

EKSTRAKSI SENYAWA TANIN DARI DAUN KETAPANG (*Terminalia catappa* L.) DAN APLIKASINYA SEBAGAI INHIBITOR KOROSI PADA BAJA ST 37

NUR FADLIA

H031 18 1308



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

EKSTRAKSI SENYAWA TANIN DARI DAUN KETAPANG (*Terminalia catappa* L.) DAN APLIKASINYA SEBAGAI INHIBITOR KOROSI PADA BAJA ST 37

Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Sarjana Sains

Oleh :

NUR FADLIA

H031 18 1308



MAKASSAR

2022

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

EKSTRAKSI SENYAWA TANIN DARI DAUN KETAPANG (*Terminalia catappa* L.) DAN APLIKASINYA SEBAGAI INHIBITOR KOROSI PADA BAJA ST 37

Disusun dan diajukan oleh

NUR FADLIA

H031 18 1308

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Sidang Sarjana Program Studi
Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin
Pada 21 November 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. 19720202 199903 2 002

Ketua Program Studi



Dr. St. Fauziah, M.Si
NIP. 19720202 199903 2 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nur Fadlia
NIM : H031 18 1308
Program Studi : Kimia
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa Skripsi dengan judul “Ekstraksi Senyawa Tanin dari Daun Ketapang (*Terminalia catappa* L.) 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, 21 November 2022

Yang Menyatakan,



Nur Fadlia

LEMBAR PERSEMBAHAN

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

Artinya :

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.”

(Quran Surat al-Insyirah Ayat 5-6)

PRAKATA

Alhamdulillahirobbil ‘alamin, segala puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah *Subhanahu wa ta’ala* yang telah melimpahkan nikmat rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. 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 Daun Ketapang (*Terminalia catappa* L.) 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.

Penyusun 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 **Iwan K.** dan Ibunda **Yanti** yang selalu sabar membimbing penulis dengan doa, dukungan moril, material, cinta dan kasih sayang yang senantiasa mengiringi perjalanan penulis dalam menuntut ilmu. Semoga Allah *Subhanahu wa ta’ala* senantiasa menganugerahkan rahmat dan karunia kepada keduanya baik di dunia maupun di akhirat. Terima kasih untuk saudariku tercinta **Delima Nur** atas segala perhatian, pengertian, dukungan dan kasih sayangnya kepada penulis. Selain itu, ucapan terimakasih untuk semua keluarga besar yang selalu memberikan doa, dukungan dan dorongan serta motivasi kepada penulis. Penulis juga mengucapkan terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya 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 berkenan meluangkan waktu untuk memberikan banyak ilmu, mengarahkan dan memberikan solusi dari awal penelitian hingga tahap selesainya skripsi ini.
2. Ibu **Dr. Rugaiyah Arfah, M.Si**, Ibu **Syadza Firdausiah, S.Si, M.Sc** dan Bapak **Drs. Fredryk Welliam Mandey, M.Sc** selaku penguji yang telah meluangkan waktu untuk memberikan saran dan masukan yang berharga kepada penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Seluruh dosen di lingkungan Fakultas MIPA, terkhusus **Dosen Departemen Kimia** yang telah 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. **Ratni, Caca dan Hira** sebagai sahabat seperjuangan semasa studi yang selalu mendukung, menemani dalam suka maupun duka, memberikan semangat dan kasih sayang kepada penulis.
7. Sahabatku **Angel, Sinar, Andi Ayi, Andi Aulia, Uci, Tira, Saldi dan Akram** yang telah menemani, menghibur di waktu luang, memberikan banyak bantuan, doa, kasih sayang, motivasi dan dukungan kepada penulis dari awal penulisan proposal hingga tahap penyusunan skripsi.
8. **Rika, Febri, Citra, Mita, Fitri, Afni, Fira dan Dewi** yang telah mendukung, membantu dan memberikan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.

9. Teman-teman Kimia 2018 yang memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis mulai dari awal perkuliahan hingga tahap ini
10. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

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, 31 Oktober 2022

Penulis

ABSTRAK

Ekstrak tanin dari daun ketapang digunakan sebagai inhibitor korosi pada baja ST 37 menggunakan metode perendaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kinerja inhibitor ekstrak daun ketapang terhadap laju korosi dan efisiensi inhibisi pada baja ST 37. Proses perendaman dilakukan dalam interval waktu 2, 4, 6 dan 8 hari dan suhu perendaman 20, 30 dan 40°C dengan variasi konsentrasi inhibitor yang digunakan adalah 0, 5, 10, 20 dan 30% serta penambahan *epoxy* resin-hardener (ERH) dalam media air laut dan asam asetat 25%. Pengujian laju korosi ditentukan dengan menggunakan metode kehilangan berat. Peningkatan laju korosi ditentukan dengan besarnya kehilangan berat pada baja. Kehilangan berat baja berbanding lurus dengan peningkatan laju korosi, tetapi pada konsentrasi tertentu berbanding terbalik. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi 30% merupakan konsentrasi optimum yang diperoleh pada setiap media perendaman. Tingkat efisiensi inhibisi terbesar pada variasi waktu perendaman diperoleh selama 8 hari dalam media air laut sebesar 90,82% dengan nilai laju korosi sebesar 1,1263 mpy dan dalam media asam asetat diperoleh sebesar 81,72% dengan nilai laju korosi sebesar 13,3344 mpy sedangkan pada variasi suhu diperoleh tingkat efisiensi inhibisi pada suhu 20°C dalam media air laut sebesar 84,75% dengan nilai laju korosi sebesar 2,1436 mpy dan dalam media asam asetat diperoleh sebesar 77,51% dengan nilai laju korosi sebesar 17,1857 mpy.

