

Skripsi

**EKSTRAKSI SENYAWA TANIN DARI BIJI ALPUKAT (*Persea americana*)
DAN APLIKASINYA SEBAGAI INHIBITOR KOROSI PADA BAJA ST 37**

KHAIRUNNISA ALI

H031 18 1313



**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

**EKSTRAKSI SENYAWA TANIN DARI BIJI ALPUKAT (*Persea americana*)
DAN APLIKASINYA SEBAGAI INHIBITOR KOROSI PADA BAJA ST 37**

*Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar sarjana sains*

Oleh:

KHAIRUNNISA ALI

H031 18 1313



MAKASSAR

2022

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

EKSTRAKSI SENYAWA TANIN DARI BIJI ALPUKAT (*Persea Americana*) DAN APLIKASINYA SEBAGAI INHIBITOR KOROSI PADA BAJA ST 37

Disusun dan diajukan oleh

KHAIRUNNISA ALI

H031 18 1313

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Sidang Sarjana Program Studi
Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

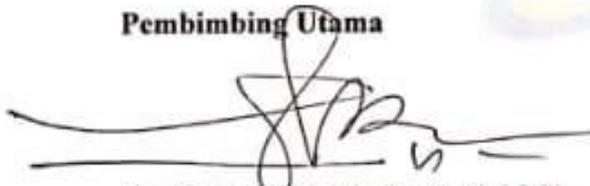
Universitas Hasanuddin

Pada 01 Desember 2022

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Dr. Svahruddin Kasim, S.Si, M.Si.
NIP. 19690705 199703 1 001

Pembimbing Pertama



Dr. St. Fauziah, M.Si
NIP. 19720202199903 2 002

Ketua Program Studi



Dr. St. Fauziah, M.Si.
NIP. 19720202199903 2 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Khairunnisa Ali
NIM : H031181313
Program Studi : Kimia
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa Skripsi dengan judul "Ekstraksi Senyawa Tanin dari Biji Alpukat (*Persea Americana*) dan Aplikasinya Sebagai Inhibitor Korosi Pada Baja ST 37" adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 25 November 2022

Yang Menyatakan,



Khairunnisa Ali

LEMBAR PERSEMBAHAN

“Man Jadda Wajada”

~Barang Siapa yang Bersungguh-sungguh, Maka Dia Akan Berhasil~

“Tuhan tidak menuntut kita untuk sukses. Tuhan hanya menyuruh kita berjuang tanpa henti, karena semua ada waktunya”-(Khairunnisa Ali)

PRAKATA

Alhamdulillahirobbil ‘alamin, puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah *Subhanahu wa ta’ala* yang telah memberikan nikmat rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad *Shallallahu ‘alaihi wa sallam* yang telah membawa kita merasakan nikmat iman dan islam. Tugas akhir yang berjudul **“Ekstraksi Senyawa Tanin dari Biji Alpukat (*Persea americana*) dan Aplikasinya Sebagai Inhibitor Korosi Pada Baja ST 37”** ini disusun sebagai salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar sarjana sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Departemen Kimia Universitas Hasanuddin.

Penyusunan skripsi ini tidak akan terselesaikan tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu disamping rasa syukur yang tak terhingga atas nikmat pemberian Allah *Subhanahu wa ta’ala*, ucapan terimakasih yang sangat tulus penulis haturkan kepada Orangtua tercinta, Ayahanda **Alm. H. M. Ali** dan Ibunda **HJ. Heni, S.Pd**, Kakak **Khairullah Ali, Sitti Hajar Ali** dan **Kudratullah Ali**, atas segala doa, dukungan moriil, materil, cinta, kasih sayang yang tulus yang senantiasa diberikan kepada penulis. Selain itu untuk semua keluarga besar yang selalu memberikan dukungan dan dorongan serta motivasi kepada penulis diucapkan sangat terima kasih. Penulis ucapkan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Bapak **Dr. Syahrudin Kasim, S.Si, M.Si** selaku pembimbing utama dan ibu **Dr. St. Fauziah, M.Si**, selaku pembimbing pertama yang telah memberikan

banyak ilmu, mengarahkan, dan memberi solusi dari awal penelitian hingga tahap selesainya skripsi ini.

2. Ibu **Dr. Herlina Rasyid, S.Si** dan ibu **Dr. Nur Umriani Permatasari, M.Si**, selaku tim penguji yang telah memberi banyak saran dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Seluruh dosen di lingkungan Fakultas MIPA, terkhusus **Dosen Departemen Kimia**, yang telah banyak memberikan ilmu, pengalaman, serta masukan selama masa studi.
4. Seluruh staf pegawai Fakultas MIPA Unhas maupun Departemen Kimia FMIPA Unhas, yang memberikan bantuan dan kerjasamanya.
5. Seluruh analis laboratorium yang senantiasa membantu penulis dalam memenuhi kelengkapan selama proses penelitian.
6. **Hirawati, Fatriani, Fitriani** yang selalu mendukung, memberikan semangat dan mendoakan kelancaran kepada penulis dalam menyelesaikan masa studi. Serta teman-teman para **Pejuang S.Si (Arwani Saputri Salam, Risna Jupri, Riska Malinda, ST Marhama Nursavana, ST Namira Ananda, Nur Fatin Rafidah, Muhammad Jusliandi)** yang telah memberikan banyak bantuan kepada penulis dari awal penulisan proposal hingga pada tahap penyusunan skripsi.
7. Rekan peneliti **Ratni Ananda** dan **Nur Fadlia** atas kerja sama, dukungan dan semangat sehingga penelitian ini terselesaikan.
8. Teman-teman **Kimia 2018** yang selalu memberikan dukungan kepada penulis.
9. Serta ucapan terima kasih kepada pihak-pihak lain yang telah memberikan bantuan secara langsung ataupun tidak langsung, yang tidak sempat kami

sebutkan satu per satu disini atas segala kebaikan yang telah diberikan oleh berbagai pihak, penulis mengucapkan banyak terima kasih. Semoga Tuhan membalasnya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan dan ketidaksempurnaan, maka dari itu kritik dan saran yang membangun sangat diperlukan. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang berkepentingan.

Makassar, 1 September 2022

Penulis

ABSTRAK

Kandungan senyawa tanin dalam ekstrak biji alpukat (*Persea americana*) dapat digunakan sebagai inhibitor korosi untuk menurunkan laju korosi pada baja ST 37. Pengujian laju korosi ditentukan dengan menggunakan metode kehilangan berat (*weigh loss*) dengan waktu perendaman 2, 4, 6 dan 8 hari serta suhu perendaman 20°C, 30°C dan 40°C pada konsentrasi 5%, 10%, 20%, 30% dan kontrol (RH). Hasilnya menunjukkan laju korosi menurun dengan meningkatnya konsentrasi dari ekstrak biji alpukat dan meningkat dengan naiknya suhu dan lama waktu perendaman. Efisiensi terbesar baik dalam media air laut maupun dalam media CH₃COOH 25% masing-masing sebesar 85,32% dan 71,39% yang mengandung 30% ekstrak biji alpukat dengan waktu perendaman selama 8 hari, sedangkan untuk variasi suhu, efisiensi terbesar baik dalam media air laut maupun dalam media CH₃COOH 25% masing-masing adalah 82,08% dan 73,34% pada suhu 20°C dengan waktu perendaman 8 hari. Analisis SEM-EDX menunjukkan morfologi permukaan yang berbeda, antara baja tanpa perlakuan dengan baja tanpa inhibitor, baja dengan kontrol (RH) dan baja dengan inhibitor, dimana korosi yang terbentuk merupakan jenis korosi sumur dan korosi merata.

