

TUGAS AKHIR

PENGARUH INHIBITOR EKSTRAK DAUN JAMBU BIJI (*PSIDIUM GUAJAVA*) TERHADAP LAJU KOROSI PIPA GALVANIS

*Diajukan sebagai salah satu syarat
Guna memperoleh gelar sarjana teknik*



Disusun Oleh :

YUDA NUGROHO
15.331.0336

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU**

2019

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**PENGARUH INHIBITOR EKSTRAK DAUN JAMBU BIJI
(*PSIDIUM GUAJAVA*) TERHADAP LAJU KOROSI
PIPA GALVANIS**

Disusun Oleh :

YUDA NUGROHO

15.331.0336

Telah Diuji Didepan Dewan Penguji Pada Tanggal
04 Mei 2020 dan Dinyatakan
Telah Memenuhi Syarat Diterima

Disetujui oleh :

Pembimbing

Dr. KURNIA HASTUTI, ST., MT

NIDN. 990502281

Disahkan Oleh :

Pekanbaru, Mei 2020
Ketua Program Studi
Teknik Mesin



DODY YULIANTO, ST., MT

NIDN. 1029077302

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi berjudul “Pengaruh Inhibitor Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidium Guajava*) Terhadap Laju Korosi Pipa Galvanis” adalah benar-benar hasil karya saya sendiri dengan bimbingan dosen pembimbing dan belum pernah digunakan sebagai karya ilmiah pada perguruan tinggi atau lembaga manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka dibagian akhir skripsi ini.

Pekanbaru, 7 Mei 2020



Yuda Nugroho

NPM: 15.331.0336

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DATA PERSONAL

Nama Lengkap : Yuda Nugroho

NPM : 153310336

Tempat/tanggal lahir : Prapaglor, 15 Februari 1997

Jenis Kelamin : Laki-laki

Alamat : Desa Kota Bangun, Kecamatan Tapung Hilir,
Kabupaten Kampar

Agama : Islam

Kebangsaan/Suku : Indonesia/Jawa

Telp/Hp : 082391565929

Email : yudanugroho@student.uir.ac.id

Nama Orang Tua

- a. Ayah : Tukijo
- b. Ibu : Sartini

PENDIDIKAN

Sekolah Dasar : SDN 006 Tapung Hilir

Sekolah Menengah Pertama : SMPN 1 Tapung Hilir

Sekolah Menengah Atas : SMK Baiturrahman Kandis

Perguruan Tinggi : Universitas Islam Riau

TUGAS AKHIR

Judul : Pengaruh Inhibitor Ekstrak Daun Jambu Biji
(*Psidium Guajava*) Terhadap Laju Korosi Pipa
Galvanis

Tempat Penelitian : Laboratorium Universitas Islam Riau

Tanggal Sidang Akhir : 4 Mei 2020

Pekanbaru, 7 Mei 2020

Yuda Nugroho

PENGARUH INHIBITOR EKSTRAK DAUN JAMBU BIJI (*PSIDIUM GUAJAVA*) PADA LAJU KOROSI PIPA GALVANIS

Yuda Nugroho, Kurnia Hastuti

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau

Jl. Kaharuddin Nasution No. 133 Perhentian Marpoyan, Pekanbaru

Email: yudanugroho@student.uir.ac.id

ABSTRAK

PT Sekarbumi Alamlestari di Kota Garo merupakan pabrik kelapa sawit yang menggunakan pipa galvanis untuk proses pendistribusian air bersih yang akan digunakan untuk proses produksi dan juga yang akan dialirkan ke perumahan karyawan di perusahaan tersebut. Air tersebut berawal dari air gambut yang disedot dari waduk yang selanjutnya diproses sehingga menjadi air bersih. Pipa galvanis merupakan jenis pipa yang sudah di lapisi seng pada permukaannya yang berfungsi untuk mencegah korosi. Namun bukan berarti pipa galvanis tidak dapat terkorosi. Pipa galvanis dapat terkorosi bila terlalu lama berada dilingkungan yang korosif seperti air gambut, karena air gambut memiliki pH 3-5 sehingga air gambut bersifat sangat asam dan korosif. Ada berbagai cara yang telah dilakukan untuk mengurangi laju korosi pada logam, salah satunya dengan penambahan inhibitor korosi. Pohon jambu biji merupakan salah satu jenis tumbuhan yang dapat digunakan sebagai 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 ekstrak daun jambu biji pada laju korosi pipa galvanis. Metode pengukuran laju korosi yang digunakan adalah metode kehilangan berat. Spesimen pipa galvanis direndam didalam medium air gambut dengan penambahan dan tanpa penambahan inhibitor. Inhibitor yang diberikan divariasikan yaitu 5%, 7%, 9%, 11% dan lama waktu perendaman yang diberikan yaitu selama 42 hari. Hasil penelitian menunjukkan ekstrak daun jambu biji efektif dalam mengurangi laju korosi. Pada perendaman tanpa menggunakan pompa laju korosi terendahnya didapat pada konsentrasi inhibitor 9% yaitu sebesar 0,018 mm/y, dan pada perendaman menggunakan pompa laju korosi terendahnya didapat pada konsentrasi inhibitor 11% yaitu sebesar 0,019 mm/y.

Kata kunci: pipa galvanis, korosi, air gambut, ekstrak daun jambu biji, tanin

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbilalamin, penulis mengucapkan punji dan syukur kepada Allah SWT, atas segala limpahan rahmat dan karunia serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Inhibitor Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidium Guajava*) Terhadap Laju Korosi Pipa Galvanis” 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 asempurna yang berorientasi kepada kemuliaan hidup dan keselamatan jiwa diakhirat kelak.

Penyelesaian penulisan skripsi ini dilakukan melalui tahapan yang sesuai dengan prosedur. Namun demikian, penulis sangat menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan baik dari sisi sistematika maupun dalam penggunaan bahasa. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun guna untuk menyempurnakan penulisannya.

Pekanbaru, 7 Mei 2020

Yuda Nugroho

NPM: 153310336

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulisan skripsi ini tidaklah dapat terselesaikan jika tidak adanya dorongan dari semua pihak yang telah membantu. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih sedalam-dalamnya kepada semua pihak yang digerakkan hatinya oleh Allah SWT untuk membantu hingga pada penyelesaian skripsi ini.

Ucapan terima kasih serta dedikasi yang istimewa dan tak terhingga kepada Ayahanda **Tukijo** dan Ibunda **Sartini** yang senantiasa mendoakan, memberikan restu, membimbing, mengarahkan, mendidik dan memberikan semangat serta motivasi yang sangat besar sehingga penulis menjadi sosok seperti yang sekarang ini.

Penulis juga menyadari dalam proses penyelesaian skripsi ini tentu banyak pihak-pihak lain yang membantu dengan ketulusan dan keikhlasan hati memberikan andil yang positif. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak **Prof.Dr.H. Syafrinaldi SH., MCL.** Sebagai rektor Universitas Islam Riau periode 2017-2020
2. Bapak **Dr. Eng. Muslim., MT.** sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau
3. Bapak **Dody Yuliamto, ST., MT.** selaku ketua jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Riau.
4. Bapak **Dr. Dedikarni Panuh, ST., M.Sc.** selaku sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.

5. Ibu **Dr. Kurnia Hastuti.ST.,MT** sebagai pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu dan senantiasa memberi dukungan dan menyumbangkan pikiran yang sangat luar biasa selama penyusunan Tugas Akhir penulis.
6. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik yang telah tulus sepenuh hati memberikan ilmu kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
7. **Mas Effendi.ST, Novry Harryadi.ST, Engkus Kumiadi.ST** sebagai laboran Teknik Mesin UIR yang telah membantu dalam Proses pengujian.
8. Teman terdekat saya **Bastanta Oktavianus, Pandham Sulanjono ST, Samuel Alfon ST, Hendra Setiawan, Agil Syafutra ST, Agus syahputra ST, Wahyudi, Nobel Sabar, Fajar Kurniawan, Diki Suherman,** dan teman-teman angkatan 15 yang telah banyak memberikan warna dalam hamperan permadani kehidupan penulis selama masa studi terlebih pada masa penyusunan dan penyelesaian skripsi ini (mohon maaf tidak dapat penulis tuliskan satu persatu) pertisipasi selama masa studi penulis.
9. Kakak-kakak dan adik adik saya **Wahyuni.SE, Sutinah Dwi Ariani.SE.,SPd, Indra Lestari, Dian Jayanti dan Mulia Panca Wati** yang selalu memberikan dorongan dan semangat selama penyusunan Tugas Akhir penulis.

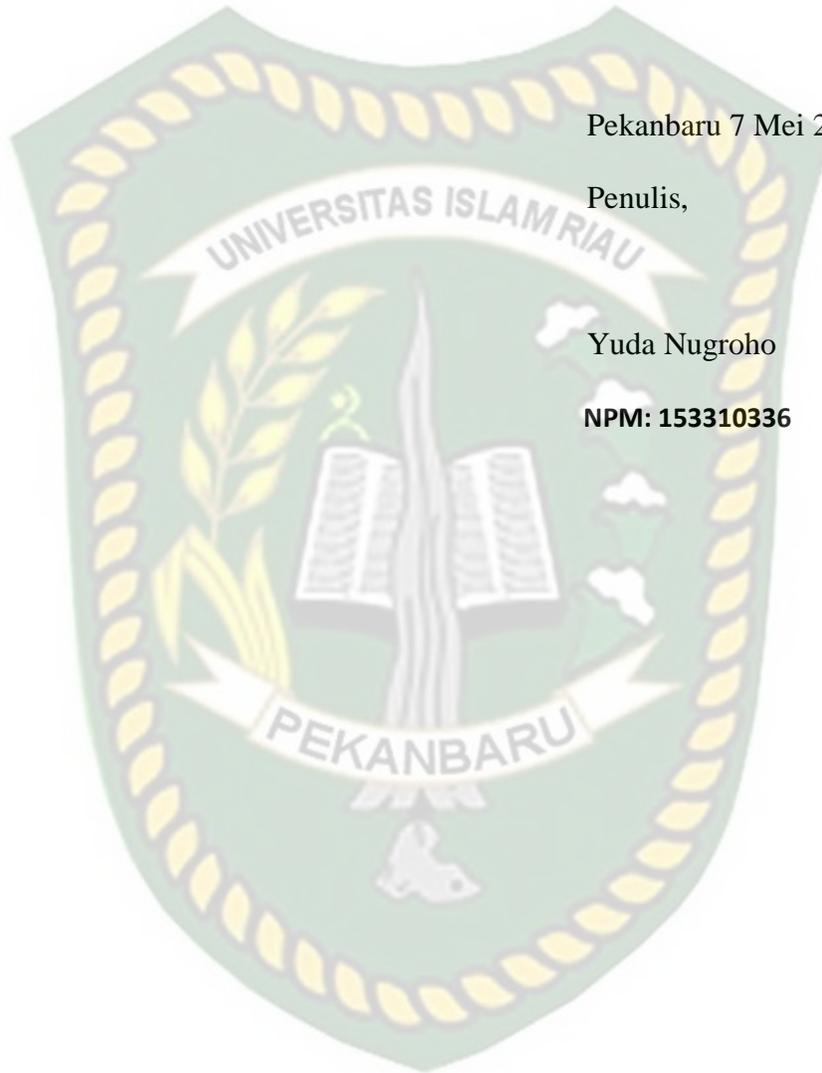
Akhir kata penulis menyampaikan terimakasih atas bantuan dari semua pihak dan mudah-mudahan skripsi ini dapat berguna bagi kita semua. Semoga Allah SWT, selalu meridhoi niat baik hamba-Nya. Aamiin.

Pekanbaru 7 Mei 2020

Penulis,

Yuda Nugroho

NPM: 153310336



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

ABSTRAK

KATA PENGANTAR i

UCAPAN TERIMA KASIH ii

DAFTAR ISI iii

DAFTAR GAMBAR v

DAFTAR TABEL vii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Perumusan Masalah 3

1.3 Tujuan Penelitian 3

1.4 Batasan Masalah 3

1.5 Sistematika Penulisan 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Gambut 5

2.1.1 Karakteristik Air Gambut 7

2.2 Pipa Galvanis 9

2.2.1 Fungsi Pipa Galvanis 10

2.3 Korosi 11

2.3.1 Jenis-Jenis Korosi 11

2.3.2 Mekanisme Terbentuknya Sel Korosi 17

2.3.2 Laju Korosi 17

2.4 Inhibitor 19

2.4.1 Efisiensi Inhibitor 23

2.5 Daun Jambu Biji (*Psidium Folium*) 24

2.5.1 Klasifikasi Daun Jambu Biji 24

2.5.2 Senyawa Tanin 26

2.5.3 Ekstrak Daun Jambu Biji sebagai inhibitor korosi	28
--	----

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian	31
3.2 Alat Dan Bahan	31
3.2.1 Alat	31
3.2.2 Bahan	34
3.3 Langkah-Langkah Melakukan Pengujian	36
3.3.1 Persiapan Spesimen	36
3.3.2 Pembuatan Bak Pengujian Korosi	37
3.3.3 Persiapan Inhibitor	37
3.3.4 Penimbangan Berat Awal Spesimen	38
3.3.5 Analisa Struktur Mikro Sebelum Perendaman.....	39
3.3.6 Data Kehilangan Berat Spesimen.....	39
3.3.7 Perhitungan Laju Korosi	40
3.3.8 Analisa Struktur Mikro Sesudah Perendaman	42
3.4 Diagram Alir	43

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Tingkat Keasaman Air Gambut	44
4.2 Hasil Pengujian Tanin Pada Ekstrak Daun Jambu Biji.....	45
4.3 Hasil Pengujian Berat Awal Spesimen Sebelum perendaman.....	46
4.4 Hasil Pengujian Kehilangan Berat Setelah Perendaman.....	46
4.5 Hasil Pengujian Laju Korosi	48
4.6 Hasil Pengujian Efisiensi Inhibitor	54
4.7 Hasil Pengujian Metalografi	57

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran	62

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Air gambut	6
Gambar 2.2. Pipa galvanis	10
Gambar 2.3. Korosi seragam	11
Gambar 2.4. Korosi celah	12
Gambar 2.5. Korosi sumuran.....	12
Gambar 2.6. Korosi galvanis	13
Gambar 2.7. Korosi erosi	14
Gambar 2.8. Korosi kavitasi.....	14
Gambar 2.9. Korosi batas butir.....	15
Gambar 2.10. Korosi retak tegang.....	15
Gambar 2.11. Korosi mikroba	16
Gambar 2.12. Korosi lelah.....	16
Gambar 2.13. Mekanisme korosi.....	17
Gambar 2.14. Daun jambu biji	25
Gambar 2.15. Struktur inti tanin.....	26
Gambar 2.16. Struktur kimia dari <i>iron (III) tannate</i>	27
Gambar 2.17. Mekanisme proteksi.....	30
Gambar 3.1. Kertas <i>Universal Indicator</i>	31
Gambar 3.2. Gelas Ukur	31
Gambar 3.3. pompa Aquarium	32
Gambar 3.4. Timbangan Digital	32
Gambar 3.5. <i>Rotary Vacuum Evaporator</i>	32
Gambar 3.6. Kertas Saring	33
Gambar 3.7. Gerinda Potong	33
Gambar 3.8. Blender.....	33
Gambar 3.9. Baskom	34
Gambar 3.10. Daun Jambu Biji	34

Gambar 3.11. Air Gambut	35
Gambar 3.12. Etanol 70%.....	35
Gambar 3.13. Aquades	36
Gambar 3.14. Pipa Galvanis	36
Gambar 3.15. Spesimen Uji.....	37
Gambar 3.16. Bak Pengujian.....	37
Gambar 4.1. Hasil Pengukuran Ph Air Gambut Menggunakan <i>Universal indicator</i>	38
Gambar 4.2. Pengujian Tanin.....	39
Gambar 4.3. Grafik Hubungan Konsentrasi Inhibitor Dan Penggunaan Pompa Dalam Larutan Air Gambut Terhadap Kehilangan Berat	42
Gambar 4.4. Sketsa Material Uji	43
Gambar 4.5. Grafik Hubungan Antara Konsentrasi Inhibitor Dan Penggunaan Pompa Terhadap Laju Korosi.....	47
Gambar 4.6. Grafik Hubungan Antara Konsentrasi Inhibitor Dan Penambahan Pompa Terhadap Nilai Efisiensi Inhibitor	50
Gambar 4.7. Hasil Pengujian Metalografi Perendaman SpesimenTanpa Menggunakan Pompa Dan Dengan Menggunakan Pompa.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Spesifikasi tanaman jambu biji.....	24
Tabel 2.2. Komposisi senyawa kimia daun jambu biji	25
Tabel 3.1. Berat awal (W0) spesimen yang menggunakan pompa aquarium ..	38
Tabel 3.2. Data kehilangan berat spesimen setelah dilakukan perendaman ..	40
Tabel 3.3. Efisiensi inhibitor korosi	41
Tabel 4.1. Berat Awal Spesimen Sebelum Perendaman	46
Tabel 4.2. Kehilangan Berat Spesimen Setelah Perendaman.....	46
Tabel 4.3. Nilai Laju Korosi Pada Setiap Spesimen Uji	52
Tabel 4.4. Nilai Efisiensi Inhibitor Pada Setiap Spesimen Uji	56



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam perkembangan dunia teknologi dan industri, logam merupakan salah satu bahan utama yang sangat besar peranannya. Salah satu karakteristik logam yang paling rentan terjadi dan mengganggu kinerja logam adalah korosi. Korosi adalah penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya (Trethewey, 1991). Salah satu media yang bersifat korosif adalah air gambut.