Kata kunci : Daun ketapang, Inhibitor, Tanin, Baja ST 37

ABSTRACT

Extracts of tannins from ketapang leaves are used as corrosion inhibitors on steel ST 37 using the immersion method. This study aimed to determine the effect of the inhibitor performance of ketapang leaf extract on the corrosion rate and inhibition efficiency on ST 37 steel. The immersion process was carried out at intervals of 2, 4, 6 and 8 days and the immersion temperature was 20, 30 and 40°C with varying concentrations of inhibitors. used are 0, 5, 10, 20 and 30% and the addition of resin-hardener (ERH) as a comparison in seawater and acetic acid 25% media. The corrosion rate test was determined using the weight loss method. The increase in the corrosion rate is determined by the amount of weight loss in the steel. The weight loss of steel is directly proportional to the increase in the corrosion rate, but at a certain concentration it is inversely proportional. The results showed that the 30% concentration was the optimum concentration obtained for each immersion medium. The greatest level of inhibition efficiency the variation of immersion time was obtained for 8 days in seawater media of 90,82% with a corrosion rate of 1,1263 mpy and in acetic acid media it was obtained at 81,72% with a corrosion rate of 13,3344 mpy while on temperature variations, the inhibition efficiency level at a temperature of 20°C in seawater media was 84,75% with a corrosion rate of 2,1436 mpy and in acetic acid media it was obtained at 77,51% with a corrosion rate of 17,1857 mpy.

Keywords : Ketapang leaves, Inhibitors, Tannin, ST 37 Steel

DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA	iv
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
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 Daun Ketapang (<i>Terminalia catappa L.</i>)	6
2.1.1 Morfologi Daun Ketapang	7
2.1.2 Kandungan Daun Ketapang.....	8
2.2 Tanin.....	8
2.3 Korosi.....	11
2.3.1 Definis Korosi	11

2.3.2 Jenis-Jenis Korosi	14
2.3.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Korosi	18
2.3.4 Pencegahan Korosi.....	19
2.4 Inhibitor.....	20
2.5 Baja	23
2.6 Karakterisasi.....	25
2.6.1 Fourier Transform Infrared (FTIR).....	25
2.6.2 Scanning Electron Mycroscopy (SEM)	26
BAB III METODE PENELITIAN.....	29
3.1 Bahan Penelitian	29
3.2 Alat Penelitian	29
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian.....	29
3.4 Prosedur Penelitian	30
3.4.1 Preparasi Sampel Daun Ketapang.....	30
3.4.2 Ekstraksi Daun Ketapang.....	30
3.4.3 Preparasi Baja Karbon	31
3.4.4 Pengujian Fitokimia Senyawa Tanin dalam Ekstrak Pekat	31
3.4.5 Pembuatan Media Korosif	31
3.4.6 Pembuatan Larutan Inhibitor dengan Variasi Konsentrasi .	32
3.4.7 Uji Rendam Tanpa Inhibitor	32
3.4.8 Uji Rendam dengan Inhibitor.....	32
3.4.8.1 Pengaruh Waktu Kontak terhadap Inhibisi Baja ST 37.....	32
3.4.8.2 Pengaruh Suhu terhadap Inhibisi Baja ST 37.....	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Preparasi Sampel Daun Ketapang	35

4.2 Ekstraksi Sampel Daun Ketapang	36
4.3 Hasil Uji Senyawa Tanin dari Ekstrak Daun Ketapang.....	37
4.4 Hasil Uji Laju Korosi	41
4.4.1 Hasil Uji Laju Korosi dengan Variasi Konsentrasi dan Waktu Perendaman.....	42
4.4.1.1 Hasil Uji Laju Korosi dengan Variasi Konsentrasi dan Waktu Perendaman dalam Media Air Laut.....	42
4.4.1.2 Hasil Uji Laju Korosi dengan Variasi Konsentrasi dan Waktu Perendaman dalam Media CH ₃ COOH 25% ...	44
4.4.2 Hasil Uji Laju Korosi dengan Variasi Suhu.....	47
4.4.2.1 Hasil Uji Laju Korosi dengan Variasi Suhu dalam Media Air Laut.....	47
4.4.2.2 Hasil Uji Laju Korosi dengan Variasi Suhu dalam Media CH ₃ COOH 25%	48
4.5 Efisiensi Inhibisi	50
4.5.1 Efisiensi Inhibisi dengan Variasi Konsentrasi dan Waktu Perendaman	50
4.5.2 Efisiensi Inhibisi dengan Variasi Suhu	52
4.6 Karakterisasi	54
4.6.1 Hasil Uji FTIR	54
4.6.2 Analisis Morfologi Permukaan Makro Baja Karbon	56
4.6.3 Analisis Morfologi Permukaan Makro Baja Karbon Menggunakan SEM.....	61
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	66
5.1 Kesimpulan.....	66
5.2 Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN.....	76

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komposisi kimia baja ST 37.....	25
2. Nilai efisiensi inhibisi terendah dan tertinggi dalam media air laut	50
3. Nilai efisiensi inhibisi terendah dan tertinggi dalam media CH ₃ COOH 25%	50
4. Nilai efisiensi inhibisi tertinggi dan terendah dalam media air laut	52
5. Nilai efisiensi inhibisi tertinggi dan terendah dalam media CH ₃ COOH 25%	52
6. Hasil analisis kandungan unsur pada baja karbon ST 37 menggunakan EDX.....	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Pohon Ketapang dan Daun Ketapang	7
2. Struktur Molekul Tanin.....	10
3. Pembentukan Senyawa Kompleks antara Tanin dengan Fe^{3+}	11
4. Korosi	12
5. Korosi Seragam.....	14
6. Korosi Sumur	15
7. Korosi Erosi	15
8. Korosi Galvanis	16
9. Korosi Tegangan	16
10. Korosi Celah	17
11. Korosi Mikrobiologi	17
12. Korosi Lelah.....	18
13. Skema Instrumen SEM	27
14. Sampel Daun Ketapang	35
15. Ekstrak Pekat Daun Ketapang.....	37
16. Hasil Uji Fitokimia dengan Penambahan $FeCl_3$	38
17. Reaksi Pembentukan Senyawa Kompleks Tanin dengan $FeCl_3$	39
18. Hasil Uji Fitokimia dengan Penambahan Gelatin 2%	40
19. Reaksi Pembentukan Senyawa Kompleks Tanin dengan Gelatin	41
20. Grafik Laju Korosi dalam Media Air Laut	42
21. Grafik Laju Korosi dalam Media CH_3COOH 25%	45