Kata Kunci: Ekstrak Biji Alpukat, Inhibitor Korosi, Baja ST 37

ABSTRACT

The content of tannin compounds in avocado seed extract (*Persea americana*) can be used as a corrosion inhibitor to reduce the corrosion rate on ST 37 steel. Corrosion rate testing is determined using the weight loss method with immersion times of 2, 4, 6 and 8 days and immersion temperatures of 20°C, 30°C and 40°C at concentrations of 5%, 10%, 20%, 30% and control (RH). The results showed that the corrosion rate decreased with increasing concentration of avocado seed extract and increased with increasing temperature and soaking time. The highest efficiency in both seawater and 25% CH₃COOH media were 85.32% and 71.39%, respectively, which contained 30% avocado seed extract with an immersion time of 8 days, while for temperature variations, the greatest efficiency was both in medium seawater and in 25% CH₃COOH media were 82.08% and 73.34%, respectively, at a temperature of 20°C with an immersion time of 8 days. SEM-EDX analysis showed different surface morphology, between untreated steel and steel without inhibitor, steel with control (RH) and steel with inhibitor, where the corrosion formed was a type of well corrosion and uniform corrosion.

Keywords: Avocado Seed Extract, Corrosion Inhibitor, ST 37 Steel

DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA.....	vi
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	5
1.3.1 Maksud Penelitian.....	5
1.3.2 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Tanin.....	6
2.2 Biji Alpukat (<i>Persea americana</i>).....	9
2.3 Korosi.....	11
2.3.1 Jenis-Jenis Korosi.....	12
2.3.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Korosi.....	17
2.3.4 Metode Pencegahan Korosi.....	19
2.4 Inhibitor Korosi.....	20

2.5 Baja	22
2.5.1 Baja Karbon	22
2.5.2 Baja ST 37.....	23
2.6 Instrumental.....	24
2.6.1 Fourier Transform Infrared (FTIR).....	24
2.6.2 Scanning Electron Mycroscopy (SEM)	26
BAB III METODE PENELITIAN.....	28
3.1 Bahan Penelitian	28
3.2 Alat Penelitian	28
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian.....	28
3.4 Prosedur Penelitian	29
3.4.1 Preparasi Biji Alpukat	29
3.4.2 Ekstraksi Biji Alpukat	29
3.4.3 Preparasi Baja Karbon	29
3.4.4 Pengujian Fitokimia Senyawa Tanin pada Ekstrak Pekat...	29
3.4.5 Pembuatan Media Korosif CH ₃ COOH 25%	30
3.4.6 Pembuatan Larutan Inhibitor dengan Variasi Konsentrasi 0%, 5%, 10%, 20%, 30%	30
3.4.7 Prosedur Uji Rendamen Tanpa Inhibitor... ..	30
3.4.8 Uji Rendam Inhibitor Ekstrak Biji Alpukat	31
3.4.8.1 Pengaruh Waktu Kontak terhadap Inhibisi Baja ST 37.....	31
3.4.8.2 Pengaruh Suhu terhadap Inhibisi Baja ST 37	31
BAB IV PEMBAHASAN.....	33
4.1 Preparasi Sampel	33
4.2 Ekstraksi Biji Alpukat	33
4.3 Hasil Uji Fitokimia Senyawa Tanin dari Ekstrak Biji Alpukat	35
4.3.1 Hasil Pengujian Fitokimia dengan FeCl ₃ 1%.....	35

4.3.2 Hasil Pengujian Fitokimia dengan Gelatin	36
4.4 Hasil Uji <i>Fourier Transfor Infra Red</i> (FTIR)	37
4.5 Hasil Uji Laju Korosi	39
4.5.1 Laju Korosi dengan Variasi Waktu	39
4.5.2 Laju Korosi dengan Variasi Suhu.....	42
4.6 Efisiensi Inhibisi.....	44
4.6.1 Efisiensi Inhibisi dengan Variasi Waktu	44
4.6.2 Efisiensi Inhibisi dengan Variasi Suhu.....	47
4.7 Analisis Morfologi Permukaan Makro dan Mikro Baja Karbon ST 37.....	49
4.7.1 Analisis Morfologi Permukaan Makro Baja Karbon ST 37	49
4.7.2 Analisis Morfologi Permukaan Mikro Baja Karbon ST 37.	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	56
5.1 Kesimpulan.....	56
5.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN.....	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur Molekul Tanin.....	7
2. Senyawa Kompleks Tanin dengan Fe^{3+}	8
3. Tanaman dan Buah Alpukat.....	9
4. Korosi Seragam.....	13
5. Korosi Galvanis.....	13
6. Korosi Sumur.....	14
7. Korosi Erosi.....	14
8. Korosi Regangan.....	15
9. Korosi Celah.....	15
10. Korosi Lelah.....	15
11. Korosi Kavitasi.....	16
12. Prinsip Kerja FTIR.....	25
13. Blok Diagram SEM.....	26
14. Sampel Serbuk Biji Alpukat.....	33
15. Ekstrak Biji Alpukat.....	34
16. Uji Fitokimia Senyawa Tanin dengan $FeCl_3$ (A) Ekstrak Biji Alpukat Sebelum Pengujian (B) Ekstrak Biji Alpukat setelah Pengujian.....	35
17. Reaksi Antara $FeCl_3$ dan Senyawa Tanin.....	36
18. Uji Fitokimia Senyawa Tanin dengan Gelatin (A) Ekstrak Biji Alpukat Sebelum Pengujian (B) Ekstrak Biji Alpukat setelah Pengujian.....	36
19. Reaksi Tanin dengan Gelatin.....	37
20. Spektrum FTIR Ekstrak Biji Alpukat.....	38

21. Grafik Laju Reaksi Korosi Variasi Waktu dalam Media Air Laut	40
22. Grafik Laju Reaksi Korosi Variasi Waktu dalam Media Asam Asetat	41
23. Grafik Laju Reaksi Korosi Terhadap Variasi Suhu dalam Media Asam Asetat (A.A) Dan Media Air Laut (A.L)	43
24. Grafik Efisiensi Inhibisi dengan Variasi Waktu dalam Media Air Laut .	45
25. Grafik Efisiensi Inhibisi dengan Variasi Waktu dalam Media CH_3COOH 25%	46
26. Grafik Efisiensi Inhibisi dengan Variasi Suhu dalam Media Air Laut Dan Media CH_3COOH 25%	47
27. Perbedaan Korosi dalam Media Air Laut dengan Variasi Waktu (A) Baja Tanpa Perlakuan (B) Baja Tanpa Inhibitor (C) Baja dengan Kontrol (RH)	49
28. Perbedaan Korosi dalam Media CH_3COOH 25% dengan Variasi Waktu (A) Baja Tanpa Inhibitor (B) Baja dengan Kontrol (RH)	49
29. Perbedaan Korosi dalam Media Air Laut dengan Variasi Suhu (A) Baja Tanpa Inhibitor (B) Baja dengan Kontrol (RH).....	50
30. Perbedaan Korosi dalam Media CH_3COOH 25% dengan Suhu (A) Baja Tanpa Inhibitor (B) Baja dengan Kontrol (RH).....	51
31. Perbedaan Baja setelah Perendaman dengan Inhibitor pada Variasi Waktu (A) dalam Media Air Laut (B) dalam Media CH_3COOH 25%	51
32. Perbedaan Baja setelah Perendaman dengan Inhibitor pada Variasi Suhu (A) dalam Media Air Laut (B) dalam Media CH_3COOH 25% ..	51
33. Hasil Uji SEM Perbesaran 500X pada Baja Asli Tanpa Perendaman (A) Baja Tanpa Inhibitor (B) Baja dengan Inhibitor Konsentrasi 30% (C) dalam Media Air Laut.....	53

