarkan dan mendidik penulis tidak henti-hentinya membantu baik do'a maupaun materi dalam penyelesaian Proposal tugas sarjana ini.
2. Bapak Dr. Eng. Muslim, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.
3. Bapak Ir. Syawaldi, M.sc. selaku Kepala Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.
4. Bapak Rafil Arizona, S.T., M.Eng selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.
5. Ibu Dr. Kurnia Hastuti, S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing dalam penyelesaian proposal tugas sarjana ini.
6. Kepada seluruh dosen Program Studi Teknik Mesin yang telah menuangkan ilmunya kepada saya.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

7. Teman-teman seperjuangan teknik mesin yang sudah membantu saya dalam menyelesaikan proposal tugas sarjana sampai dengan selesai dan memberikan semangat serta dukungannya kepada penulis.

Akhir kata, dengan segala penuh harapan semoga tugas sarjana ini dapat bermanfaat bagi para pembaca pada umumnya dan penulis sendiri khususnya, penulis mengharapkan kritik dan saran yang dapat membantu menyempurnakan laporan ini.

Wassalamualaikum, Wr. Wb.

Pekanbaru, 5 Juli 2021

Yuda Maulana Putra
163310673

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR ISI

ABSTRAK ..... **i**

KATA PENGANTAR ..... **iii**

DAFTAR ISI ..... **v**

DAFTAR GAMBAR ..... **viii**

DAFTAR TABEL ..... **x**

BAB I PENDAHULUAN **1**

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 3

1.3 Tujuan Penelitian 3

1.4 Batasan Masalah 3

1.5 Sistematika Penulisan 3

BAB II TINJAUN PUSTAKA **5**

2.1 Baja 5

2.1.1 Jenis Jenis Baja 5

2.1.2 Baja ASTM A36 7

2.2 Korosi 8

2.2.1 Jenis-Jenis Korosi 9

2.2.2 Mekanisme Terjadinya Korosi 14

2.2.3 Syarat Terbentuknya Korosi 15

2.2.4 Korosi Pada Media Air Laut 16

2.2.5 Korosi Pada Kapal Baja 18

2.2.6 Laju Korosi 20

2.3 Inhibitor 22

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

2.3.1 Efisiensi Inhibitor 25
2.4 Daun Ketapang 25
2.4.1 Klasifikasi Daun Ketapang 25
2.4.2 Senyawa Tanin 27
2.4.3 Ekstrak Daun Ketapang *(Terminalia Catappa)* Sebagai Inhibitor Korosi 29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 31
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian 31
3.2 Alat dan Bahan 31
3.2.1 Alat 31
3.2.2 Bahan 36
3.3 Langkah-Langkah Melakukan Pengujian 39
3.3.1 Persiapan Spesimen 40
3.3.2 Pembuatan Bak Pengujian Korosi 41
3.3.3 Persiapan Media korosif 41
3.3.4 Pembuatan Inhibitor 42
3.4 Analisa Fourier Transform Infrared (FTIR) 43
3.5 Analisa Kehilangan Berat Spesimen 44
3.6 Perhitungan Laju Korosi 45
3.7 Perhitungan Efisiensi Inhibitor 46
3.8 Analisa Struktur Mikro 47
3.9 Jadwal Kegiatan Penelitian 49
3.10 Diagram Alir 50
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 51
4.1 Pengujian Tingkat Keasaman 51

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

4.2 Hasil Uji Tanin Ekstrak Daun Ketapang 52
4.3 Analisa FTIR *(Fourierd Transfrom Infrared)* 52
4.4 Uji Komposisi Baja ASTM A36 54
4.5 Metode Kehilangan Berat 54
4.6 Perhitungan Laju Korosi 57
4.7 Perhitungan Efisiensi Inhibitor Ekstrak Daun Ketapang 62
4.8 Analisis Struktur Mikro 66
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 74
5.1 Kesimpulan 74
5.2 Saran 74
DAFTAR PUSTAKA 76
LAMPIRAN

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Baja ASTM A36 7
Gambar 2.2 Korosi pada plat lambung kapal 9
Gambar 2.3 Korosi merata 10
Gambar 2.4 Korosi sumuran 10
Gambar 2.5 Korosi celah 11
Gambar 2.6 Korosi Galvanis 12
Gambar 2.7 Korosi retak tegang 12
Gambar 2.8 Korosi erosi 13
Gambar 2.9 Korosi batas butir 13
Gambar 2.10 Korosi lelah 14
Gambar 2.11 Mekanisme terjadinya korosi 15
Gambar 2.12 Korosi pada plat kapal baja 19
Gambar 2.13 Daun ketapang 26
Gambar 2.14 Struktur inti tanin 28
Gambar 3.1 Kertas *indicator universal* 31
Gambar 3.2 Gelas ukur 32
Gambar 3.3 Timbangan digital 32
Gambar 3.4 Gerinda potong 33
Gambar 3.5 Jangka sorong 33
Gambar 3.6 Baskom 34
Gambar 3.7 Kertas saring 34
Gambar 3.8 Blender 35
Gambar 3.9 *Rotary vacum evaporator* 35
Gambar 3.10 *Fourier tranform infrared (FTIR)* 36
Gambar 3.11 Aerator 36
Gambar 3.12 Daun ketapang 37
Gambar 3.13NaCl (Natrium Clorida) 37
Gambar 3.14 Etanol 70% 38
Gambar 3.15 Aquades 38
Gambar 3.16 Amplas 39

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Gambar 3.17 Baja ASTM A36..... 39
Gambar 3.18 Sketsa ukuran spesimen uji 40
Gambar 3.19 Bak pengujian..... 41
Gambar 3.20 Microskop Struktur Micro OLYMPUS..... 48
Gambar 3.21 Jadwal kegiatan penelitian 49
Gambar 3.22 Diagram Alir 50
Gambar 4.1 Hasil Pengukuran (Ph) Larutan NaCl 3.5% menggunakan *kertas indicator universal* 51
Gambar 4.2 Pengujian tanin..... 52
Gambar 4.3 Hasil FTIR pada inhibitor ekstrak daun ketapang..... 53
Gambar 4.4 Grafik kehilangan berat berdasarkan kosentrasi inhibitor dengan waktu perendaman 56
Gambar 4.5 Sketsa spesesimen uji..... 58
Gambar 4.6 Grafik laju korosi terhadap kosentrasi inhibitor dan waktu perendaman 61
Gambar 4.7 Grafik efisiensi inhibitor terhadap kosentrasi inhibitor dan waktu perendaman 65
Gambar 4.8 Pengaruh kosentrasi inhibitor pada korosi waktu perendaman 5 hari68
Gambar 4.9 Pengaruh kosentrasi inhibitor pada korosi dengan waktu perendaman 15 hari..... 70
Gambar 4. 10 Pengaruh waktu perendaman pada korosi dengan kosentrasi 0 ppm 71
Gambar 4.11 Pengaruh waktu perendaman pada korosi kosentrasi 3000 ppm 72

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi kimia pada baja ASTM A36 8
Tabel 2.2 Unsur pokok dalam media air laut 16
Tabel 2. 3 Konsentrasi ion/molekul pada air laut densitas 1,023g/cm3 pada 25^{o}..17
Tabel 2.4 Standart laju korosi yang diizinkan..... 22
Tabel 2.5 Klasifikasi tanaman katapang 27
Tabel 3.1 Komposisi kimia pada baja ASTM A36 40
Tabel 3.2 Data kehilangan berat spesimen..... 45
Tabel 3.3 Nilai laju korosi pada setiap spesimen uji..... 46
Tabel 3.4 Efisiensi Inhibitor pada setiap kosentrasi 47
Tabel 4.1 Uji komposisi baja ASTM A36 54
Tabel 4.2 Data kehilangan berat..... 55
Tabel 4.3 Nilai laju korosi pada setiap spesimen..... 60
Tabel 4.4 Efisiensi inhibitor..... 64

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada perkembangan dunia industri, kontruksi dan teknologi yang sangat besar sampai saat ini tidak lepas dari penggunaan material logam. Baja ASTM A36 merupakan jenis material umum yang digunakan pada struktur atau kontruksi umum. Seperti pada kontruksi jembatan, tangki minyak, pipa, pelat lambung kapal dan lain-lain. Baja ASTM A36 termasuk pada jenis baja memiliki kadar karbon rendah dengan komposisi kimia yang terdiri dari karbon (C), Mangan (Mn), Sulfur (S), Fosfor (F), Silikon (Si).

Pada industri perkapalan baja ASTM A36 digunakan pada material kontruksi lambung kapal. Kapal laut digunakan untuk alat transportasi yang sering digunakan untuk mengangkat barang dan penumpang di laut. Karena penggunaan yang dilakukan secara terus menerus kerusakan tidak bisa dihindari, salah satu kerusakan umum yang terjadi pada kapal yaitu korosi yang terjadi pada lambung kapal. Korosi pada lambung kapal terjadi karena pada daerah itu sering kontak dengan air, udara dan zat-zat lainnya. Akibat dari korosi ini dapat memicu terjadinya kebocoran dan ketangguhan material akan berkurang.

Korosi dapat didefinisikan sebagai reaksi elektrokimia antara sebuah logam dengan lingkungannya (Trethewey & Chamberlain, 1991). Korosi dapat menyebabkan kebocoran, berkurangnya ketangguhan suatu material, robohnya suatu konstruksi dan lain-lain. Kerugian korosi ini dapat mengakibatkan biaya pemeliharaan membengkak, kapasitas produksi menurun, menimbulkan pencemaran lingkungan, gangguan kesehatan dan keselamatan kerja dan lain-lain. Korosi tidak dapat dicegah tetapi laju nya bisa dikurangi. Akan tetapi, korosi dapat dikurangi/dikendalikan dengan banyak cara, tergantung dari aplikasi dan kebutuhannya.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Saat ini inhibitor berperan besar untuk melindungi umur pakai berbagai peralatan dalam dunia industri. Inhibitor yang dipakai pada dunia industri sebagian besar merupakan inhibitor kimia sintetis atau inhibitor anorganik. Namun, pemakaian senyawa-senyawa tersebut memiliki efek-efek negatif karena berasal dari zat-zat kimia yang bersifat beracun dan tidak ramah lingkungan. Terlebih lagi inhibitor seperti ini sangat berbahaya dan tidak ekonomis. Karena itu banyak penelitian dilakukan mengenai bahan alam sebagai inhibitor organik yang ramah lingkungan untuk mengurangi laju korosi. Diketahui juga bahwa penggunaan inhibitor alami untuk pencegahan korosi adalah yang paling efektif karena biayanya yang murah dan prosesnya yang sederhana (Sari et al., 2013). Beberapa ekstrak tanaman mengandung sejumlah senyawa organik seperti *flavonoid* dan tanin yang dapat diperoleh dari akar, kulit, batang, daun, dan buah pada tumbuhan yang memiliki kemampuan mengurangi laju korosi (Yufita et al., 2018).

Penelitian sebelumnya tentang penggunaan inhibitor alami untuk menghambat laju korosi telah banyak dilakukan. Penelitian tersebut dilakukan dengan berbagai variasi dan metode. Dari hasil penelitian di ketahui bahwa penambahan inhibitor alami dapat mengurangi laju korosi pada logam.

Pohon ketapang(*Terminalia catappa*) merupakan salah satu jenis tanaman yang cukup familiar dan mudah ditemukan di Indonesia. Hampir di setiap daerah indonesia dapat ditemui tanaman pohon ketapang Daun ketapang mengandung *flavonoid*, saponin, dan alkaloid yang merupakan jenis antioksidan yang dapat menghambat laju korosi (Rochmat et al., 2019) Untuk mengetahui sejauh mana efisiensi inhibitor dalam proses perlindungan dari serangan korosi pada baja ASTM A36 yang digunakan pada material lambung kapal, dilakukan pengujian dengan membandingkan laju korosi pada logam tanpa inhibitor dengan logam yang dilindungi inhibitor ekstrak daun ketapang dengan konsentrasi yang berbeda-beda. Untuk mencapai tujuan tersebut pada penelitian dengan menggunakan baja ASTM A36 yang digunakan pada material lambung kapal pada media uji NaCl 3.5%.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang ditentukan adalah:

1. Bagaimana cara mengatasi korosi pada lambung kapal dengan bahan baja ASTM A36?
2. Berapa besar laju korosi yang terjadi pada material ASTM A36 lambung kapal?
3. Bagaimana pengaruh kosentrasi inhibitor ekstrak daun ketapang terhadap penurunan laju korosi pada lambung kapal?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui cara mengatasi korosi pada lambung kapal.
2. Mendapatkan laju korosi pada lambung kapal
3. Mendapatkan kosentrasi inhibitor yang optimal untuk mengurangi laju korosi pada lambung kapal.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Material yang digunakan adalah baja ASTM A36
2. Medium korosif yang digunakan adalah larutan NaCl 3.5%
3. Inhibitor yang digunakan adalah inhibitor dari ekstrak daun ketapang
4. Lama waktu perendaman adalah 25 hari
5. Kosentrasi inhibitor ekstrak daun ketapang sebesar (0 ppm, 1500 ppm, 2000 ppm, 2500 ppm, 3000 ppm

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematikan penulisan pada penulisan proposal tugas sarjana ini yaitu:

BAB I : PENDAHULUAN

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Mengulas tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUN PUSTAKA

Menguraikan dasar teori yang dipakai dalam pembahasan atau penyelesain yang berhubungan langsung dengan pemecahan masalah.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan tentang metode yang dipakai dalam penelitian.

BAB IV : ANALISA DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan hasil data dan pembahasan tentang laju korosi yang terjadi pada baja ASTM A36 di larutan NaCl 3.5% dan pengaruh penambahan inhibitor alami terhadap laju korosinya tersebut.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini akan didapatkan kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

BAB II

TINJAUN PUSTAKA

2.1 Baja

Baja merupakan paduan yang terdiri atas beberapa unsur, unsur tersebut ialah besi, karbon, dan lain-lainnya. Baja banyak digunakan di industri, bidang kontruksi, dunia otomotif dan lain lain. Baja dapat dibentuk dengan cara pengecoran, penempaan. Berdasarkan penelitian (Khalid et al., 2014) komposisi kimia baja adalah C 0.23%, S 0.04% dan P 0.04%.

2.1.1 Jenis Jenis Baja

Baja secara umum dikelompokan menjadi 2 jenis sesuai dengan komposisi kimianya yaitu:

1. Baja karbon

   Baja karbon adalah logam yang terbentuk karena adanya beberapa unsur, unsur utamanya yaitu besi (Fe) dan unsur karbon (C) serta unsur pemadu lainnya seperti silicon, belerang, pospor, dan mangan, dimana masing-masing unsur memiliki pengaruh terhadap sifat mekanik dan dari baja karbon tersebut. Berdasarkan kadar kandungan karbonnya, baja dibagi menjadi 3 jenis yaitu:

   a. Baja karbon rendah

      Baja karbon rendah memiliki kadar karbon 0.10-0.25%C. Baja ini memiliki keuletan dan ketangguhan yang tinggi, mudah dibentuk dan di las, sehingga banyak digunakan di bahan baku pembuatan bodi mobil dan kapal, struktur bangunan, pedal gas, bahan kontruksi pipa dan lain lain

   b. Baja karbon menengah

      Baja karbon menengah memiliki kadar karbon 0.20-0.50%C. Baja karbon sedang mempunyai kekuatan yang lebih dari baja karbon

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

rendah dan mempunyai kualitas perlakuan panas yang tinggi, tidak mudah dibentuk oleh mesin, lebih sulit dilakukan untuk pengelasan, dan dapat dikeraskan (diquenching) dengan baik. Baja karbon sedang banyak digunakan untuk poros, rel kereta api, roda gigi, pegas, baut, komponen mesin yang membutuhkan kekuatan tinggi, dan lain-lain. .

c. Baja karbon tinggi

Baja karbon tinggi memiliki kandungan karbon sebesar 0.5-1.7%C. Baja ini memiliki keuletan yang rendah, ketahanan panas, kuat tarik yang tinggi sehingga banyak digunakan dalam untuk peralatan sarana atau mekanik.

2. Baja paduan

Baja paduan merupakan baja dengan campuran satu atau lebih elemen seperti *carbon, manganese, silicon, nickel, chromium, molybdenum, vanadium, cobalt*, dll. Fungsi utama dari elemen paduan yaitu untuk meningkatkan atau "menyempurnakan" sifat-sifat mekanis dari baja. Sebagai contoh nickel dapat memberi kekuatan pada baja dan dapat membantu baja dalam proses pengerasan melalui *quenching* serta *tempering*. *Chromiun* dapat mecegah karat. *Chromium* serta *molibdenum* dapat membantu baja dalam meningkatkan kemampuan pengerasan. Berdasarkan kadar paduannya, baja paduan dibagi atas yaitu :

a. Baja paduan rendah

Baja paduan rendah memiliki elemen paduannya kurang dari 2.5% yang terdiri dari beberapa unsur yaitu Cr, Mn, Si, S, P dan lain-lain. Aplikasinya banyak digunakan pada kapal, jembatan, roda kereta api, ketel uap, tangki gas, pipa gas dan sebagainya.

b. Baja paduan menengah

Baja paduan menengah memiliki elemen paduannya 2.5 – 10% yang terdiri dari beberapa unsur yaitu Cr, Mn, Si, S, P dan lain-lain. Penggunaanya biasanya dipakai pada pipa bawah laut dan lain-lain.

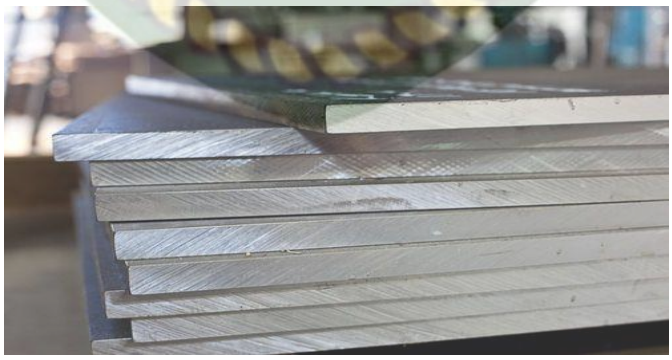
Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

c. Baja paduan tinggi

Baja paduan tinggi memiliki elemen paduannya lebih dari 10% yang terdiri dari beberapa unsur yaitu Cr, Mn, Si, S, P dan lain-lain. Aplikasinya digunakan pada bearing, bejana tekan, baja pegas, cutting tools, frog rel kereta api dan lain sebagainya.