22. Grafik Hubungan Laju Korosi dengan Suhu dalam Media Air LAut...	47
23. Grafik Hubungan Laju Korosi dengan Suhu dalam Media CH ₃ COOH 25%.....	49
24. Grafik Efisiensi Inhibisi dengan Variasi Konsentrasi dan Waktu Perendaman.....	51
25. Grafik Efisiensi Inhibisi dengan Variasi Suhu.....	53
26. Spektrum FTIR Senyawa Tanin dari Ekstrak Daun Ketapang	54
27. Foto Baja Karbon ST 37 Sebelum Perendaman.....	56
28. Foto Makro Baja Karbon ST 37 dengan Variasi Waktu Perendaman dalam Media Air Laut	56
29. Foto Makro Baja Karbon ST 37 dengan Variasi Waktu Perendaman dalam Media CH ₃ COOH 25%	58
30. Foto Makro Baja Karbon ST 37 dengan Variasi Suhu dalam Media Air Laut	59
31. Foto Makro Baja Karbon ST 37 dengan Variasi Suhu dalam Media CH ₃ COOH 25%	60
32. Morfologi permukaan baja karbon (a) baja asli tanpa perendaman perbesaran 100x (b) baja yang direndam tanpa penambahan inhibitor perbesaran 500x (c) baja yang direndam dengan penambahan inhibitor perbesaran 500x.....	62

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Diagram Alir.....	76
2. Bagan Kerja.....	77
3. Data Tabel Hasil Penelitian.....	83
4. Pembuatan Larutan.....	88
5. Perhitungan Data Penelitian.....	90
6. Data Hasil Analisis Penelitian.....	92
7. Dokumentasi Penelitian.....	95

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Singkatan	Arti
ASTM	<i>American Society for Testing Materials</i>
EI	Efisiensi Inhibisi
EDX	<i>Energy Dispersive X-Ray</i>
ERH	<i>Epoxy Resin dan Hardener</i>
FTIR	<i>Fourier Transform Infrared</i>
EDK	Inhibitor Ekstrak Daun Ketapang
Mdpl	Meter Di atas Permukaan Laut
mpy	<i>mild per year</i>
ST	<i>Steel</i>
SEM	<i>Scanning Electrone Microscopy</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara beriklim tropis yang memiliki banyak keanekaragaman hayati yang melimpah dengan jumlah tanaman sebanyak 3.000 spesies yang termasuk tanaman tingkat tinggi (Saifuddin dkk., 2011). Tanaman ketapang (*Terminalia catappa* L.) merupakan salah satu jenis tanaman yang banyak tumbuh liar di lingkungan masyarakat sebagai pohon peneduh jalan. Tingkat produksi tanaman ketapang di Indonesia saat ini sangat tinggi tetapi masyarakat masih belum memanfaatkannya dengan baik terutama bagian daunnya. Daun ketapang hanya dibiarkan jatuh lalu mongering sehingga menjadi limbah yang termasuk dalam golongan organik (Irawati, 2012).

Daun ketapang mengandung antioksidan, antijamur, antibakteri yang tinggi dan memiliki kandungan metabolit sekunder. Berdasarkan hasil skrining fitokimia terdapat senyawa fenol, flavonoid, saponin, triterpenoid, diterpen, alkaloid dan tanin. Daun ketapang memiliki kandungan tanin yang relatif tinggi (Hakimin dan Dahlan, 2021). Penelitian yang telah dilakukan oleh Dhora (2017), menjelaskan bahwa dari hasil ekstraksi sokletasi dengan menggunakan pelarut etanol 96% dan air didapat kandungan tanin di dalam ekstrak daun ketapang sebanyak 37,17%. Irawati (2012), juga mengekstrak daun ketapang dengan menggunakan pelarut etanol 70% dan mendapatkan kandungan tanin sebanyak 12,45%. Selanjutnya, Ramadhani (2020), melakukan ekstraksi tanin dengan menggunakan pelarut etanol 70% dengan hasil ekstrak kandungan tanin di dalam daun ketapang sebesar 19,09% yang dapat digunakan untuk menghambat terjadinya korosi.

Tanin memiliki potensi sebagai inhibitor korosi pada logam karena sifat tanin yang dapat membentuk senyawa kompleks dengan logam. Tanin memiliki struktur yang dapat membentuk makromolekul dan banyak mengandung gugus hidroksi (-OH) karena ketika ion Fe mengalami oksidasi dan larut melepaskan elektron membentuk Fe(II), kemudian dengan adanya oksigen membentuk senyawa kompleks Fe³⁺-tanin yang disebut sebagai tanat. Senyawa kompleks tanat inilah yang akan melekat pada permukaan besi karena tanat akan membentuk lapisan tipis pada permukaan besi sehingga menghalangi terjadinya proses korosi (Rochmat dkk., 2019; Silaen dkk., 2020).