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komposisi Kimia Baja ST 37	24
2. Hasil Serapan Infra Merah Tanin dan Ekstrak Biji Alpukat.....	38
3. Hasil Analisis Kandungan Unsur pada Baja Karbon Menggunakan Edx	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Diagram Alir.....	64
2. Bagan Kerja.....	65
3. Hasil Data Tabel Penelitian	69
4. Perhitungan Pembuatan Larutan	74
5. Perhitungan Data Penelitian	76
6. Data Hasil Analisis Penelitian	82
7. Dokumentasi Penelitian.....	88

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Singkatan	Arti
EDS	<i>Energy Dispersive Spectroscopy</i>
FTIR	<i>Fourier Transform Infrared</i>
IBA	Inhibitor Biji Alpukat
<i>mpy</i>	<i>mils per year</i>
RH	Resin dan <i>Hardener</i>
SEM	<i>Scanning Electrone Microscop</i>
ST 37	<i>Stell 37</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri logam khususnya industri baja merupakan salah satu industri yang terus berkembang di Indonesia. Tidak dapat dipungkiri baja sebagai bahan material penggunaannya sangat luas seperti pada bidang konstruksi dan pembangunan. Namun, kendala utama yang sering dihadapi pada penggunaan baja sebagai bahan material adalah korosi (Afandi dkk., 2015). Jenis baja yang mudah mengalami korosi adalah baja karbon. Baja karbon merupakan logam paduan dimana besi sebagai unsur utamanya dan karbon sebagai unsur paduan utamanya, disamping itu baja karbon jugam mengandung beberapa unsur lainnya yang jumlahnya dibatasi (Kirono dan Amri, 2011).

Menurut Maulana (2016), baja karbon terdiri atas tiga jenis diataranya adalah baja karbon rendah, baja karbon medium dan baja karbon tinggi. Baja karbon rendah jika dibandingkan dengan baja karbon medium dan baja karbon tinggi pada bidang konstruksi, penggunaannya lebih banyak digunakan karena memiliki kemampuan untuk menahan beban tarik, contohnya adalah baja ST 37 (Ulum, 2018). Baja ST 37 merupakan singkatan dari *stell* (baja), sedangkan angka 37 menunjukkan batas kekuatan tarik sebesar 37 km/mm² (Insani, 2019). Penggunaan baja ST 37 baik dibidang industri maupun kehidupan sehari-hari sangat luas karena memiliki sifat yang mudah dibentuk dan harganya yang murah, namun baja ini sangat rentan terhadap korosi (Kirono dan Amri, 2011).

Korosi atau peristiwa pengkaratan secara umum terjadi dimana logam akan

mengalami oksidasi sedangkan oksigen mengalami reduksi. Korosi sendiri merupakan proses elektrokimia yaitu proses terjadinya perubahan reaksi kimia yang melibatkan adanya aliran listrik. Bagian tertentu dari logam berperan sebagai kutub negatif (anoda), sementara bagian yang lain sebagai kutub positif (katoda) dan elektron yang dihasilkan akan mengalir dari anoda ke katoda sehingga terjadi peristiwa korosi menghasilkan karat (Pattireuw dkk., 2013). Proses pembentukan karat terjadi karena adanya beberapa faktor seperti faktor suhu, temperatur, pH, gas terlarut dan bakteri pereduksi. Karat pada logam dapat menyebabkan terjadinya penurunan kualitas bahan (Siregar dkk., 2021). Penurunan kualitas bahan akibat proses korosi menjadi hal yang sangat serius yang perlu dipertimbangkan karena dapat menimbulkan kerugian yang besar seperti biaya penanganan yang dapat mencapai triliunan rupiah bahkan dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja (Budianto dkk., 2009). Ada beberapa cara yang dapat digunakan untuk mencegah terjadinya korosi dan meminimalisir kerugian akibat korosi, salah satunya dengan penggunaan inhibitor korosi (Kirono dan Amri, 2011).

Inhibitor korosi merupakan suatu zat yang digunakan untuk melapisi media baja yang bertujuan untuk memperlambat proses laju korosi (jalaluddin dkk., 2015). Penggunaan inhibitor korosi sangat banyak digunakan untuk menanggulangi peristiwa korosi karena proses pengaplikasian inhibitor yang sangat sederhana (Noviyanti dkk., 2016). Secara umum inhibitor korosi dalam memperlambat laju korosi akan membentuk lapisan yang akan mencegah terjadinya kontak antara baja dengan larutan korosif (Fardhyanti, 2004). Teknik penggunaan inhibitor korosi yang ramah lingkungan salah satunya dapat bersumber dari bahan yang alami termasuk ekstrak tumbuhan. Selain memerlukan biaya yang terbilang

murah, tidak beracun dan ketersediaan bahan baku yang melimpah, inhibitor korosi alami juga mampu terurai secara alami sehingga dapat meminimalisir terjadinya pencemaran lingkungan (Sari dkk., 2021). Inhibitor alami yang dapat digunakan salah satunya adalah senyawa tanin (Yanuar dkk., 2016).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Sanjaya dan Santoso (2019), tentang pengendalian laju korosi tembaga pada media korosi larutan NaCl dan HCl dengan menggunakan tanin daun jambu biji sebagai *green* inhibitor, dimana hasil penelitian menunjukkan bahwa pada hasil *crude* tanin 200 g/L memberikan efisiensi kerja inhibitor yang paling tinggi yaitu 96% dalam media korosi NaCl 30.000 ppm selama waktu perendaman 10 hari, sedangkan dalam media korosi HCl 0,4 M dengan konsentrasi tanin 200 g/L memberikan efisiensi kerja inhibitor sebesar 94% dengan waktu perendaman 10 hari.

Secara garis besar tanin merupakan senyawa organik nontoksik yang tergolong polifenol dimana dapat berfungsi sebagai zat anti korosi (Husna, 2020). Senyawa tanin dapat membentuk kompleks khelat dengan kation besi dan logam lainnya karena pada senyawa tanin terdapat gugus fungsi hidroksi yang melekat pada cincin aromatis, sehingga senyawa kompleks yang terbentuk dapat melindungi permukaan logam dari lingkungan yang bersifat korosif (Shima dkk., 2016). Tanin biasanya dapat diperoleh dari berbagai ekstrak tumbuh-tumbuhan, salah satunya berasal dari biji alpukat (Aziz, 2015).

Tanaman alpukat dapat tumbuh subur didaerah tropis sehingga mudah dijumpai di seluruh wilayah Indonesia (Malangngi dkk., 2012). Berdasarkan data BPS (2020), jumlah hasil produksi alpukat mencapai kurang lebih 609.049 ton pada tahun 2020. Pemanfaatan biji alpukat masih sangat kurang, kebanyakan hanya pada daging buahnya saja. Seiring perkembangan zaman, buah alpukat semakin banyak

dimodifikasi menjadi berbagai macam olahan misalnya jus dan kue mulai dari tradisional hingga modern yang ramai dijual dipasaran, namun, biji alpukat hasil olahan hanya dibuang dan menjadi limbah (Malangngi dkk., 2012). Padahal jika dilihat berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Malangngi dkk. (2012), mengenai kandungan total tanin pada biji alpukat segar dan biji alpukat kering dan didapatkan kandungan tanin yang cukup tinggi pada ekstrak kering yaitu sebesar 117 mg/kg karena kadar air yang terdapat dalam biji alpukat kering lebih sedikit dibanding biji alpukat segar. Penelitian serupa juga dilakukan oleh Nissa (2015), tentang ekstraksi senyawa tanin pada biji alpukat sebagai inhibitor korosi pada Baja ST 37 dalam medium asam klorida, adapun hasil yang diperoleh yaitu nilai efisiensi terbesar senilai 84,01% dalam larutan HCl 1 N yang mengandung 0,5% ekstrak biji alpukat pada suhu 30°C.