2.1.2 Baja ASTM A36

Baja ASTM A36 termasuk golongan baja karbon rendah (*mild steel)* karena memiliki kadar karbon kurang dari 0.25 %C. Baja ASTM A36 memiliki kekuatan yang baik dan sifat baja yang mudah dibentuk dengan mesin dan juga dilakukan pengelasan. Baja ASTM A36 juga dapat dilakukan pelapisan *galvanis* maupun coating untuk memberikan ketahanan terhadapa korosi. Baja ASTM A36 banyak digunakan untuk berbagai macam aplikasi tergantung terhadap ketebalan baja dan tingkat ketahanan korosi. Beberapa pengaplikasian baja ini ada pada kontruksi bangunan, tanki, pipa dan ada juga pada industri perkapalan seperti pembuatan lambung kapal, *deck*, kaki *jacket* dan lain-lain. Pada lambung kapal terjadinya korosi disebabkan karena baja terendam di dalam lingkungan korosif, lingkungan korosif disini berupa air laut. Pada penelitian ini baja yang digunakan adalah baja ASTM A36 karena baja ASTM A36 merupakan material pembuat plat lambung kapal. Baja ASTM A36 dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Baja ASTM A36 (https://images.app.goo.gl/SyMcidNq2b91unzd7)

Komposisi kimia yang ada pada baja ASTM A36 dapat dilihat pada Tabel 2.1

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Tabel 2.1 Komposisi kimia pada baja ASTM A36

Komposisi (%)	Tebal Plat (mm)				
	≤20	20-40	40-65	65-100	>100
Karbon (C) max	0.25	0.25	0.26	0.27	0.29
Mangan (Mn)	...	...	0.18-1.20	0.08-1.20	0.08-1.20
Fosfor (P) max	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Sulfur (S) max	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Silicon (Si) max	0.04 max	0.04 max	0.15-0.40	0.15-0.40	0.15-0.40
Tembaga (Cu), Jika ditentukan	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

Sumber : (Limbong, 2016)

2.2 Korosi

Korosi merupakan masalah yang sering dijumpai pada berbagai bidang industri dan kehidupan sehari-hari dan akan berbahaya apabila tidak ditangani secara cepat dan tepat. Penyebab korosi adalah karena adanya reaksi elektrokimia antara sebuah logam dengan lingkungannya (Trethewey & Chamberlain, 1991). Lingkungannya disini berupa udara, air, tanah, dan zat-zat kimia seperti asam. Dampak dari korosi adalah suatu logam atau material akan mengalami penurunan kualitas baik itu secara fisik maupun kimia, karena sifat nya yang lebih mengarah kearah yang rendah maka akan mengakibatkan mengurangi kemampuan suatu material atau logam. Korosi yang terjadi pada plat lambung kapal bisa dilihat pada Gambar 2.2.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Gambar 2.2 Korosi pada plat lambung kapal (http://blog.docking.id/korosi-pada-kapal-dan-penanggulangannya)

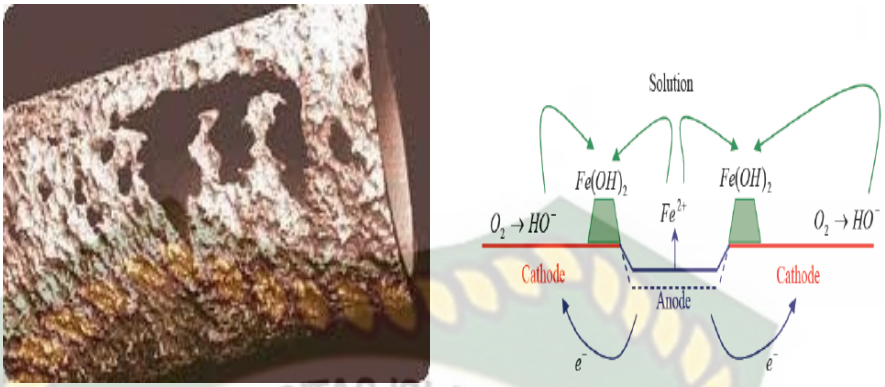
2.2.1 Jenis-Jenis Korosi

Beberapa jenis korosi yang sering terjadi pada baja yaitu:

1. Korosi merata (*uniform corrosion)*

   Biasanya ditandai dengan reaksi kimia atau elektrokimia yang berlangsung secara seragam di seluruh permukaan yang terbuka atau di area yang luas. Reaksi kimia terjadi karena pH air yang rendah dan udara yang lembab, sehingga makin lama baja makin menipis. Korosi jenis ini bisa dicegah dengan cara diantaranya, pemilihan material baja yang tepat beserta pelapisannya *(coating)*, diberi lapis lindung yang mengandung *inhibitor* dan perlindungan katodik *(cathodic protection)*. Gambar korosi merata dan mekanisme terjadinya korosi merata dapat dilihat pada Gambar 2.3.

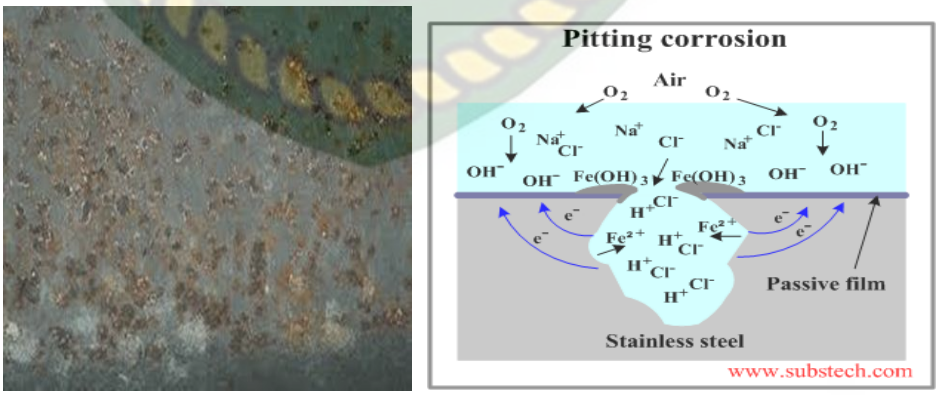
Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :



Gambar 2.3 Korosi merata (Nugroho, 2011)

2. Korosi sumuran *(pitting corrosion)*

   Korosi sumuran adalah korosi lokal dari permukaan logam yang dibatasi pada satu titik atau area kecil, dan membentuka bentuk rongga. Korosi sumuran adalah salah satu bentuk yang paling merusak dari korosi. Korosi sumuran disebabkan oleh lingkungan kimia yang mungkin berisi spesies unsur kimia agresif seperti klorida. Klorida sangat merusak lapisan pasif (oksida) sehingga pitting dapat terjadi pada dudukan oksida. Lingkungan juga dapat mengatur perbedaan sel aerasi (tetesan air pada permukaan baja, misalnya) dan pitting dapat dimulai di lokasi anodik (pusat tetesan air). Korosi sumuran dan mekanisme terjadinya korosi sumuran dapat dilihat pada Gambar 2.4.

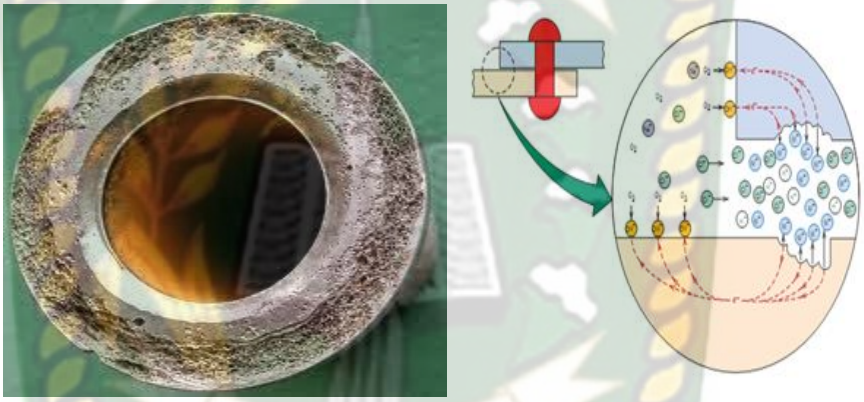


Gambar 2.4 Korosi sumuran (Nugroho, 2011)

3. Korosi celah *(crevice corrosion)*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Korosi celah mengacu pada serangan lokal pada permukaan logam pada, atau berbatasan langsung dengan kesenjangan atau celah antara dua permukaan bergabung. Kesenjangan atau celah dapat terbentuk antara dua logam atau logam dan bahan non-logam. Di luar kesenjangan atau tanpa celah, kedua logam yang tahan terhadap korosi. Kerusakan yang disebabkan oleh korosi celah biasanya dibatasi pada satu logam di wilayah lokal dalam atau dekat dengan permukaan yang bergabung. Korosi celah dan mekanisme terjadinya korosi celah bisa dilihat pada Gambar 2.5.

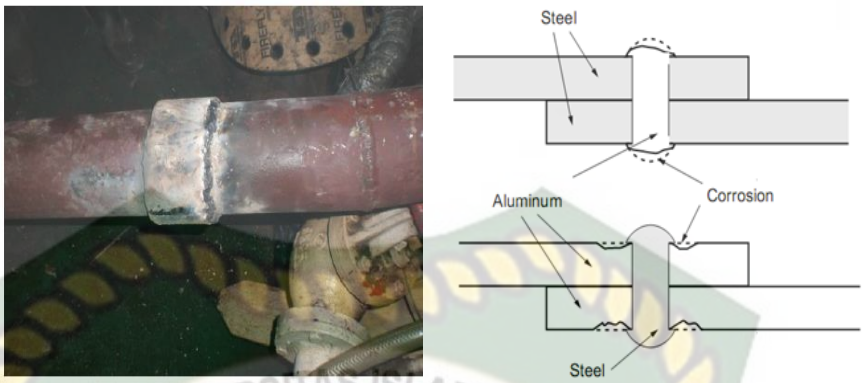


Gambar 2.5 Korosi celah (Nugroho, 2011)

4. Korosi galvanis *(Galvanic corrosion)*

Galvanic atau bimetalic corrosion adalah jenis korosi yang terjadi ketika dua macam logam yang berbeda berkontak secara langsung dalam media korosif. Korosi ini terjadi karena proses elektro kimiawi dua macam metal yang berbeda potensial dihubungkan langsung di dalam elektrolit sama. Logam dengan nilai potensial yang tinggi akan mengalami reduksi dan logam dengan nilai potensial yang rendah akan mengalami oksidasi. Kedua logam tersebut akan membuat sel galvanik, logam yang memiliki potensial korosi yang tinggi akan menjadi katoda dan potensial yang rendah akan menjadi anoda dan mengalami korosi (Roberge 2000). Korosi galvanis dan mekanismenya dapat dilihat pada Gambar 2.6.

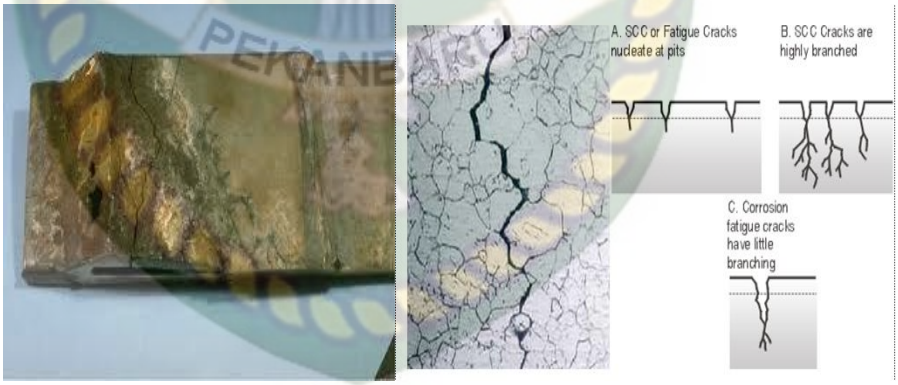
Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :



Gambar 2.6 Korosi Galvanis (Utomo, 2009)

5. Korosi retak tegang *(stress corrosion cracking)*

   Korosi retak tegangan (SCC) adalah proses retak yang memerlukan aksi secara bersamaan dari bahan perusak (karat) dan berkelanjutan dengan tegangan tarik. SCC terjadi akibat adanya hubungan dari 3 faktor komponen, yaitu (1) Bahan rentan terhadap korosi, (2) adanya larutan elektrolit (lingkungan) dan (3) adanya tegangan. Korosi retak tegang dan mekanismenya bisa dilihat pada Gambar 2.7.



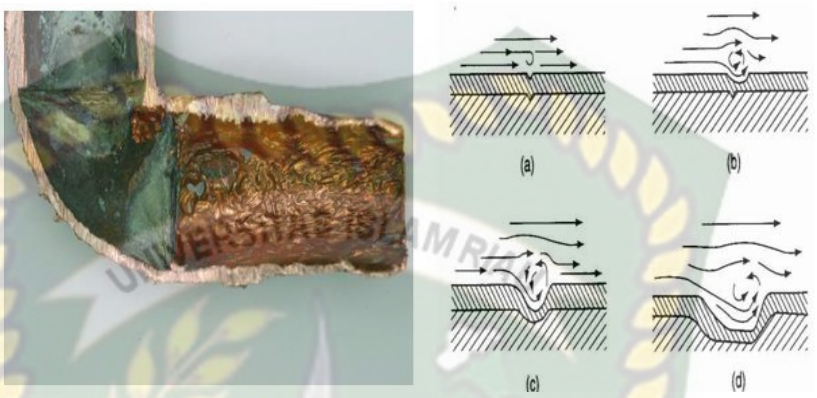
Gambar 2.7 Korosi retak tegang (Nugroho, 2011)

6. Korosi erosi (*errosion corrosion)*

   Erosi Korosi mengacu pada tindakan gabungan yang melibatkan erosi dan korosi di hadapan cairan korosif yang bergerak atau komponen logam yang bergerak melalui cairan korosif, yang menyebabkan percepatan terdegradasinya suatu logam. Mekanisme erosion corrosion pertama adalah efek mekanik aliran atau kecepatan fluida

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

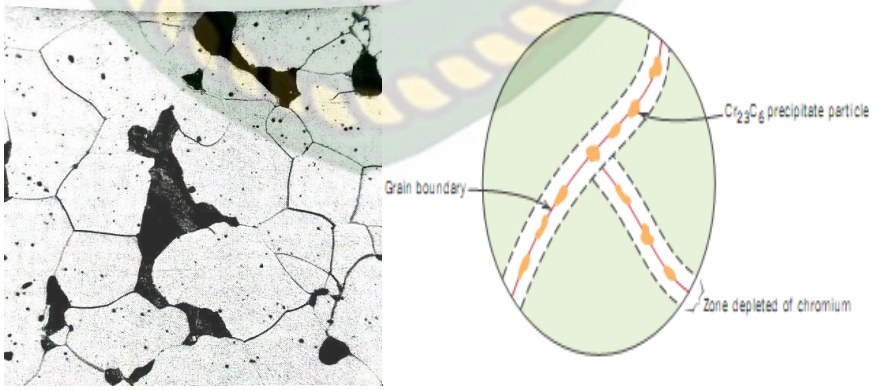
dikombinasikan dengan aksi cairan korosif menyebabkan percepatan hilangnya dari logam. Pada Gambar 2.8 dapat dilihat bentuk korosi erosi dan mekanisme terjadinya korosi erosi.



Gambar 2.8 Korosi erosi (Utomo, 2009)

7. Korosi batas butir *(intergranular corrosion)*

   Intergranular adalah korosi terlokalisasi dalam daerah yang sempit dan terjadi di batas butir. Logam merupakan susunan butiran-butiran kristal seperti butiran pasir yang menyusun batu pasir. Butiran-butiran tersebut saling terikat yang kemudian membentuk mikrostruktur. Adanya korosi menyebabkan butiran menjadi lemah terutama di batas butir sehingga logam kehilangan kekuatan. Korosi batas butir dan mekanismenya dapat dilihat pada Gambar 2.9.

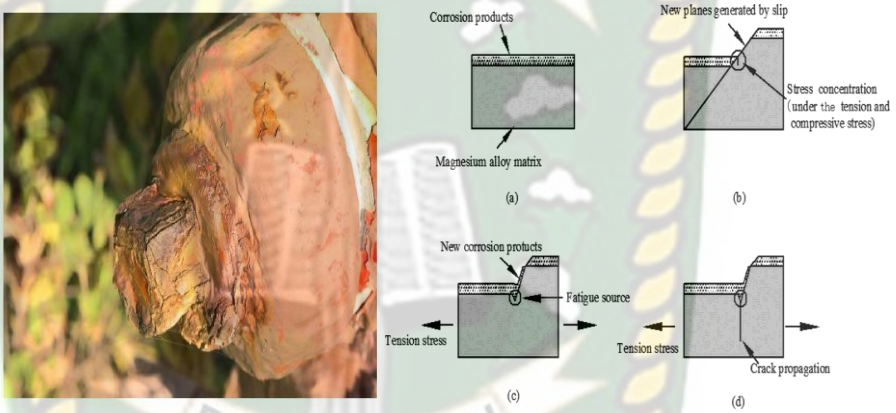


Gambar 2.9 Korosi batas butir (Trethewey & Chamberlain, 1991)

8. Korosi lelah *(fatigue corrosion)*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Korosi Kelelahan adalah kegagalan getas dari suatu paduan yang disebabkan oleh fruktuasi stress di lingkungan korosif. Metal yang retak akibat adanya regangan yang terjadi bergantian atau berulang-ulang disebut gagal karena kelelahan (fatigue). Bila 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.. Korosi lelah dan mekanisme terjadinya korosi celah bisa dilihat pada Gambar 2.10.

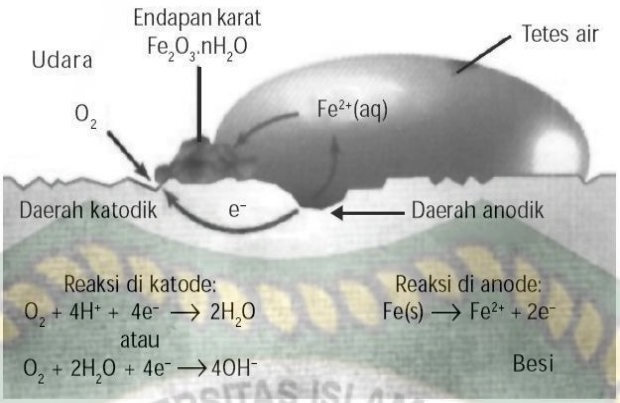


Gambar 2.10 Korosi lelah (Utomo, 2009)

2.2.2 Mekanisme Terjadinya Korosi

Mekanisme terjadinya korosi secara umum yang terjadi di dalam suatu larutan diawali dari logam yang teroksidasi dan melepaskan elektron untuk membentuk ion logam yang bermuatan positif. Larutan selanjutnya akan bertindak sebagai katoda dengan reaksi yang umum terjadi adalah pelepasan H_2 dan reduksi O_2, akibat ion H^+ dan H_2O yang tereduksi. Reaksi ini terjadi di permukaan logam yang akan menyebabkan pengelupasan akibat pelarutan logam ke dalam larutan secara berulang-ulang (Nurdin dkk, 1998). Mekanisme terjadinya korosi dapat dilihat pada Gambar 2.11.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :



Gambar 2. 11 Mekanisme terjadinya korosi (Putrandi, 2017)

2.2.3 Syarat Terbentuknya Korosi

Adapun syarat-syarat terbentuknya terjadi korosi yaitu:

1. Anoda

   Anoda merupakan bagian dari logam yang berperan sebagai elektroda tempat terjadinya reaksi anodik. Reaksi anodik adalah reaksi yang menghasilkan elektron dan melepaskan ion-ion positif ke larutan elektrolit. Reaksinya adalah sebagai berikut:

   $$Fe \longrightarrow Fe^{2+} + 2e$$

2. Katoda

   Katoda merupakan bagian logam yang berperan sebagai elektroda yang mengalami reaksi katodik dan menerima elektron dari anoda.