Pada pabrik kelapa sawit, korosi sering terjadi pada pipa pensuplai air bersih yang menggunakan pipa galvanis. Pipa galvanis merupakan pipa yang sudah dilapisi seng dan lapisan seng inilah yang melindungi pipa dari korosi. Namun kondisi lingkungan yang bervariasi tetap dapat menyebabkan korosi pada logam yang dilapisi seng. Pada perusahaan kelapa sawit air yang digunakan untuk keperluan produksi dan yang akan disalurkan ke perumahan karyawan pada awalnya merupakan air gambut yang selanjutnya akan diproses sehingga menjadi air bersih yang dapat digunakan untuk proses produksi dan disalurkan ke perumahan karyawan perusahaan. Pada pipa yang terendam air gambut nampak jelas terdapat korosi yang lebih banyak dari pada pipa yang tidak terendam oleh air gambut.

Munawaroh dkk (2018) melakukan penelitian mengenai pengaruh penambahan inhibitor korosi pada baja lunak dalam media air gambut. Baja lunak direndam selama 1,3 dan 5 hari dan hasilnya baja lunak yang tidak dilapisi dengan inhibitor laju korosinya lebih tinggi dibandingkan dengan yang dilapisi dengan inhibitor korosi.

Penelitian yang dilakukan Munawaroh dkk (2018) membuktikan bahwa air gambut dapat menyebabkan korosi pada baja. Namun korosi pada baja dapat dikurangi dengan beberapa cara dan salah satu cara untuk mengurangi laju korosi pada baja adalah dengan menggunakan inhibitor.

Inhibitor korosi adalah suatu zat yang bila ditambahkan dalam konsentrasi kecil dapat mengurangi kecepatan reaksi antara media korosif dengan logam yang bisa menyebabkan korosi pada logam tersebut. Inhibitor korosi terbagi menjadi dua yaitu inhibitor anorganik dan inhibitor organik. Inhibitor anorganik antara lain silikat, borat, tungstat, fosfat, kromat, dikromat, dan arsenat merupakan jenis bahan kimia yang berbahaya, mahal dan tidak ramah lingkungan (Indrayani, 2016). Inhibitor organik merupakan inhibitor korosi yang terbuat dari bahan-bahan alami yang banyak tersedia di alam. Inhibitor organik selain dapat digunakan sebagai penghambat laju korosi, inhibitor organik juga memiliki sifat non-toksik, murah, mudah didapat dan dapat diperbaharui. Salah satu inhibitor organik adalah inhibitor yang terbuat dari ekstrak daun jambu biji.

Jambu biji (*psidium guajava*) merupakan tanaman yang tumbuh subur di Indonesia, hampir setiap daerah di Indonesia dapat dijumpai tanaman jambu biji. Salah satu daerah yang banyak dijumpai tanaman jambu biji adalah daerah Kampar Riau. Masyarakat kampar Riau banyak membudidayakan tanaman jambu biji ini untuk dimanfaatkan buahnya dan juga sebagai tanaman hias di lingkungan rumah, tetapi masyarakat tidak mengetahui bahwa daun dari jambu biji ini bisa dimanfaatkan sebagai inhibitor korosi. Daun jambu biji mengandung antioksidan dan tanin, kandungan tanin tersebut yang dapat dimanfaatkan sebagai zat anti korosi menggantikan fungsi dari kromat dan timbale merah dalam zat dasar.

Harry P dkk (2015) melakukan penelitian tentang kemampuan daun jambu biji sebagai inhibitor korosi besi pada medium asam klorida. Plat besi direndam dalam 50mL larutan HCl selama 3,6,9 dan 12 hari. Dan didapatkan hasil bahwa dengan penambahan inhibitor tanin daun jambu biji laju korosi plat besi semakin berkurang. Laju korosi terendah masing-masing didapat pada penambahan inhibitor 9 g dan lama perendaman selama 12 hari.

Dan karena belum adanya penelitian terhadap laju korosi yang terjadi pada pipa galvanis di air gambut dan pengaruh penambahan inhibitor alami terhadap laju korosinya, oleh sebab itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui laju korosi yang terjadi pada pipa galvanis oleh air gambut dan mengetahui pengaruh penambahan

inhibitor alami terhadap laju korosi pada pipa galvanis tersebut. Pada penelitian ini konsentrasi inhibitor akan di variasikan

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana laju korosi yang terjadi pada pipa galvanis yang dilalui air gambut.
2. Bagaimana pengaruh penambahan inhibitor ekstrak daun jambu biji terhadap laju korosi pipa galvanis.
3. Berapa kadar inhibitor ekstrak daun jambu biji yang memiliki efisiensi tertinggi dalam menghambat terjadinya korosi.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan laju korosi pipa galvanis akibat air gambut.
2. Mendapatkan pengaruh penambahan inhibitor terhadap laju korosi pipa galvanis akibat air gambut.
3. Mendapatkan nilai efisiensi inhibitor tertinggi untuk mengurangi laju korosi.

1.4 Batasan Masalah

Pada penelitian ini akan banyak permasalahan-permasalahan yang akan muncul. Oleh Karena itu penulis membatasi penelitian ini mengajukan beberapa pernyataan sebagai berikut :

1. Material yang digunakan adalah pipa jenis galvanis yaitu pipa yang sama yang digunakan untuk pensuplai air bersih di PT. Sekarbumi Alamlestari.
2. Medium korosif yang digunakan adalah air gambut.
3. Inhibitor yang digunakan adalah inhibitor dari ekstrak daun jambu biji (jambu biji pasar minggu)

4. Perendaman baja pada medium korosif dilakukan dengan penambahan pompa aquarium dan tanpa pompa selama 42 hari.
5. Jumlah inhibitor yang digunakan bervariasi yaitu 5%, 7%, 9% dan 11%.

1.5 Sistematika Penulisan

Agar penyusunan Laporan ini dapat dipahami maka penulis menyusun bagian-bagian tersebut antara lain sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

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

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

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

BAB III : METODOLOGI PENULISAN

Bab ini berisikan tentang langkah atau metode yang dipakai dalam penelitian.

BAB IV : ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan hasil data dan pembahasan tentang laju korosi yang terjadi pada pipa galvanis di larutan air gambut dan pengaruh penambahan inhibitor alami terhadap laju korosinya tersebut.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini akan didapatkan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Gambut

Air gambut adalah air permukaan yang banyak terdapat pada daerah lahan gambut atau dataran rendah yang banyak dijumpai di Kalimantan dan Sumatra. Air gambut memiliki ciri-ciri warnanya yang coklat tua sampai kehitaman (124-850 PtCo), memiliki kadar organik yang tinggi (138-1560 *mg/l* *Kmn04*), dan bersifat asam (*pH* 3,7-5,3). Air gambut masih memerlukan pengolahan khusus terlebih dahulu sebelum digunakan untuk keperluan sehari-hari dan dikarenakan air gambut memiliki sifat-sifat fisik yang kurang baik bagi keperluan konstruksi, baik pondasi bangunan, pipa-pipa saluran yang terkontaminasi dengan air gambut ataupun sebagai tangki penyimpanan. Seiring dengan berjalannya waktu dapat menyebabkan korosi pada material-material tersebut.

Air gambut berdasarkan parameter baku mutu air tidak memenuhi persyaratan kualitas air bersih karena air gambut banyak mengandung senyawa organik yang terlarut didalamnya sehingga menyebabkan air tersebut menjadi berwarna coklat dan bersifat asam, oleh sebab itu perlu dilakukan pengolahan khusus sebelum dapat dikonsumsi. Senyawa organik tersebut adalah asam humus yang terdiri dari asam homat, asam fulvat, dan humin (Nainggolan, 2011).

Penyebab air gambut tidak memenuhi persyaratan air bersih karena:

1. Tingkat keasaman yang tinggi, sehingga rasanya kurang enak.
2. Intensitas warna yang tinggi karena berwarna merah kecoklatan.
3. Memiliki zat organik terlarut yang tinggi sehingga menyebabkan bau.
4. Kandungan dan kekeruhan partikel tersuspensi yang rendah.
5. Memiliki kandungan kation yang rendah.

Gambar dan karakteristik air gambut dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Air Gambut (Sumber:lipi.go.id)

Warna merah kecoklatan pada air gambut disebabkan karena tingginya kandungan zat organik (bahan humus) yang terlarut didalam air tersebut terutama dalam bentuk asam humus dan turunannya. Asam humus yang terlarut dalam air gambut berasal dari dekomposisi bahan organik seperti daun, pohon, atau kayu dengan dengan berbagai tingkat dekomposisi. Namun secara umum telah mencapai tingkat dekomposisi yang stabil (Syarfi, 2007). Dalam beberapa kasus warna air gambut akan semakin pekat karena disebabkan adanya logam besi yang terikan oleh asam-asam organik yang terlarut didalam air tersebut. karena struktur tanah gambut yang memiliki pori-pori menyebabkan tanah tersebut mudah untuk menahan air, air pada tanah gambut disebut dengan air gambut. Berdasarkan sumber airnya, lahan gambut dibedakan menjadi dua (Trckova,M, 2005).

1. Bog

Merupakan jenis lahan gambut yang sumber airnya berasal dari air hujan dan air permukaan. Karena air hujan mempunyai pH yang agak asam maka setelah bercampur dengan gambut akan bersifat asam dan berwarna coklat kemerahan karena terdapat kandungan organik.

2. Fen

Merupakan lahan gambut yang sumber airnya berasal dari air tanah yang biasanya dikontaminasi oleh mineral sehingga pH air gambut tersebut memiliki pH netral dan basa.

2.1.1 Karakteristik Air Gambut

Air gambut termasuk dengan air yang tidak memenuhi persyaratan sebagai air bersih yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Kesehatan RI NO. 429/MENKES/PER/IV/2010 tanggal 19 april 2010, beberapa karakteristik yang tidak memenuhi persyaratan adalah sebagai berikut:

1. Dalam segi estetika yaitu karena adanya warna, kekeruhan, dan bau air gambut akan mengurangi efektifitas usaha disinfeksi, karena mikroba terlindung oleh zat padat tersuspensi baik bersifat organik maupun anorganik. Hal tersebut tentu sangat berbahaya bagi kesehatan bila terdapat mikroba yang pathogen. Selain itu penyimpanan air gambut menggunakan standar yang diterapkan akan mengurangi penerimaan masyarakat terhadap air tersebut yang selanjutnya dapat mendorong untuk mencari sumber air lain yang kemungkinan tidak aman. (Sutrisno, 1991).
2. Air gambut memiliki pH yang rendah menyebabkan air tersebut akan terasa asam yang dapat menimbulkan kerusakan pada gigi dan sakit perut (Notodarmojo, 1994).
3. Memiliki kandungan zat organik yang terlarut didalam air gambut dapat menjadi sumber makanan mikroorganisme di dalam air yang dapat menyebabkan bau yang apabila zat organik terurai secara biologis dan jika dilakukan desinfeksi dengan larutan khlor akan mambantuk senyawa *organokhlorine* yang bersifat karsinogenik (Notodarmojo, 1994).
4. Mengandung kadar besi (Fe) yang tinggi pada air merupakan suatu hal yang perlu perhatian khusus dalam penyediaan air bersih bagi masyarakat dan keperluan proses produksi dalam suatu perusahaan. Karena

mengandung kadar besi yang tinggi menyebabkan air berwarna merah kecoklatan dan berbau logam sehingga menyebabkan keengganan untuk mengkonsumsinya (Sutrisno, 2006).

5. Terdapat endapan mangan (Mn) yang dapat memberikan noda-noda pada bahan/ benda-benda yang berwarna putih. Adanya unsur mangan (Mn) dapat menimbulkan bau pada minuman (Sutrisno, 2006).

Menurut kelarutannya dalam alkali dan asam, maka asam humus dapat dibagi dalam tiga fraksi utama yaitu (Pansy, 2006):

1. Asam humat

Asam humat ataupun yang disebut asam humus dapat diartikan sebagai hasil akhir dekomposisi bahan organik oleh organisme secara aerobik. Ciri-ciri dari asam humat ini adalah sebagai berikut:

- a) Asam humat mempunyai berat molekul 10.000 hingga 100.000 g/mol (Collet, 2007). Asam humat merupakan makromolekul aromatik kompleks dengan asam amino, gula amino, peptide, serta komponen alifatik yang posisinya berada antara kelompok aromatik.
- b) Asam humat merupakan bagian dari humus yang bersifat tidak larut dalam air pada kondisi $pH < 2$ namun larut pada pH yang lebih tinggi.
- c) Asam humat bisa diekstraksi dengan tanah dengan berbagai macam reagen dan tidak larut dalam larutan asam. Asam humat merupakan bagian yang paling mudah diekstraksi diantara komponen humus lainnya.
- d) Memiliki warna yang bervariasi seperti coklat pekat sampai abu-abu pekat.
- e) Humus merupakan jenis tanah gambut yang lebih banyak mengandung asam humat (Stevenson, 1982). Asam humus merupakan sebyawa organik yang sangat kompleks, yang secara umum memiliki ikatan aromatik yang panjang dan nonbiodegradeble yang merupakan hasil oksidasi dari senyawa lignin (gugus fenolik).