Berdasarkan uraian diatas, maka dilakukan penelitian ini dengan memanfaatkan ekstrak biji alpukat yang ramah lingkungan sebagai inhibitor korosi pada baja ST 37 yang rentan terhadap peristiwa korosi. Media korosif yang digunakan adalah air laut dan asam asetat dengan variasi waktu dan suhu perendaman yang berbeda-beda serta menggunakan konsentrasi inhibitor optimum,

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah penelitian ini yaitu :

1. bagaimana pengaruh penambahan inhibitor ekstrak biji alpukat terhadap laju korosi dan efisiensi inhibisi?
2. bagaimana pengaruh waktu dan suhu perendaman terhadap laju korosi dan efisiensi inhibisi?
3. bagaimana struktur makro dan mikro baja ST 37 dalam medium air laut dan asam asetat?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1 Maksud Penelitian

Maksud dan tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi terhadap ekstrak biji alpukat sebagai inhibitor korosi pada baja ST 37 dengan memeberikan perlakuan kimia pada biji alpukat dengan menggunakan metode maserasi dan kehilangan berat.

1.3.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penenlitian ini adalah sebagai berikut:

1. menganalisis pengaruh penambahan ekstrak biji alpukat terhadap laju korosi dan efisiensi inhibisi
2. menentukan pengaruh waktu dan suhu terhadap laju korosi dan efisiensi inhibisi.
3. mengkarakterisasi struktur makro dan mikro baja ST 37 dalam medium air laut dan asam asetat.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada mahasiswa, masyarakat serta instansi-instansi mengenai pemanfaatan ekstrak biji alpukat sebagai inhibitor korosi yang alami, murah dan ramah lingkungan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

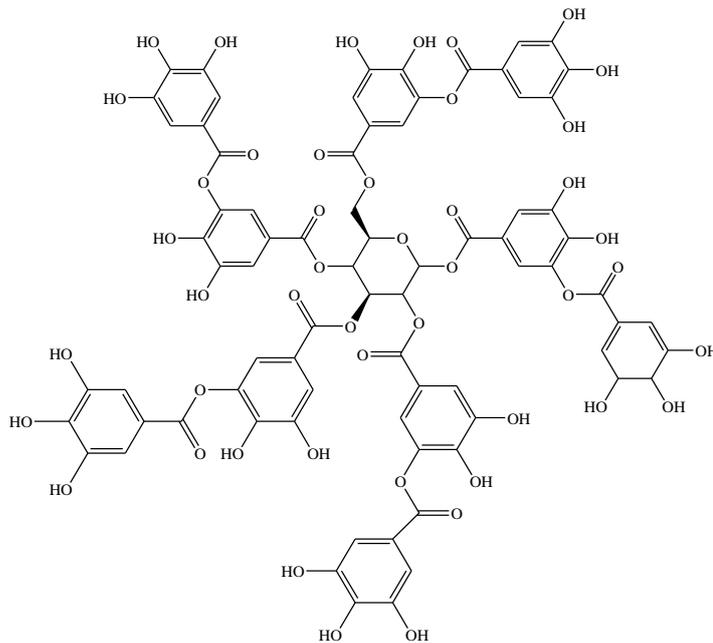
2.1 Tanin

Tanin dapat ditemukan pada hampir semua jenis tumbuhan hijau mulai dari tumbuhan tingkat tinggi hingga tumbuhan tingkat rendah tentunya dengan kadar dan kualitas yang berbeda (Satriadi, 2011). Istilah tanin pertama kali diaplikasikan pada tahun 1796 oleh Seguil dimana tanin memberikan warna kebiru-biruan dengan persenyawaan garam-garam besi (Jalaluddin dkk., 2015). Tanin memiliki sifat tidak beracun, ramah lingkungan, dapat larut dalam air atau alkohol karena tanin banyak mengandung fenol yang memiliki gugus OH, dapat mengikat logam berat serta adanya zat anti rayap dan jamur (Satriadi, 2011).

Secara umum tanin didefinisikan sebagai senyawa polifenol kompleks yang terdiri dari atom C, H, O dan sering membentuk molekul besar dengan berat molekul lebih besar dari 2000 (Satriadi, 2011). Tanin merupakan senyawa makromolekul polifenon yang dapat membentuk kompleks dengan ion-ion logam (Jalaluddin dkk., 2015). Tanin berasal dari kelompok derivat fenol heterogen yang dihasilkan dari metabolit sekunder. Tanin dapat dijumpai pada berbagai organ tumbuhan seperti daun, periderm, jaringan pembuluh, buah yang masih muda dan kulit biji. Selain itu, tanin juga terdapat dalam vakuola sel atau dalam bentuk tetes-tetes kecil pada sitoplasma yang kemudian melebur (Hasanuddin dkk., 2017).

Senyawa tanin terbagi menjadi dua jenis yaitu tanin terkondensasi dan tanin terhidrolisis. Tanin terkondensasi merupakan tanin yang tidak dapat dihidrolisis, tetapi dapat terkondensasi menghasilkan asam klorida. Tanin terkondensasi terdiri dari beberapa unit flavonoid yang dihubungkan oleh ikatan-ikatan karbon. Jenis

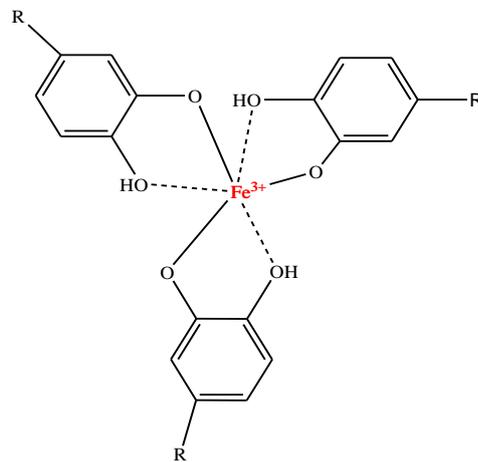
tanin ini kebanyakan terdiri dari polimer flavonoid yang merupakan senyawa fenol (Lisan, 2015). Berbeda dengan tanin terhidrolisis yang merupakan senyawa ester dari gula sederhana dengan satu atau lebih polifenol asam karboksilat, mudah terhidrolisis dengan asam, basa atau enzim. Senyawa ini dapat terpecah menjadi asam galat jika dilarutkan dalam air (Soenardjo dan Endang, 2017).



Gambar 1. Struktur senyawa tanin (Ahmad, 2014)

Struktur senyawa tanin dapat dilihat pada Gambar 1 dimana senyawa tanin merupakan golongan senyawa polifenol yang mirip dengan golongan senyawa flavonoid karena memiliki 2 cincin aromatik yang diikat oleh 3 atom karbon (Hidjrawan, 2018). Senyawa aromatik polifenol pada tanin memiliki rasa sepat dan memiliki kemampuan menyamak kulit, memiliki bentuk amorf, memiliki massa yang ringan serta dapat mengendapkan alkaloida dan glikosida dari larutan (Jalaluddin dkk., 2015). Senyawa tanin pada bidang industri dapat diaplikasikan sebagai bahan pembuatan tinta, antioksidan, zat aditif makanan, obat-obatan dan sebagai inhibitor korosi (Mulyati, 2019).

Berdasarkan dari beberapa penelitian sebelumnya, senyawa tanin memiliki efisiensi yang baik sebagai inhibitor korosi untuk menurunkan laju korosi pada logam (Mulyati, 2019). Senyawa tanin sebagai inhibitor korosi membentuk senyawa kompleks dengan Fe(III) pada permukaan logam, senyawa kompleks tersebut akan menghalangi serangan ion-ion korosif pada permukaan logam yang terdapat dalam bentuk ion-ion klorida sehingga logam akan mengalami penurunan laju korosi (Purnomo, 2015). Senyawa kompleks tanin dengan Fe^{3+} dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Senyawa kompleks tanin dengan Fe^{3+} (Xu dkk., 2019).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Sanjaya dan Santoso (2019), tentang pengendalian laju korosi tembaga pada media korosi larutan NaCl dan HCl dengan menggunakan tanin daun jambu biji sebagai *green* inhibitor, dimana hasil penelitian menunjukkan bahwa pada hasil *crude* tanin 200 g/L memberikan efisiensi kerja inhibitor yang paling tinggi yaitu 96% dalam media korosi NaCl 30.000 ppm selama waktu perendaman 10 hari, sedangkan dalam media korosi HCl 0,4 M dengan konsentrasi tanin 200 g/L memberikan efisiensi kerja inhibitor sebesar 94% dengan waktu perendaman

10 hari. Penelitian serupa juga dilakukan oleh Prasetnya (2015), tentang Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Ekstrak daun teh terhadap laju korosi baja AISI E2512, dimana hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa nilai laju korosi terendah sebesar 1,8175 mg/dm²day pada konsentrasi 10% pada waktu perendaman 30 hari dengan efisiensi inhibisi mencapai 80,09%.