   Reaksinya adalah sebagai berikut:

   $$2\,H^+ + 2e \longrightarrow H_2$$

3. Elektrolit

   Elektrolit merupakan media yang kontak dengan permukaan logam baik bagian anoda maupun katoda. Media ini merupakan terjadinya transfer ion-ion positif yang dihasilkan dari reaksi di anoda ke katoda. Media dapat menghantarkan arus litrik seperti air dan tanah.

4. Penghantar listrik

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Agar arus listrik dapat mengalir di antara katoda dan anoda maka harus ada penghantar yang dapat mengalirkan arus listrik atau elektron.

2.2.4 Korosi Pada Media Air Laut

Korosi pada media air laut merupakan salah satu korosi yang sering terjadi di dunia perkapalan dan industri. Lingkungan air laut merupakan lingkungan yang memiliki tingkat korosivitas yang tinggi. Korosi pada air laut sangat tergantung pada kadar klorida, pH, kadar oksigen dan temperatur. Unsur pokok air laut bisa dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Unsur pokok dalam media air laut

Anion	Part/Million	EquevalentsPer Million	Part/Million/ unit Chlorinity
Chloride, Cl^-	18.980,00	535,30	998,90
Sulfate, $SO4^{2-}$	2.649,00	55,10	139,40
Bicarbonete,$HCO3^-$	139,70	2,30	7,35
Bromine, Br^-	64,60	0,80	0,80
Fluoride,F^-	1,30	0,10	0,07
Boric Acid H3BO3	26,00	-	1,37
Total		593,60	
Cation	Part/Million	Equevalents perMillion	Part /Million/unit Chlorinity
Sodium, Na+	10.556,10	159,00	555,60
Magnesium, MG2+	1.272,00	104,60	66,95
Calcium, Ca2+	400,10	20,00	21,06
Potassium, K+	380,00	9,70	20,00
Strotium, Sr2+	13,30	0,30	0,70
Total		593,60	

Sumber : (Craig et al., 2006)

Pada percobaan biasanya digunakan air laut buatan dimana air laut buatan ini memiliki agresifitas yang lebih besar dibandingkan dengan air laut alami. Hal ini karena pada air laut alami masih terdapat ion Mg^{2+} dan Ca^{2+}. Keberadaan ion ini bisa memperkecil laju korosi akibat kemampuannya dalam membentuk lapisan

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

CaCO3 dan Mg (OH)2 dipermukaan material hasil dari reaksi katodik oksigen dipermukaan logam.

Air laut merupakan lingkungan yang korosif untuk besi dan baja, terutama karena resistivitas air laut sangat rendah (+ 25 Ohm–cm) dibandingkan resistivitas air tawar (+ 4000 Ohm–cm) (Munasir, 2009). Faktor faktor yang mendorong korosi dalam media air laut adalah :

1. Kadar garam (Salinitas)

   salinitas ialah berat garam nonSorganik secara keseluruhan (dalam gram) pada 1 Kg air laut, Salinitas air laut dinyatakan dengan satuan per seribu (‰). Untuk berbagai wilayah perairan dunia salinitas berkisar antara 32 ‰ - 38 ‰ sedangkan perairan di Indonesia berkisar antara 30 ‰ - 35 ‰ salinitas sangat berpengaruh terhadap laju korosi, semakin tinggi salinitas semakin cepat laju korosi. Konsentrasi garam terlarut atau ion/molekul dalam air laut dapat dilihat pada Tabel.2.3

Tabel 2. 3 Konsentrasi ion/molekul pada air laut densitas 1,023g/cm3 pada 25°C

Garam	Salinitas (‰)		
	33	35	37
NaCl	23.13	24.53	25.93
$MgCl_2$	4.900	5.200	5.497
Na_2SO_4	4.090	4.090	4.090
$CaCl_2$	1.090	1.160	1.230
KCl	0.660	0.695	0.735
$NaHCO_3$	0.201	0.201	0.201
KBr	0.101	0.101	0.101
H_3BO_3	0.027	0.027	0.027
$SrCl_2$	0.024	0.025	0.026
NaF	0.003	0.003	0.003

Sumber : (Anggono et al., 1999)

2. Efek pH (Derajat Keasaman)

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Efek pH ditentukan oleh banyaknya kandungan ion H+ atau ion OH- dalam suatu senyawa nilai ini akan menunjukan apakah senyawa tersebut bersifat asam dan sebaliknya. Pada air laut nilai pH dipengaruhi oleh kedalaman, temperatur, dan kandungan oksigen.

3. Temperatur

Laju korosi akan meningkat apabila temperatur naik. Pada temperatur 100 °C dapat meningkata laju korosi sampai dua kali lipat. Temperatur juga mengaruhi O_2 lokasi dimana laut berada menentukan temperatur permukaan air laut.

4. Kecepatan Gerakan Air Laut

Laju korosi sangat ditentukan oleh jumlah oksigen yang berada dipermukaan logam. Gerakan air laut akan mempengaruhi jumlah oksigen tersebut. Air laut dengan kecepatan tinggi akan meningkatkan jumlah oksigen dipermungkaan logam dan hilangnya selaput penghalang, sehingga terjadinya pengikisan, kecepatan yang tinggi menyebabkan terjadinya kapitasi sehingga semakin tinggi kecepatan gerakan air laut maka semakin tinggi laju korosi.

5. Pencemaran Air Laut

Sulfida dalam polutan yang mencemari air laut akan meningkatkan korosif walaupun penurunan oksigen dapat mengurangi korosi.

2.2.5 Korosi Pada Kapal Baja

Masalah terbesar yang berjalan terhadap bidang industri perkapalan adalah kasus korosi yang disebabkan air laut. Sampai saat ini penggunaan besi dan baja sebagai bahan utama pembuatan kapal tetap dominan. Dari aspek cost dan kekuatan, penggunaan besi dan baja untuk bangunan kapal memang memadai memadai. Tetapi besi dan baja terlampau reaktif dan membawa kecenderungan yang besar di serang korosi air laut. Korosi merupakan suatu sistem degradasi dari

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

suatu logam yang karena terjadinya reaksi kimia logam selanjutnya bersama lingkungannya.

Pada dasarnya korosi adalah moment pelepasan elektron-elektron dari logam (besi atau baja) yang berada di dalam larutan elektrolit jikalau air laut. Sedangkan atom-atom yang bermuatan positif dari logam (Fe3+) dapat bereaksi bersama ion hydroxyl (OH-) membentuk ferri hidroksida [Fe(OH)3] yang dikenal sebagai karat. Berdasarkan aspek konstruksi terhadap kapal laut, plat lambung kapal adalah tempat yang pertama kali terkena air laut. Korosi terhadap pelat badan kapal mampu menyebabkan turunnya kapabilitas dan usia memakai kapal dan aspek keselamatan dan keamanan terhadap kapal tersebut. Untuk hindari dari kerugian yang lebih besar akibat korosi air laut, maka perawatan dan pemeliharaan kapal wajib ditunaikan secara berkala. Dan kecuali korosi yang berjalan terhadap kapal baja udah melampaui batas kewajaran dari standar yang ditentukan, plat yang mengalami korosi kritis wajib diganti (replating). Adapun standart yang berlaku di dunia perkapalan adalah ABS (American Bureau of Shipping), BKI (Biro Klasifikasi Indonesia), DNV (Det Norske Veritas), RINA (Registro Italiano Navale), GL (GermanyLIoyd), LR (Lloyd Register), BV (Bureau Veritas), NK (Nippon Kaiji Kyokai), CCS(China Clasification Society). Korosi terhadap plat kapal baja mampu dilihat terhadap Gambar 2.11.

Gambar 2.12 Korosi pada plat kapal baja (Hutauruk, 2017)

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

2.2.6 Laju Korosi

Laju korosi adalah peristiwa merambatnya proses korosi yang terjadi pada suatu material. Laju korosi merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur ketahanan terhadap korosi pada material sehingga nantinya dapat diperkirakan kapan material tersebut dinyatakan layak dan kapan tidak layak. Metode yang umum yang dilakukan untuk pengukuran laju korosi adalah metode elektrokimia, metode kehilangan berat, metode pengurangan tahanan (Yusuf, 2008). Satuan yang biasa digunakan dalam perhitungan laju korosi adalah *mils per years (mpy)* . Satu mils sama dengan 0.001 inchi (Mars Guy Fontana, 2005).

Umumnya perhiitungan laju korosi menggunakan dua metode yaitu metode kehilangan berat dan metode elektrokimia. Penjelasan kedua metode tersebut sebagai berikut:

1. Metode Kehilangan Berat

Metode kehilangan berat merupakan perhitungan laju korosi dengan mengukur kekurangan berat akibat korosi yang terjadi. Metode ini menggunakan jangka waktu penelitian hingga mendapatkan jumlah kehilangan akibat korosi yang terjadi (Nugroho, 2011). Menurut standart ASTM internasional (2015) pengukuran laju korosi dengan metode pengurangan berat dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{CR } (mm/y) = \frac{\text{k} \times \text{w}}{\text{A} \times \text{t} \times \rho} \qquad (2.1)$$

Dimana : CR = Laju korosi *(mm/y)*

k = Konstanta laju korosi (8.76×10^4)

w = Massa yang hilang (*gram)*

ρ = Massa jenis sampel uji *(gram/cm^3)*

A = Luas permukaan *(cm^2)*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Untuk mencari nilai kehilangan berat (W) dari logam yang telah terkorosi dengan cara melakukan kehilangan berat awal dan berat akhir atau dinyatakan dengan kehilangan berat. Mencari kehilangan berat dapat menggunakan persamaan berikut :

$$\Delta W = W_1 - W_2 \quad (2.2)$$

Dimana : ΔW = Kehilangan berat *(gram)*

W_1 = Berat awal *(gram)*

W_2 = Berat akhir setelah pengujuan *(gram)*

2. Metode Elektrokimia

Metode elektrokimia adalah metode mengukur laju korosi dengan mengukur beda potensial objek hingga didapatkan laju korosi yang terjadi. Kelemahan metode ini adalah tidak menggambarkan secara pasti laju korosi yang terjadi secara akurat karena hanya dapat megukur laju korosi hanya pada waktu tertentu saja. Kelebihan metode ini dapat langsung mengetahui laju korosi pada saat di ukur, hingga waktu pengukuran tidak memakan waktu yang lama.

Rumus untuk menghitung laju korosi berdasarkan Hukum Faraday (ASTM G1-90) persamaannya sebagai berikut:

$$CR = K\frac{ai}{nD} \quad (2,3)$$

Dimana : CR = Laju korosi *(mm/y)*

K = Konstanta, *mpy*=0.129 , *mm/y*= 0.00327

a = Besar atom metal *(gram/mol)*

i = Current density *($\mu A / cm^2$)*

D = Massa jenis logam terkorosi *($gram/cm^3$)*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Ketahan terhadap korosi umumnya nilai laju korosi antara 1-200 mpy. Dapat dilihat pada Tabel 2.4 yang menggolongkan tingkat ketahanan berdasarkan laju korosinya (Mars Guy Fontana, 2005).

Tabel 2.4 Standart laju korosi yang diizinkan

Relative Corrosion Resistance	Approximate Metric Equivalent				
	Mpy	mm/year	mm/yr	nm/yr	pm/sec
Oustanding	<1	<0.02	<25	<2	<1
Excellent	1-5	0.02-0.1	25-100	2-10	1-5
Good	5-20	0.1-0.5	100-500	10-50	5-20
Fair	20-50	0.5-1	500-1000	50-100	20-50
Poor	50-200	1-5	1000-5000	150-500	50-200
Unaccepteble	200+	5+	5000+	500+	200+

Sumber : (Mars G Fontana & Stactile, 1970)

2.3 Inhibitor

Inhibitor merupakan salah satu cara yang digunakan untuk mengurangi laju korosi pada logam. Secara khusus Inhibitor dapat didefinisikan sebagai suatu zat yang apabila ditambahkan ke dalam lingkungan akan menurunkan serangan korosi lingkungan terhadap logam. Umumnya inhibitor korosi berasal dari senyawa-senyawa organik dan anorganik. Pada penggunaanya inhibitor digunakan dalam skala kadar yang sangat kecil (ukuran ppm) untuk mengendalikan laju korosi pada logam. Penggunaan inhibitor merupakan metoda perlindungan yang fleksibel, karena mampu memberikan perlindungan dari lingkungan yang kurang agresif sampai pada lingkungan yang tingkat korosifitasnya sangat tinggi, mudah diaplikasikan dan tingkat keefektifan biayanya paling tinggi karena lapisan yang terbentuk sangat tipis sehingga dalam jumlah kecil mampu memberikan perlindungan yang luas.

Menurut (Indra Surya Dalimunthe, 2004) mekanisme kerja dari inhibitor dapat dibagi menjadi:

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

a. Inhibitor teradsorpsi pada permukaan logam, dan membentuk suatu lapisan tipis dengan ketebalan beberapa molekul inhibitor. Lapisan ini tidak dapat dilihat oleh mata biasa, namun dapat menghambat penyerangan lingkungan terhadap logamnya.
b. Melalui pengaruh lingkungan (misal pH) menyebabkan inhibitor dapat mengendap dan selanjutnya teradsorpsi pada permukaan logam serta melindunginya terhadap korosi. Endapan yang terjadi cukup banyak, sehingga lapisan yang terjadi dapat teramati oleh mata.
c. Inhibitor lebih dulu mengkorosi logamnya, kemudian menghasilkan suatu zat kimia yang kemudian melalui peristiwa adsorpsi dari produk korosi tersebut membentuk suatu lapisan pasif pada permukaan logam.
d. Inhibitor menghilangkan konstituen yang agresif dari lingkungannya. Berdasarkan sifat korosi logam secara elektrokimia, inhibitor dapat mempengaruhi polarisasi anodik dan katodik. Bila suatu sel korosi dapat dianggap terdiri dari empat komponen yaitu: anoda, katoda, elektrolit dan penghantar elektrolit, maka inhibitor korosi memberikan kemungkinan menaikkan polarisasi anodik, atau menaikkan polarisasi katodik atau menaikkan tahanan listrik dari rangkaian melalui pembentukan endapan tipis pada permukaan logam. Mekanisme ini dapata diamati melalui suatu kurva polarisasi hasil pengujian.

Menurut (Roberge, 1999) berdasarkan fungsi, inhibitor terbagi menjadi:

a. Inhibitor Anodik

   Inhibitor anodik dapat memeperlambat reaksi elektrokimia di anoda melalui pembentukan lapisan pasif di permukaan logam tersebut logam terlindungi dari korosi.

   Terdapat dua jenis inhibitor anodik, yaitu:

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

- *Oxydizing anions*, yang dapat membentuk lapisan pasif pada logam tanpa kehadiran oksigen. Contohnya antara lain kromat, nitrit, dan nitrat.
- *Non-oxydizing ions*, yang dapat membentuk lapisan pasif pada logam dengan kehadiran oksigen. Contohnya antara lain phosphat, tungstat, dan molybdat.

b. Inhibitor Presipitasi

Inhibitor presipitasi dapat membentuk presipitat di seluruh permukaan suatu logam yang berperan sebagai lapisan pelindung untuk menghambat reaksi anodik dan katodik logam tersebut secara tidak langsung. Contohnya dari inhibitor jenis ini adalah silikat dan fosfat.

c. Inhibitor Katodik

Inhibitor katodik dapat memperlambat reaksi katodik suatu logam dan membentuk presipitat di wilayah katoda yang dapat meningkatkan impedansi permukaan sekaligus membatasi difusi pereduksi untuk melindungi logam tersebut.

Terdapat tiga jenis inhibitor katodik, yaitu:

- Racun katoda, dapat menghambat reaksi evolusi hidrogen. Contohnya seperti sulfida, selenida, arsenat, dan antimonat.
- Presipitat katoda, dapat mengendap membentuk oksida sebagai lapisan pelindung pada logam. Contohnya seperti kalsium, seng, dan magnesium.
- *Oxygen scavengers*, yang dapat mengikat oksigen terlarut sehingga mencegah reaksi reduksi oksigen pada katoda. Seperti hidrasin, natrium sulfit, dan hidroksil amin HCl.

d . Green Inhibitor

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Saat ini pengembangan terhadap green inhibitor atau inhibitor alami sangat diperlukan. Inhibitor jenis ini sangat menguntungkan dunia industri dikerenakan harganya yang relatif tidak mahal dan pengaplikasiannya yang ramah lingkungan. Efektifitas inhibitor ini sangat bergantung kepada komposisi kimia yang dimilikinya, struktur molekul, dan afinitasnya terhadap permukaan logam. Karena pembentukan lapisan merupakan proses adsorbsi, maka temperatur dan tekanan dalam sistem memegang peranan penting. Inhibitor organik akan teradsorbsi sesuai dengan muatan ion-ion inhibitor dan muatan permukaan.

2.3.1 Efisiensi Inhibitor

Dalam penggunaan inhibitor dapat ditentukan efisiensi dari penggunaan inhibitor tersebut. Semakin besar efisiensi inhibitor tersebut maka akan semakin baik inhibitor tersebut untuk diaplikasikan kelapangan. Perhitungan efisiensi didapatkan melalui persentase penurunan laju korosi dengan adanya penambahan dibandingkan dengan laju korosi yang tanpa ditambahkan inhibitor. Perhitungan ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi Inhibitor} = \frac{CRo - CRinh}{CRo} \times 100\% \qquad (2.4)$$

Dimana : Cro = Laju korosi tanpa inhibitor

CRinh = Laju dengan inhibitor

2.4 Daun Ketapang

2.4.1 Klasifikasi Daun Ketapang

Pohon ketapang adalah nama sejenis pohon tepi pantai yang rindang yang memiliki nama latin Terminalia catappa. Terminalia catappa merupakan pohon besar dengan tinggi mencapai 25m dan gemang batang sampai 1.5 m. Bertajuk rindang dengan cabang-cabang yang tumbuh mendatar dan bertingkat-tingkat. Ketapang merupakan tumbuhan asli Asia Tenggara. Namun pada wilayah

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Sumatera dan Kalimantan pohon ketapang jarang ditemukan. Pohon ini biasa ditanam di Australia bagian utara dan Polinesia, India, Pakistan, Madagaskar, Afrika Timur dan Afrika Barat, AmerikaTengah, serta Amerika Selatan. Pohon ketapang kerap ditanam sebagai pohon peneduh di taman ataupun pinggir jalan. Pohon ketapang mempunyai bentuk cabang dan tajuk yang khas.