Korosi merupakan proses kerusakan material logam yang disebabkan karena adanya suatu reaksi kimia antara logam dengan lingkungan korosif. Kerusakan material pada logam menyebabkan terjadinya penurunan kualitas mutu dari material logam tersebut (Yanuar dkk., 2016). Korosi pada logam tersebut disebabkan oleh lingkungan yang bersifat asam, garam, uap air dan suhu lingkungan yang tinggi. Peristiwa korosi pada bidang industri sering terjadi pada material besi dan baja karbon (Utomo, 2015). Baja karbon adalah perpaduan logam yang terdiri dari karbon, besi dan unsur selain besi. Baja karbon umumnya mengandung 1,7% karbon dan memiliki sifat yang berbeda tergantung dari jumlah kandungan karbonnya (Yufita dkk., 2018). Berdasarkan kandungannya, terdapat 3 jenis baja karbon yaitu karbon tinggi, medium dan rendah. Baja karbon rendah tergolong dalam baja yang mudah mengalami korosi contohnya baja ST 37 (Damayanti dkk., 2019).

Baja ST 37 tergolong dalam baja karbon rendah karena memiliki kandungan karbon sebesar 0,24%. Baja ST 37 memiliki kelebihan karena sifatnya yang kuat dan harganya yang relatif murah sehingga banyak digunakan dalam

kehidupan sehari-hari. Baja ST 37 juga memiliki kekurangan karena mudah mengalami korosi sehingga dibutuhkan suatu cara untuk menghambat terjadinya peristiwa korosi tersebut (Sanjaya dkk., 2018). Beberapa cara yang dapat digunakan untuk menghambat terjadinya laju korosi antara lain dengan melapisi permukaan logam, proteksi katodik, dan penggunaan inhibitor korosi (Karim dan Yusuf, 2012).

Pemanfaatan inhibitor korosi merupakan cara yang sering digunakan karena harganya yang relatif murah dan prosesnya yang sederhana dilakukan untuk menghambat terjadinya proses korosi pada logam (Noviyanti dkk, 2016). Inhibitor korosi adalah bahan kimia yang ditambahkan ke suatu lingkungan korosif untuk menurunkan laju korosi pada logam (Irianty dan Khairat, 2013).

Inhibitor korosi berasal dari senyawa organik dan anorganik yang mengandung gugus yang memiliki pasangan elektron bebas seperti fosfat, kromat, nitrit dan senyawa-senyawa amina sehingga penggunaan inhibitor tersebut kurang efektif karena harganya yang relatif mahal, berbahaya dan tidak ramah lingkungan (Haryono dkk., 2010). Oleh karena itu, penggunaan inhibitor dengan ekstrak bahan alam banyak digunakan saat ini karena bersifat tidak beracun, aman, mudah diperoleh, relatif murah dan ramah lingkungan (Husodo dkk., 2021). Beberapa penelitian tentang penggunaan ekstrak bahan alam sebagai inhibitor korosi sudah banyak dilakukan, seperti penelitian yang telah dilakukan oleh Sinaga dkk. (2020) tentang penggunaan inhibitor korosi dari ekstrak daun ketapang (*Terminalia catappa* L.) pada baja karbon ASTM 36 dalam larutan HCl dengan variasi waktu dan konsentrasi untuk mengetahui pengaruh inhibitor dan laju korosi dengan menggunakan metode ekstraksi sokletasi dalam pelarut etanol 96% dan air, mendapatkan hasil nilai efisiensi inhibisi yang paling besar terjadi pada

konsentrasi larutan korosif 0,1 M dengan waktu perendaman 96 jam sebesar 89,77%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil konsentrasi larutan korosif maka efisiensi inhibisi meningkat dengan peningkatan waktu perendaman baja.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Widiyana (2020) mengenai ekstraksi senyawa tanin dari daun nipah (*Nypa fruticans*) dan aplikasinya sebagai inhibitor korosi pada baja ST 37 dengan menggunakan metode maserasi dalam pelarut metanol. Hasil yang diperoleh paling besar terjadi pada lama perendaman selama 2 hari dengan nilai efisiensi inhibisi sebesar 94%. Temuan lain oleh Apriliani dkk. (2017) mengenai efektifitas ekstrak daun belimbing wuluh (*Averrhoa Bilimbi* L.) sebagai inhibitor pada baja ST 37 dalam medium korosif NaCl 3% dengan menggunakan metode ekstraksi maserasi dalam pelarut etanol. Hasil yang diperoleh yaitu nilai efisiensi paling besar terjadi pada konsentrasi 5% dengan waktu lama perendaman 8 hari sebesar 78,57%.

Selanjutnya, Sari dkk. (2013), melakukan penelitian tentang pengendalian laju korosi baja ST 37 dalam medium HCl 3% dan NaCl 3% menggunakan inhibitor ekstrak daun teh (*Camelia sinesis*) dengan metode ekstraksi maserasi dalam pelarut etanol, mendapatkan hasil yang paling besar pada penambahan konsentrasi inhibitor 10% untuk medium korosif HCl sebesar 86,3% dan untuk medium korosif NaCl sebesar 92%. Berdasarkan paparan tersebut, maka dilakukan penelitian untuk memanfaatkan ekstrak daun ketapang sebagai inhibitor korosi pada baja ST 37. Media korosif yang digunakan adalah air laut dan asam asetat. Variasi waktu perendaman yang digunakan yaitu 2, 4, 6 dan 8 hari pada variasi konsentrasi inhibitor 0, 5, 10, 20 dan 30% serta suhu perendaman yang digunakan 20, 30 dan 40°C

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

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

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1 Maksud Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi ekstrak daun ketapang sebagai inhibitor korosi pada baja ST 37 dengan memberikan perlakuan kimia pada daun ketapang dengan metode maserasi dan kehilangan berat.

1.3.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

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

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada mahasiswa, masyarakat serta instansi-instansi mengenai pengaplikasian ekstrak daun ketapang sebagai inhibitor korosi dengan menggunakan variasi waktu dan suhu perendaman pada baja ST 37.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daun Ketapang (*Terminalia catappa* L.)