2. Asam fulvat

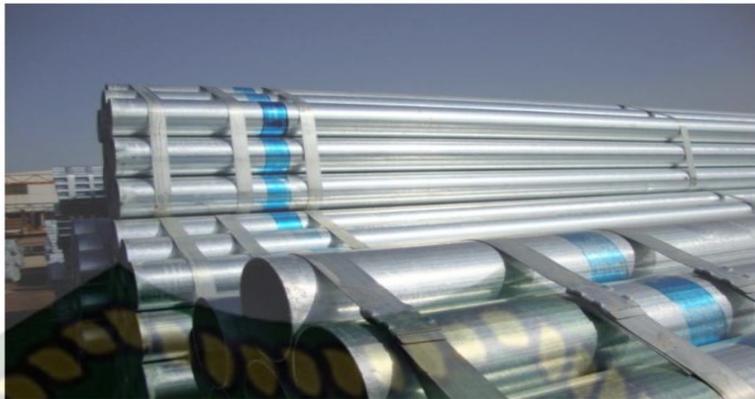
Asam fulvat adalah senyawa asam organik alami yang bersumber dari humus, larut dalam air, dan sering ditemukan dalam air permukaan dengan berat molekul yang rendah antara rentang 1000 hingga 10.000 (Collet, 2007). Asam fulvat bersifat larut dalam air dalam semua kondisi pH dan akan berada dalam larutan setelah proses penyisihan asam humat melalui proses asidifikasi. Asam fulvat memiliki warna yang bervariasi mulai dari kuning sampai kuning kecoklatan.

3. Humin

Kompleks senyawa paling besar dari senyawa humus adalah humin, karena berat molekulnya mencapai 100.000 sampai dengan 10.000.000, dan unguksifat kimia dan fisika untuk humin belum banyak diketahui.

2.2 Pipa Galvanis

Pipa galvanis merupakan pipa besi yang sudah dilapisi dengan lapisan pelindung seng pada permukaan pipa tersebut, lapisan seng berfungsi menghahan laju korosi pada pipa. Pipa galvanis ini terbuat dari baja karbon rendah dengan lapisan galvanis, yang didalamnya mengandung berbagai unsur seng (zn) dengan konsentrasi 99,7% dan unsur karbon sebesar 0,091%, sehingga dapat diartikan bahwa pipa galvanis ini terbuat dari unsur utamanya adalah seng. Pipa galvanis ini biasanya diaplikasikan untuk pipa air bersih, namun hanya untuk pipa air bersih dingin saja dan tidak dianjurkan sebagai pipa air panas. Pipa galvanis dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 pipa galvanis (www.google.com)

Pipa galvanis diproduksi dengan berbagai tingkat ukuran maupun ketebalan dindingnya, sesuai dengan kebutuhannya. Ukuran panjang pipa galvanis adalah 6m. Bahan galvanis bukan hanya dalam bentuk pipa dan tabung, namun bahan galvanis juga dapat berupa plat lembaran maupun bentuk lainnya seperti: siku, U, H, C dan sebagainya.

2.2.1. Fungsi Pipa Galvanis

Baja jenis galvanis memiliki banyak fungsi, tergantung dengan keperluannya sebagai contoh pipa jenis galvanis dapat digunakan sebagai penyalur utama bahan seperti gas, air, minyak, dan uap. Selain sebagai pipa penyalur bahan galvanis juga banyak digunakan sebagai bahan konstruksi seperti sebagai penopang, tiang dan sebagainya tergantung dengan keperluannya.

Pipa jenis galvanis memiliki beberapa keuntungan diantaranya adalah:

1. Tahan pecah.
2. Tahan terhadap korosi.
3. Sambungan pada pipa menggunakan ulir.
4. Permukaannya kuat.

2.3 Korosi

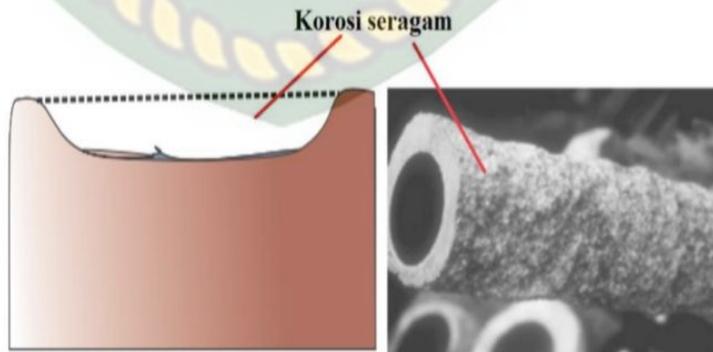
Korosi adalah kerusakan atau penurunan mutu suatu material yang dihasilkan dari reaksi kimia antara sebuah logam paduan dalam suatu lingkungan (Jones, 1992). Akibat dari korosi ini, suatu material atau logam akan mengalami perubahan baik secara fisik atau kimia, sifatnya kearah yang lebih rendah atau bisa dikatakan kemampuan dari material tersebut akan berkurang. Proses terjadinya korosi merupakan fenomena yang alami. Korosi merupakan reaksi kimia yang dihasilkan dari dua reaksi setengah sel yang melibatkan elektron, sehingga menghasilkan suatu reaksi elektrokimia (Jones, 1992).

2.3.1 Jenis-jenis korosi

Berdasarkan penyebab korosi, lingkungan tempat terjadinya korosi, dan bentuk kerusakan yang dihasilkan, korosi terbagi dalam beberapa macam (Jones, 1992), antara lain:

1. Korosi merata (*uniform corrosion*)

Korosi merata adalah suatu korosi yang terjadi pada permukaan baja akibat pengikisan permukaan baja secara merata akibatnya ketebalan baja menjadi berkurang sebagai akibat permukaan terkonversi oleh produk karat yang biasanya terjadi pada peralatan- peralatan terbuka, misalnya permukaan pipa. Gambar 2.3 menunjukkan korosi merata (*uniform corrosion*).



Gambar 2.3 korosi seragam (Roberge, 2000)

2. Korosi celah (*crevice corrosion*)

Korosi celah merupakan korosi yang terjadi ketika permukaan logam bereaksi dengan medium korosi yang mengakibatkan korosi terlokasi (Siddiq, 2013). Ciri-ciri logam yang mengalami korosi celah ditandai dengan adanya celah-celah, lubang, ataupun retak. Untuk korosi celah (*crevice corrosion*) dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 korosi celah (Cramer dan Bernard, 2003)

3. Korosi sumuran (*pitting corrosion*)

Korosi sumuran adalah suatu jenis korosi lokal yang secara selective menyerang bagian permukaan baja. Ciri-ciri baja yang tersang korosi sumuran ditandai dengan adanya lubang-lubang pada permukaan baja, korosi jenis ini lebih sulit diamati dibandingkan dengan jenis korosi seragam. Penyebab awal terjadinya korosi sumuran adalah terjadinya korosi retak tegang dan korosi lelah (Roberge, 2000). Gambar 2.5 menunjukkan korosi sumuran (*pitting corrosion*).



Gambar 2.5 korosi sumuran (Cramer dan Bernard, 2003)

4. Korosi galvanis (*galvanic corrosion*)

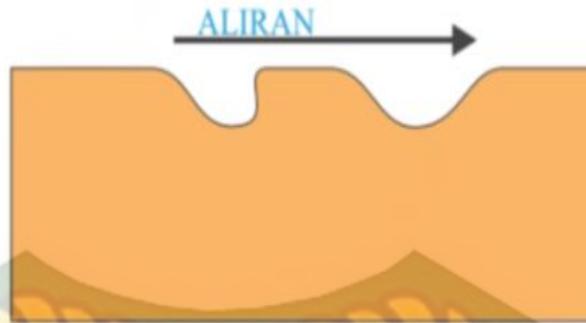
Korosi galvanis adalah korosi yang terjadi akibat proses pengkaratan secara elektrokimiawi. Korosi galvanis bisa terjadi apabila dua jenis logam dengan beda potensial dimasukkan kedalam suatu elektrolit, logam yang nilai potensialnya lebih rendah akan terkorosi, dikarenakan logam yang bersifat anodik mengalir menuju logam yang bersifat katodik (Widharto, 1999). Logam dengan nilai potensial yang lebih tinggi (katodik) akan mengalami reduksi, dan logam dengan nilai potensial lebih rendah (anodik) akan mengalami oksidasi. Kedua logam tersebut kemudian akan membentuk sel galvanik, logam dengan potensial korosi lebih tinggi menjadi katoda sedangkan yang potensial korosinya lebih rendah sebagai anoda dan terkorosi (Roberge, 2000). Gambar 2.6 menunjukkan korosi galvanis (*galvanic corrosion*).



Gambar 2.6 Korosi galvanis (Roberge, 2003)

5. Korosi erosi (*erosion corrosion*)

Korosi erosi adalah suatu jenis korosi yang disebabkan oleh suatu aliran fluida yang sangat cepat yang menimbulkan turbulensi. Turbulensi suatu fluida umumnya terjadi akibat adanya perubahan diameter penampang, sambungan yang kurang baik, dan juga dapat disebabkan karena adanya endapan. Gambar 2.7 menunjukkan korosi erosi (*erosion corrosion*).



Gambar 2.7 korosi erosi (Roberge, 2000)

6. Korosi kavitasi

Korosi kavitasi terjadi akibat tingginya kecepatan cairan yang menghasilkan gelembung-gelembung uap air. Gelembung-gelembung uap air tersebut apabila mengenai permukaan logam dapat menyebabkan lapisan pelindung pada logam akan pecah dan terjadilah korosi (Bardal 2003). Gambar 2.8 menunjukkan korosi kavitasi.

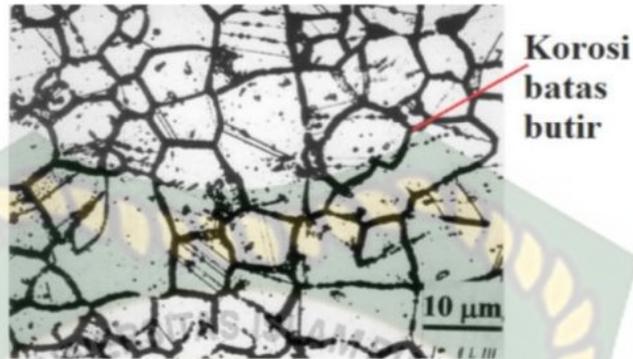


Gambar 2.8 Korosi Kavitasi (Bardal, 2003)

7. Korosi batas butir (*intergranular corrosion*)

Korosi batas butir merupakan jenis korosi yang menyerang batas butir secara lokal, sehingga butir-butir logam akan hilang. Korosi jenis ini diakibatkan karena adanya kotoran pada batas butir, kelebihan dan kekurangan unsur paduan. Cara untuk mengurangi kerentanan paduan terhadap korosi batas

butir adalah dengan cara perlakuan panas (Roberge, 2000). Gambar 2.9 menunjukkan korosi batas butir.



Gambar 2.9 Korosi Batas Butir (Budianto dkk., 2009)

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

Korosi retak tegang adalah jenis korosi yang diakibatkan adanya tegangan tarik atau geser, tegangan sisa, dan media korosif yang mengakibatkan terjadinya penampakan retak pada logam. Korosi retak tegang umumnya terjadi pada logam dengan lingkungan tertentu. Misalnya pada logam yang rentan terhadap keretakan (Landolt, 2007). Gambar 2.10 menunjukkan korosi retak tegang.



Gambar 2.10 Korosi Retak Tegang (Bardal, 2003)

9. Korosi mikroba (*microbiological corrosion*)

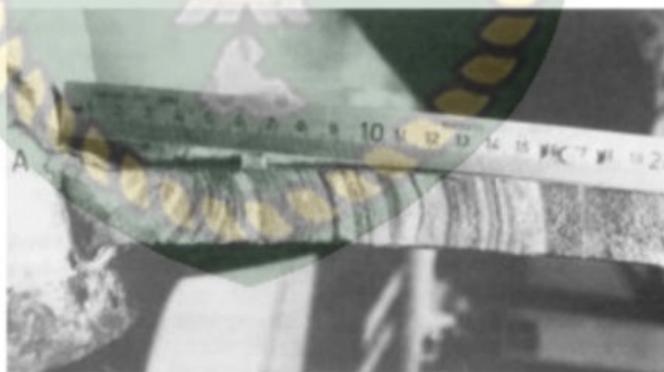
Korosi mikroba merupakan jenis korosi yang di akibatkan oleh adanya mikroba atau bakteri (*microbially-induced-corrosion /MIC*). Gambar 2.11 menunjukkan korosi mikroba.



Gambar 2.11 Korosi Mikroba (Priyotomo, 2008)

10. Korosi lelah (*fatigue corrosion*)

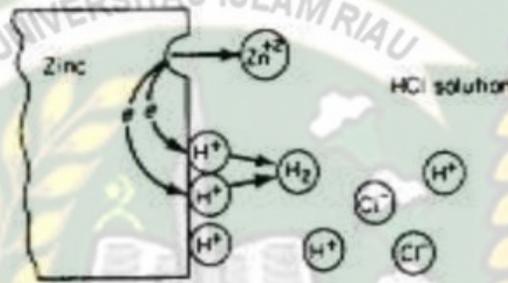
Korosi lelah dapat diakibatkan oleh korosi retak tegang dan menunjukkan sifat morfologi yang khas. Logam diberi beban siklik secara terus menerus sehingga patah karena mengalami kelelahan logam (Landolt, 2007). Gambar 2.12 menunjukkan korosi lelah (*fatigue corrosion*).



Gambar 2.12 Korosi Lelah (Bardal, 2003)

2.3.2 Mekanisme Terbentuknya Sel Korosi

Mekanisme terbentuknya korosi secara umum berawal dari logam yang teroksidasi dan melepaskan elektron untuk membentuk ion logam yang bermuatan positif. Larutan korosif akan bertindak sebagai katoda dengan reaksi yang umum dengan melepaskan H_2 dan reduksi O_2 , akibat ion H^+ dan H_2O yang tereduksi. Reaksi yang terjadi pada permukaan logam dapat menyebabkan pengelupasan akibat pelarutan logam kedalam larutan secara berulang-ulang (Nurdin dkk, 1998). Mekanisme korosi ditunjukkan pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Mekanisme Korosi (Nurdin dkk, 1998)

2.3.3 Laju Korosi

laju korosi dapat diartikan sebagai banyaknya jumlah logam yang lepas dalam tiap satuan waktu pada permukaan tertentu. Secara umum laju korosi dapat diukur menggunakan beberapa metode antara lain: metode elektrokimia, metode pengurangan massa, dan metode pengurangan tahanan (Yusuf, 2008). Laju korosi pada umumnya dilambangkan dengan satuan *mils per year (mpy)*. Satu mils sama dengan 0,001 inchi (Fontana dkk, 1986). Metode laju korosi yang paling sederhana adalah metode pengurangan berat. Sampel sebelum dan sesudah dilakukan uji ditimbang untuk mengetahui selisih massanya (Kumar, 2014). Menurut standart ASTM Internasional (2005) pengukuran laju korosi dengan metode pengurangan berat dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$CR = \frac{K.W}{A.t.p} \quad (2.1)$$

Dimana :

- CR = Laju korosi (*mm/y*)
- K = Konstanta laju korosi (8.76×10^4)
- W = Kehilangan berat (*gram*)
- t = Waktu perendaman (*jam*)
- A = Luas permukaan (cm^2)
- ρ = Massa jenis ($gram/cm^3$)

Untuk metode elektrokimia, pengukuran laju korosi dapat diukur dengan mengukur beda potensial objek.