Pohon Terminalia catappa L. memiliki tinggi mencapai 40 m dengan batangnya berwarna abu-abu sampai abu-abu kecoklatan. Batangnya memiliki lima lobed dan memiliki bau tidak sedap. Daun memiliki ujung yang berbentuk bulat tumpul, mengkilap, kasar, dan berwarna hijau tua yang kemudian akan berubah menjadi kuning dan merah ketika akan gugur, daun ketapang yang gugur mempunyai aktivasi anti bakteri (Alfaida & Musdalifah, 2013) . Tanaman ketapang sering digunakan untuk ramuan tradisional. Diantaranya dapat dipergunakan untuk mengobati diare, radang perut, hipertensi, rematik sendi, disentri, lepra, kudis, dan penyakit kulit lainnya. Bagian tumbuhan ketapang khususnya daun selain untuk obat kulit daun ketapang dapat dimanfaatkan untuk menurunkan pH air tawar dan menyerap zat-zat kimia yang terdapat pada air tawar. Daun ketapang bisa dilihat pada Gambar 2.12.

Gambar 2.13 Daun ketapang (https://images.app.goo.gl/uZYSbgJxFN6ryvT49)

Tumbuhan ketapang (Terminalia catappa L.) adalah termasuk famlia Combretaceae, Menurut (Backer & Bakhuizen van den Brink, 1963), dijelaskan

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

bahwa tumbuhan Ketapang (Terminalia catappa L.) Klasifikasi tanaman ketapang bisa dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Klasifikasi tanaman katapang

Kingdom	Plantae (Tumbuhan)
Divisi	Magnoliophyta (Tumbuhan berbunga)
Class	Magnoliopsida (berkeping dua/dikotil)
Ordo	Myrtales
Family	Combretaceae
Genus	Terminilia
Spesies	T. Cattapa

Sumber : (Backer & Bakhuizen van den Brink, 1963)

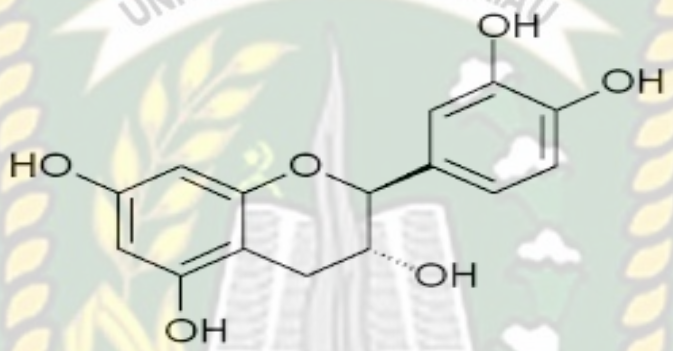
Secara umum kandungan pada tumbuhan *Terminalia catappa L*. adalah tannin (punnicalgin, punicalin, terflavin A dan B, tergallin, tercatin, asam chebulagic, geranin, granatin B, corilagin), flavonoid (isovitexin, vitexin, isoorintin, rintin) dan truterpenoid. Pada daun ketapang mengandung flavonoid, saponin, triterpen, diterpen, senyawa fenolik dan tanin. (Hari Purnomo et al., 2015) menyatakan *Terminalia catappa L*. adalah salah satu tumbuhan yang berpotensi sebagai antibakteri karena mengandung senyawa metabolit sekunder yaitu tanin, flavonoid dan saponin. Tanin yang terkandung dalam daun ketapang sebanyak 10.57 mg/g (Annegowda et al., 2010)

2.4.2 Senyawa Tanin

Tanin adalah senyawa metabolit sekunder yang terdapat pada beberapa tanaman. Tanin mampu mengikat protein, sehingga protein pada tanaman dapat resisten terhadap degradasi oleh enzim protease di dalam silo ataupun rumen . Tanin selain mengikat protein juga bersifat melindungi protein dari degradasi enzim mikroba maupun enzim protease pada tanaman (Annegowda et al., 2010) , sehingga tanin sangat bermanfaat dalam menjaga kualitas silase. Tanin merupakan senyawa kimia yang tergolong dalam senyawa polifenol. Tanin mempunyai kemampuan

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

mengendapkan protein, karena tanin mengandung sejumlah kelompok ikatan fungsional yang kuat dengan molekul protein yang selanjutnya akan menghasilkan ikatan silang yang besar dan komplek yaitu protein tanin. Tanin mempunyai berat molekul 0,5-3 KD. Tanin alami larut dalam air dan memberikan warna pada air, warna larutan tanin bervariasi dari warna terang sampai warna merah gelap atau coklat, karena setiap tanin memiliki warna yang khas tergantung sumbernya (Ahadi, 2003). Struktur inti tanin bisa dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2.14 Struktur inti tanin (Robinson, 1955)

Penggunaan tanin pada bidang korosi telah digunakan cukup luas seperti pada bidang *adhesive, paints, dan coatings*. X. Chen, et. al (2008) telah melakukan penelitian terhadap tanin yang telah digunakan sebagai *conversion coating* pada paduan magnesium. Tanin juga sudah disebut sebagai converter karat sejak keberadaanya mengubah karat aktif menjadi oksida *non-reactive protective.* (Francis, 1978) telah menemukan bahwa tanin dapat mempercepat pembentukan fasa *magnetitle* sebegai lapisan antikorosif. Sifat *protective* tanin didapat dari reaksi komponen *polifenol* dari *tannin* dengan *ion ferric* sehingga membentuk jaringan *cross-linked* padat yaitu *ferric-tannates.*

Daun ketapang banyak mengandung tanin sedangkan pada bungannya tidak banyak mengandung tanin. Daun ketapang juga banyak mengandung zat lainnya selain tanin di antaranya adalah flavonoid (Lin et al.,2000), triterpenoid (Gao et al., 2004), alkaloid (Mandasari,2006), steroid (Babayi et al., 2004) dan asam lemak

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

(Jaziroh, 2008).Taninyang terkandung dalam daun ketapang sebanyak10,57 mg/g (Annegowda et al., 2010).

2.4.3 Ekstrak Daun Ketapang *(Terminalia Catappa)* Sebagai Inhibitor Korosi

Inhibitor korosi biasanya terbuat dari senyawa-senyawa organik dan anorganik yang mengandung gugus-gugus yang memiliki pasangan elektron bebas, seperti fosfat, kromat, nitrit, fenilalanin, urea, imidiazolin, sdan senyawa-senyawa amina. Namun karena penggunaan senyawa tersebut sangat berbahaya, tidak ramah lingkungan, dan harganya yang mahal dan sebab itu banyak industri-industri kecil dan menengah mencari solusi untuk mengatasi korosi dengan membuat inhibitor dari bahan alami karena sifatnya yang ramah lingkungan dan harganya yang relatif murah.

Inhibitor dari alam umumnya mengandung senyawa N, O, P, S dan atom-atom yang memiliki pasangan elektron bebas. Unsur-unsur yang mengandung pasangan elektron bebas ini yang nantinya dapat berfungsi sebagai ligan yang akan membentuk senyawa kompleks dengan logam dan baja. Ekstrak daun ketapang diharapkan mampu menjadi solusi dan efektif digunakan untuk dijadikan inhibitor korosi pada sampel logam besi, tembaga, alumunium dalam media air asin yang mampu menurunkan laju korosi pada besi dan baja.

Cara pelindungan ekstrak bahan-bahan alami terhadap besi atau baja dari serangan korosi diperkirakan hampir sama dengan mekanisme proteksi oleh inhibitor anorganik. Reaksi yang terjadi antara logam dengan medium air laut yang mengandung ion-ion klorida yang terurai dari NaCl, , KCl dan kemudia akan bereaksi dengan Fe dan diperkirakan menghasilkan yang terbentuk juga akan semakin besar, seperti yang tertulis dalam reaksi berikut (Gogot Haryono, 2010).

$$NaCl \qquad Na^{+} + Cl^{-} \qquad (2.5)$$

$$MgCl_2 \qquad Mg_2 + 2Cl^{-} \qquad (2.6)$$

$$KCL \qquad K^{+} + Cl^{-} \qquad (2.7)$$

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Ion klorida pada reaksi diatas akan menyerang logam (Fe) sehingga besi akan terkorosi menjadi :

$2Cl^- + Fe^{3+}$ $FeCl_3$ dan reaksi antara Fe^{2+} dengan inhibitor ekstrak bahan alam menghasilkan senyawa yang kompleks. Inhibitor ekstrak bahan alam yang mengandung nitrogen mendonorkan sepesang elektronnya pada permukaan logam *mild steel* ketika ion terdifusi kedalam larutan elektrolit dan menghasilkan reaksi :

Fe $Fe^{2+} + 2e^-$ (melepaskan elektron)

$Fe^{2+} + 2e^-$ Fe (enerima elektron)

Produk yang terbentuk diatas memiliki kestabilan yang tinggi dibanding dengan Fe saja, oleh sebeb itu sampel besi atau baja yang diberi inhibitor ekstrak bahan alam lebih tahan (terproteksi) terhadap korosi.

Penelitian penggunaan daun ekstrak ketapang telah banyak dilakukan salah satunya oleh (Rochmat et al., 2019) mereka penelitian tentang kemampuan daun ketapang sebagai inhibitor korosi baja pada media asam sulfat. Plat baja akan dikontakan ke larutan H_2SO_4 1 M dengan pH 0,4 dan didapatkan hasil bahwa dengan penambahan inhibitor daun ketapang maka laju korosi pada plat baja berkurang. Namun penelitian kemampuan ekstrak daun ketapang sebagai inhibitor korosi pada lingkungan air asin belum teruji oleh sebab itu perlu adanya penelitian.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pada penelitian ini memiliki beberapa tahapan yang dimulai dengan pemotongan spesimen, penyediaan media korosif, pembuatan inhibitor korosi, sampai dengan pengambilan data. Semua penelitian ini dilaksanakan kurang lebih selama 1 bulan. Untuk proses pengambilan data dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Islam Riau dan Laboratorium Kimia Organik Bahan Alam Universitas Riau.

3.2 Alat dan Bahan

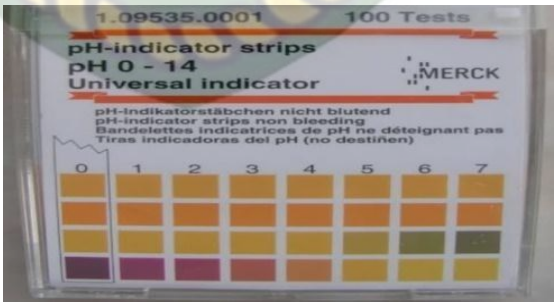
Adapun alat dan bahan yang digunakan untuk proses penelitian adalah sebagai berikut:

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan untuk melakukan proses penelitian adalah:

1. Kertas *indicator universal*

   Kertas *indicator universal* berfungsi untuk mengukur tingkat keasaman (pH) dari air garam. Kertas *indicator universal* dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Kertas *indicator universal*

2. Gelas ukur

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Gelas ukur digunakan untuk mengukur jumlah fluida yang dibutuhkan untuk penelitian. Gelas ukur dapat dilihat pada Gambar 3.2.

Gambar 3.2 Gelas ukur

3. Timbangan digital

Timbangan digitalakan digunakan untuk melihat berat spesimen sebelum dan sesudah perendaman. Timbangan digital bisa dilihat pada Gambar 3.3.

Gambar 3.3 Timbangan digital

4. Gerinda potong

Gerinda potong digunakan untuk memotong atau membelah spesimen uji sesuai dengan yang diinginkan. Gerinda potong dapat dilihat pada Gambar 3.4.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Gambar 3.4 Gerinda potong

5. Jangka sorong

Pada penelitian jangka sorong digunakan untuk mengukur panjang, lebar dan ketebalan spesimen uji. Jangka sorong dapat dilihat pada Gambar 3.5.

Gambar 3.5 Jangka sorong

6. Baskom

Baskom digunakan sebagai wadah daun ketapang dan juga sebagai wadah tempat pencamupuran serbuk daun ketapang dengan etanol. Baskom bisa dilihat pada Gambar 3.6.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Gambar 3.6 Baskom

7. Kertas saring

Kertas saring digunakan untuk menyaring hasil rendaman serbuk daun ketapang sehingga diperoleh filtrat. Kertas saring dapat dilihat pada Gambar 3.7.

Gambar 3.7 Kertas saring

8. Blender

Pada penelitian ini Blender digunakan untuk mengaduk, mencampur, menggiling daun ketapang sehingga menjadi serbuk daun ketapang. Blender dapat dilihat pada Gambar 3.8.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Gambar 3.8 Blender

9. *Rotary Vacum Evaporator*

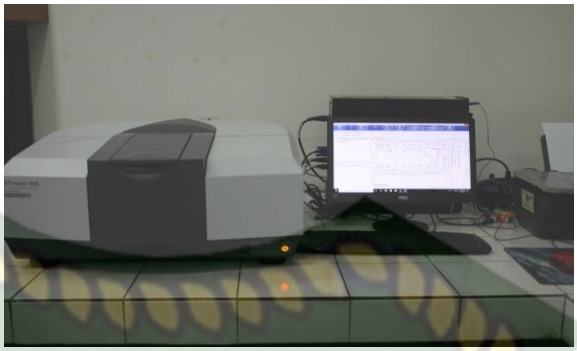
   Rotary vacum evaporator merupakan alat yang digunakan untuk memisahkan uap air yang terkandung didalam ekstrak daun ketapang. *Rotary vacum evaporator* bisa dilihat pada Gambar 3.9.

Gambar 3.9 *Rotary vacum evaporator*

10. *Fourier transform infrared (FTIR)*

    Fourier transform infrared (FTIR) merupakan alat yang digunakan untuk mengindentifikasi dan menganalisa gugus fungsi dan senyawa yang terkandung di dalam ekstrak daun ketapang tanpa merusak ekstrak daun ketapang tersebut. *Fourier transform infrared* dapat pada Gambar 3.10.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :



Gambar 3.10 *Fourier tranform infrared (FTIR)*

11. Aerator

Aerator digunakan pada penelitian untuk memberikan efek aliran pada saat pengujiaan. Aerator dapat dilihat pada Gambar 3.11.

Gambar 3.11 Aerator

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Daun ketapang

   Daun ketapang merupakan bahan yang akan digunakan sebagai inhibitor organik. Daun ketapang bisa dilihat pada Gambar 3.12.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Gambar 3.12 Daun ketapang

2. NaCl *(Natrium Clorida)*

NaCl atau garam dapur digunakan untuk mengkorosi spesimen. NaCl dapat dilihat pada Gambar 3.13.

Gambar 3.13 NaCl (Natrium Clorida)

3. Etanol 70%

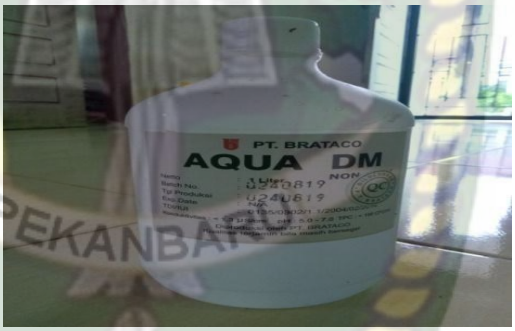
Etanol dugunakan sebagai zat pelarut yang akan dicampurkan dengan serbuk daun ketapang. Etanol 70% bisa dilihat pada Gambar 3.14.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Gambar 3.14 Etanol 70%

4. Aquades

Aquades merupakan cairan digunakan untuk membersihkan spesimen sebelum dan sesudah perendaman dan aquades juga digunakan untuk melarutkan NaCl. Aquades dapat dilihat pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15 Aquades

6. Amplas

Pada penelitian ini amplas digunakan untuk membersihkan kotoron- kotoron atau kerak awal pada spesimen sebelum spesimen tersebut digunakan untuk pengujian. Amplas yang digunakan pada penelitian ini adalah no 400 dan 150. Amplas dapat dilihat pada Gambar 3.16.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Gambar 3.16 Amplas

5. Baja ASTM A36

Pada penelitian ini spesimen yang digunakan adalah baja ASTM A36. Baja ASTM A36 bisa dilihat pada Gambar 3.17.

Gambar 3.17 Baja ASTM A36

3.3 Langkah-Langkah Melakukan Pengujian

Adapun langkah-langkah penelitian sebagai berikut:

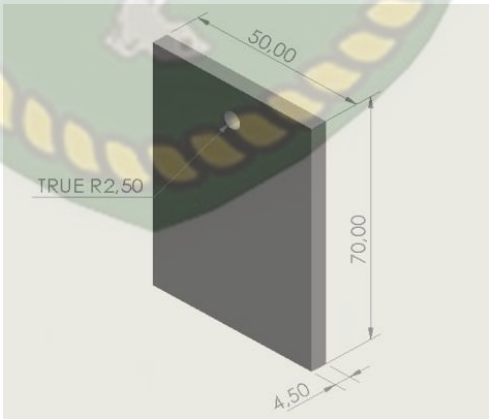
1. Menyiapakan alat dan bahan
2. Menyiapkan spesimen uji
3. Pembuatan bak pengujian korosi
4. Membuat larutan korosif
5. Membuat inhibitor dengan variasi kosentrasi inhibitor 0 ppm, 1500 ppm, 2000 ppm, 2500 ppm, 3000 ppm
6. Melakukan uji tanin pada ekstrak daun ketapang
7. Melakukan analisa FTIR (*Fourierd Transform Infrared)* pada ekstrak daun ketapang

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

8. Mengukur kehilangan berat spesimen sebelum perendaman
9. Melakukan pegujian perendaman baja ASTM A36 selama 25 hari pada setiap kosentrasi inhibitor dan diukur berat spesimen setiap hari ke 5, 10. 15, 25
10. Membersihkan spesimen menggunakan aquades
11. Melihat dan mengambil data kehilangan berat spesimen
12. Memasukan data kehilangan berat ke dalam tabel
13. Menghitung laju korosi
14. Menghitung efisiensi inhibitor
15. Melakukan pengamatan struktur mikro pada permukaan baja yang terkorosi
16. Analisis data dan kesimpulan

3.3.1 Persiapan Spesimen

1. Spesimen yang digunakan pada penelitian ini adalah plat baja ASTM A36. Logam baja tersebut dipotong dengan ukuran 70x50x4.5 mm dan akan dilubangi dengan diameter 10 mm. Spesimen yang digunakan sebanyak 20 spesimen. Sketsa ukuran spesimen uji bisa dilihat pada Gambar 3.18



Gambar 3.18 Sketsa ukuran spesimen uji

Komposisi baja ASTM A36 dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Komposisi kimia pada baja ASTM A36

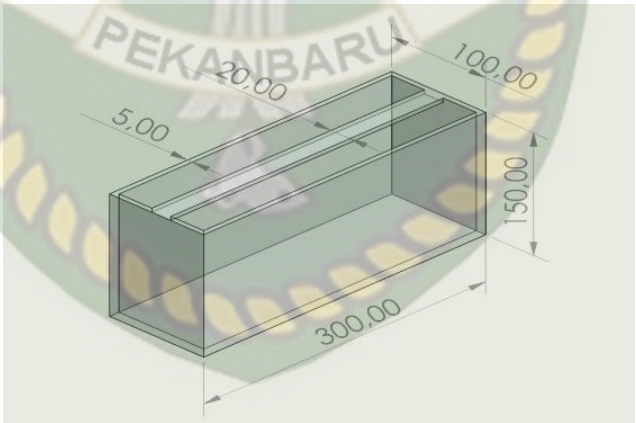
Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Unsur	Komposisi (%)
Karbon (C)	0.26
Mangan (Mn)	0.18-1.20
Fosfor (F)	0.04
Sulfur (S)	0.05
Silikon (Si)	0.15-0.40
Tembaga (Cu)	0.20

2. Sampel dicelupakan ke larutan aquades untuk membersihkan spesimen dan di amplas untuk membersihkan dari kotoran-kotoran yang menemmpel

3.3.2 Pembuatan Bak Pengujian Korosi

Bak pengujian dibuat dari material kaca dengan ukuran panjang 300 mm lebar 100 mm dan tinggi 150 mm. Bak pengujian dibuat sebanyak 5 buah. Bak pengujian bisa dilihat pada Gambar 3.19.