2.2 Biji Alpukat (*Persea americana*)

Tanaman alpukat dapat tumbuh subur didaerah tropis seperti Indonesia (Mallangngi dkk., 2012). Tanaman Alpukat memiliki pohon yang kecil dan tinggi pohon pada umumnya berkisar antara 3-10 m. Batangnya berkayu bulat dan bercabang banyak. Pohon alpukat berwarna coklat kotor, berakar tunggang dan berdaun rimbun (Nuraini, 2011). Alpukat memiliki daun tunggal yang tumbuh berdesakan diujung ranting. Bentuk daun jorong sampai bundar telur memanjang. Bagian pangkal dan ujung daun berbentuk runcing, bertulang menyirip, bentuk tepi daun ada yang menyirip dan sebagian bergelombang, panjang daun sekitar 12-25 cm, daun muda berwarna kemerahan dan daun tua berwarna hijau (Nasution, 2020).



Gambar 3. Tanaman dan buah alpukat (Andi, 2013)

Berdasarkan pada Gambar 3. alpukat termasuk dalam kelas *dicotyledoneae* karena memiliki biji berkeping dua. Biji alpukat pada umumnya berbentuk bulat

atau lonjong, sedangkan keping biji berwarna putih kemerahan. Buah alpukat yang masih muda, kulit bijinya akan menempel pada buah, namun apabila buahnya telah tua maka biji akan terlepas dengan sendirinya dari buah. Umumnya sifat inilah yang menjadi tanda kematangan buah (Nasution, 2020).

Klasifikasi tanaman alpukat menurut Nasution (2020) sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledoneae
Ordo	: Ranales
Famili	: Lauraceae
Genus	: <i>Persea</i>
Spesies	: <i>Persea americana</i> Mill

Biji alpukat dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang seperti pada bidang industri dan pengobatan (Nasution, 2020). Berdasarkan Hasil skrining fitokimia yang telah dilakukan oleh Zuhrotun (2007), terhadap simpilisia ekstrak biji alpukat menunjukkan bahwa biji alpukat mengandung polifenol, flavonoid, triterpenoid, kuinon, saponin, tanin, monoterpenoid dan seskuiterpenoid, beberapa golongan senyawa tersebut dapat dimanfaatkan contohnya pada senyawa tanin dimana senyawa tanin dalam dunia industri logam digunakan sebagai inhibitor organik (Purnomo, 2015).

Penelitian sebelumnya mengenai ekstraksi senyawa tanin pada biji alpukat sebagai inhibitor korosi pada Baja ST 37 dalam medium asam klorida yang telah dilakukan oleh Nissa (2015), adapun hasil yang diperoleh yaitu nilai efisiensi terbesar senilai 84,01% dalam larutan HCl 1 N yang mengandung 0,5% ekstrak biji

alpukat pada suhu 30°C. Biji alpukat memiliki kandungan total tanin yang cukup tinggi sebagai inhibitor korosi, berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Malangki dkk (2012), kandungan total tanin tertinggi sebesar 117 mg/kg pada ekstrak kering karena kadar air pada sampel kering jauh lebih sedikit.

2.3 Korosi

Lingkungan udara khususnya Negara tropis seperti Indonesia seringkali memicu terjadinya kerusakan logam yang disebabkan oleh proses korosi. Hal ini perlu mendapat perhatian yang lebih karena didunia industri kerusakan logam merupakan permasalahan yang sangat serius. Biaya penanganan akibat dampak proses korosi di Indonesia berkisar antara 2 hingga 3,5 %. Biaya penanganan tersebut merupakan semua biaya yang timbul untuk penanggulangan akibat korosi mulai dari desain hingga proses pemeliharannya (Christiyanto, 2017). Dampak kerusakan akibat korosi ada dua yaitu kerusakan langsung dan tidak langsung. Kerusakan langsung dapat berupa kerusakan pada peralatan, permesianan dan kerusakan struktur bangunan, sedangkan dampak tidak langsung yaitu terhentinya proses aktivitas produksi karena adanya pergantian peralatan yang rusak akibat korosi dan bahkan dapat menimbulkan kecelakaan kerja (Sulistyo, 2007).

Korosi merupakan penurunan mutu logam akibat adanya suatu reaksi antara logam dengan lingkungannya (pattireuw dkk., 2013). Logam yang mengalami penurunan mutu tidak hanya melibatkan reaksi kimia namun juga melibatkan reaksi elektrokimia (Yanuar dkk., 2016). Korosi terjadi secara alami dan tidak akan bisa berhenti selama logam tersebut masih berada pada lingkungan yang bersifat korosif. Proses ini akan merusak dengan mengikis

logam kemudian akan terjadi penurunan sifat-sifat mekanis yang dimiliki oleh logam tersebut (Septiari dkk., 2013).

Korosi terjadi melalui reaksi redoks dimana logam mengalami oksidasi sedangkan oksigen mengalami reduksi. Karat logam umumnya berupa oksida atau karbonat. Karat pada besi berupa zat yang berwarna coklat kemerah-merahan. Pada proses terjadinya korosi besi, bagian tertentu sebagai anode, dimana besi mengalami oksidasi. Elektron yang dibebaskan dalam oksidasi akan mengalir kebagian lain untuk mereduksi oksigen. Ion besi yang terbentuk pada anode akan teroksidasi membentuk Besi (III) yang kemudian membentuk senyawa oksida terhidrasi $Fe_2O_3 \cdot x H_2O$ (Purnomo, 2015). Laju korosi merupakan besaran dari pengikisan yang terjadi pada suatu logam yang dinyatakan dalam massa dibagi waktu, besarnya laju korosi sangat dipengaruhi reaksi-reaksi yang terjadi pada reaksi korosi. Kecepatan laju korosi dilingkungan dipengaruhi empat elemen antara lain:

1. adanya anoda tempat reaksi anodik terjadi.
2. adanya katoda tempat reaksi katodik terjadi.
3. adanya media untuk transfer elektron atau arus.
4. adanya lingkungan yang bersifat elektrolit.