Persamaan metode elektrokimia :

$$CR = (Mpy) = K \frac{a.i}{n.D} \quad (2.2)$$

Dimana :

- K = Konstanta
- a = Besar atom metal
- i = Current density (μ/cm^2)
- n = Number of elektron lost
- D = Density (μ/cm^2)

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi laju korosi yaitu :

1) Kandungan gas dan padatan yang terlarut.

a) Oksigen (O_2)

Gas oksigen yang terlarut akan meningkatkan laju korosi pada material. Kelarutan dalam air merupakan fungsi dari temperatur, tekanan, dan kandungan asam klorida. Oksigen akan bereaksi dengan besi yang kemudian menghasilkan karat.

b) Karbondioksida (CO_2)

Karbondioksida yang terlarut didalam air akan membentuk asam karbonat dan mengakibatkan pH pada air menurun sehingga tingkat

korosifitas meningkat. Jenis korosi yang dihasilkan adalah berupa korosi piting ataupun sumuran.

c) Klorida (Cl^-)

Klorida akan menyerang lapisan pelindung pada meterial tang mengakibatkan terjadinya korosi celah, korosi sumuran, dan pecahnya paduan.

d) Sulfat (SO_4)

Asam sulfat didalam air akan berubah menjadi sulfida yang korosif.

2) Temperatur

Bertambahnya temperatur pada umumnya akan mengakibatkan meningkat nya laju korosi meskipun kelarutan oksigen berkurang. Hal ini dikarenakan rekasi kimia akan meningkat pada temperatur yang lebih tinggi.

3) Drajat keasaman (pH)

Suatu lingkungan dikatakan asam jika $pH < 7$ dan basa jika $pH > 7$. Menurunnya pH mengakibatkan laju korosi akan meningkat. Menurunnya pH akan mengakibatkan lingkungan akan bersifat semakin asam dan kandungan hidrogennya meningkat.

4) Bakteri produksi

Bakteri produksi sulfat (SRB) akan memproduksi ion sulfat menjadi gas H_2S . Dan jika gas tersebut kontak dengan material logam akan mengakibatkan terjadinya korosi (Gunaatmajam 2011).

2.4 Inhibitor

Inhibitor merupakan salah satu cara untuk mengendalikan korosi pada logam yang sering dilakukan dengan cara melarutkan kedalam larutan elektrolit. Inhibitor kimia merupakan zat kimia yang dapat memperlambat suatu reaksi kimia. Secara khusus inhibitor korosi merupakan suatu zat kimia yang bila ditambahkan kedalam suatu lingkungan tertentu dapat menurunkan laju penyerangan lingkungan tersebut terhadap suatu logam (Surya, 2004). Pada prakteknya jumlah inhibitor yang ditambahkan pada suatu elektrolit adalah sedikit, baik secara kontiniu maupun

periodik menurut selang waktu tertentu. Inhibitor korosi dapat dikelompokkan berdasarkan mekanisme pengendaliannya, yaitu inhibitor katodik, inhibitor anodik, inhibitor teradsorpsi, inhibitor campuran. Pada umumnya penggunaan inhibitor hanya dipakai sebanyak 0,1% berat baik dalam sistem tertutup maupun sistem bersirkulasi. Akibat inhibitor ditambahkan dalam suatu elektrolit adalah:

- Dapat meningkatkan polarisasi anoda.
- Dapat meningkatkan polarisasi katoda.
- Dapat meningkatkan bahan tahanan listrik dari sirkuit oleh pembentukan lapisan tebal pada permukaan logam.

Cara suatu inhibitor mereduksi laju korosi adalah sebagai berikut:

- Memodifikasi polarisasi katodik dan anodik (*slope tafel*)
- Mengurangi pergerakan ion ke permukaan logam.
- Menambah hambatan listrik di permukaan logam.
- Menangkap atau menjebak zat korosif dalam larutan melalui pembentukan senyawa yang agresif.

Mekanisme kerja inhibitor dapat dibedakan antara lain sebagai berikut:

- Inhibitor teradsorpsi pada permukaan logam dan membentuk lapisan tipis dengan ketebalan beberapa molekul inhibitor. Lapisan tersebut tidak bisa dilihat oleh mata telanjang, akan tetapi dapat menghambat penyerangan lingkungan terhadap logamnya.
- Melalui pengaruh lingkungan seperti contohnya pH, menyebabkan inhibitor dapat mengendap dan kemudian teradsorpsi pada permukaan logam dan melindunginya terhadap korosi. Endapan yang terjadi cukup banyak sehingga mengakibatkan lapisan yang terjadi tidak teramati oleh mata.
- Inhibitor terlebih dahulu mengkorosi logamnya sehingga menghasilkan suatu zat kimia yang kemudian melalui suatu peristiwa adsorpsi dari produk korosi tersebut membentuk suatu lapisan pasif pada permukaan logam.

- Inhibitor menghilangkan konstituen yang agresif dari lingkungannya.

Menurut bahan utamanya, inhibitor korosi dibedakan menjadi dua, yaitu inhibitor senyawa organik dan inhibitor senyawa anorganik. Inhibitor anorganik yang umum digunakan adalah sodium nitrit, kromat, fosfat, dan garam seng. Penggunaan sodium nitrit harus dengan konsentrasi besar (300-500 mg/l) membuat inhibitor tersebut tidak ekonomis, berdasarkan hasil penelitian kromat dan seng ditemukan bersifat toksik, dan fosfat merupakan senyawa yang dianggap sebagai polusi lingkungan karena menyebabkan peningkatan kadar fosforous dalam air. Akibat dari efek samping yang diakibatkan inhibitor anorganik tersebut perlu digantikan dengan senyawa lain yang sifatnya non toksik dan mampu terdegradasi secara biologis serta mampu bersifat ekonomis dan yang utama mampu mengurangi laju korosi. Oleh sebab itu banyak penelitian tentang penggunaan inhibitor organik dikarenakan sifatnya yang nontoksik, biodegradable, murah dan yang pasti dapat mengurangi laju korosi. Secara umum inhibitor korosi dapat dibedakan berdasarkan mekanisme inhibisinya, antara lain sebagai berikut (Roberge, 2008):

1) Inhibitor anodik

Inhibitor anodik bekerja menurunkan laju korosi dengan cara memperlambat reaksi anodik. Inhibitor anodik membentuk lapisan yang pasif melalui reaksi ion-ion logam yang terkorosi untuk menghasilkan selaput pasif tipis yang berfungsi untuk menutupi anoda (permukaan logam) dan lapisan ini yang kemudian menghalangi pelarutan anoda selanjutnya. Lapisan pasif yang terbentuk memiliki potensial korosi yang tinggi atau inhibitor anodik menaikkan polarisasi anodik.

Sayangnya inhibitor jenis anodik tersebut memiliki kelemahan yaitu kadar inhibitor yang terkandung dalam lingkungan harus selalu stabil, sebab jika kandungan inhibitorynya kurang maka akan dapat mempercepat laju korosi dan membuat terbentuknya *pitting*. Ada dua jenis inhibitor anodik antara lain (Roberge):

- *Oxidizing ion* yang dapat membentuk perlindungan pada permukaan logam tanpa membutuhkan oksigen. Contoh inhibitor jenis ini adalah nitrat, kromat, nitrit.
- *Non-Oxidizing ion* merupakan jenis inhibitor anodik yang membentuk lapisan pasif pada permukaan anoda dengan membutuhkan oksigen contohnya seperti *osphate, tungsten, molybdate*.

2) Inhibitor katodik

Cara kerja inhibitor katodik adalah dengan cara memperlambat reaksi katodik sehingga laju korosinya juga akan menurun. Pada katoda terjadi penghambatan reaksi dengan cara membentuk presipitasi dipermukaan material supaya menghasilkan suatu tahanan dan impedensi dipermukaan katoda, atau dengan cara memperkecil kemampuan difusi zat yang akan tereduksi. Terutama dengan cara menurunkan kadar oksigen yang terlarut (Fontana, 1986). Jika reaksi katodik bisa dihambat, maka hal yang sama juga akan terjadi pada reaksi anodik karena reaksi yang terjadi pada katoda dan anoda berjalan seimbang.

Inhibitor katodik dapat dibedakan menjadi beberapa jenis tergantung dengan mekanisme inhibisinya yaitu:

- Racun katodik (*cathodic posions*) merupakan jenis inhibitor katodik yang dapat menghambat reaksi evolusi hidrogen.
- Katodik presipitasi (*cathodic precipitate*) seperti Natrium, Magnesium, Zinc yang dapat membentuk lapisan presipitat oksida dipermukaan material.
- *Oxygen scavenger* merupakan jenis inhibitor katodik yang dapat menghambat laju korosi dengan dengan cara mengurangi kadar oksigen dalam larutan yang biasa membuat efek depolarisasi. Contoh dari jenis *oksigen scavenger* ini antara lain *hidrazine, DEHA, Natrium sulfit, dan ascorbic acid*.

Defisiensi inhibitor katodik dalam sebuah lingkungan tidak akan mengakibatkan terjadinya serangan *pitting* seperti yang sering kali terjadi pada inhibitor anodik. Laju

korosi akan berkurang secara seragam pada permukaan seiring dengan turunnya konsentrasi dari inhibitor katodik ini (Jones, 1992).

3) Inhibitor campuran

Inhibitor campuran mengandalikan korosi dengan cara menghambat proses dikatodik dan anodik secara bersamaan. Secara umum inhibitor komrsial berfungsi ganda, yaitu sebagai inhibitor katodik dan anodik, contohnya inhibitor jenis ini adalah senyawa silkat, molibdat, fosfat.

4) Inhibitor teradsorpsi

Inhibitor teradsorpsi mengandalikan korosi dengan cara menisolasi permukaan logam dari lingkungan korosif dengan cara membentuk film tipis yang teradsorpsi kedalam permukaan logam. Contoh jenis inhibitor ini adalah markaptobenzotiazol dan 1,3,5,7-tetraza-adamantane.

2.4.1 Efisiensi inhibitor

Inhibitor dikatan dapat bekerja secara efektif maka harus tersebar keseluruhan permukaan cairan dan dengan kondisi sistem yang harus cukup efektif untuk memberikam kemampuan proteksi. Efisiensi inhibitor tergantung pada banyak faktor. Dilihat dari sudut pandang makroskopik tergantung pda model aliran, kimia larutan, temperatur, tekanan dan lain-lain. Sedangkan dilohat dari sudut pandang molekul, efeisiensi inhibitor tergantung pada jumlah tempat penyerapan, massa jenis muatan inhibitor, ukuran molekulnya, struktur elektronik dari molekul-molekul, cara interaksi dengan permukaan bajadan lain-lain. Efisiensi inhibitor dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Efisiensi inhibitor} = \frac{CRO - CRinh}{CRO} \times 100\% \quad (2.3)$$

Dimana :

CRo = Laju korosi tanpa inhibitor

CRinh = laju korosi dengan inhibitor

2.5 Daun Jambu Biji (*psidii Folium*)

2.5.1 Klasifikasi Daun Jambu Biji

Tanaman jambu biji (*Psidium guajava L*) merupakan tanaman yang pertama kali ditemukan di Amerika Tengah oleh Nikolai Ivanovich Vavilov saat berekspedisi ke beberapa negara di Asia, Eropa, Uni Soviet, Amerika Selatan, dan Afrika antara tahun 1887-1942. Seiring dengan berjalannya waktu tanaman jambu biji ini meyebar di beberapa negara di Asia seperti Indonesia, Taiwan, Jepang, Thailand, Malaysia dan Australia. (Parimin, 2005)

Daun jambu biji (*psidii folium*) berasal dari tanaman *psidii guajava L.*(fam.*Myrtaceae*). Tanaman jambu biji adalah tanaman daerah tropis dan bisa tumbuh dengan subur di daerah yang memiliki intensitas curah hujan yang diperlukan berkisar antara 1000-2000 mm/tahun dan merata sepanjang tahun dengan ketinggian antara 5-1200 m dari permukaan air laut. Tumbuhan jambu biji/jambu batu dapat tumbuh berkembang serta berbuah dengan optimal pada keadaan suhu sekitar 23-28°C di siang hari (Akhdad, 2007). Gambar 2.14 menunjukkan daun jambu biji.

Tabel 2.1 Spesifikasi Tanaman Jambu Biji

	Tanaman Jambu Biji (<i>psidium Guajava</i>)
<i>Kingdom</i>	<i>Plantae</i>
<i>Divisio</i>	<i>Spermatopsida</i>
<i>Kelas</i>	<i>Dicotylopsida</i>
<i>Ordo</i>	<i>Myrtales</i>
<i>Family</i>	<i>Myrtaceaea</i>
<i>Genus</i>	<i>Psidium</i>
<i>Spesies</i>	<i>Psidium Guajava</i>

Sumber : www.wikipedia.org (2014)



Gambar 2.14 Daun Jambu Biji (www.wikipedia.org)

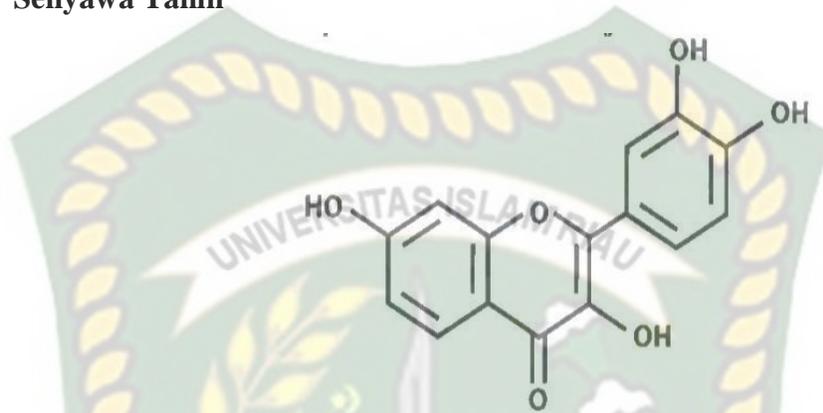
Kandungan senyawa kimia yang terdapat dalam daun jambu biji meliputi aldehida, alkohol, hidrokarbon alifatik, alkohol aromatik, kalsium, kadalena, beta kariofilena, kasuarinin, klorofil A, klorofil B, sineol, tanin terkondensasi, asam krategolat, asam 2-alfa-3beta-dihidroksiurs-12en28-oat, minyak atsiri, galiotanin, guavin C, guavin D, tanin yang dapat terhidrolisis, asam 2-alfa-hidroksi ursolat, unsur anorganik, isotriktinin, leukosiniadin, limonena, lutein, asam mastinat, monoterpenoid, neo-beta-karotena U, nerolidol, asam oleonelat, asam oksalat, pedunkulagin, pigmen, kalium, asam psidolat, kuersetin, serta asam ursolat (Soegijanto, 2010: 9).