Gambar 3.19 Bak pengujian

3.3.3 Persiapan Media korosif

Media korosif yang digunakan pada penelitian ini adalah NaCl 3.5%. Medium korosif ini dibuat dari aquades yang dicampur dengan NaCl. Misalkan untuk volume 1 liter aquades, maka kita dapat menambahkan 35 gram NaCl agar dihasilkan larutan NaCl 3.5%.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

3.3.4 Pembuatan Inhibitor

Pada pengujian ini inhibitor yang digunakan adalah inhibitor yang yang terbuat dari ekstrak daun ketapang *(Terminilia catappa)* Untuk membuat inhibitor tersebut maka perlu dilakukan beberapa persiapan sebagai berikut.

1. Daun ketapang yang digunakan dalam penenlitian ini diperoleh dari lingkungan perumahan sekitar Karya III Marpoyan Damai. Berikut merupakan langkah pembuatan serbuk daun ketapang
    - Persiapkan daun ketapang yang masih segar sebanyak 2 kg dan kemudian dicuci hingga bersih.
    - Pisahkan daun ketapang dengan tulang daunnya.
    - Berikutnya daun ketapang dikeringkan dengan udara (tidak terkena matahari secara langsung) selama 3 hari.
    - Daun ketapang yang sudah dikeringkan selanjutnya di blender untuk mendapatkan serbuk daun ketapang.
    - Selanjutnya melakukan ekstraksi dengan metode maserasi dengan memasukkan serbuk daun ketapang yang telah halus kedalam wadah baskom yang telah berisi etanol 70% selama 2 hari.
    - Hasil perendaman kemudian disaring menggunakan kertas saring sehingga diperoleh filtrat.
    - Filtrat kemudian diuapkan menggunakan menggunakan mesin *rotary evaporator* dengan kecepatan 200 rpm dan suhu 70ºC hingga menghasilkan ekstrak pekat (Ali, 2014).
    - Ekstrak kasar yang diperoleh ditimbang sebanyak 2500 mg selanjutnya dilarutkan dengan 250 ml alcohol 70% dan di dapatkan larutan inhibitor 10000 ppm.
    - Selanjutnya disiapkan labu takar 50 ml sebanyak 5 buah. Dipipetkan sebanyak 10 ml larutan NaCl 3,5 % dan dimasukan kedalam masing-masing labu takar 50 ml.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Ditambahkan larutan inhibitor 10000 ppm sebanyak 0 ml, 7,5 ml, 10 ml, 12,5 ml, 15 ml ke dalam labu takar yang berisi larutan NaCl. Larutan diencerkan dengan aquadest hingga tanda tera sehingga campuran larutan masing-masing kosentrasi inhibitor yaitu 0 ppm, 1500 ppm, 2000 ppm, 2500 ppm, 3000 ppm (Hartanto, 2018)

3.4 Analisa Fourier Transform Infrared (FTIR)

Metode spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infrared*) adalah metode spektroskopi inframerah modern yang dilengkapi dengan teknik transformasi fourier untuk deteksi dan analisis hasil spektrumnya kemudian mengkarakterisasi terhadap gugus fungsi pelapis dan mendukung adhesi antara pelapis dengan substrat.

Mekanisme kerja dari FTIR yaitu sinar datang dari sumber sinar akan diteruskan, kemudian akan dipecah oleh pemecah sinar menjadi dua sinar yang saling tegak lurus. Sinar ini akan dipantulkan oleh dua cermin yaitu cermin diam dan cermin bergerak. Sinar hasil pantulan kedua cermin akan dipantulkan kembali menuju pemecah sinar untuk saling berinteraksi. Dari pemecah sinar, sebagian sinar akan diarahkan menuju cuplikan dan sebagian menuju sumber. Gerakan cermin yang maju mundur akan menyebabkan sinar yang sampai pada detektor akan berfluktuasi. Sinar akan saling menguatkan ketika kedua cermin memiliki jarak yang sama terhadap detektor dan akan saling melemahkan jika kedua cermin memiliki jarak yang berbeda. Fluktuasi sinar yang sampai pada detektor ini akan menghasilkan sinyal pada detektor yang disebut interferogram. Interferogram ini kan diubah menjadi spektra IR dengan bantuan komputer berdasarkan operasi matematika.(Putrandi, 2017)

Pengujian ini difungsikan untuk mengetahui senyawa-senyawa bioaktif yang terkandung di dalam ekstrak daun ketapang. Dengan melakukan pengujian FTIR akan dihasilkan kurva *peak* atau gelombang dengan intensitas yang berbeda-beda dan dapat ditentukan gugus fungsinya sehingga diketahui

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

kandungan (tipe senyawa) yang terkandung dalam ekstrak daun ketapang**.** Pengujian FTIR ini dilakukan di laboratorium kimia organik bahan alam Universitas Riau.

3.5 Analisa Kehilangan Berat Spesimen

Sebelum dilakukannya proses pencelupan spesimen yang akan diuji, material tersebut ditimbang terlebih dahulu untuk mengetahui berat awal dari spesimen.

Setelah spesimen direndam, dilakukan penimbangan berat masing-masing spesimen pada selang waktu 5, 10, 15, 25 hari pada setiap variasi kosentrasi inhibitor selanjutnya dilakukan pembersihan spesimen dengan cara mencelupkan spesimen kedalam larutan aseton selama 5 menit, lalu spesimen diangkat dan dicelupkan kembali kedalam larutan aquades selama 5 menit lalu spesimen diangkat dan dikeringkan. Setelah spesimen kering selanjutnya spesimen dilakukan proses penimbangan berat spesimen. Selanjutnya dilakukan perhitungan kehilangan berat spesimen.

Perhitungan kehilangan berat spesimen dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\Delta W = W_1 - W_2 \qquad \text{(Pers 2.2)}$$

Dimana : ΔW = Kehilangan berat *(gram)*

W_1 = Berat awal *(gram)*

W_2 = Berat akhir setelah pengujuan *(gram)*

Hasil dari perhitungan kehilangan berat selanjutnya dimasukan ke dalam Tabel 3.2.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Tabel 3.2 Data kehilangan berat spesimen

Kosentrasi inhibitor (ppm)	Waktu perendaman (hari)	W_1 (gram)	W_2 (gram)	ΔW (gram)
0 ppm	5			
	10			
	15			
	25			
1500 ppm	5			
	10			
	15			
	25			
2000 ppm	5			
	10			
	15			
	25			
2500 ppm	5			
	10			
	15			
	25			
3000 ppm	5			
	10			
	15			
	25			

3.6 Perhitungan Laju Korosi

Setelah didapatkan data kehilangan berat spesimen baja ASTM A36, selanjutnya dilakukan perhitungan laju korosi yang terjadi pada baja ASTM A36 dengan rumus sebagai berikut: (Kelly et al., 2002, p. 111)

$$CR\ (mm/y) = \frac{k \times w}{A \times t \times \rho} \qquad \text{(Pers 2.1)}$$

Dimana : CR = Laju korosi *(mm/y)*

k = Konstanta laju korosi (8.76×10^4)

w = Massa yang hilang (*gram)*

ρ = Massa jenis sampel uji *(gram/cm^3)*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

A = Luas permukaan (cm^2)

Selanjutnya hasil laju korosi yang diperoleh dari perhitungan rumus diatas dicatat dalam Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Nilai laju korosi pada setiap spesimen uji

Kosentrasi inhibitor (ppm)	Waktu perendaman		Kehilangan berat (gram)	Laju korosi (mm/y)
	Jam	Hari		
0	120	5		
1500	120	5		
2000	120	5		
2500	120	5		
3000	120	5		
0	240	10		
1500	240	10		
2000	240	10		
2500	240	10		
3000	240	10		
0	360	15		
1500	360	15		
2000	360	15		
2500	360	15		
3000	360	15		
0	600	25		
1500	600	25		
2000	600	25		
2500	600	25		
3000	600	25		

3.7 Perhitungan Efisiensi Inhibitor

Setelah laju korosi tiap variasi kosentrasi inhibitor dan waktu perendaman didapatkan selanjutnya dilakukanlah perhitungan efisiensi inhibitor pada setiap variasi kosentrasi inhibitor. Rumus untuk menghitung efisiensi inhibitor dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Efisiensi Inhibitor} = \frac{CRo - CRinh}{CRo} \times 100\% \qquad \text{(Per 2.4)}$$

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Dimana : Cro = Laju korosi tanpa inhibitor

CRinh = Laju dengan inhibitor

Hasil perhitungan dari efisiensi inhibitor tiap variasi kosentrasi inhibitor selanjutnya hasil dari perhitungan tersebut dimasukan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Efisiensi Inhibitor pada setiap kosentrasi

Kosentrasi inhibitor (ppm)	Waktu perendaman		Laju korosi (mm/y)	Efisiensi inhibitor (%)
	Jam	Hari		
0	120	5		
1500	120	5		
2000	120	5		
2500	120	5		
3000	120	5		
0	240	10		
1500	240	10		
2000	240	10		
2500	240	10		
3000	240	10		
0	360	15		
1500	360	15		
2000	360	15		
2500	360	15		
3000	360	15		
0	600	25		
1500	600	25		
2000	600	25		
2500	600	25		
3000	600	25		

3.8 Analisa Struktur Mikro

Analisa struktur mikro dilakukan untuk mengetahui struktur mikro dari permukaan baja yang telah mengalami korosi. Alat yang digunakan untuk pengamatan micro struktur yang di gunakan adalah Microskop Struktur Micro OLYMPUS. Untuk pengamatan struktur micro akan di lakukan di laboratorium

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

teknik mesin Universitas Islam Riau. Microskop Struktur Micro OLYMPUS bisa dilihat pada Gambar 3.20

Gambar 3.20 Microskop Struktur Micro OLYMPUS

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

3.9 Jadwal Kegiatan Penelitian

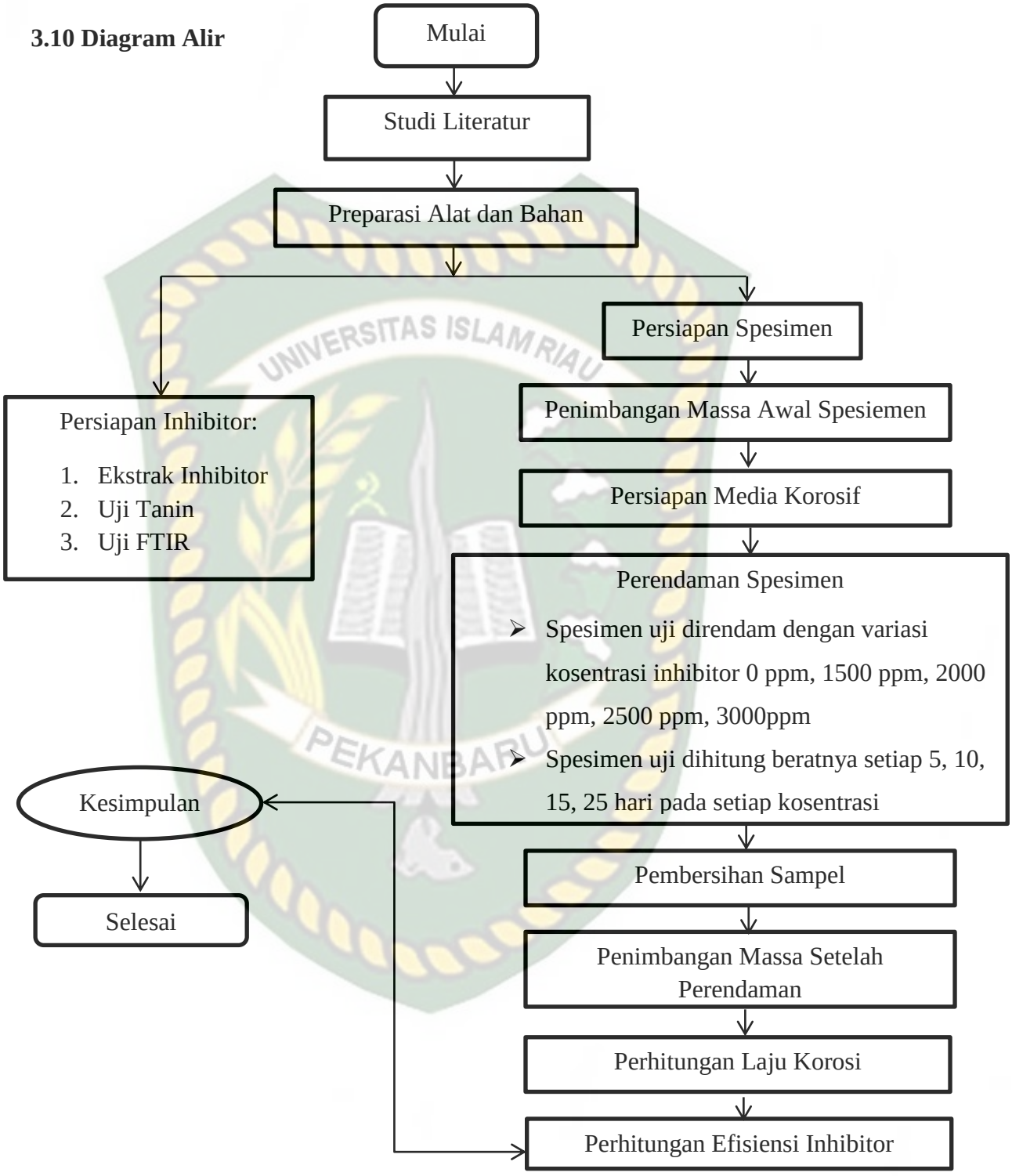
Adapun jadwal kegiatan penlitian ini bisa dilihat pada Gambar 3.21

No	Jadwal Kegiatan	Agustus				September				Oktober				November				Desember				Januari			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi Literatur																								
2	Penulisan Proposal																								
3	Seminar Proposal																								
4	Persiapan Pengambilan Data																								
5	Pengujian																								
6	Pengolahan Data dan Analisis Data																								
7	Penulisan Laporan																								
8	Seminar Hasil																								

Gambar 3.21 Jadwal kegiatan penelitian

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

3.10 Diagram Alir



Gambar 3.22 Diagram Alir

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian yang dilakukan ini bertujuan untuk mengetahui laju korosi dan pemakaian inhibitor pada baja ASTM A36 dilarutan NaCl 3.5%. Beberapa pengujian telah dilakukan dan data hasil penelitian adalah sebagai berikut.

4.1 Pengujian Tingkat Keasaman

Pada bak pengujian dengan volume 4500 cm^3 yang berisikan 2 liter larutan NaCl 3.5% yang akan berperan sebagai media korosif pada saat dilakukan pencelupan matrerial baja ASTM A36. Pengujian nilai pH larutan perlu dilakukan untuk mengetahui tingklat keasaman larutan yang dapat berpengaruh pada korosi yang terjadi pada material. Oleh sebab itu tingkat keasaman dari larutan NaCl 3.5% harus diperhatikan, tingkat keasaman dari larutan NaCl 3.5% ditentukan dengan kertas *universal indicator*.

Berdasarkan hasil pengecekan menggunakan kertas *universal Indicator* maka didapat tingkat keasaman (Ph) dari larutan NaCl 3.5% yaitu kisaran 7 sampai 8. Seperti yang terlihat pada Gambar 4.1 dibawah ini.

Gambar 4.1 Hasil Pengukuran (Ph) Larutan NaCl 3.5% menggunakan *kertas indicator universal*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

4.2 Hasil Uji Tanin Ekstrak Daun Ketapang

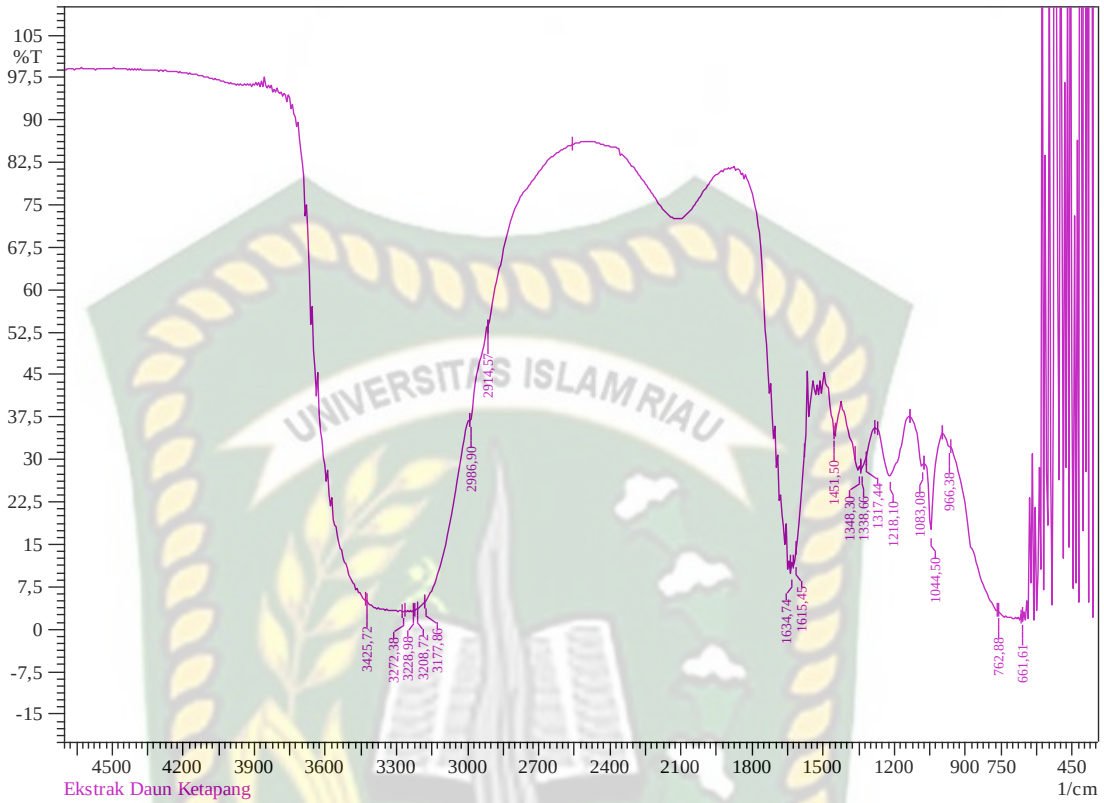
Pada penelitian ini filtrat hasil ekstraksi ditambah beberapa tetes $FeCl_3$. Perhatikan Endapan yang terjadi, Jika endapan berwarna hitam kehijauan yang artinya positif mengandung tanin atau ekstrak daun ketapang ditambahkan dengan larutan galatin dan hasilnya terbentuk endapan putih atau kekuningan yang artinya positif mengandung tanin (Sa'adah, 2010). Seperti yang terlihat pada Gambar 4.2 dibawah ini.