Tanaman ketapang merupakan tumbuhan yang multiguna dari family *combretaceae* mulai dari kayunya yang dapat digunakan untuk konstruksi rumah dan daunnya yang digunakan sebagai bahan dari pembuatan obat tradisional. Tanaman ketapang umumnya tumbuh alami di daerah pesisir pantai, namun saat ini telah banyak dijumpai pada daerah tropis dan subtropis hingga ketinggian 800 mdpl di permukaan air laut dengan curah hujan 1.000-3.500 mm pertahun (Rini dkk., 2011; Thomson dan Evans, 2006). Tanaman ketapang banyak dijumpai di Asia Tenggara dan telah menyebar ke negara lain termasuk India, Madgaskar, Pakistan, Polinesia, Afrika Barat, Afrika Timur, Amerika Selatan dan Amerika tengah (Hidayat dan Napitupulu, 2015).

Menurut Tjitrosoepomo (2002), klasifikasi tanaman ketapang tersusun secara sistematis sebagai berikut :

Kingdom : Plantae
Divisi : Magnoliophyta
Class : Magnoliopsida
Ordo : Myrtales
Family : Combretaceae
Genus : *Terminalia*
Spesies : *Terminalia catappa*

2.1.1 Morfologi Tanaman Ketapang

Pohon ketapang memiliki ciri-ciri dengan ketinggian mencapai 25-40 m yang bertajuk rindang dengan cabang yang tumbuh mendatar dan bertingkat-

tingkat (Thomson dan Evans, 2006). Batang tanaman ketapang berbentuk bulat, kuat, keras dan sifat permukaan batang beralur (*sulcatus*) dengan diameter batang 1,5 m. Tanaman ketapang memiliki percabangan simpodial karena batang pokoknya yang sukar ditentukan dan cabang pokok yang membentuk sudut 90°C, kulit batangnya berwarna abu-abu kecoklatan. Bunga tanaman ketapang berukuran kecil, berwarna putih kekuningan dan terkumpul dalam bulir yang berada didekat ujung ranting dengan panjang 8-25 cm. Bunga tanaman ketapang tidak memiliki mahkota dan memiliki kelopak yang berjumlah 5 dengan bentuk seperti lonceng berukuran 4-8 mm (Tjitrosoepomo, 2002).

Buah ketapang berbentuk seperti bulat telur gepeng dan bersayap sempit dengan ukuran $2,5-7 \times 4-5,5$ cm yang berwarna hijau sampai merah atau ungu kemerahan saat matang (Steenis, 2005). Tanaman ketapang memiliki buah yang berwarna hijau saat belum matang dan berwarna merah kecoklatan jika sudah matang dengan ukuran buahnya sekitar 4-5,5 mm. kulit terluar dari biji buah ketapang bertekstur licin dan ditutupi oleh serat yang mengelilingi biji tersebut. Daun tanaman ketapang termasuk daun yang tidak lengkap karena hanya memiliki tangkai daun dan helaian daun. Ujung dan pangkal daun ketapang berbentuk meruncing, tepi daunnya rata dan pertulangan daunnya menyirip (Tjitrosoepomo, 2002) . Sebagian besar daun tanaman ketapang berada diujung ranting dengan ujung daun yang berbentuk bulat dan tumpul (Thomson dan Evans, 2006). Pohon dan daun ketapang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pohon ketapang dan daun ketapang (Ramadhani, 2020)

2.1.2 Kandungan Kimia Daun Ketapang

Ekstrak daun ketapang memiliki kandungan sebagai antioksidan dan aktivitas anti UV yang dimanfaatkan dalam bidang kosmetik (Thomson dan Evans, 2006). Daun ketapang juga memiliki kandungan antimikroba yang lebih banyak dibandingkan dengan kulit batang dan buahnya (Ugwu dkk., 2015). Ekstrak daun ketapang dapat dimanfaatkan untuk mengobati penyakit dermatitis dan hepatitis karena memiliki kandungan antioksidan, antiinflamasi, antijamur dan antibakteri (Kinoshita dkk., 2007).

Daun ketapang juga mengandung metabolit sekunder seperti tanin, flavonoid, triterpenoid, steroid, saponin, alkaloid dan senyawa fenolik (Ahmed dkk., 2005; Pauly, 2001). Senyawa-senyawa tersebut termasuk komponen senyawa fenolik dan banyak ditemukan pada daun yang masih muda (Akharaiyil dkk., 2011). Kandungan senyawa tanin di dalam daun ketapang tergolong tanin terhidrolisis dengan konsentrasi tinggi (Howell, 2004).

Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Dhora (2017), menjelaskan bahwa dari hasil ekstraksi sokletasi dengan menggunakan pelarut etanol dan air didapat kandungan tanin didalam ekstrak daun ketapang sebanyak 37,17%. Irawati (2012), juga mengekstrak daun ketapang dengan menggunakan pelarut etanol dan mendapatkan kandungan tanin sebanyak 12,45%. Selanjutnya, Ramadhani (2020), melakukan ekstraksi tanin dengan menggunakan pelarut etanol dengan hasil ekstrak kandungan tanin didalam daun ketapang sebesar 19,09%. Kandungan tanin di dalam daun ketapang dapat digunakan sebagai penghambat terjadinya korosi pada logam (Silaen dkk., 2020).