Tabel 2.2 Komposisi Senyawa Kimia Daun Jambu Biji

Komponen Daun Jambu Biji	Jumlah
Tanin	3-8%
Kalori	49,00 kal
Vitamin A	25,00 SI
Vitamin B1	0,02 mg
Vitamin C	87,00 mg
Kalsium	14,00 mg
Hidrat Arang	12.200 mg
Fosfor	28,00 mg
Besi	1,10 mg
Protein	0,90 mg
Lemak	300 mg

Sumber : Wahid (2011)

2.5.2 Senyawa Tanin

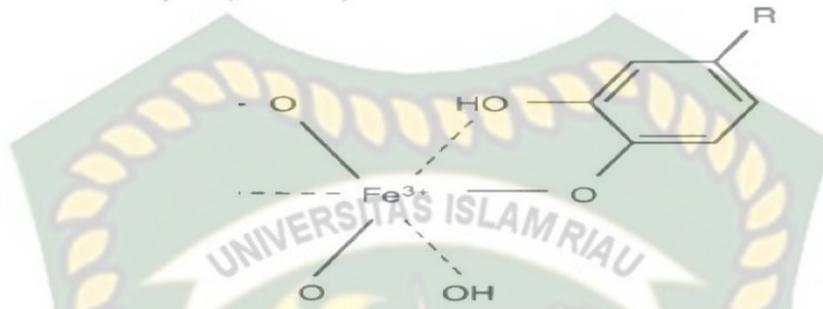


Gambar 2.15 Struktur Inti Tanin (Robinson, 1995)

Tanin adalah komponen zat organik derivat glikosida yang dapat ditemukan dalam bermacam-macam jenis tumbuhan, terutama pada jenis tumbuhan yang berkeping dua (dikotil). Monomer tanin merupakan digallic acid dan D-glukosa yang memiliki rumus molekul $C_{76}H_{52}O_{46}$. Ekstrak tanin tersusun dari campuran senyawa polifenol yang sangat kompleks dan biasanya tergabung dalam bikarbonat yang rendah. Oleh sebab adanya gugus fenol, maka tanin akan dapat berkondensasi dengan formaldehida (Westendarp). Tanin juga dapat berfungsi sebagai zat anti korosi yang bisa menggantikan fungsi dari kromat dan timbale merah dalam zat dasar. Didalam senyawa tanin terdapat gugus fungsi hidroksi yang melekat pada cincin aromatis sehingga tannin dapat membentuk kompleks khelat dan kation besi dan logam lainnya. Senyawa tanin dapat membentuk kompleks dengan besi (II) dan besi (III).

Kompleks besi (II)-tanin tidak memiliki warna dan sangat mudah terlarut dan teroksidasi. Dengan adanya oksigen, kompleks ini akan berubah menjadi kompleks besi (III)-tanin yang disebut tanat. Kompleks tersebut yang kemudian akan melekat

pada permukaan besi yang akan menghalangi terjadinya proses korosi lebih lanjut karena kompleks tersebut akan terserap oleh permukaan besi dan melindungi permukaan besi (Ali, 2014). Struktur kimia dari *iron (III)* ditunjukkan pada Gambar 2.16.



Gambar 2.16 Struktur Kimia dari *iron (III) tannate*

(Sumber: ijpst.or.id)

Selain itu 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*. Ross & Francis (1978) telah menemukan bahwa tanin dapat mempercepat pembentukan fasa *magnetite* sebagai lapisan antikorosi. Sifat *protective* tanin didapat dari reaksi komponen *polifenol* dari *tannin* dengan *ion ferric* sehingga membentuk jaringan *cross-linked* padat yaitu *ferric-tannates*.

Daun, buah dan kulit batang pohon jambu biji banyak mengandung tanin, sedangkan pada bagian bunga nya tidak banyak mengandung tanin. Daun jambu biji juga banyak mengandung zat lain selain tanin diantaranya adalah minyak atsiri, asam ursolat, asam psidiolat, asam kratogolat, asam oleonolat, asam guajaverin, dan vitamin (Ipteknet, 2007).

Senyawa tanin yang terkandung didalam daun jambu biji ini cukup istimewa. Jenis tanin yang terkandung didalam daun jambu biji adalah psiditanin yaitu sekumpulan zat organik amorf dengan karakter asam dan mampu mengendapkan alkaloid dan juga glukosida. Oleh sebab itu tanin jenis ini yang digunakan untuk menyamak dan untuk membuat tinta dan mengendapkan senyawa protein. Selain itu tanin ini juga digunakan sebagai senyawa anti-bakteri, penetral atau pengelat racun (absorbent), sebagai antipasmolitik dan mengatasi kontraksi yang ada di otot usus dan juga digunakan untuk melapisi dinding mokus di usus atau astrngent (Yuliani, dkk).

2.5.3 Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidii Folium*) sebagai Inhibitor korosi

Pada umumnya inhibitor korosi 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 demikian, pada kenyatannya bahan kimia sintesis tersebut sangat berbahaya, tidak ramah lingkungan dan harganya mahal, oleh sebab itu banyak industri-industri kecil dan menengah jarang menggunakan inhibitor pada sistem pendingin, sistem pengolahan air mereka, sistem pemipaan untuk melindungi besi/baja dari serangan korosi. Untuk itu perlunya penggunaan inhibitor yang murah, mudah didapat, aman, bersifat *biodegradebele*, dan ramah lingkungan sangatlah diperlukan.

Inhibitor orgnik atau inhibitor ekstrak dari bahan alam adalah solusinya karena murah, aman, mudah didapat, bersifat *biodegedabele*, dan tentunya ramah lingkungan. Inhibitro dari bahan alam ummnya yang 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 jambu biji ini diharapkan dapat efektif digunakan sebagai inhibitor pada sampel

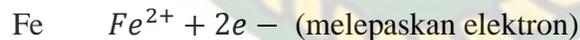
logam besi, tembaga dan aluminium dalam medium larutan air gambut karena mengandung senyawa yang mampu menurunkan laju korosi pada besi dan baja.

Proses proteksi ekstrak bahan organik terhadap besi atau baja dari serangan korosi diperkirakan hampir sama dengan mekanisme proteksi oleh inhibitor anorganik. Reaksi yang terjadi antara logam Fe^{2+} dengan medium air laut yang mengandung ion-ion klorida yang terurai dari NaCl, $MgCl_2$, KCl dan kemudian akan bereaksi dengan Fe dan diperkirakan menghasilkan $FeCl_2$ yang terbentuk juga akan semakin besar, seperti yang tertulis dalam reaksi berikut (Gogot Haryono, 2010).

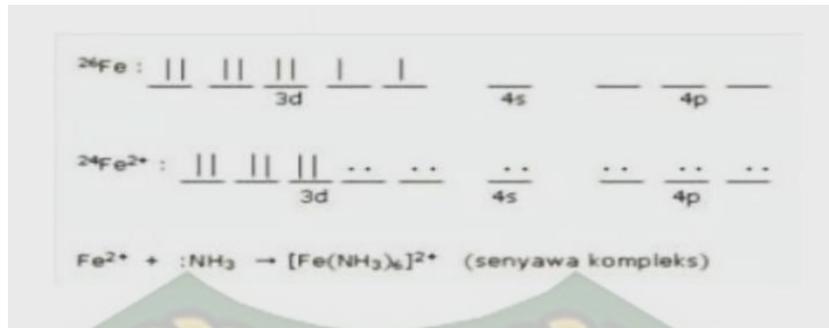


Ion klorida pada reaksi diatas akan menyerang logam (Fe) sehingga besi akan terkorosi menjadi :

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



Mekanisme proteksi dapat dilihat pada Gambar 2.17.



Gambar 2.17 Mekanisme proteksi (Gogot Haryono dkk., 2010)

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

Penelitian penggunaan inhibitor ekstrak daun jambu biji telah banyak dilakukan salah satunya oleh Harry P dkk (2015) mereka melakukan penelitian tentang kemampuan daun jambu biji sebagai inhibitor korosi besi pada medium asam klorida. Dari hasil penelitian yang mereka lakukan ekstrak daun jambu biji dapat mengurangi laju korosi akibat asam klorida. Namun kemampuan inhibitor ekstrak daun jambu biji sebagai inhibitor korosi pada lingkungan air gambut belum teruji oleh sebab itu perlu adanya penelitian.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

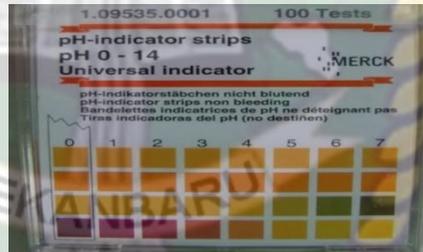
Pada penelitian ini memiliki beberapa tahapan yang dimulai dengan pemotongan material, penyediaan media korosif sampai dengan pengambilan data. Keseluruhan dari penelitian ini dilaksanakan kurang lebih selama 3 bulan. Untuk proses pengambilan data dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Islam Riau dan Laboratorium Kimia Organik Bahan Alam Universitas Riau.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Peralatan yang digunakan untuk melakukan proses penelitian ini adalah:

1. Kertas *indicator universal*.



Gambar 3.1 Kertas *Indicator Universal*

Kertas *indicator universal* digunakan untuk mengukur tingkat keasaman (pH) dari air gambut.

2. Gelas ukur



Gambar 3.2 Gelas Ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur jumlah fluida yang akan digunakan untuk penelitian.

3. Pompa aquarium



Gambar 3.3 Pompa Aquarium

Pompa aquarium digunakan untuk memberikan efek aliran pada saat pengujian dilakukan.

4. Timbangan digital



Gambar 3.4 Timbangan Digital

Timbangan digital digunakan untuk menimbang berat spesimen sebelum dan sesudah dilakukan perendaman.

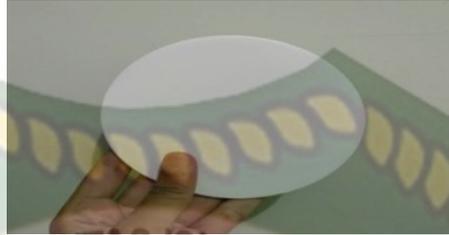
5. *Rotary vacuum evaporator*



Gambar 3.5 *Rotary vacuum evaporator*

Rotary vacuum evaporator merupakan alat yang digunakan untuk memisahkan uap air yang terkandung didalam ekstrak daun jambu biji.

6. Kertas saring



Gambar 3.6 Gambar Kertas saring

Kertas saring digunakan untuk menyaring hasil rendaman serbuk daun jambu biji sehingga diperoleh filtrat.

7. Gerinda potong



Gambar 3.7 Gerinda potong

Gerinda digunakan untuk memotong dan membelah spesimen uji sesuai dengan yang diperlukan.

8. Blender



Gambar 3.8 Blender

Blender digunakan untuk memblender daun jambu biji sehingga menjadi serbuk daun jambu biji.

9. Baskom



Gambar 3.9 Baskom

Baskom digunakan sebagai wadah tempat pencampuran antara serbuk daun jambu biji dengan etanol

3.2.2 Bahan

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Daun jambu biji



Gambar 3.10 daun jambu biji

Daun jambu biji merupakan bahan yang akan digunakan sebagai inhibitor organik.

2. Air gambut



Gambar 3.11 Air gambut

Air gambut merupakan media korosif yang digunakan dalam penelitian ini.

3. Etanol 70%



Gambar 3.12 Etanol 70%

Etanol digunakan sebagai zat pelarut yang akan dicampurkan dengan serbuk daun jambu biji.

4. Aquades.



Gambar 3.13 Aquades

Aquades merupakan cairan yang digunakan untuk membersihkan spesimen sebelum dan sesudah perendaman.

5. Pipa Galvanis



Gambar 3.14 Pipa Galvanis

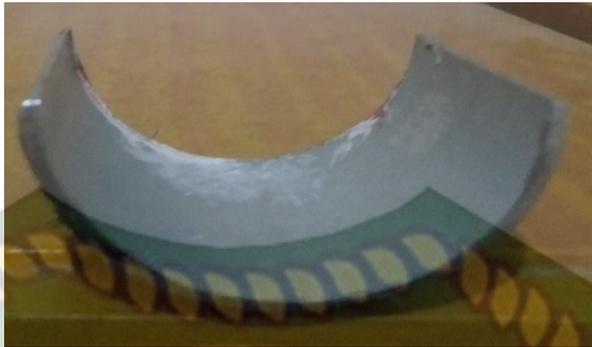
Pipa galvanis merupakan pipa yang digunakan sebagai spesimen uji dalam penelitian ini.

3.3 Langkah-langkah melakukan pengujian

3.3.1 Persiapan spesimen

1. Spesimen yang digunakan pada penelitian ini adalah pipa galvanis dengan diameter 1 ½ inch dan tebal 2 mm. Pipa dipotong sepanjang 40 mm lalu dibelah menjadi 2 bagian dan spesimen yang digunakan sebanyak 10 buah.

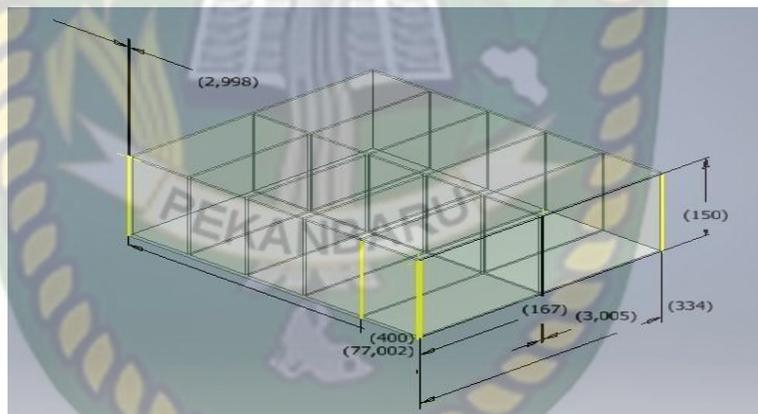
2. Sampel dicelupkan kedalam larutan aquades untuk membersihkan spesimen.



Gambar 3.15 Spesimen Uji

3.3.2 Pembuatan bak pengujian korosi

Bak pengujian korosi yang digunakan terbuat dari material kaca dengan ukuran 40x34x15 cm dan akan ditambahkan pompa aquarium untuk membuat efek aliran pada saat pengujian.



Gambar 3.16 Bak Perendaman Spesimen

3.3.3 Persiapan Inhibitor

Pada pengujian ini inhibitor yang digunakan adalah inhibitor yang terbuat dari ekstrak daun jambu biji (*Psidium guava*). Untuk membuat inhibitor tersebut maka perlu dilakukan beberapa persiapan sebagai berikut.

1. Daun jambu biji yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari lingkungan perumahan karyawan PT. Sekarbumi Alamlestari. Berikut merupakan langkah pembuatan serbuk daun jambu biji.

- Persiapkan daun jambu biji yang masih segar sebanyak 2 kg dan kemudian dicuci hingga bersih.
- Pisahkan daun jambu biji dengan tulang daunnya.
- Berikutnya daun jambu biji dikeringkan dengan udara (tidak terkena matahari secara langsung) selama 3 hari.
- Daun jambu biji yang sudah dikeringkan selanjutnya di blender untuk mendapatkan serbuk daun jambu biji.
- Kemudian melakukan ekstraksi dengan metode maserasi dengan memasukkan serbuk daun jambu biji 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 70°C hingga menghasilkan ekstrak pekat (Ali, 2014).

3.3.4 Penimbangan Berat Awal Spesimen

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

Tabel 3.1 Data Berat Awal (Wo) Spesimen

No	Kelompok	Inhibitor	Wo (gram)	Waktu perendaman
1	Tanpa pompa	0%		42 hari
2		5%		42 hari
3		7%		42 hari

4		9%		42 hari
5		11%		42 hari
1	Menggunakan pompa	0%		42 hari
2		5%		42 hari
3		7%		42 hari
4		9%		42 hari
5		11%		42 hari

3.3.5 Analisa Struktur Mikro Sebelum Perendaman

Spesimen dianalisa dengan menggunakan mikroskop metalurgi untuk melihat permukaan/struktur mikro pada sampel sebelum terjadinya korosi.

3.3.6 Data Kehilangan Berat Spesimen

Proses pengambilan data kehilangan berat dilakukan pada saat spesimen telah diendam selama 42 hari dengan dilakukan penimbangan spesimen untuk mengetahui berat yang hilang dari spesimen, sebelum dilakukan proses penimbangan spesimen uji dibersihkan terlebih dahulu.

Pembersihan spesimen dilakukan dengan cara mencelupkan spesimen kedalam larutan aseton selama 5 menit, lalu spesimen diangkat dan dicelupkan kembali kedalam larutan aquades selama 5 menit lalu spesimen dikeringkan. Setelah spesimen kering barulah bisa dilakukan proses penimbangan dan data dicatat dalam tabel.