Gambar 4.2 Pengujian tanin

4.3 Analisa FTIR *(Fourierd Transfrom Infrared)*

Hasil dari pengujian FTIR dapat dilihat pada Gambar 4.3

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :



Gambar 4.3 Hasil FTIR pada inhibitor ekstrak daun ketapang

Dari Gambar 4.3 menunjukan hasil spektrum FTIR dari ekstrak daun ketapang. Pada spektrum FTIR ini diperoleh puncak serapan pada bilangan gelombang 3425,72 cm^{-1} yang menunjukan adanya gugus O-H dan N-H (hidroksil) , gugus C-H (alkana) pada bilangan 2986,90 cm^{-1} dan 2914,57 cm^{-1}, gugus C=C aromatic pada 1634,74 cm^{-1} dan 1615,45 cm^{-1} dan gugus C-H pada bilangan 1451,50 cm^{-1}, bilangan 1218,10 cm^{-1} yang menunjukan adanya C-O dan pada bilangan 1044,50 cm^{-1} menunjukan adanya C-N. Berdasarkan gugus fungsi yang didapatkan dari hasil analisa FTIR , maka puncak serapan yang muncul itu tersebut merupakan gugus fungsi tanin (Sanjaya et al., 2019). Hasil analisa FTIR juga didapatkan bahwa ekstrak daun ketapang juga mengandung senyawa flavonoid. Itu bisa dilihat bahwa gugus fungsi flavanoid yang hampir sama dengan hasil analisa FTIR. Flavonoid memiliki beberapa gugus fungsi yaitu ikatan rangkap karbon-karbon C=C, ikatan rangkap karbon-oksigen C=O, ikatan tunggal karbon-oksigen C-O, ikatan karbon-hidrogen C-H dan ikatan tunggal

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

oksigen-hidrogen 0-H (Yunita et al., 2013). Senyawa flovonoid dan tanin merupakan salah satu senyawa antioksida yang bisa menghambat laju korosi.

4.4 Uji Komposisi Baja ASTM A36

Dalam penelitian inhibitor korosi ini material yang digunakan adalah baja ASTM A36. Uji komposisi ini dilakukan di laboratorium materila teknik mesin Universitas Negeri Andalas Padang. Hasil dari pengujian komposisi baja ASTM A36 dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Uji komposisi baja ASTM A36

Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr
98,7	0,102	0,426	0,614	0,0069	0,0010	0,0063

4.5 Metode Kehilangan Berat

Pada penelitian ini perhitungan laju korosi menggunakan metode kehilangan berat (*weight loss)*. Sebelum menghitung laju korosi, terlebih dahulu dilakukan penimbangan berat awal specimen. yaitu sebelum dilakukan perendaman (W_1) dan penimbangan berat akhir spesimen setelah dilakukan perendaman (W_2) pada setiap variabel. Untuk penimbangan berat akhir spesimen dilakukan pada hari ke 5, 10, 15, 25 pada setiap variasi kosentrasi inhibitor. Adapun semua hasil data dari pengujian kehilangan berat yang didapatkan pada saat pengambilan data bisa dilihat pada Tabel 4.2.Perhitungan kehilangan berat spesimen dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\Delta W = W_1 - W_2 \qquad \text{(Pers 2.2)}$$

Dimana : ΔW = Kehilangan berat *(gram)*

W_1 = Berat awal *(gram)*

W_2 = Berat akhir setelah pengujuan *(gram)*

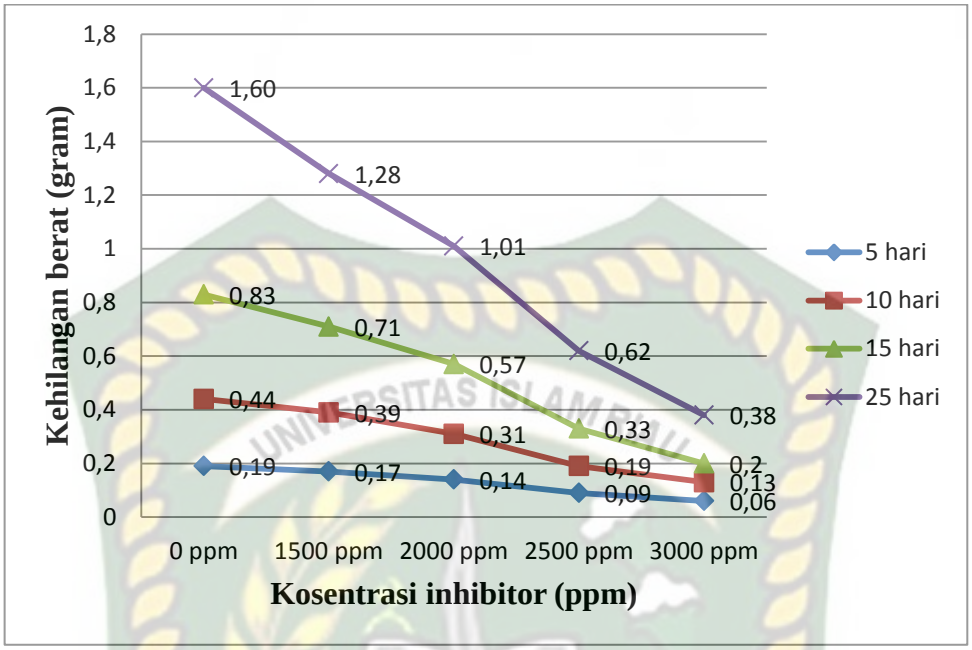
Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Tabel 4.2 Data kehilangan berat

Kosentrasi inhibitor (ppm)	Waktu perendaman (hari)	W_1 (gram)	W_2 (gram)	ΔW (gram)
0 ppm	5	123,69	123,50	0,19
	10	118,37	117,93	0,44
	15	123,05	122,22	0,83
	25	118,92	117,32	1,60
1500 ppm	5	123,60	123,43	0,17
	10	121,59	121,20	0,39
	15	120,45	119,74	0,71
	25	118,42	117,14	1,28
2000 ppm	5	120,62	120,84	0,14
	10	120,34	120,03	0,31
	15	118,10	117,53	0,57
	25	122,47	121,46	1,01
2500 ppm	5	118,69	118,60	0,09
	10	119,14	118,95	0,19
	15	123,14	122,81	0,33
	25	124,99	124,37	0,62
3000 ppm	5	120,01	119,96	0,06
	10	124,69	124,56	0,13
	15	120,67	120,47	0,20
	25	124,69	124,31	0,38

Grafik kehilangan berat spesimen baja ASTM A36 setelah dilakukan perendaman selama 25 hari dengan variasi kosentrasi inhibitor esktrak daun ketapang 0 ppm. 1500 ppm, 2000 ppm, 2500 ppm, 3000 ppm dapat dilihat pada Gambar 4.4.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :



Gambar 4.4 Grafik kehilangan berat berdasarkan kosentrasi inhibitor dengan waktu

Hari	0 ppm	1500 ppm	2000 ppm	2500 ppm	3000 ppm
5	0,19	0,17	0,14	0,09	0,06
10	0,44	0,39	0,31	0,19	0,13
15	0,83	0,71	0,57	0,33	0,20
25	1,60	1,28	1,01	0,62	0,38

Pada Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa variasi kosentrasi inhibitor ekstrak daun ketapang mempengaruhi kehilangan berat material setelah perendaman dalam media korosi. Pada waktu perendaman 5 hari dengan kosentrasi 0 ppm nilai kehilangan berat yang didapatkan adalah sebesar 0,19 gram dan terus mengalami penurunan dengan bertambahnya jumlah kosentrasi inhibitor. Begitu juga dengan waktu perendaman 10 hari dengan kosentrasi inhibitor 0 ppm yang awal-awalnya mendapatkan nilai laju korosi sebesar 0,44 gram dan terus mengalami penurunan dengan bertambahnya inhibitor dengan nilai kehilangan berat terendah terjadi pada kosentrasi inhibitor 3000 ppm yaitu sebesar 0,13 gram. Begitu juga dengan waktu perendaman 15 dan 25 hari yang awalnya mendapatkan nilai kehilangan berat sebesar 0,83 gram dan 1,60 gram pada kosentrasi 0 ppm dan mengalami penurunan dengan bertambahnya inhibitor yaitu 0,20 gram untuk waktu perendaman 15 hari dengan kosentrasi 3000 ppm dan 0,38 gram untuk waktu

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

perendaman 25 hari. Dapat disimpulkan bahwa untuk sekarang jumlah kosentrasi inhibitor mempengaruhi nilai kehilangan berat material, itu bisa dilihat bahwasanya kehilangan berat tertinggi terjadi pada kosentrasi 0 ppm untuk perharinya dan nilai kehilangan berat terendah terjadi pada kosentrasi 3000 ppm untuk perharinya.

4.6 Perhitungan Laju Korosi

Setelah mendapatkan nilai kehilangan berat selanjutnya dilakukanlah perhitungan laju korosi *(corrosion rate)* pada spesimen uji disetiap kosentrasi inhibitor dengan menggunakan persamaan 2.1. Adapun rumus persamaannya sebagai berikut:

$$\text{CR } (mm/y) = \frac{k \times W}{A \times t \times \rho}$$

Dimana :

CR = Laju korosi *(mm/y)*

k = Konstanta laju korosi ($8{,}76 \times 10^4$)

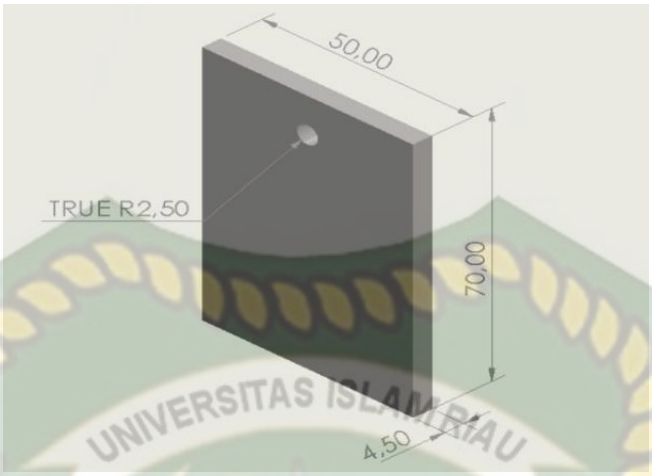
W = Massa yang hilang (*gram)*

ρ = Massa jenis baja ASTM A36 *(*7,85$gram/cm^3$*)*

A = Luas permukaan *(cm^2)*

Material spesimen dipotong dan dibentuk dengan ukuran yang sudah ditentukan yang bisa dilihat pada Gambar 4.5.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :



Gambar 4.5 Sketsa spesesimen uji

Diketahui :

P = 70 mm = 7 cm

L = 50 mm = 5 cm

T = 4.50 mm = 0,45 cm

D = 2,5 mm = 0,25 cm

A = Luas keseluruhan – 2x luas lubang

= 2(pxl + pxt + lxt) – $2(\pi r^2)$

= 2(7 cm x 5 cm+7 cm x 0,45 cm+5 cm x 0,45 cm) – 2(3,14 x $0{,}25^2$ cm)

= 2(35 cm^2 + 3,15 cm^2 + 2,25 cm^2) – 0,3925 cm^2

= 80,8 cm^2– 0,3925 cm^2

= 80,40 cm^2

A. Kosentrasi 0 ppm

1. Kosentrasi 0 ppm waktu perendaman 5 hari

$$CR\ (mm/y) = \frac{k \times W}{A \times t \times \rho}$$

$$= \frac{8{,}76x10^4 \text{ x } 0{,}19 \text{ gram}}{80{,}40\ cm^2 \text{ x } 120 \text{ jam x } 7{,}85\ gram/cm^3}$$

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

= 0,2197 mm/y

2. Kosentrasi 0 ppm waktu perendaman 10 hari

$$\text{CR (mm/y)} = \frac{\text{k} \times \text{W}}{\text{A} \times \text{t} \times \rho}$$

$$= \frac{8{,}76\text{x}10^4 \text{ x } 0{,}44 \text{ gram}}{80{,}40 \text{ cm}^2 \text{ x } 240 \text{ jam x } 7{,}85 \text{ gram/cm}^3}$$

= 0,2544 mm/y

3. Kosentrasi 0 ppm waktu perendaman 15 hari

$$\text{CR (mm/y)} = \frac{\text{k} \times \text{W}}{\text{A} \times \text{t} \times \rho}$$

$$= \frac{8{,}76\text{x}10^4 \text{ x } 0{,}83 \text{ gram}}{80{,}40 \text{ cm}^2 \text{ x } 360 \text{ jam x } 7{,}85 \text{ gram/cm}^3}$$

= 0,3201 mm/y

4. Kosentrasi 0 ppm waktu perendaman 25 hari

$$\text{CR (mm/y)} = \frac{\text{k} \times \text{W}}{\text{A} \times \text{t} \times \rho}$$

$$= \frac{8{,}76\text{x}10^4 \text{ x } 1{,}60 \text{ gram}}{80{,}40 \text{ cm}^2 \text{ x } 600 \text{ jam x } 7{,}85 \text{ gram/cm}^3}$$

= 0,3701 mm/y

Dengan cara yang sama maka dilakukan perhitungan untuk konsentrasi 1500 ppm, 2000 ppm, 2500 ppm, 3000 ppm. Hasil data perhitungan laju korosi pada material baja ASTM A36 dalam media NaCl 3.5% dengan variasi kosentrasi inhibitor 0 ppm, 1500 ppm, 2000 ppm, 2500 ppm, 3000 ppm dan dihitung setiap hari ke 5, 10, 15, 25 bisa dilihat pada tabel 4.3.

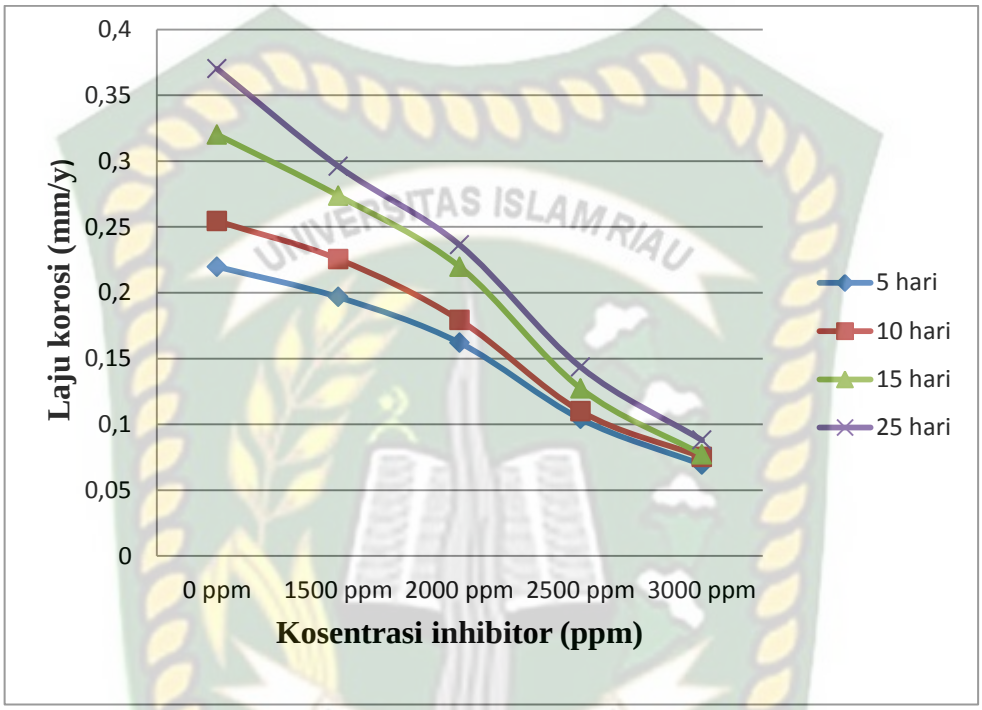
Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Tabel 4.3 Nilai laju korosi pada setiap spesimen

Kosentrasi inhibitor (ppm)	Waktu perendaman		Kehilangan berat (gram)	Laju korosi (mm/y)
	Jam	Hari		
0	120	5	0,19	0,2197
1500	120	5	0,17	0,1966
2000	120	5	0,14	0,1619
2500	120	5	0,09	0,1040
3000	120	5	0,06	0,0693
0	240	10	0,44	0,2544
1500	240	10	0,39	0,2255
2000	240	10	0,31	0,1792
2500	240	10	0,19	0,1098
3000	240	10	0,13	0,0751
0	360	15	0,83	0,3201
1500	360	15	0,71	0,2737
2000	360	15	0,57	0,2197
2500	360	15	0,33	0,1272
3000	360	15	0,20	0,0771
0	600	25	1,60	0,3701
1500	600	25	1,28	0,2960
2000	600	25	1,01	0,2336
2500	600	25	0,62	0,1434
3000	600	25	0,38	0,0879

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Grafik laju korosi material baja ASTM A36 setelah dilakukan pengujian terhadap waktu pengujian dengan kosentrasi inhibitor yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Grafik laju korosi terhadap kosentrasi inhibitor dan waktu perendaman

Pada Gambar 4.6 dapat dilihat bahwasanya nilai laju korosi dipengaruhi oleh jumlah kosentrasi inhibitor yang ditambahkan pada larutan. Itu bisa dilihat bahwasanya laju korosi yang terjadi pada kosentrasi 0 ppm dengan waktu perendaman 5 hari didapatkan nilai laju korosi nya sebesar 0,2197 mm/y dan akan mengalami penurunan nilai laju korosi terus menerus dengan penambahan jumlah kosentrasi inhibitor, itu dibuktikan dengan grafik yang terus penurunan dan nilai laju kosentrasi terendah terjadi pada kosentrasi 3000 ppm dengan nilai laju korosi nya sebesar 0,0693 mm/y. Begitu juga waktu perendaman 10 hari kosentrasi 0 ppm nilai laju korosi yang didapatkan adalah 0,2544 mm/y dan mengalami penurunan sampai kosentrasi 3000 ppm yaitu laju korosi sebesar 0,0751 mm/y. Waktu perendaman 15 hari kosentrasi 0 ppm nilai laju korosi nya adalah 0,3201 mm/y dan nilai laju korosi pada kosentrasi 3000 ppm yaitu sebesar 0,0771 mm/y.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Pada waktu perendaman 25 hari dengan kosentrasi 0 ppm laju korosi yang didapatkan adalah 0,3701 mm/y dan dengan seiring penambahan inhibitor nilai laju korosi nya semakin rendah yaitu terjadi pada kosentrasi 3000 ppm dengan nilai laju korosi sebesar 0,0879 mm/y. Nilai laju korosi tertinggi rata-rata terjadi pada kosentrasi 0 ppm untuk tiap hari itu disebabkan karena tidak adanya penambahan inhibitor untuk mengurangi laju korosinya dan nilai laju korosi terendah rata-rata terjadi pada kosentrasi 3000 ppm itu dikarenakan adanya penambahan inhibitor dan penurunan yang paling tajam untuk setiap waktu perendaman adalah pada penggunaan kosentrasi 2000 ppm menjadi 2500 ppm.