2.2 Tanin

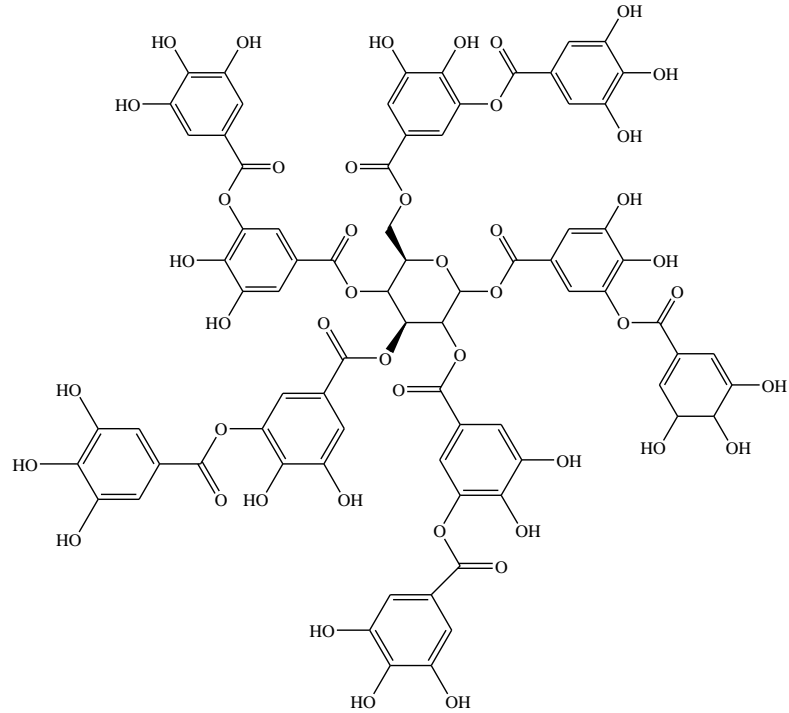
Tanin termasuk dalam kelompok senyawa organik golongan polifenol yang memiliki sifat tidak beracun, larut dalam air, ramah lingkungan dan

termasuk golongan polifenol dengan rumus molekul $C_{76}H_{52}O_{46}$ yang banyak ditemukan di alam (Nnaji, 2013). Tanin memiliki berat molekul besar terdiri dari gugus hidroksi (-OH) dan beberapa gugus lainnya seperti karboksil yang berfungsi untuk membentuk kompleks kuat yang efektif dengan protein dan beberapa makromolekul (Silaen dkk., 2020). Senyawa polifenol dalam tanin berguna untuk menghambat proses oksidasi sehingga polifenol dapat bertindak sebagai penangkap dan pengikat radikal bebas dari rusaknya ion-ion pada logam (Putra dan Kusuma, 2018).

Secara kimia, tanin diklasifikasikan menjadi dua golongan metabolisme yaitu tanin terkondensasi (*proantosianidin*) dan tanin terhidrolisis (*galotanin*) (Howell, 2004). Tanin terkondensasi dianggap terbentuk dengan cara kondensasi katekin tunggal (*galokatekin*) yang membentuk senyawa dimer kemudian *oligomer* yang lebih tinggi. Tanin terkondensasi banyak ditemukan didalam paku-pakuan, *gymnospermae* dan tersebar luas dalam *angiospermae* terutama pada tumbuhan berkayu. Sedangkan, tanin terhidrolisis adalah turunan dari asam galat dan tanin jenis ini dapat larut dalam pelarut organik polar tetapi tidak larut dalam pelarut organik nonpolar. Tanin terhidrolisis penyebarannya terbatas pada tumbuhan berkeping dua (Tanner dkk., 1999; Harbone, 1987).

Tanin memiliki sifat antara lain dapat larut dalam senyawa polar seperti air atau alkohol karena tanin mempunyai kandungan fenol yang memiliki gugus -OH yang banyak sehingga dapat mengikat logam berat (Putra dan Kusuma, 2018). Tanin juga memiliki kemampuan untuk mengendapkan alkaloida dan glikosida dalam larutan, bentuknya amorf dan memiliki massa yang ringan (Jalaluddin dkk., 2015). Tanin banyak terdapat pada tumbuhan seperti pada daun, buah, kulit dan kayu tanaman. Aplikasi tanin di bidang industri kesehatan dapat digunakan dalam pembuatan obat-obatan dan antioksidan sedangkan dalam bidang industri dapat digunakan dalam pembuatan tinta, aditif makanan,

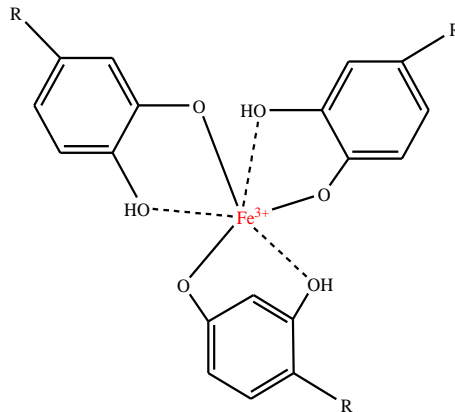
konstruksi dan inhibitor korosi (Nnaji, 2013). Adapun struktur molekul tanin dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut.



Gambar 2. Struktur molekul tanin (Hidjrawan, 2018)

Tanin merupakan salah satu senyawa yang berguna sebagai inhibitor organik korosi yang aman dan ramah lingkungan (Loveanda dan Dahlan, 2021). Tanin sebagai inhibitor organik dapat membentuk suatu lapisan tipis/film yang terabsorpsi pada permukaan logam sehingga menjadi penghalang terjadinya pelarutan logam didalam larutan elektrolit (Silaen dkk., 2020). Mekanisme cara kerja tanin dengan Fe^{3+} yaitu posisi orto pada cincin aromatik mengandung gugus -OH, sehingga tanin mampu membentuk khelat dengan besi dan kation logam lainnya seperti pada Gambar 2. Tanat besi dapat dibentuk dengan baik karena termasuk tanin terhidrolisis. Ketika ion Fe^{3+} bereaksi dengan OH^- diposisi orto maka akan terbentuk larutan kompleks tanat besi yang berwarna biru-hitam. Tanat akan melekat pada permukaan besi yang akan menghalangi terjadinya proses korosi lebih lanjut karena senyawa kompleks tersebut akan membentuk lapisan

tipis dan melindungi permukaan besi (Peres, 2012). Mekanisme pembentukan senyawa kompleks tanin dengan Fe^{3+} dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Senyawa kompleks tanin dengan Fe^{3+} (Pramudita dkk., 2020)