Perhitungan kehilangan berat spesimen dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\Delta W = W_0 - W_2 \quad (3.1)$$

Dimana :

ΔW = Kehilangan Berat (gram)

W_0 = Berat Awal Spesimen (gram)

W_2 = Berat Setelah Perendaman (gram)

Tabel 3.2 Data Kehilangan Berat Spesimen Setelah Dilakukan Perendaman

No	Kelompok	Inhibitor	W0 (gram)	W2 (gram)	Kehilangan berat (gram)	Waktu perendaman
1	Tanpa pompa	0%				42 hari
2		5%				42 hari
3		7%				42 hari
4		9%				42 hari
5		11%				42 hari
1	Menggunakan pompa	0%				42 hari
2		5%				42 hari
3		7%				42 hari
4		9%				42 hari
5		11%				42 hari

3.3.7 Perhitungan Laju Korosi

Setelah data kehilangan berat spesimen pipa galvanis didapatkan, selanjutnya dilakukan perhitungan laju korosi untuk mengetahui laju korosi yang terjadi pada pipa galvanis dengan rumus sebagai berikut:

$$CR(\text{mm/y}) = \frac{K \times W}{A \times T \times D} \quad (\text{Pers.2.1})$$

Dimana:

CR = Laju Korosi (mm/y)

K = Konstanta ($8,76 \times 10^4$)

W = Berat yang hilang (g)

D = Massa jenis (g/cm^3)

A = Luas area (cm^2)

T = Waktu perendaman (jam)

Selanjutnya hasil laju korosi yang diperoleh dari perhitungan rumus diatas dicatat dalam tabel. Sedangkan untuk menghitung efisiensi inhibitor dapat dihitung menggunakan persamaan (2.3)

$$\text{Efisiensi inhibitor} = \frac{CR_o - CR_{inh}}{CR_o} \times 100\% \quad (\text{Pers.2.3})$$

Dimana :

CR_o = Laju korosi tanpa inhibitor

CR_{inh} = laju korosi dengan inhibitor

Tabel 3.3. Efisiensi Inhibitor Korosi

No	Kelompok	Inhibitor	Kehilangan berat (gram)	Laju Korosi (mm/y)	Waktu perendaman
1	Tanpa pompa	0%			42 hari
2		5%			42 hari
3		7%			42 hari
4		9%			42 hari
5		11%			42 hari
1		0%			42 hari
2		5%			42 hari

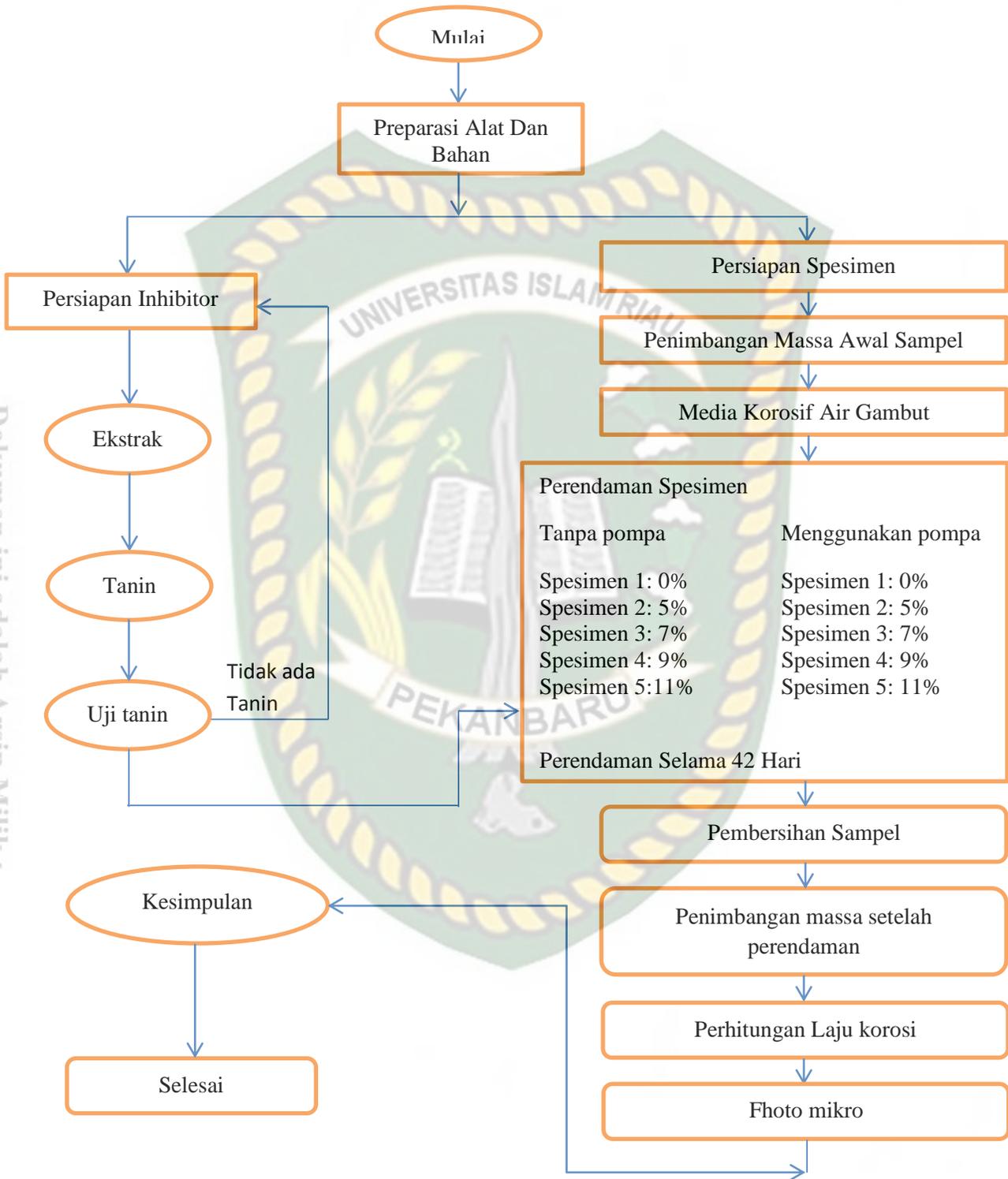
3	Menggunakan	7%			42 hari
4	an pompa	9%			42 hari
5		11%			42 hari

3.3.8 Analisa Struktur mikro Setelah Perendaman

Setelah proses perendaman, spesimen dianalisa kembali menggunakan mikroskop metalurgi guna melihat permukaan baja setelah mengalami korosi.



3.4 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram alir terbuka

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui laju korosi dan pemakaian inhibitor pada pipa jenis galvanis di larutan air gambut. Beberapa pengujian telah dilakukan dan data hasil penelitian tersebut adalah sebagai berikut:

4.1 Pengujian Tingkat Keasaman Air Gambut

Pada bak pengujian dengan volume 1360 cm^3 yang berisikan 500 ml air gambut yang akan berperan sebagai media korosif pada saat dilakukan pencelupan material pipa jenis galvanis. Tingkat keasaman (Ph) dari air gambut dapat menyebabkan terjadinya proses korosi pada material jenis logam. Oleh sebab itu tingkat keasaman dari air gambut harus diperhatikan, tingkat keasaman dari air gambut ditentukan dengan kertas *universal indicator*.

Berdasarkan hasil pengecekan menggunakan kertas *universal Indicator* maka didapat tingkat keasaman (Ph) dari air gambut yaitu kisaran 4 sampai 5. Seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.

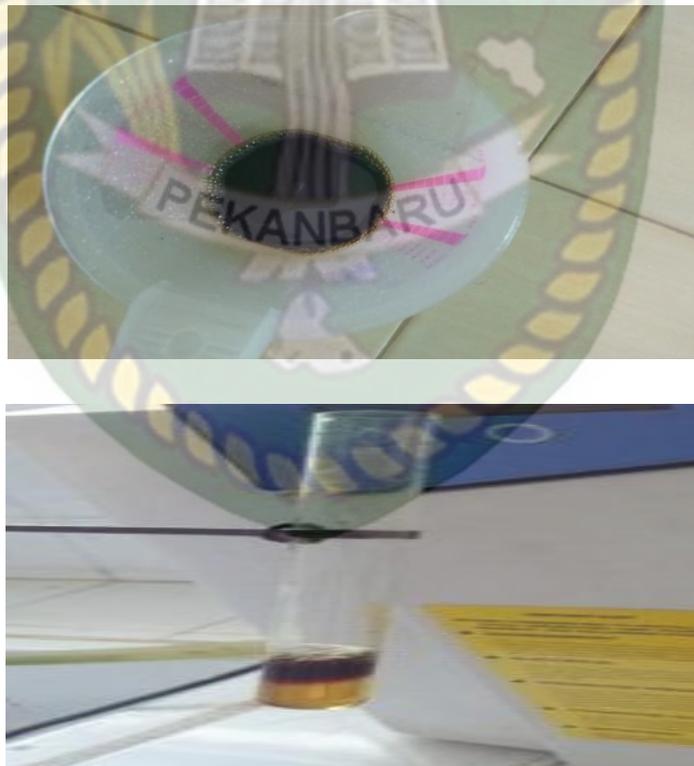


Gambar 4.1 Hasil Pengukuran Ph Air Gambut Menggunakan *Universal Indicator*

Warna merah kecoklatan dan rendah nya Ph dari air gambut di sebabkan oleh tingginya kandungan zat organik (bahan humus) yang terlarut dalam bentuk asam humus dan turunannya. Asam humus berasal dari dekomposisi bahan-bahan organik seperti kayu, daun, pohon dengan berbagai tingkat dekomposisi. Tetapi secara umum asam humus didalam air gambut telah mencapai dekomposisi yang stabil (Syarfi, 2007). Ph rendah pada air gambut menandakan air gambut bersifat asam, sehingga air gambut bersifat korosif.

4.2 Hasil Pengujian Tanin Pada Ekstrak Daun Jambu Biji

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



Gambar 4.2 Pengujian Tanin

4.3 Hasil pengujian Berat Awal Spesimen Sebelum Dilakukan Perendaman

Sebelum melakukan proses perendaman, spesimen ditimbang untuk mengetahui berat awalnya. Berat awal spesimen diberikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Berat awal spesimen sebelum perendaman.

No	Kelompok	Inhibitor	Wo (gram)	Waktu perendaman
1	Tanpa pompa	0%	21,547	42 hari
2		5%	20,682	42 hari
3		7%	22,475	42 hari
4		9%	21,526	42 hari
5		11%	21,541	42 hari
1	Menggunakan pompa	0%	22,726	42 hari
2		5%	22,715	42 hari
3		7%	21,684	42 hari
4		9%	20,975	42 hari
5		11%	21,817	42 hari

4.4 Hasil pengujian Kehilangan Berat Setelah dilakukan Perendaman

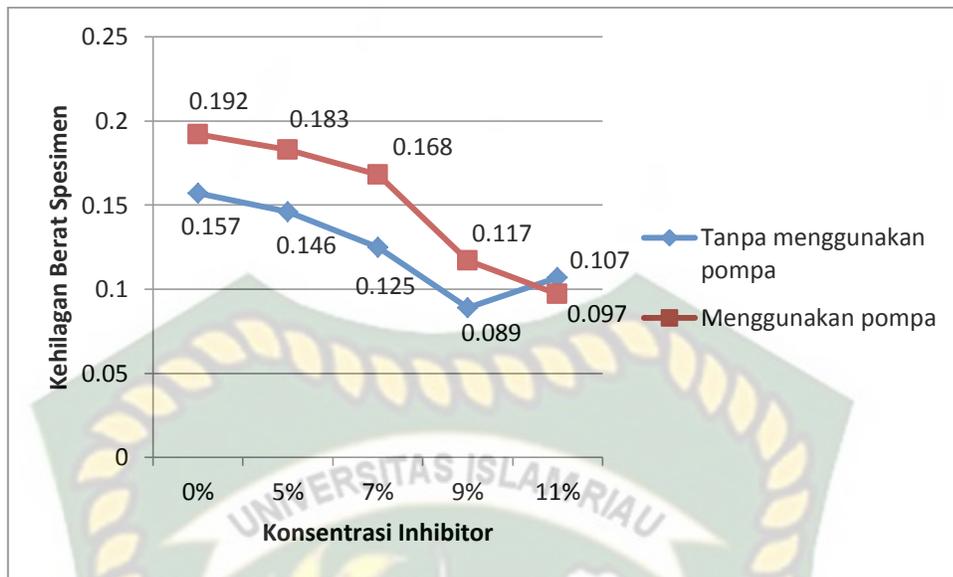
Kehilangan berat spesimen didapat dari selisih berat akhir setelah perendaman selama waktu 42 hari.

Hasil kehilangan berat spesimen didapat menggunakan rumus : $\Delta W = W_0 - W_2$.

Tabel 4.2 Kehilangan berat spesimen setelah dilakukan perendaman.

No	Kelompok	Inhibitor	W0 (gram)	W2 (gram)	Kehilangan berat (gram)	Waktu perendaman
1	Tanpa pompa	0%	21,547	21,39	0,157	42 hari
2		5%	20,682	20,36	0,146	42 hari
3		7%	22,475	22,35	0,125	42 hari
4		9%	21,526	21,437	0,089	42 hari
5		11%	21,541	21,434	0,107	42 hari
1	Menggunakan pompa	0%	22,726	22,534	0,192	42 hari
2		5%	22,715	22,532	0,183	42 hari
3		7%	21,684	21,516	0,168	42 hari
4		9%	20,975	20,858	0,117	42 hari
5		11%	21,914	21,817	0,097	42 hari

Dari hasil penimbangan spesimen setelah perendaman menunjukkan bahwa konsentrasi inhibitor dan penggunaan pompa mempengaruhi proses korosi. Seperti terlihat pada Gambar 4.3 yang menunjukkan bahwa konsentrasi inhibitor dan penggunaan pompa mempengaruhi kehilangan berat spesimen selama perendaman.



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Konsentrasi Inhibitor dan Penggunaan Pompa Dalam Larutan Air Gambut Terhadap Kehilangan Berat.

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi inhibitor dari 5%, 7%, 9%, dan 11% mengakibatkan penurunan kehilangan berat material pada penelitian yang menggunakan pompa, sedangkan pada penelitian yang tidak menggunakan pompa kehilangan berat menurun pada konsentrasi inhibitor 5%, 7%, 9% tetapi pada konsentrasi 11% kehilangan berat kembali naik.

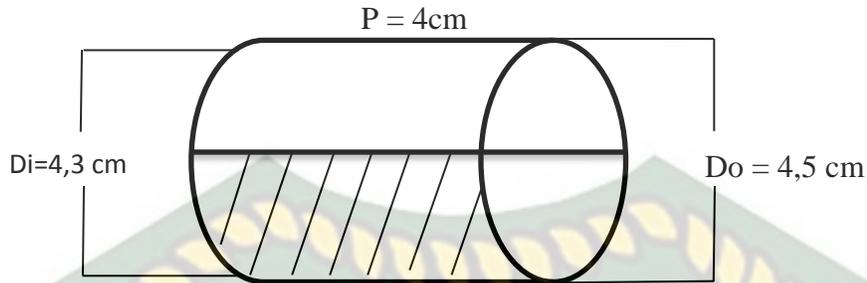
4.5 Hasil Pengujian laju Korosi

Perhitungan laju korosi yang dapat dinyatakan dalam rumus sebagai berikut:

$$CR = \frac{K.W}{A.t.p}$$

- Dimana :
- CR = Laju korosi (*mm/y*)
 - K = Konstanta laju korosi (8.76×10^4)
 - W = Kehilangan berat (*gram*)
 - t = Waktu perendaman (*jam*)
 - A = Luas permukaan (cm^2)
 - ρ = Massa jenis ($gram/cm^3$)

Dimana bentuk dari spesimen dapat dilihat pada Gambar 4.3 dengan ukuran yang sudah ditentukan.