Dapat diperoleh bahwasnya proteksi inhibitor yang terbaik adalah pada kosentrasi ekstrak daun ketapang sebesar 3000 ppm, dapat dilihat dari awal waktu perendaman spesimen yaitu pada 5 hari sampai dengan akhir perendaman yaitu 25 hari laju korosi yang terjadi memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan daripada kosentrasi 0 ppm, 1500 ppm, 2000 ppm, 2500 ppm. Hal ini disebabkan karena kosentrasi yang tepat terhadap perlindungan larutan inhibitor pada laju korosi. Penurunan laju korosi pada kosentrasi yang lebih tinggi, ini membuktikan bahwa inhibitor dapat digunakan secara efektif apabila dimasukan dalam kosentrasi yang tepat.

4.7 Perhitungan Efisiensi Inhibitor Ekstrak Daun Ketapang

Dari data perhitungan laju korosi yang sudah didapatkan, selanjutnya dilakukan perhitungan efisiensi inhibitor ekstrak daun ketapang. Untuk menghitung efisiensi inhibitor dapat menggunakan persamaan 2.4. Adapun rumusnya sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi Inhibitor} = \frac{CRo - CRinh}{CRo} \times 100\%$$

Dimana : Cro = Laju korosi tanpa inhibitor

CRinh = Laju dengan inhibitor

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

A. Kosentrasi 1500 ppm

1. Waktu perendaman 5 hari

Efisiensi Inhibitor = $\frac{CRo-CRinh}{CRo}$ x 100%

= $\frac{0{,}2197\ mm/y - 0{,}1966\ mm/y}{0{,}2197\ mm/y}$ x 100%

= 10,51%

2. Waktu perendaman 10 hari

Efisiensi Inhibitor = $\frac{CRo-CRinh}{CRo}$ x 100%

= $\frac{0{,}2544\ mm/y - 0{,}2255\ mm/y}{0{,}2544\ mm/y}$ x 100%

= 11,36 %

3. Waktu perendaman 15 hari

Efisiensi Inhibitor = $\frac{CRo-CRinh}{CRo}$ x 100%

= $\frac{0{,}3201\ mm/y - 0{,}2737\ mm/y}{0{,}3201\ mm/y}$ x 100%

= 14,49%

4. Waktu perendaman 25 hari

Efisiensi Inhibitor = $\frac{CRo-CRinh}{CRo}$ x 100%

= $\frac{0{,}3701\ mm/y - 0{,}2960\ mm/y}{0{,}3701\ mm/y}$ x 100%

= 20,02 %

dengan cara yang sama maka dilakukan perhitungan untuk efisiensi inhibitor pada kosentrasi 2000 ppm, 2500 ppm, 3000 ppm pada hari ke 5, 10, 15, dan 25. Hasilnya bisa dilihat pada Tabel 4.4.

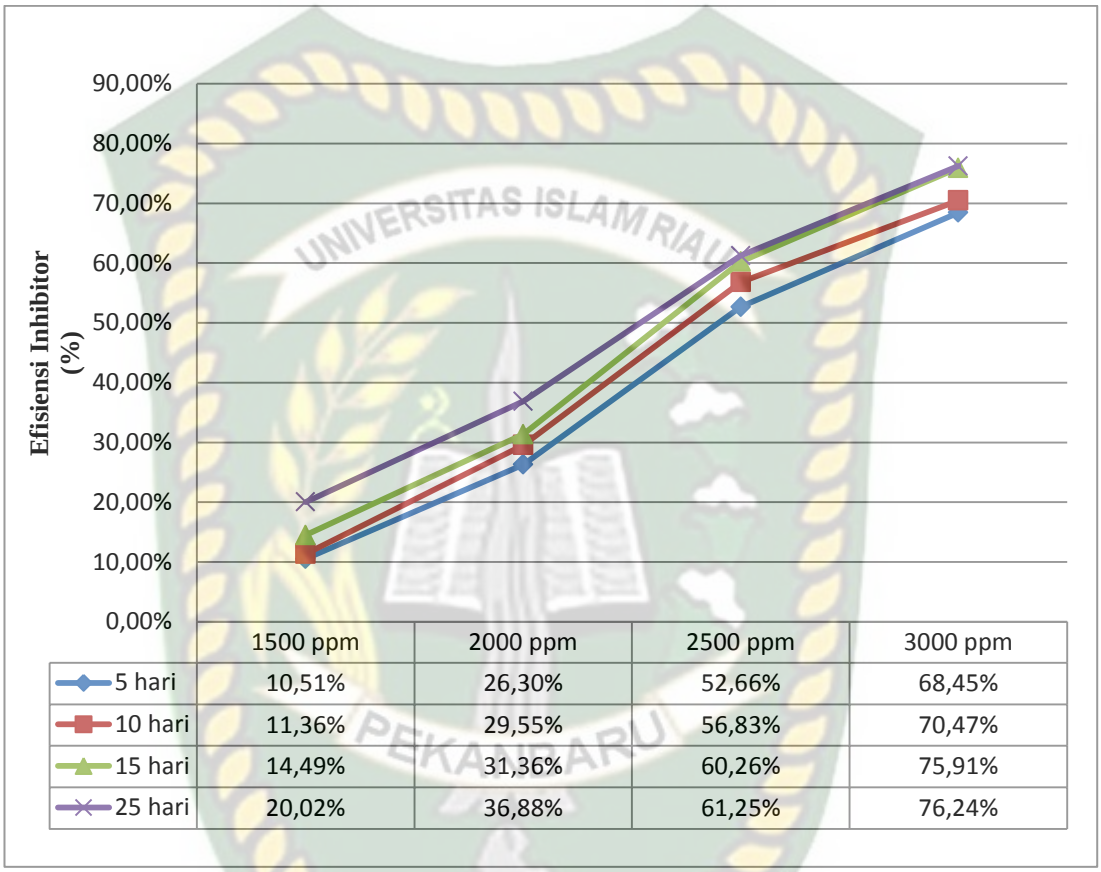
Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Tabel 4.4 Efisiensi inhibitor

Kosentrasi inhibitor (ppm)	Waktu perendaman		Laju korosi (mm/y)	Efisiensi inhibitor (%)
	Jam	Hari		
0	120	5	0,2197	0%
1500	120	5	0,1966	10,51%
2000	120	5	0,1619	26,30%
2500	120	5	0,1040	52.66%
3000	120	5	0,0693	68.45%
0	240	10	0,2544	0%
1500	240	10	0,2255	11,36%
2000	240	10	0,1792	29,55%
2500	240	10	0,1098	56,83%
3000	240	10	0,0751	70,47%
0	360	15	0,3201	0%
1500	360	15	0,2737	14,49%
2000	360	15	0,2197	31,36%
2500	360	15	0,1272	60,26%
3000	360	15	0,0771	75,91%
0	600	25	0,3701	0%
1500	600	25	0,2960	20,02%
2000	600	25	0,2336	36,88%
2500	600	25	0,1434	61,25%
3000	600	25	0,0879	76,24%

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Sedangkan grafik yang menjelaskan tentang pengaruh variasi kosentrasi inhibitor ekstrak daun ketapang terhadap efisiensi inhibitor serta waktu perendaman dapat dilihat pada Gambar 4.7 dibawah ini



	1500 ppm	2000 ppm	2500 ppm	3000 ppm
5 hari	10,51%	26,30%	52,66%	68,45%
10 hari	11,36%	29,55%	56,83%	70,47%
15 hari	14,49%	31,36%	60,26%	75,91%
25 hari	20,02%	36,88%	61,25%	76,24%

Gambar 4.7 Grafik efisiensi inhibitor terhadap kosentrasi inhibitor dan waktu perendaman

Berdasarkan Gambar 4.7 diatas didapatkan nilai efisiensi inhibitor tertinggi terjadi pada kosentrasi 3000 ppm dengan waktu perendaman 25 hari yaitu sebesar 76,24% dan nilai efisiensi terendah terjadi pada kosentrasi inhibitor 1500 ppm dengan waktu perendaman 5 hari yaitu sebesar 10,51%. Pada gambar diatas nilai efisiensi inhibitor cenderung naik untuk setiap penambahan kosentrasi inhibitor dan waktu perendamannya. Pada perendaman hari ke 5 sampai 25 hari nilai efisiensi inhibitor semakin naik dengan bertambahnya waktu yang diberikan, hai ini disebabkan karena pengaruh waktu perendaman yang terjadi dalam larutan inhibitor yang diberikan, semakin lama waktu perendaman maka akan semakin

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

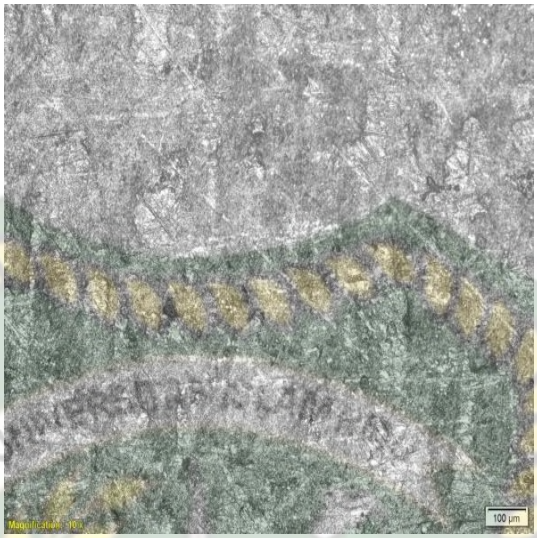
besar juga nilai efisiensi inhibitornya. Namun kemampuan inhibitor atau efisiensi inhibitor untuk melindungi baja dari korosi akan menghilang atau habis pada waktu tertentu, hal itu dikarenakan semakin lama waktunya maka inhibitor akan semakin habis terserang oleh larutan dan inhibitor akan terlarut sehingga membuat kemampuan inhibitor akan berkurang. Pada grafik efisiensi inhibitor juga bisa dilihat bahwa peningkatan efisiensi yang paling tinggi terjadi pada kosentrasi inhibitor 2000 ppm- 2500 ppm ini sejalan dengan penurunan laju korosi pada grafik sebelumnya dan bisa diduga bahwasanya bila dinaikan lagi inhibitor nya menjadi 3500 ppm, kemungkinan tidak tinggi lagi efisiensinya karena dari kosentrasi 2500 ppm ke 3000 ppm sudah setajam dari 2000 ppm ke 2500 ppm.

4.8 Analisis Struktur Mikro

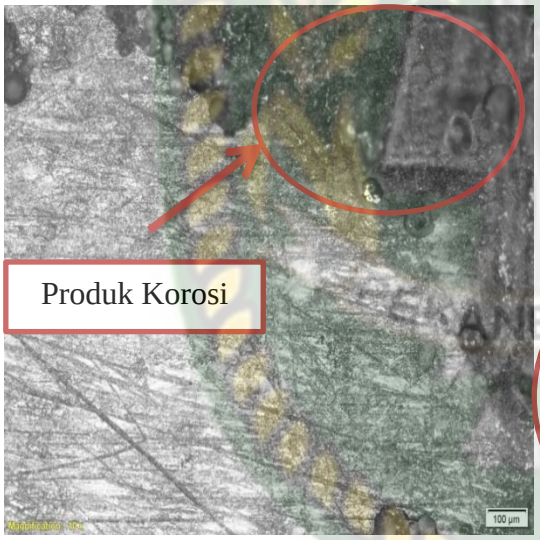
Pengujian mikrostruktur digunakan untuk melihat struktur permukaan logam akibat serangan dari korosi terhadap material yang telah ditambahkan inhibitor ekstrak daun ketapang dengan variasi kosentrasi inhibitor 0 ppm, 1500 ppm, 2000 ppm, 2500 ppm, 3000 ppm, yang direndam selama kurang lebih 25 hari dalam larutan NaCl 3,5%. Pengujian ini dilakukan dengan mikrostruktur optik pembesaran 10x dan hasil gambarnya bisa dilihat dibawah ini:

A. Pengaruh kosentrasi inhbitor pada korosi pada waktu perendaman 5 hari

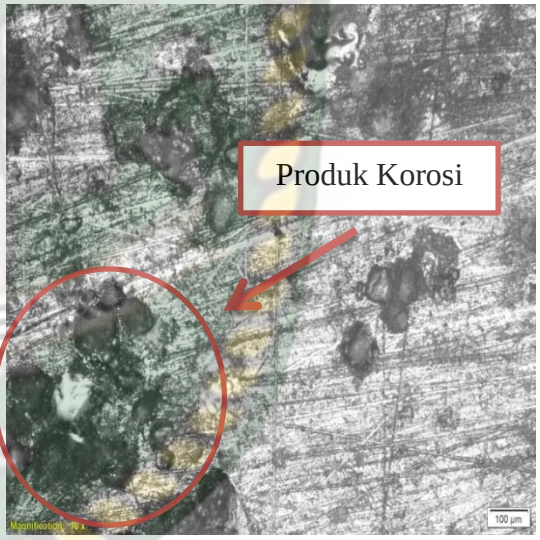
Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :



a. Sebelum perendaman



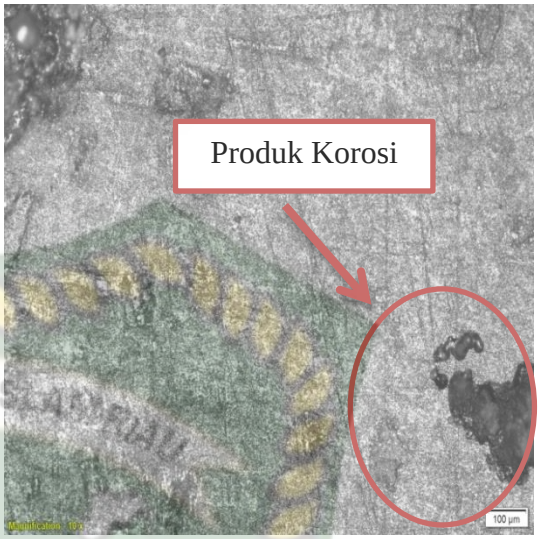
b. Perendaman kosentrasi 0 ppm



c. Perendaman kosentrasi 1500 ppm

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

d. Perendaman kosentrasi 2000 ppm



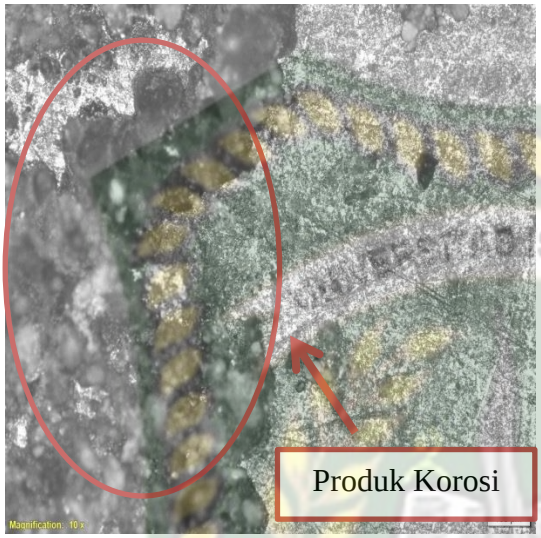
e. Perendaman kosentrasi 2500 ppm

f. Perendaman kosentrasi 3000 ppm

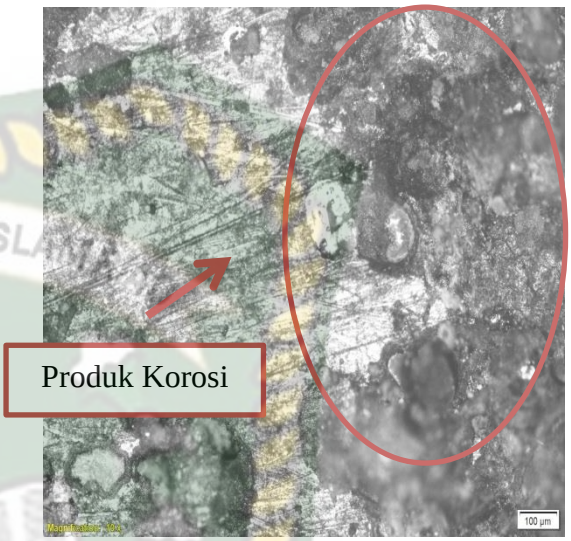
Gambar 4.8 Pengaruh kosentrasi inhibitor pada korosi waktu perendaman 5 hari

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

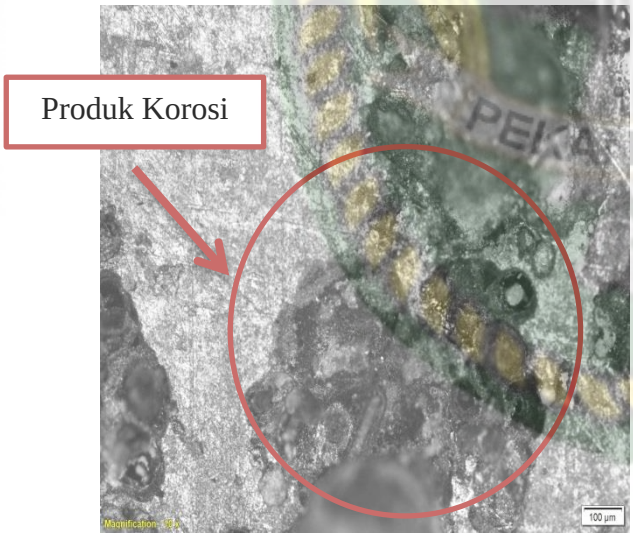
B. Pengaruh kosentrasi inhbitor pada korosi pada waktu perendaman 15 hari