2.3 Korosi

2.3.1 Definsi Korosi

Korosi secara umum didefinisikan sebagai suatu peristiwa kerusakan logam akibat terjadinya reaksi kimia antara logam atau paduan logam dari lingkungan korosif (Jones, 1996). Korosi logam mengakibatkan terjadinya penurunan kekuatan, perubahan warna, mudah terjadi keretakan dan menyebabkan polusi bagi lingkungan (Subiyanto dan Ngatin, 2015). Korosi pada logam merupakan masalah serius yang dihadapi oleh sektor industri yang menggunakan peralatan dari logam maupun paduan logam sehingga logam mempunyai keterbatasan umur pemakaian. Penyebab terjadinya korosi disebabkan oleh dua faktor utama yakni faktor yang diakibatkan oleh benda logam itu sendiri dan faktor lingkungan. Faktor lingkungan dapat berupa kelembapan, pencemaran udara, interaksi logam dengan zat kimia yang bersifat korosif dan lain-lainnya (Ramadani dan Sakti, 2017; Amanto dan Daryono, 2017). Contoh terjadinya korosi pada logam dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Korosi (Ramadhani, 2020)

Lingkungan korosif adalah suatu lingkungan yang terdapat banyak kandungan zat korosif sehingga menyebabkan terjadinya korosi dan lingkungan fisik yang terkontaminasi oleh bahan-bahan pencemar yang melebihi batas penggunaan (Permadi dan Palupi, 2014). Lingkungan yang dimaksud dapat mengakibatkan terjadinya peristiwa korosi yakni yang mengandung asam, garam, atmosfer, gas, dan ion-ion agresif seperti Cl^- , SO_4^{2-} , dan NO_3^- (Roberge, 2000). Menurut Irianty dan Khairat (2003) proses korosi terjadi berdasarkan reaksi elektrokimia yaitu adanya perpindahan elektron yang masuk ke lingkungan yang kemudian mengeluarkan gas H_2 , yang ditunjukkan berdasarkan Persamaan (1).



Pada proses reaksi oksidasi pada Persamaan (1) elektron mengalir dari daerah anoda ke katoda, sehingga besi bermuatan positif dan tidak stabil. Sedangkan reaksi reduksi pada katoda dapat dilihat pada Persamaan (2).



Pada larutan elektrolit terjadi proses disosiasi/penguraian air sehingga menghasilkan ion hidroksil (OH^-), dapat dilihat pada Persamaan (3).



Dalam elektrolit, ion besi dari proses oksidasi logam besi bereaksi dengan ion hidroksida dari proses penguraian air menjadi besi hidroksida yang tidak larut

atau biasa disebut dengan karat. Mekanismenya dapat dilihat pada Persamaan (4).



Syarat terjadinya korosi pada logam antara lain adanya anoda, katoda dan larutan elektrolit/media korosi. Anoda dan katoda berada pada daerah permukaan logam yang mengalami korosi (El-Sherbini dkk, 2005). Pada anoda terjadi reaksi oksidasi sedangkan pada katoda terjadi reaksi reduksi. Proses korosi terjadi secara alami pada logam dan tidak dapat dicegah seluruhnya. Korosi akan mengurangi kualitas bahan dan mengakibatkan kerugian ekonomi, maka dari itu diperlukan upaya dalam menurunkan laju korosi pada logam (Loveanda dan Dahlan, 2021). Korosi terjadi karena adanya reaksi oksidasi-reduksi (redoks) yang tidak reversibel antara logam dengan zat pengoksidasi di lingkungan (Landolt, 2006). Upaya yang dapat dilakukan untuk memperlambat laju korosi antara lain dengan cara pelapisan permukaan logam agar terpisah dari medium korosif, perlindungan katodik dan penambahan inhibitor sebagai zat yang berguna untuk memperlambat korosi (Rochmat dkk., 2019). Penggunaan inhibitor korosi merupakan cara yang paling efektif untuk mencegah terjadinya korosi karena biayanya yang relatif murah dan prosesnya yang sederhana (Sari dkk., 2013).

Laju korosi adalah kecepatan rambatan atau kecepatan penurunan kualitas bahan terhadap waktu. Satuan yang digunakan dalam perhitungan laju korosi adalah mm/th (standar internasional) atau mill/year (mpy dalam standar *British*). Tingkat ketahanan suatu material terhadap laju korosi berkisar antara 1-200 mpy (Afandi dkk., 2015). Laju korosi diukur dengan arus ion logam yang meninggalkan permukaan logam dalam daerah anoda. Fluks ion ini menghasilkan arus korosi yang dapat disamakan dengan arus anoda karena setiap arus yang keluar dari daerah anoda harus mencari jalan ke daerah katoda (Atkins, 1997). Laju korosi dapat dihitung dengan menggunakan dua metode yaitu metode elektrokimia dan metode kehilangan berat (Mulyaningsih dkk., 2019).

Metode elektrokimia adalah metode yang digunakan untuk menghitung laju korosi dengan mengukur beda potensial suatu material sehingga didapatkan hasil laju korosi yang terjadi. Sedangkan, metode kehilangan berat adalah perhitungan laju korosi dengan mengukur kekurangan berat akibat korosi yang terjadi pada suatu material. Metode kehilangan berat merupakan metode yang paling sederhana untuk mengukur laju korosi. Massa sampel sebelum dan setelah dilakukan pengujian ditimbang untuk mengetahui selisih massanya sehingga mendapatkan jumlah kehilangan berat akibat terjadinya korosi (Mulyaningsih dkk., 2019; Khasibudin, 2018).