Gambar 4.4 Sketsa Material Uji

Diketahui :

$$\text{Massa jenis baja} = 7,93 \text{ g/cm}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Luas area luar pipa} &= \frac{1}{2} \pi D_o \cdot L \\ &= \frac{1}{2} \cdot 3,14 \cdot 4,5 \text{ cm} \cdot 4 \text{ cm} = 28,26 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas area dalam pipa} &= \frac{1}{2} \pi D_i \cdot L \\ &= \frac{1}{2} \cdot 3,14 \cdot 4,3 \text{ cm} \cdot 4 \text{ cm} = 27 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas area samping} &= \frac{1}{2} \left(\frac{\pi D_o^2 - \pi D_i^2}{4} \right) \\ &= \frac{1}{2} \left(\frac{\pi 4,5^2 - \pi 4,3^2}{4} \right) \text{ cm}^2 = 0,69 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas area atas} &= P \times L \\ &= 4 \text{ cm} \times 0,2 \text{ cm} = 0,8 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 = 28,26 + 27 + 0,69 + 0,8 = 56,75 \text{ cm}^2$$

➤ Laju korosi spesimen tanpa menggunakan pompa

1. Konsentrasi inhibitor 0%

$$\text{CR (mm/y)} = \frac{K.W}{A.t.p}$$

$$= \frac{8,76 \times 10^4 \times 0,157}{56,75 \times 1008 \times 7,93} = \frac{13753,2}{453627,72} = 0,030 \text{ mm/y}$$

2. Konsentrasi inhibitor 5%

$$\begin{aligned} \text{CR (mm/y)} &= \frac{K.W}{A.t.p} \\ &= \frac{8,76 \times 10^4 \times 0,146}{56,75 \times 1008 \times 7,93} = \frac{12789,6}{453627,72} = 0,028 \text{ mm/y} \end{aligned}$$

3. Konsentrasi inhibitor 7%

$$\begin{aligned} \text{CR (mm/y)} &= \frac{K.W}{A.t.p} \\ &= \frac{8,76 \times 10^4 \times 0,125}{56,75 \times 1008 \times 7,93} = \frac{10950}{453627,72} = 0,024 \text{ mm/y} \end{aligned}$$

4. Konsentrasi inhibitor 9%

$$\begin{aligned} \text{CR (mm/y)} &= \frac{K.W}{A.t.p} \\ &= \frac{8,76 \times 10^4 \times 0,089}{56,75 \times 1008 \times 7,93} = \frac{7796,4}{453627,72} = 0,017 \text{ mm/y} \end{aligned}$$

5. Konsentrasi inhibitor 11%

$$\begin{aligned} \text{CR (mm/y)} &= \frac{K.W}{A.t.p} \\ &= \frac{8,76 \times 10^4 \times 0,107}{56,75 \times 1008 \times 7,93} = \frac{9373,2}{453627,72} = 0,021 \text{ mm/y} \end{aligned}$$

➤ Laju korosi spesimen menggunakan penambahan pompa

1. Konsentrasi inhibitor 0%

$$\begin{aligned} \text{CR (mm/y)} &= \frac{K.W}{A.t.p} \\ &= \frac{8,76 \times 10^4 \times 0,192}{56,75 \times 1008 \times 7,93} = \frac{16819,2}{453627,72} = 0,037 \text{ mm/y} \end{aligned}$$

2. Konsentrasi inhibitor 5%

$$\begin{aligned} \text{CR (mm/y)} &= \frac{K.W}{A.t.p} \\ &= \frac{8,76 \times 10^4 \times 0,183}{56,75 \times 1008 \times 7,93} = \frac{16030,8}{453627,72} = 0,035 \text{ mm/y} \end{aligned}$$

3. Konsentrasi inhibitor 7%

$$\begin{aligned} \text{CR (mm/y)} &= \frac{K.W}{A.t.p} \\ &= \frac{8,76 \times 10^4 \times 0,168}{56,75 \times 1008 \times 7,93} = \frac{14716,8}{453627,72} = 0,032 \text{ mm/y} \end{aligned}$$

4. Konsentrasi inhibitor 9%

$$\begin{aligned} \text{CR (mm/y)} &= \frac{K.W}{A.t.p} \\ &= \frac{8,76 \times 10^4 \times 0,117}{56,75 \times 1008 \times 7,93} = \frac{10249,2}{453627,72} = 0,022 \text{ mm/y} \end{aligned}$$

5. Konsentrasi inhibitor 11%

$$\text{CR (mm/y)} = \frac{K.W}{A.t.p}$$

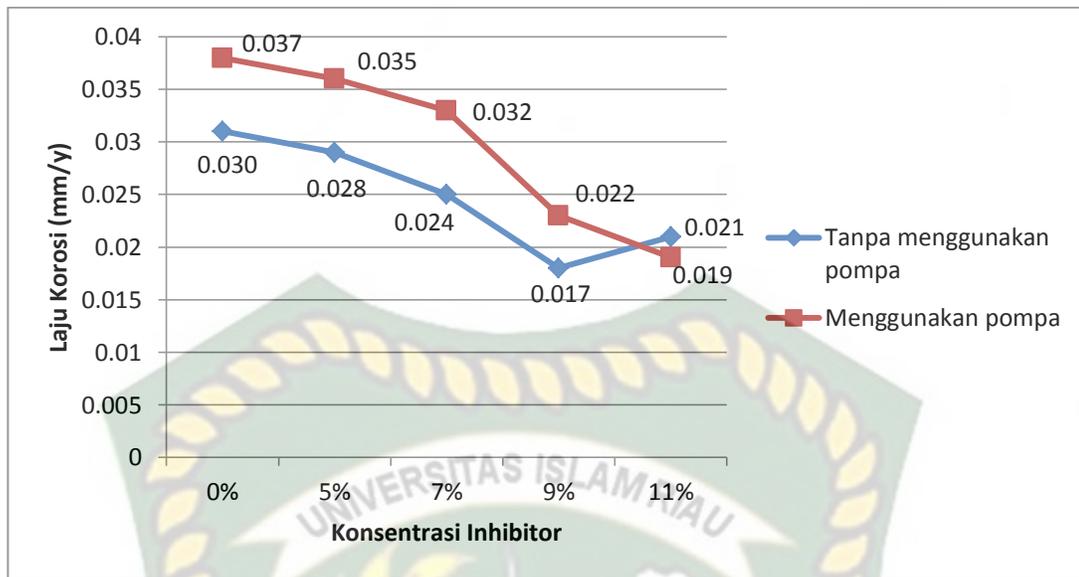
$$= \frac{8,76 \times 10^4 \times 0,097}{56,75 \times 1008 \times 7,93} = \frac{8497,2}{453627,72} = 0,019 \text{ mm/y}$$

Hasil perhitungan tersebut ditampilkan dalam tabel 4.3.

Tabel 4.3 Nilai Laju Korosi Pada setiap Spesimen Uji

No	Kelompok	Inhibitor	Kehilangan berat (gram)	Laju Korosi (mm/y)	Waktu perendaman
1	Tanpa pompa	0%	0,157	0,030	42 hari
2		5%	0,146	0,028	42 hari
3		7%	0,125	0,024	42 hari
4		9%	0,089	0,017	42 hari
5		11%	0,107	0,021	42 hari
1	Menggunakan pompa	0%	0,192	0,037	42 hari
2		5%	0,183	0,035	42 hari
3		7%	0,168	0,032	42 hari
4		9%	0,117	0,022	42 hari
5		11%	0,097	0,019	42 hari

Dari tabel diatas menunjukkan penggunaan pompa dan konsentrasi inhibitor mempengaruhi laju korosi pada spesimen. Hal ini dapat dilihat lebih jelas pada gambar 4.4 di bawah ini.



Gambar 4.5 Grafik Hubungan Antara Konsentrasi Inhibitor Dan penggunaan Pompa Terhadap Laju korosi.

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa perendaman dengan menggunakan pompa laju korosinya relatif turun dan penurunan laju korosi maksimum terjadi pada konsentrasi inhibitor 11% yaitu 0.019 mm/y. Sedangkan pada perendaman spesimen yang tanpa menggunakan pompa penurunan laju korosi terendah terjadi pada konsentrasi inhibitor 9 % yaitu 0.017 mm/y namun pada penambahan inhibitor 11% korosinya kembali naik, hal ini dikarenakan pada perendaman tanpa pompa pengendapan inhibitor terjadi lebih cepat karena fluidanya tidak bergerak dari pada perendaman yang menggunakan pompa yang fluidanya bergerak, akibatnya inhibitor lebih cepat ter arbsorpsi dan membentuk lapisan tipis pada permukaan baja yang berfungsi menghambat serangan korosi terhadap logamnya. Semakin lamanya perendaman dan banyaknya jumlah inhibitor yang diberikan akan menurunkan laju korosi, namun pada suatu titik tertentu dimana arbsorpsi telah mencapai titik jenuh, sehingga laju korosinya cenderung konstan bahkan akan naik.

4.6 Hasil Pengujian Efisiensi Inhibitor

Hasil perhitungan efisiensi inhibitor didapat dengan menggunakan rumus dibawah ini:

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

Dimana :

CRo = Laju korosi tanpa inhibitor

CRinh = laju korosi dengan inhibitor

➤ Efisiensi inhibitor tanpa menggunakan pompa.

1. Konsentrasi inhibitor 5%.

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi inhibitor} &= \frac{CRo - CRinh}{CRo} \times 100\% \\ &= \frac{0,030 - 0,028}{0,030} \times 100\% = 6,7\% \end{aligned}$$

2. Konsentrasi inhibitor 7%.

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi inhibitor} &= \frac{CRo - CRinh}{CRo} \times 100\% \\ &= \frac{0,030 - 0,024}{0,030} \times 100\% = 20\% \end{aligned}$$

3. konsentrasi inhibitor 9%.

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi inhibitor} &= \frac{CRo - CRinh}{CRo} \times 100\% \\ &= \frac{0,030 - 0,017}{0,030} \times 100\% = 43\% \end{aligned}$$

4. Konsentrasi inhibitor 11%.

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi inhibitor} &= \frac{C_{Ro}-C_{Rinh}}{C_{Ro}} \times 100\% \\ &= \frac{0,030-0,021}{0,030} \times 100\% = 30\%\end{aligned}$$

➤ Efisiensi Inhibitor menggunakan pompa.

1. Konsentrasi inhibitor 5%.

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi inhibitor} &= \frac{C_{Ro}-C_{Rinh}}{C_{Ro}} \times 100\% \\ &= \frac{0,037-0,035}{0,037} \times 100\% = 5,4\%\end{aligned}$$

2. Konsentrasi inhibitor 7%.

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi inhibitor} &= \frac{C_{Ro}-C_{Rinh}}{C_{Ro}} \times 100\% \\ &= \frac{0,037-0,032}{0,037} \times 100\% = 13,5\%\end{aligned}$$

3. Konsentrasi Inhibitor 9%.

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi inhibitor} &= \frac{C_{Ro}-C_{Rinh}}{C_{Ro}} \times 100\% \\ &= \frac{0,037-0,022}{0,037} \times 100\% = 40,5\%\end{aligned}$$

4. Konsentrasi inhibitor 11%.

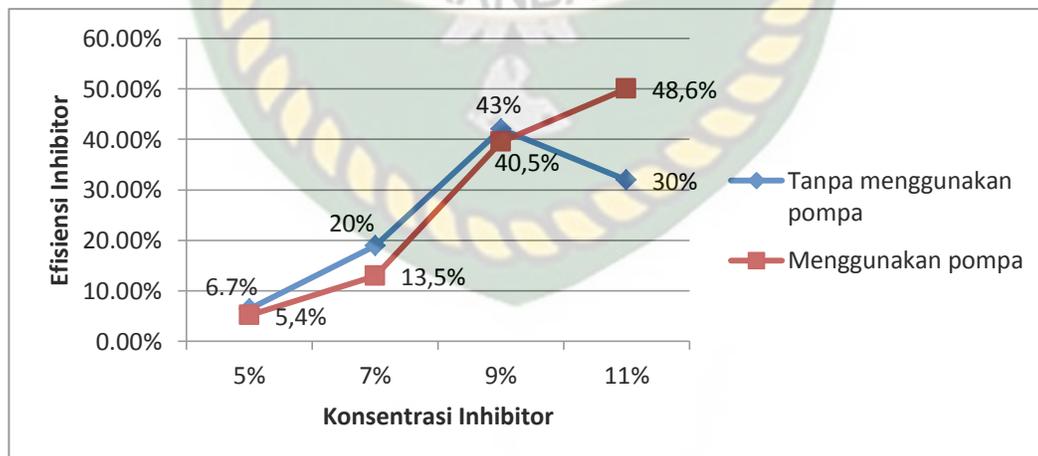
$$\begin{aligned}\text{Efisiensi inhibitor} &= \frac{C_{Ro}-C_{Rinh}}{C_{Ro}} \times 100\% \\ &= \frac{0,037-0,019}{0,037} \times 100\% = 48,6\%\end{aligned}$$

Hasil perhitungan efisiensi inhibitor tersebut ditampilkan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4. Nilai Efisiensi Inhibitor Pada Setiap Spesimen Uji.

No	Kelompok	Inhibitor	Efisiensi inhibitor %	Waktu perendaman
1	Tanpa pompa	0%	0%	42 hari
2		5%	6,7%	42 hari
3		7%	20%	42 hari
4		9%	43%	42 hari
5		11%	30%	42 hari
1	Menggunakan pompa	0%	0%	42 hari
2		5%	5,4%	42 hari
3		7%	13,5%	42 hari
4		9%	40,5%	42 hari
5		11%	48,6%	42 hari

Pada tabel diatas menunjukkan konsentrasi inhibitor dan penambahan pompa mempengaruhi efisiensi inhibitor. Hal ini terlihat lebih jelas seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.6 Grafik Hubungan Antara konsentrasi Inhibitor Dan Penambahan Pompa Terhadap Nilai Efisiensi Inhibitor.

Nilai efisiensi inhibitor terbesar didapat pada perendaman material yang menggunakan pompa dengan konsentrasi inhibitornya 11% yaitu didapat nilai efisiensinya sebesar 48,6%. Sedangkan nilai efisiensi inhibitor terendah didapat pada perendaman material yang menggunakan pompa pula dengan konsentrasi inhibitor nya 5% yaitu didapat nilai efisiensinya sebesar 5,4%. Pada perendaman yang tidak menggunakan pompa nilai efisiensi terbesar yaitu sebesar 43% pada perendaman menggunakan konsentrasi inhibitor 9% dan kemudian menurun menjadi 30% pada perendaman menggunakan konsentrasi inhibitor 11% hal ini diakibatkan karena proses inhibitor telah mengalami kejenuhan sehingga pada konsentrasi ini tidak dapat meningkatkan efisiensi dari inhibitor.