2.3.1 Jenis-jenis Korosi

Menurut Utomo (2009), ada beberapa jenis korosi yaitu:

1. Korosi Seragam

Korosi seragam merupakan jenis korosi berupa reaksi kimia atau elektrokimia yang biasa terjadi pada permukaan logam secara merata. Permukaan logam pada jenis korosi ini akan terkikis secara merata sehingga ketebalan logam

berkurang. Jenis korosi ini biasanya terjadi pada peralatan-peralatan terbuka, misalnya permukaan luar pipa. Korosi jenis ini mudah untuk dideteksi, diprediksi laju korosinya dan mudah dikontrol. Contoh korosi seragam dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Korosi seragam pada pipa ballast (Utomo, 2009)

2. Korosi Galvanis

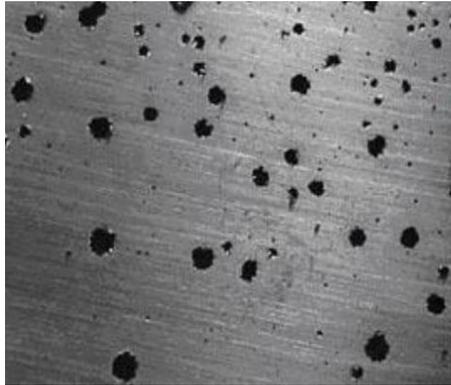
Korosi Galvanis merupakan korosi yang terjadi apabila dua macam logam yang memiliki energy potensial yang berbeda dihubungkan langsung dalam elektrolit yang sama. Elektron akan mengalir dari logam yang memiliki energy potensial yang lebih kecil (anodik) menuju logam yang memiliki energy potensial yang lebih tinggi (katodik). Logam yang menjadi anoda akan berubah menjadi ion-ion positif karena kehilangan elektron. Ion-ion positif anoda akan bereaksi dengan ion-ion negatif yang berada dalam elektrolit yang mengakibatkan korosi. Contoh korosi galvanis dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Korosi galvanis (Utomo, 2009)

3. Korosi Sumur

Korosi Sumur merupakan pengkaratan yang terpusat pada satu titik dengan kedalaman tertentu. Korosi sumur berbentuk lubang-lubang kecil pada permukaan dan sulit terdeteksi. Korosi jenis ini sangat berbahaya karena lubang-lubang kecil tersebut dapat mengakibatkan timbulnya tegangan yang dapat berakibat pada kegagalan pipa (Utomo 2009). Contoh korosi sumur dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Korosi sumur (Utomo, 2009)

4. Korosi Erosi

Korosi erosi merupakan kerusakan pada permukaan logam yang disebabkan oleh aliran fluida yang sangat cepat sehingga merusak permukaan logam dan lapisan film pelindung. Logam yang telah terkena erosi akan mengalami keausan pada permukaan yang menimbulkan bagian-bagian yang tajam dan kasar. Contoh korosi erosi dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Korosi Erosi (Utomo, 2009)

5. Korosi Regangan

Korosi regangan terjadi karena adanya gaya-gaya seperti tarikan atau kompresi. Adanya kombinasi antara regangan tarik (tensile stress) dan lingkungan yang korosif akan mengakibatkan kerusakan material berupa retakan yang disebut retak karat. Contoh korosi regangan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Korosi Regangan (Utomo, 2009)

6. *Crevice Corrosion* (Korosi Celah)

Korosi Celah Merupakan korosi yang terjadi pada logam yang berdempetan dengan logam lain diantaranya terdapat celah yang dapat menahan kotoran dan air sehingga konsentrasi O_2 lebih tinggi pada bagian luar dibandingkan pada bagian dalam yang mengakibatkan pada bagian dalam lebih anodik dibandingkan bagian luar. Contoh korosi celah dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Korosi celah (Utomo, 2009)

7. Korosi Lelah

Logam yang menerima beban yang terkonsentrasi secara berulang-ulang

dalam waktu tertentu akan mengalami patah, hal ini terjadi karena kelelahan logam. Kelelahan dapat dipercepat dengan adanya serangan korosi. Kombinasi antara kelelahan dan korosi yang mengakibatkan kegagalan disebut korosi lelah. Contoh korosi lelah dapat dilihat dari Gambar 10.



Gambar 10. Korosi Lelah (Utomo, 2009)

8. Korosi kavitasi

Korosi kavitasi terjadi karena tingginya kecepatan cairan yang menciptakan daerah-daerah bertekanan tinggi dan rendah secara berulang-ulang pada permukaan peralatan maka terjadilah gelembung-gelembung uap air pada permukaan tersebut yang apabila pecah kembali menjadi cairan akan menimbulkan pukulan pada permukaan untuk memecahkan film oksida pelindung permukaan. Akibatnya bagian permukaan yang tidak terlindungi akan terserang korosi karena bagian tersebut menjadi anodik terhadap bagian yang terlindungi. Contoh korosi kavitasi dapat dilihat pada gambar 11.



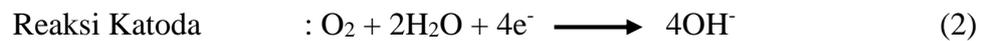
Gambar 11. Korosi kavitasi (Purnomo, 2015)

2.3.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Laju Korosi

Menurut Purnomo (2015), beberapa faktor-faktor yang mempengaruhi laju korosi sebagai berikut:

1. Faktor Kandungan Gas Terlarut

- a. Oksigen (O₂), adanya oksigen yang terlarut akan menyebabkan korosi pada metal seperti laju korosi pada *mild stell alloys* akan bertambah dengan meningkatnya kandungan oksigen. Reaksi korosi secara umum pada besi kerana adanya kelarutan oksigen sebagai berikut:



- b. Karbondioksida (CO₂), Jika karbondioksida dilarutkan dalam air maka akan terbentuk asam karbonat (H₂CO₃) yang dapat menurunkan pH air yang menyebabkan laju korosi meningkat. Biasanya bentuk korosinya berupa pitting yang secara umum reaksinya adalah:



2. Faktor Kandungan Padatan Terlarut

- a. Klorida (Cl⁻), klorida yang terkandung dalam larutan akan mempengaruhi proses korosi. Banyaknya kandungan klorida mengakibatkan naiknya konduktifitas larutan garam, dimana larutan garam yang lebih konduktif maka laju korosinya juga akan tinggi.
- b. Sulfat (SO₄²⁻), ion sulfat seperti ini biasanya terdapat dalam minyak. Ion sulfat juga terdapat dalam air dengan konsentrasi yang cukup tinggi dan dapat mengkontaminasi logam. Ion sulfat yang terkandung dalam air akan diubah menjadi sulfide yang korosif oleh bakteri SRB.

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

3. Faktor Temperatur

Kenaikan temperature pada system tertutup akan meningkatkan laju korosi, sedangkan pada system terbuka akan menurunkan kelarutan gas oksigen. Lingkungan yang bertemperatur tinggi akan menghasilkan laju korosi yang lebih tinggi dibandingkan dengan temperature rendah, karena pada temperature tinggi kinetika reaksi kimia akan meningkat.

4. Kelembaban

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

5. Komposisi Logam

Komposisi suatu logam menentukan energi potensial yang dimiliki logam tersebut, karena setiap unsur logam memiliki energi potensial yang berbeda. Logam yang memiliki energi potensial yang tinggi akan menjadi katoda, sedangkan logam yang memiliki energi potensial yang rendah akan menjadi anoda.

6. Struktur Metalurgi Logam

Suatu logam akan memiliki struktur metalurgi yang tidak seragam walaupun telah diproses melalui pengendalian mutu, misalnya dalam proses pengecoran logam. Pembekuan logam akan membentuk struktur kisi kristal yang tidak sempurna dalam susunannya. Struktur kisi kristal yang tidak sempurna akan

berpengaruh pada sifat-sifat korosi logam karena struktur kisi kristal yang berbedakan menyebabkan perbedaan energy potensial.

7. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman atau pH merupakan ukuran konsentrasi ion hidrogen yang menunjukkan keasaman atau kebasahan suatu zat. pH netral adalah 7 sedangkan pH dibawah 7 bersifat asam dan korosif, sedangkan untuk pH diatas 7 bersifat basa juga korsiif. Namun untuk besi, laju korosi rendah pada pH antara 7-14 dan laju korosi akan meningkat pada pH dibawah 7 dan pH diatas 14 (Jalaluddin, 2015).

2.3.3 Metode Pencegahan Korosi

Menurut Mulyati (2019), beberapa upaya pencegahan korosi antara lain:

1. Metode Pelapisan (*Coating*)

Coating atau bisa juga disebut metode pelapisan bias dilakukan dengan cat (*paint coating*), senyawa organik (*organic coating*) atau logam (*metallic coating*) metode ini sangat umum digunakan karena ekonomis dan efektif. Namun penggunaannya pada perlindungan korosi internal sangat terbatas karena untuk mendapatkan hasil pelapisan optimal material yang akan dilapisi harus diberikan perlakuan khusus.