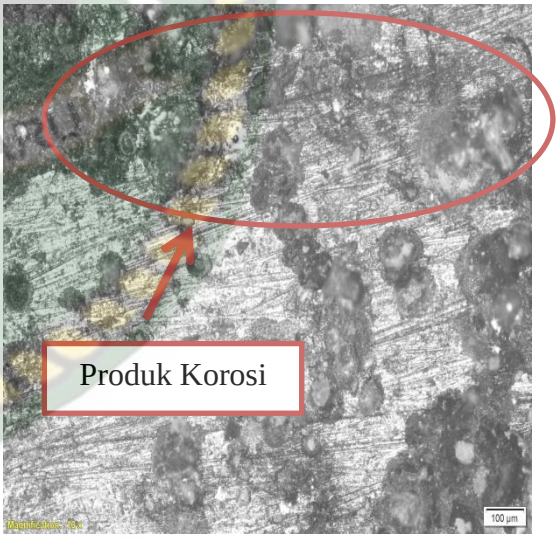
a.Perendaman kosentrasi 0 ppm



b. Perendaman kosentrasi 1500 ppm

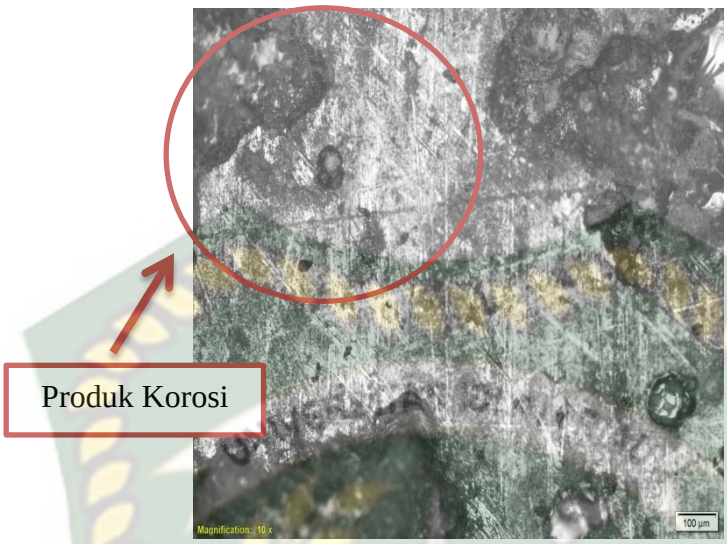


c.Perendaman kosentrasi 2000 ppm



d. Perendaman kosentrasi 2500 ppm

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :



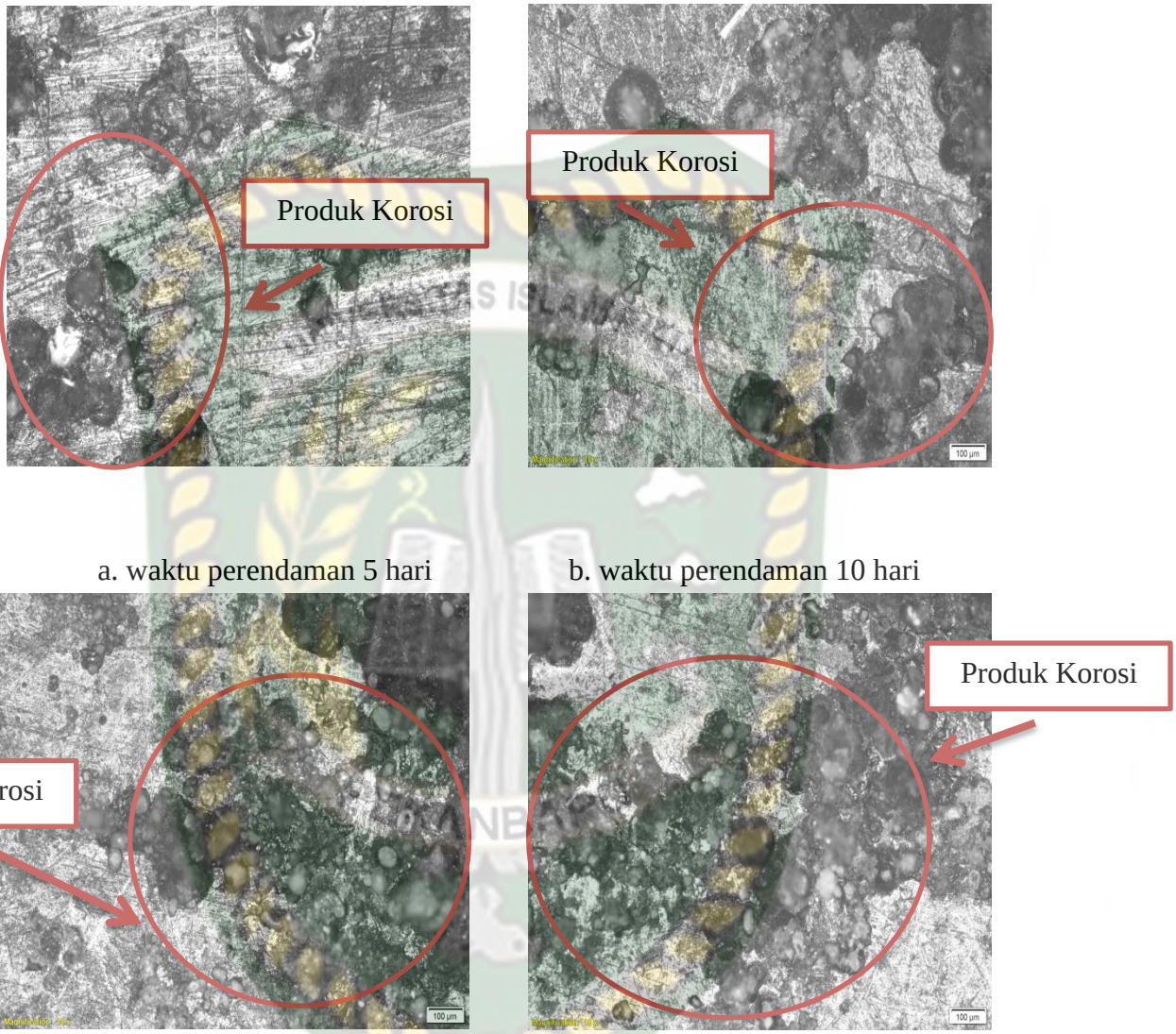
e. Perendaman kosentrasi 3000 ppm

Gambar 4.9 Pengaruh kosentrasi inhibitor pada korosi waktu perendaman 15 hari

Berdasarkan dari hasil Gambar 4.8 dan Gambar 4.9 terlihat ada perbedaan antara spesimen sebelum dan sesudah perendaman. Dari hasil pengamatan struktur mikro terdapat lubang-lubang yang mengumpul berwarna hitam menunjukan produk korosi yang terjadi pada spesimen. Pada perendaman dengan kosentrasi 0 ppm pada waktu 5 dan 15 hari dapat dilihat produk korosi yang terjadi banyak dan produksi korosi akan berkurang dengan sejalannya penambahan inhibitor. Itu bisa dilihat pada perendaman dengan kosentrasi 1500 ppm produksi korosinya lebih sedikit daripada kosentrasi 2000 ppm dan begitu seterusnya. Produk korosi terbanyak yang terjadi pada kosentrasi 0 ppm itu disebabkan karena tidak adanya penambahan inhibitor yang dilakukan. Dari gambar diatas bisa diperoleh bahwa kosentrasi inhibitor mempengaruhi laju korosi pada material. Semakin naik inhbitor yang dipakai maka laju korosi semakin sedikit.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

C. Pengaruh waktu perendaman pada korosi dengan kosentrasi 0 ppm



a. waktu perendaman 5 hari b. waktu perendaman 10 hari

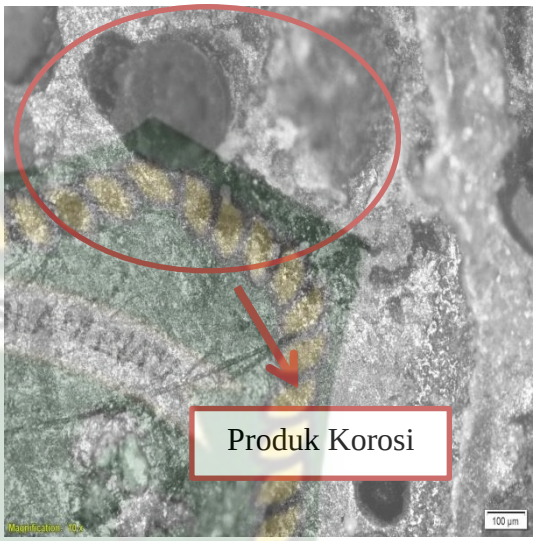
c. Waktu perendaman 15 hari d. Waktu perendaman 25 hari

Gambar 4. 10 Pengaruh waktu perendaman pada korosi dengan kosentrasi 0 ppm

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

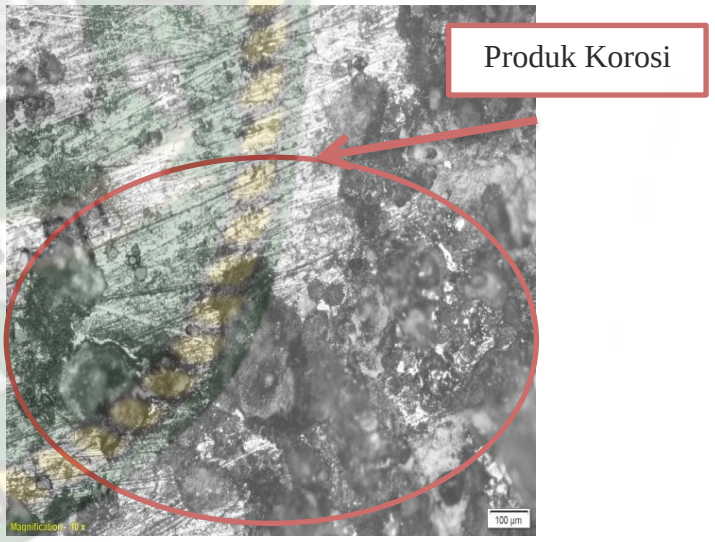
D. Pengaruh waktu perendaman pada korosi dengan kosentrasi 3000 ppm

a. waktu perendaman 5 hari



b. waktu perendaman 10 hari

c. Waktu perendaman 15 hari



d. Waktu perendaman 25 hari

Gambar 4.11 Pengaruh waktu perendaman pada korosi kosentrasi 3000 ppm

Berdasarkan Gambar 4.10 dan Gambar 4.11 terlihat ada perbedaan korosi yang terjadi pada setiap waktunya. Itu bisa dilihat pada waktu perendaman 5 hari produk korosi terjadi lebih sedikit daripada produk korosi dengan waktu perendaman 10 hari itu juga terjadi pada setiap kosentrasi inhibitor dan produksi korosi semakin banyak dengan bertambahnya waktu perendaman, ini

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

membuktikan bahwa waktu perendaman mempengaruhi korosi yang terjadi. Semakin lama waktu perendaman semakin banyak korosi yang terjadi pada material.

Berdasarkan Uji struktur mikro jenis korosi yang terjadi yaitu korosi merata dan sumuran, itu disebabkan karena lubang- lubang yang terbentuk cenderung melebar bertambah besar dan lubang-lubang tersebut juga ada yang bertambah dalam. adanya inhibitor pada permukaan baja karbon A36 akibat adanya adsorpsi. Adsorpsi ada karena adanya gaya adhesi / tarik menarik antar molekul yang tidak sama antara inhibitor dan permukaan baja karbon A36. Adsorpsi molekul inhibitor pada permukaan baja karbon A36 akan membuat semacam lapisan tipis (film) pada permukaan baja, melalui pengaruh lingkungan menyebabkan inhibitor dapat mengendap dan seterusnya teradsopsi pada permukaan logam serta melidunginya terhadap korosi.

Di dalam kandungan ekstrak daun ketapang terdapat kandungan senyawa tanin. Senyawa tanin dalam ekstrak daun ketapang dapat membentuk senyawa komplek dengan Fe(III) di permukaan logam sehingga akan menyebabkan laju reaksi korosi akan mengalami penurunan. Senyawa komplek ini akan menghalangi serangan ion-ion korosif pada permukaan logam, sehingga laju reaksi korosi akan menurun (Purnomo, 2017).

Untuk mengatasi korosi sumuran dan merata yang terjadi pada permukaan logam maka digunakan inhibitor ekstrak daun ketapang karena inhibitor ekstrak daun ketang dapat mengurangi laju korosi yang terjadi pada permukaan logam.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penilitian korosi pada baja ASTM A36 dengan penambahan inhibitor ekstrak daun ketapang maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan inhibitor ekstrak daun ketapang dapat menurunkan laju korosi pada baja ASTM A36. Variasi kosentrasi berpengaruh kuat terhadap penurunan laju korosi ini dibuktikan dengan didapatkannya nilai laju korosi pada kosentrasi 0 ppm sebesar 0,3701 mm/y pada waktu perendaman 25 hari nilai laju korosi ini tinggi karena tidak adanya penambahan inhibitor dan mengalami penurunan pada kosentrasi 3000 ppm dengan nilai laju korosinya sebesar 0,0879 mm/y. Dapat ditarik kesimpulan bahwa jumlah kosentrasi inhibitor akan mempengaruhi nilai laju korosi suatu material. Semakin besar jumlah kosentrasi inhibitor semakin akan mengurangi laju korosinya.
2. Kosentrasi inhibitor yang optimal untuk menghambat laju korosi pada baja ASTM A36 terjadi pada kosentrasi 3000 ppm untuk setiap waktu perendaman.
3. Dengan meningkatnya jumlah kosentrasi inhibitor dan waktu perendaman maka akan membuat nilai efisiensi inhibitor semakin tinggi. Nilai efisiensi inhibitor tertinggi terjadi pada kosentrasi 3000 ppm dengan waktu perendaman selama 25 hari yaitu sebesar 76,24%.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan adapun saran yang disampaikan yaitu sebagai berikut:

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan variasi kosentrasi inhibitor yang lebih besar dan waktu perendaman yang lebih lama sehingga dapat mengetahui ketahanan korosi suatu material.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

2. Melakukan pengujian dengan inhibitor organik yang lain seperti daun talas atau yang lainnya untuk bisa membandingkan antara kedua inhibitor ini.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

DAFTAR PUSTAKA

Adhi Nugroho. (2011). *Pengaruh Penambahan Inhibitor Organik Ekstrak Ubi Ungu terhadap Laju Korosi pada Material Baja Low Karbon di Lingkungan NaCl 3.5%*. Universitas Indonesia. Depok.

Alfaida, S. M. S., & Musdalifah, N. (2013). *Jenis-jenis tumbuhan pantai di Desa Pelawa Baru, Kecamatan Parigi Tengah, Kabupaten Parigi Moutong dan pemanfaatannya sebagai buku saku*. Universitas Tadulako. Palu

Anggono, J., Tjitro, S., Teknik, D. F., Teknik, J. (1999). *Studi Perbandingan Kinerja Anoda Korban Paduan Aluminium dengan Paduan Seng dalam Lingkungan Air Laut*. Universitas Kristen Petra, Surabaya.

Annegowda, H. V., Nee, C. W., Mordi, M. N., Ramanathan, S., & Mansor, S. M. (2010). *Evaluation of phenolic content of hydrolysed extracts of Terminalia catappa*. Universitas Sains Malaysia, Penang.

Backer, C. A., & Bakhuizen van den Brink, R. C. (1963). *Flora of java*. Netherland.

Craig, B. D., Lane, R. A., & Rose, D. H. (1984). Corrosion prevention and control: A program management guide for selecting materials. *Advanced Materials, Manufacturing, and Testing Information Analysis Center (AMMTIAC)*.

Fontana, M. G. (2005). *Corrosion engineering*. Tata McGraw-Hill Education.

Fontana, M. G., & Stactile, W. (1970). Corrosion Science and Technology. *Plenum Press, London*, *1*, 149.

Francis,T.K.R.andR.A.(1978).*The_Treatment_of_Rusted_Steel_with_Mimos*. University Manchester Institue Of Science And Technology, Manchester.

Hari Purnomo, E., Yuli Purwani, E., & Wahyu Sulistyawati, T. (2015). *Optimasi Penggunaan Hidrokoloid Terhadap Pasta Makaroni Berbasis Beras*

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Beramilosa Tinggi. Institut Pertanian Bogor. Bogor

Hartanto, S. (2018). *Ekstrak Daun Jambu Biji (Psidium guajava, Linn.) Sebagai Inhibitor Korosi Pada Baja Dalam Media 3% NaCl*. Institut Teknologi Indonesia. Tanggerang

Hutauruk, F. Y. (2017). A*nalisa Laju Korosi pada Pipa Baja Karbon dan Pipa Galvanis dengan Metode Elektrokimia.* Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya

Indra Surya Dalimunthe. (2004). *Kimia Dari Inhibitor Korosi*. Universitas Sumatera Utara. Medan.

Kelly, R. G., Scully, J. R., Shoesmith, D., & Buchheit, R. G. (2002). Electrochemical Techniques in Corrosion Science and Engineering. New York

Khalid, A., Cahyadi, R., & Kapioro, P. (2014). *Analisa Pengaruh Beda Temperatur Pada Mikrostruktur Baja Carbon St 42*. Politeknik Negeri Banjarmasin. Banjarmaasin

Limbong, S. R. (2016). Analisa ASTM A36 Akibat Pengaruh Suhu Dan Quenching Terhadap Nilai Ketangguhannya. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.

Munasir. (2009). *Laju Korosi Baja Sc 42 dalam Medium Air Laut dengan Metode Immers Total*. Universitas Negeri Surabaya. Surabaya

Purnomo, A. (2017). *Pengaruh Variasi Kosentrasi Inhibitor Ekstrak Kulit Buah Kakao (Theobroma Cacao) Terhadap Laju Korosi Pipa Baja Karbon A53 Pada Media Air Laut*. *Un*iversitas Jember. Jember

Putrandi, F. T. (2017). *Application of papaya (carica papaya) leaf extract as organic inhibitor on api 5L grade B steel in HCl 1 M solution media.* Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Roberge, P. (1999). *Handbook of corrosion engineering*. McGraw-Hill Prof Med/Tech.

Rochmat, A., Liantony, G., & Septiananda, Y. D. (2019). *Uji Kemampuan Tanin Daun Ketapang Sebagai Inhibisi Korosi Pada Baja Mild Steel Dalam Pipeline*. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten

Sa'adah, L. (2010). *Isolasi Dan Identifikasi Senyawa Tanin Dari Daun Belimbing Wuluh (Averrhoa bilimbi L.).* Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang.

Sanjaya, S., Santoso, G. C. K. W., Anggorowati, A. A., & Sudaryanto, Y. (2019). *Pengendalian Laju Korosi Tembaga Pada Media Korosi Larutan NaCL dan HCL Dengan Menggunakan Tanin Daun Jambu Biji Sebagai Green Inhibitor*. Universitas Katolik Widya Mandala. Surabaya.

Sari, D., Handani, S., & Yetri, Y. (2013). *Pengendalian Laju Korosi Baja St-37 Dalam Medium Asam Klorida Dan Natrium Klorida Menggunakan Inhibitor Ekstrak Daun Teh (Camelia Sinensis).* Universitas Andalas. Padang

Trethewey, K. R., & Chamberlain, J. (1991). *Korosi Untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

Utomo, B. (2009). J*enis Korosi Dan Penanggulangannya*. Universitas Diponegoro. Jawa Tengah.

Yufita, E., Fitriana, D., Fisika, Z. J., Matematika, F., Ilmu, D., & Alam, P. (2018). *Pengendalian Laju Korosi Pada Baja Plat Hitam a36 Dalam Medium Korosif Menggunakan Inhibitor Ekstrak Daun Sala*m. Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh.

Yunita, T., Rinda, S. S., & Jatmoko, A. (2013). *Studi Penambahan Inhibitor Organik Ekstrak Daun Bawang Tiwai (Eleutherine americana Merr .) pada Baja API 5L dalam Lingkungan 3, 5 % NaCl*. Institut Teknologi Kalimantan. Balikpapan.

Perpustakaan Universitas Islam Riau
Dokumen ini adalah Arsip Milik :