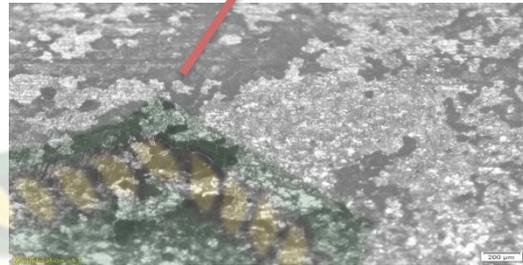
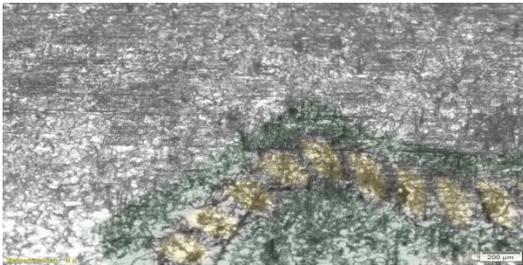
4.7 Hasil Uji Metalografi

Jika logam dimasukkan kedalam larutan elektrolit maka logam akan terlarut sambil melepaskan elektron. Akibatnya terjadi korosi pada permukaan logam yang anodik. Perbedaan potensial ini dikarenakan komposisi kimia yang tidak sama pada masing-masing butir kristal atau perbedaan fase pada permukaan logam yang kontak dengan elektrolit.

Untuk melihat struktur permukaan logam akibat serangan dari korosi beserta penambahan inhibitor ekstrak daun jambu biji dengan lama waktu perendaman 42 hari dapat dilakukan uji metalografi menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran 5x didapat hasil seperti gambar dibawah ini:

➤ Perendaman tanpa menggunakan pompa.

Produk korosi



a. Sebelum perendaman

b. Perendaman dengan inhibitor 0%

Produk korosi



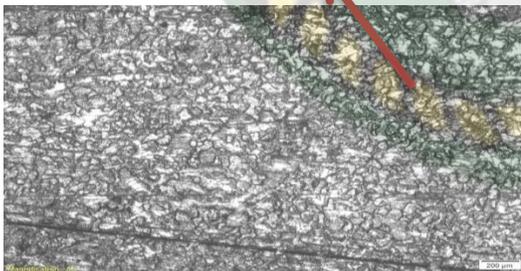
Produk korosi



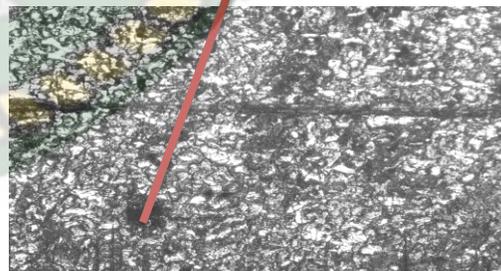
c. Perendaman dengan inhibitor 5%

d. Perendaman dengan inhibitor 7%

Produk korosi



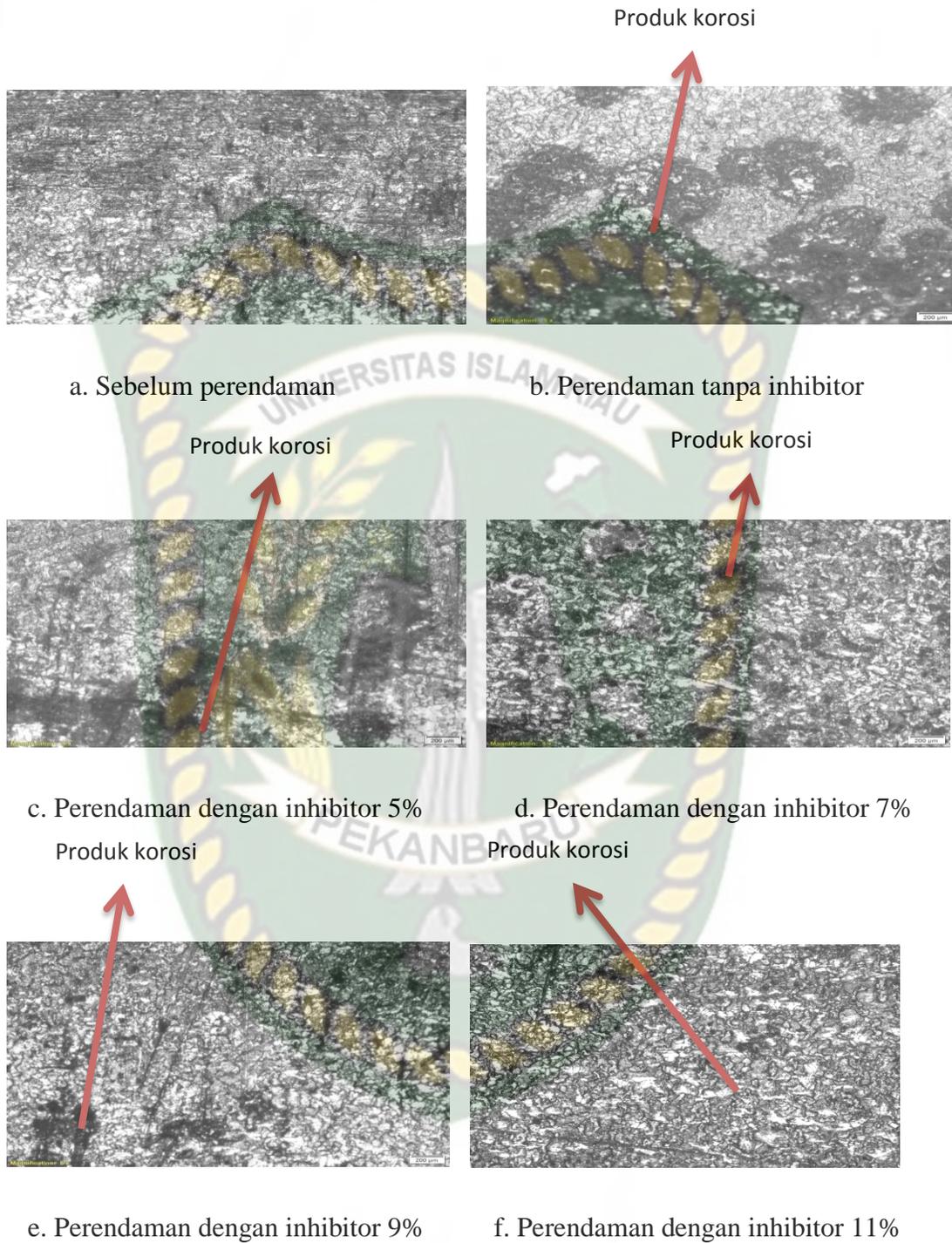
Produk korosi



e. Perendaman dengan inhibitor 9%

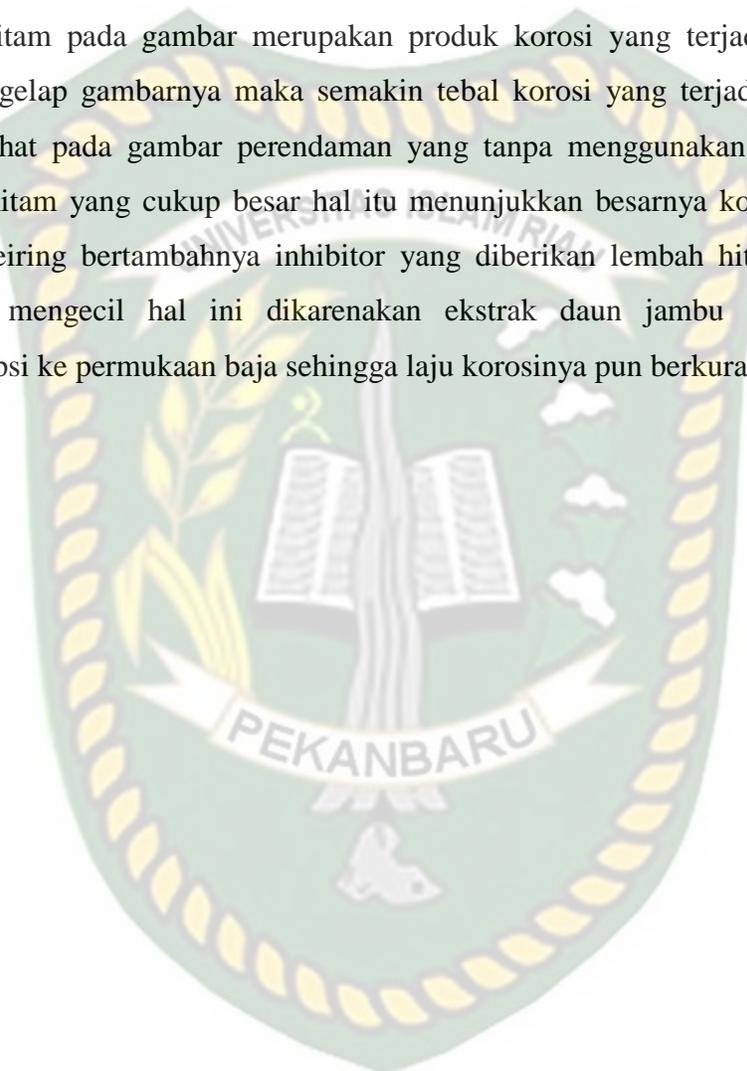
f. Perendaman dengan inhibitor 11%

➤ Perendaman dengan menggunakan pompa



Gambar 4.7 Hasil Pengujian Metalografi Perendaman Spesimen Tanpa Menggunakan Pompa Dan Dengan Menggunakan Pompa

Berdasarkan gambar 4.7 terlihat adanya perbedaan antara spesimen yang tidak terendam di air gambut dan dengan spesimen yang direndam dengan air gambut, terlihat spesimen yang terendam di air gambut banyak terjadi korosi. Tetapi spesimen yang terendam di air gambut dan dengan ditambahkan inhibitor ekstrak daun jambu biji terlihat korosinya semakin berkurang seiring bertambahnya jumlah inhibitor. Warna hitam pada gambar merupakan produk korosi yang terjadi pada spesimen semakin gelap gambarnya maka semakin tebal korosi yang terjadi pada spesimen. Dan terlihat pada gambar perendaman yang tanpa menggunakan inhibitor terlihat lembah hitam yang cukup besar hal itu menunjukkan besarnya korosi yang terjadi, namun seiring bertambahnya inhibitor yang diberikan lembah hitam pada gambar semakin mengecil hal ini dikarenakan ekstrak daun jambu biji bekerja dan terarbsorpsi ke permukaan baja sehingga laju korosinya pun berkurang.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian korosi pada pipa jenis galvanis maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Air gambut menyebabkan terjadinya korosi pada pipa galvanis dengan laju korosi sebesar 0,030 mm/y pada perendaman tanpa pompa dan 0,037 mm/y pada perendaman menggunakan pompa. Pada perendaman menggunakan pompa laju korosinya lebih besar hal ini dikarenakan fluida yang bergerak dapat mempercepat proses korosi.
2. Penambahan inhibitor ekstrak daun jambu biji dapat menurunkan laju korosi dari 0,030 mm/y menjadi 0,017 mm/y pada perendaman tanpa pompa, dan pada perendaman menggunakan pompa laju korosinya menurun dari 0,037 mm/y menjadi 0,019 mm/y karena ekstrak daun jambu biji dapat bereaksi dan membentuk lapisan tipis pada permukaan logam yang berfungsi menghambat serangan korosi pada logam.

Pada perendaman tanpa menggunakan pompa nilai efisiensi tertinggi didapat pada konsentrasi inhibitor 9% yaitu nilai efisiensinya sebesar 43%, dan pada perendaman dengan menggunakan pompa nilai efisiensi tertingginya didapat pada konsentrasi inhibitor 11% yaitu nilai efisiensinya sebesar 48,6%. Pada perendaman tanpa pompa dengan konsentrasi inhibitor 11% efisiensi inhibitor kembali turun karena pada konsentrasi inhibitor 9% merupakan konsentrasi optimum sehingga pada konsentrasi 11% tidak lagi meningkatkan efisiensi dari inhibitor sehingga efisiensi inhibitor cenderung konstan bahkan turun.

5.2 Saran

Untuk perkembangan penelitian lebih lanjut, penulis mengharapkan dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pemanfaatan daun jambu biji sebagai inhibitor korosi, seperti berikut:

1. Menambahkan variabel lain seperti temperatur untuk mengetahui kemampuan ekstrak daun jambu biji sebagai inhibitor korosi pada temperatur yang bervariasi.
2. Melakukan pengujian laju korosi dengan menggunakan inhibitor organik yang lain seperti menggunakan ekstrak enceng gondok untuk membandingkan antara kedua inhibitor ini.



DAFTAR PUSTAKA

- ACI 201. (2008). *201.2R-08 Guide to Durable Concrete. Concrete.*
- Amalia, Indah. 2016. *Pengaruh Variasi Konsentrasi Ekstrak Daun Jambu Biji (Psidium Guajava) Dan Daun Cengkeh (Syzigium aromaticum) Sebagai Inhibitor Organik Pada API 5L GRADE B Dilingkungan NaCl 3,5% pH4.* Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Ali, Farida. 2014. *pengaruh Waktu Perendaman Dan Konsentrasi Ekstrak Daun Jambu Biji (Psidium Guajava, linn) Sebagai Inhibitor Terhadap Laju Korosi Baja SS 304 Dalam Larutan Garam Dan Asam.* Universitas Sriwijaya. Palembang.
- Fachrudin, T.D., "Laju Korosi Pipa Galvanis (Inlet Desalinasi) Pada Sea Cest Kapal Terhadap Waktu Dan Salinitas Air Laut", *JTM*, 05(03), 2017.
- Gunaatmaja, Andhi. 2011. *Pengaruh Waktu Perendaman Terhadap Laju Korosi Pada Baja Karbon rendah Dengan Penambahan Ekstrak Ubi Ungu Sebagai Inhibitor Organik Dilingkungan NaCl 3,5%.* Universitas Indonesia. Depok.
- Mardina, Dian. 2018. *Efektifitas Ekstrak Daun jambu Biji (Psidium Guajava L) Sebagai Inibitor Pada Baja Karbon St37 Dalam Medium Korosif NaCl 3%.* Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Marina Erna, Emridi, Admin Alif, Syukri Alif, "Efektifitas Kitosan Sebagai Inhibitor Korosi Baja Lunak Pada Air Gambut", *Jurnal Natur Indonesia*, 13(12), Februari 2011.
- Nasailul, Munawaroh C, "Inhibis Korosi Pada Baja Lunak Dalam Media Air Gambut Dengan Metode Elektroplating", *Jurnal ELKHA*, 10(2), Oktober 2018.
- Natria, Andita. 2012. *Ekstrak Daun Jambu Biji Sebagai Inhibitor Korosi Baja SS 304 Dalam Asam Sulfat.* Universitas Brawijaya. Malang.
- Roberge, Pierre R. 1999. *Handbook of Corrosion Enginerring.* USA: Mc Graw-Hill.

Said, Widayat. "Pengolahan Air Gambut Secara Kontinyu", *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 2(3), September 2001.

Tambun R, Harry P.L, Nababan P, Nimrod S. "Kemampuan Daun Jambu Biji Sebagai Inhibitor Korosi Besi Pada Medium Asam Klorida". *Jurnal Kimia Kemasan*, 37(2), Oktober 2015.

Tretheway, K.R., Chamberlian,J., Korosi Untuk Mahasiswa Sains Dan Rekayasa, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1991.

Wahyuni, Tian. " Pemanfaatan Tanin Ekstrak daun jambu Biji Terhadap Laju Korosi Besi Dalam Larutan NaCl 3%", *Jurnal Konversi*, 3(1), April 2014.

Yanuar, Fuad.2016. *Analisa Laju Korosi Pada Baja Galvanis Menggunakan Metode ASTM G31-72 Pada Media Air Nira (kelapa)*. Universitas Negri Surabaya. Surabaya.