2. Proteksi Katodik,

Proteksi katodik adalah metode pencegahan korosi pada logam dengan cara logam yang ingin dilindungi dijadikan lebih bersifat katodik. Apabila dilakukan dengan arus listrik dari power suplai, maka disebut arus tanding dan jika dihubungkan dengan logam lain disebut anoda korban. Proteksi katodik sangat efektif untuk melindungi korosi eksternal pada pipa saluran yang berada dibawah tanah atau dibawah air laut. Namun penggunaan metode ini dapat menimbulkan masalah baru yang harus dipertimbangkan seperti melepuhnya permukaan logam

(*blistering*), retak pada struktur, rusaknya lapisan cat dan apabila dilakukan pada aluminium maka dapat merusak lapisan pasif.

3. Proteksi anodik

Proteksi anodik merupakan metode perlindungan logam terhadap korosi dengan cara merubah potensial logam menjadi lebih positif sehingga berada didaerah pasif. Metode ini digunakan untuk melindungi korosi internal pada tangki atau *vessel*, namun hanya efektif jika logam dan lingkungan dapat membentuk lapisan pasif. Biaya instalasi, *maintenance* dan power yang cukup besar merupakan parameter yang harus dipertimbangkan ketika memilih metode ini.

4. Inhibitor

Inhinitor adalah senyawa kimia yang apabila ditambahkan kedalam lingkungan dalam jumlah sedikit dapat menghambat laju korosi. Penggunaan inhibitor hingga saat ini masih menjadi solusi terbaik untuk melindungi korosi internal pada logam. Inhibitor merupakan metode perlindungan yang fleksibel yaitu 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.

2.4 Inhibitor Korosi

Inhibitor korosi adalah zat kimia dimana ketika ditambahkan dalam konsentrasi yang kecil kesuatu lingkungan dapat memperkecil atau mencegah terjadinya korosi. Inhibitor bekerja dengan penyerapan ion atau molekul kedalam permukaan logam (Roberge dan Deny, 2000). Inhibitor mengurangi laju korosi dengan menaikkan atau menurunkan reaksi anodik dan katodik serta mengurangi

laju difusi reaktan kedalam permukaan logam atau mengurangi tahanan listrik dari permukaan logam (Andijani dkk., 2017).

Penambahan inhibitor adalah salah satu cara untuk menghambat korosi. Inhibitor adalah senyawa kimia yang dalam jumlah kecil mampu menghambat reaksi korosi logam baja dengan lingkungannya (Ludiana dan Sri, 2012). Inhibitor dapat membentuk lapisan protektif dipermukaan logam dengan reaksi antara larutan dan permukaan logam. Sejauh ini penggunaan inhibitor merupakan salah satu cara yang efektif untuk mencegah korosi karena prosesnya yang sederhana dan biaya yang murah (Irianty dan Khairat, 2013). Senyawa yang dapat digunakan sebagai inhibitor mengandung oksigen, nitrogen, sulfur, fosfor dan senyawa ikatan rangkap (Erna dkk., 2011).

Inhibitor korosi berdasarkan bahan dasarnya dapat dibagi menjadi dua, yaitu inhibitor dari senyawa anorganik dan dari senyawa organik (Nugroho, 2015). Inhibitor anorganik yang saat ini biasa digunakan adalah sodium nitrit, kromat, fosfat dan garam seng. Penggunaan sodium nitrit yang harus dengan konsentrasi tinggi (300-500 mg/L) menjadikannya inhibitor yang tidak ekonomis karena harganya yang mahal, kemudian untuk penggunaan kromat dan seng sebagai inhibitor bersifat toksik terhadap lingkungan, sedangkan fosfat sebagai inhibitor merupakan senyawa yang dianggap sebagai polusi lingkungan karena menyebabkan peningkatan kadar fosforous dalam air, sehingga inhibitor-inhibitor tersebut perlu digantikan dengan senyawa lain (Mulyati, 2019).

Berbeda dengan inhibitor organik, inhibitor ini pada umumnya berasal dari ekstrak bahan alami yang mengandung atom N, O, P, dan S dan atom-atom yang mempunyai pasangan elektron bebas. Unsur-unsur dengan pasangan elektron bebas inilah yang berfungsi sebagai ligan untuk membentuk senyawa kompleks dengan

logam. Inhibitor organik juga merupakan inhibitor yang mudah diaplikasikan, memiliki harga yang terjangkau dan ramah lingkungan karena bersifat *Biodegradable*. (Setiawan dan Nasrulloh, 2020).

Inhibitor organik atau alami bekerja dengan membentuk senyawa kompleks yang mengendap (adsorpsi) pada permukaan logam sebagai lapisan pelindung yang bersifat hidrofobik yang dapat menghambat reaksi logam tersebut dengan lingkungannya. Reaksi tersebut dapat berupa reaksi anodik dan katodik maupun keduanya. Inhibitor organik dapat menetralisasi konstituen korosif dan mengabsorpsi konstituen korosif tersebut. (Lusiana dkk., 2015). Semakin besar konsentrasi inhibitor yang digunakan maka semakin efektif dalam menurunkan korosi logam (Hussin dkk., 2011).

2.5 Baja

Baja adalah material yang banyak digunakan dalam konstruksi karena memiliki sifat yang ulet dan mudah dibentuk. Baja adalah logam paduan dengan besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya, disamping itu baja juga mengandung unsur-unsur lain seperti Sulfur, Fosfor, Silikon, Mangan dan sebagainya yang jumlahnya dibatasi. Sifat baja pada umumnya sangat dipengaruhi oleh persentasi karbon dan struktur mikro. Struktur mikro pada baja karbon dipengaruhi oleh perlakuan panas dan komposisi baja (Nanulaitta dan lillipally, 2012). Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,2% hingga 2,1%. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur penguat dengan mencegah diskolasi bergeser pada kisi kristal (*Crystal Lattice*) atom besi (Arifin dkk., 2017).

2.5.1 Baja Karbon

Menurut Fatoni (2016), baja karbon dapat diklasifikasikan berdasarkan

jumlah kandungan karbonnya, yaitu:

1. Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah (*Low Carbon Steel*) mengandung karbon kurang dari 0,3%. Baja ini bukan baja yang keras karena kandungan karbonnya yang rendah kurang dari 0,3%. Baja karbon rendah tidak dapat dikeraskan karena kandungan karbonnya tidak cukup untuk membentuk struktur martensit.

2. Baja Karbon Sedang

Baja karbon sedang (*Medium Carbon Steel*) mengandung karbon sekitar 0,3 – hingga 0,6% dan dengan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan sebagian dengan perlakuan panas (*Heat Treatment*) yang sesuai. Baja karbon sedang lebih keras serta lebih kuat dibandingkan dengan baja karbon rendah.

3. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi mengandung 0,6 hingga 1,5% karbon dan memiliki kekerasan yang tinggi, namun keuletannya lebih rendah, hampir tidak dapat diketahui jarak tegangan lumernya terhadap tegangan proporsional pada grafik tegangan regangan. Berkebalikan dengan baja karbon rendah, pengerasan dengan perlakuan panas pada baja karbon tinggi tidak memberikan hasil yang optimal dikarenakan terlalu banyaknya martensit sehingga membuat baja menjadi getas.

2.5.2 Baja ST 37

Baja ST 37 berdasarkan klasifikasi kandungan karbonnya merupakan suatu jenis material yang memiliki kadar karbon rendah (*Low Carbon Steel*) karena kadar karbonnya kurang dari 0,3%, setiap satu ton baja karbon rendah mengandung 10-30 kg karbon. Menurut Rustianto dan Sigit (2002) unsur-unsur yang terkandung dalam baja ST 37 dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Kimia Baja ST 37

Unsur	Kandungan (%)	Unsur	Kandungan (%)
Fe	99,310	S	0,015%
Mn	0,375	Co	0,007
C	0,118	Nb	0,006
Si	0,055	Mo	Max. 0.005
W	0,046	Cu	Max. 0,004
Ni	0,026	Al	Max. 0,002
Cr	0,021	V	Max. 0,001
P	0,017%		

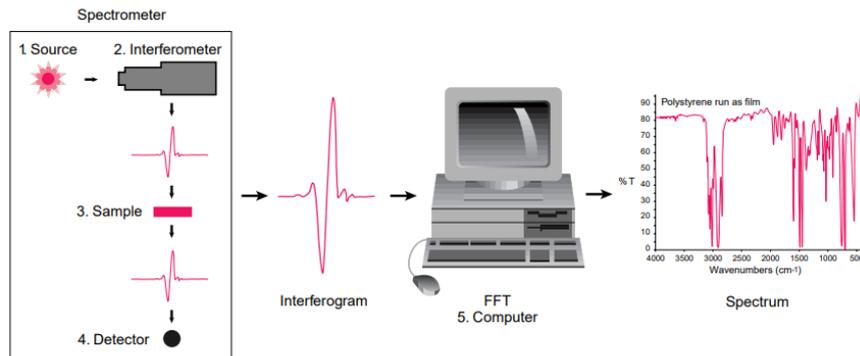
2.6 Instrumental

2.6.1 FTIR (*Fourier Transform Infrared*)

FTIR merupakan salah satu alat atau instrument yang dapat digunakan untuk mendeteksi gugus fungsi, mengidentifikasi senyawa dan menganalisis campuran dari sampel yang dianalisis tanpa merusak sampel (Sari dkk., 2018). FTIR merupakan salah satu instrument yang menggunakan prinsip spektroskopi. Spektroskopi adalah spektroskopi infra merah yang dilengkapi dengan transformasi *fourier* untuk deteksi dan analisis hasil spektrumnya. Spektroskopi inframerah berguna untuk identifikasi senyawa organik karena spektrumnya yang sangat kompleks yang terdiri dari banyak puncak-puncak (Anam dkk., 2007).

Prinsip kerja FTIR dapat dilihat pada Gambar 12. Interferometer dapat mengubah cahaya IR yang polikromatik menghasilkan beberapa berkas cahaya membentuk sinyal interferogram. Gelombang tersebut dilewatkan pada sampel dan ditangkap oleh detektor yang terhubung ke komputer sehingga dihasilkan gambaran spektrum sampel yang diuji. Spektrum tersebut menunjukkan hubungan antara

intensitas serapan sampel dan bilangan gelombang (Suseno dan Firdausi, 2008).



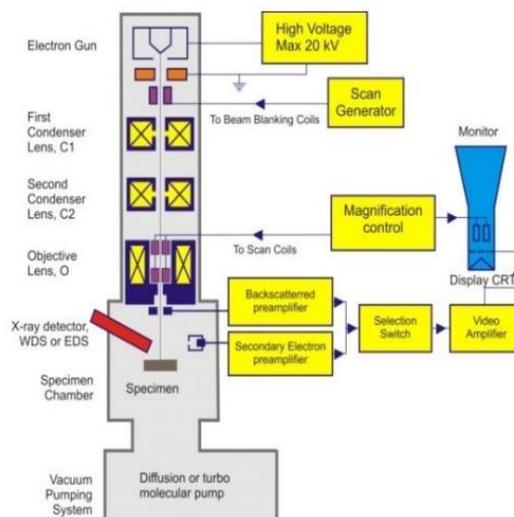
Gambar 12. Prinsip kerja FTIR (Nicolet, 2001)

Daerah Infra merah pada spektrum gelombang elektromagnetik dimulai dari panjang gelombang 14000 cm^{-1} hingga 10^{-1} . Berdasarkan panjang gelombang tersebut daerah inframerah dibagi menjadi tiga daerah, yaitu IR dekat ($14000 - 4000 \text{ cm}^{-1}$) yang peka terhadap vibrasi overtone, IR sedang ($4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$) berkaitan dengan transisi energi vibrasi dan molekul yang memberikan informasi mengenai gugus-gugus fungsi dalam molekul tersebut dan IR jauh ($400 - 10^{-1}$) untuk menganalisis molekul yang mengandung atom-atom berat seperti senyawa anorganik, tetapi membutuhkan teknik yang khusus (Sari dkk., 2018). Analisis senyawa biasanya dilakukan pada daerah IR sedang (Tanaka dkk., 2008).

Keuntungan dari penggunaan spektroskopi FTIR adalah tidak menyebabkan kerusakan pada sampel yang dianalisis, dapat menganalisis senyawa organik maupun anorganik pada berbagai bentuk fisik (padat, cair dan gas), serta memiliki referensi standar untuk berbagai senyawa kimia yang telah diterbitkan diseluruh dunia sehingga dapat dijadikan rujukan dalam menganalisis spektrum (Uddin, 2012).

2.6.2 SEM (*Scanning Elektron Microscopy*)

SEM (*Scanning Electron Microscopy*) merupakan alat karakterisasi yang digunakan untuk melihat objek mikroskopis dengan perbesaran yang cukup tinggi. SEM menggunakan berkas elektron, media vakum dan beberapa tambahan seperti spektrometer sinar-X, detektor elektron *backscattered*, detektor elektron *transmitted*, tahapan pemanasan/pendingin/regangan dan *device* semikonduktor (Nursamsur, 2015). SEM memiliki perbesaran 10 – 3.000.000 kali, depth of field 4 - 0,4 mm dan resolusi sebesar 1 - 10 nm. SEM memfokuskan sinar elektron (*electron beam*) dipermukaan objek dan mengambil gambar dengan mendeteksi elektron yang muncul dari permukaan objek (Farikhin, 2016).



Gambar 13. Blok diagram SEM (Sujatno dkk., 2015)

Prinsip kerja SEM dapat dilihat pada Gambar 13. dimana penembak elektron (*electron gun*) menghasilkan elektron beam dari filament. Pada umumnya elektron gun yang digunakan adalah tungsten hairpin gun dengan filament berupa lilitan tungsten yang berfungsi sebagai katoda. Tegangan yang diberikan kepada lilitan mengakibatkan terjadinya pemanasan. Anoda kemudian akan membentuk gaya yang dapat menarik elektron melaju menuju ke anoda. Kemudian lensa

magnetik memfokuskan elektron menuju suatu titik pada permukaan sampel. Selanjutnya, sinar elektron yang terfokus memindai (scan) keseluruhan sampel dengan diarahkan kekoil peminda. Kemudian ketika elektron mengenai sampel maka akan terjadi hamburan elektron, baik secondary electron (SE) atau Back Scattered (BSE) dari permukaan sampel dan akan dideteksi oleh detektor dan dimunculkan dalam bentuk gambar pada monitor CRT (Farikhin, 2016).

Komposisi unsur dapat diamati dengan menggunakan *Energy Dispersive X-Ray* (EDX). EDX telah terangkai langsung pada SEM. Ada beberapa komponen utama dari setup EDX yaitu sumber sinar-X, prosesor pulsa dan analisa. Sebuah detektor digunakan untuk mengkonversi sinar-X kedalam bentuk sinyal, kemudian informasi ini dikirim ke prosesor pulsa yang berperan dalam mengukur sinyal, selanjutnya melewati ke sebuah analyzer untuk menampilkan data dan analisis sehingga EDX dapat mengetahui unsur apa saja yang terkandung pada sampel dan disertai dengan persentase berat pada unsur tersebut. Detector EDX tidak dapat mendeteksi unsur-unsur dengan nomor atom kurang dari 4 yaitu H, He dan Li (Sari dkk., 2014).