2.3.2 Jenis-Jenis Korosi

Menurut Utomo (2009), jenis-jenis korosi dibedakan berdasarkan bentuknya antara lain :

a. Korosi seragam (*uniform attack*)

Korosi seragam adalah korosi yang terjadi pada permukaan logam akibat reaksi kimia karena pH air yang rendah dan udara yang lembab sehingga makin lama logam akan menipis. Contoh korosi seragam dapat dilihat pada Gambar 5. Korosi ini dapat dicegah dengan cara memberikan lapisan pelindung yang mengandung inhibitor seperti pada lambung kapal yang diberikan proteksi katodik.

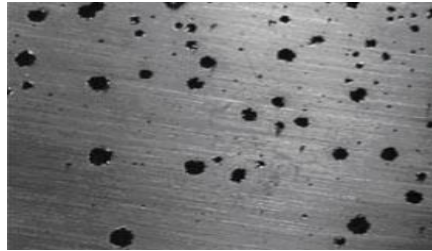


Gambar 5. Korosi seragam (Utomo, 2009)

b. Korosi sumur (*pitting corrosion*)

Korosi sumur adalah korosi yang disebabkan karena komposisi logam yang tidak homogen, dapat dilihat pada Gambar 6 di mana pada daerah batas

timbul korosi yang berbentuk sumur. Korosi ini dapat dicegah dengan cara memilih bahan yang homogen, diberikan inhibitor dan diberikan *coating* dari zat agresif.



Gambar 6. Korosi sumur (Utomo, 2009)

c. Korosi erosi (*erosion corrosion*)

Korosi erosi adalah korosi yang terjadi karena hilangnya bahan dari suatu permukaan benda dan menimbulkan bagian-bagian yang tajam dan kasar. Bagian tersebut yang menyebabkan mudah terjadi korosi dan juga diakibatkan karena fluida yang sangat deras sehingga dapat mengikis film pelindung pada logam. Korosi erosi dapat dicegah dengan cara memilih bahan yang homogen, diberikan *coating* dari zat agresif, diberikan inhibitor dan dihindarkan dari aliran fluida yang terlalu deras. Korosi erosi biasanya terjadi pada pipa dan propeller. Contoh korosi ini dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Korosi erosi (Utomo, 2009)

d. Korosi galvanis (*galvanis corrosion*)

Korosi galvanis adalah korosi yang terjadi karena adanya dua logam yang berbeda dalam satu elektrolit sehingga logam yang lebih bersifat anodik akan

terkorosi, contoh terjadinya korosi galvanis dapat dilihat pada Gambar 8. Korosi galvanis dapat dicegah dengan cara memberikan isolator yang cukup tebal sehingga tidak ada aliran elektrolit, dipasang proteksi katodik, dan penambahan inhibitor.



Gambar 8. Korosi galvanis (Utomo, 2009)

e. Korosi tegangan (*stress corrosion*)

Korosi tegangan adalah korosi yang terjadi karena butiran logam yang berubah bentuk dikarenakan logam mengalami perlakuan khusus seperti diregangkan dan ditekuk sehingga butiran menjadi tegang dan sangat mudah bereaksi dengan lingkungan. Korosi tegangan dapat dicegah dengan cara diberikan inhibitor dan direlaksasi. Contoh terjadinya korosi tegangan dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Korosi tegangan (Utomo, 2009)

f. Korosi celah (*crevice corrosion*)

Korosi celah adalah korosi yang terjadi pada logam yang berdempetan dengan logam lain yang diantaranya terdapat celah sehingga dapat menahan kotoran dan air yang mengakibatkan konsentrasi O_2 pada mulut lebih banyak dibandingkan pada bagian dalam yang menyebabkan bagian dalam lebih bersifat

anodik dan bagian mulut bersifat anodik. Korosi ini dapat dicegah dengan cara dikeringkan bagian yang basah dan dibersihkan kotoran yang ada. Contoh korosi celah dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Korosi celah (Utomo, 2009)

g. Korosi mikrobiologi

Korosi mikrobiologi adalah korosi yang terjadi akibat mikroorganisme yang mempengaruhi korosi antara lain bakteri, jamur dan alga. Korosi ini bertanggung jawab terhadap degradasi material di lingkungan, contoh terjadinya korosi mikrobiologi pada material logam dapat dilihat pada Gambar 11. Korosi ini dapat dicegah dengan cara memilih logam yang tepat untuk suatu lingkungan, memberikan lapisan pelindung agar lapisan logam terlindungi dari lingkungannya dan memperbaiki lingkungan agar tidak korosif.



Gambar 11. Korosi mikrobiologi (Utomo, 2009)

h. Korosi lelah (*fatigue corrosion*)

Korosi ini terjadi karena logam mendapatkan beban siklus yang terus berulang sehingga semakin lama logam akan mengalami patah karena terjadi kelelahan logam. korosi lelah dapat dicegah dengan cara menggunakan inhibitor

dan memilih bahan yang kuat korosi. Korosi ini biasanya terjadi pada turbin uap, pengeboran minyak dan propeller kapal. Contoh korosi leleh dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Korosi leleh (Utomo, 2009)

2.3.3 Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Korosi

Proses terjadinya korosi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan antara lain :

1. Kecepatan alir fluida atau kecepatan pengadukan

Semakin bertambah kecepatan alir fluida maka laju korosi akan bertambah. Hal ini disebabkan karena terjadinya kontak antara zat pereaksi dan logam akan semakin besar sehingga ion-ion logam akan banyak yang lepas sehingga dapat mengalami kerapuhan (Kirk dan Othmer, 1965).

2. Konsentrasi bahan korosif

Konsentrasi bahan korosif berhubungan dengan pH dari suatu larutan. Logam yang berada di dalam media larutan yang bersifat asam akan lebih cepat mengalami korosi karena merupakan reaksi anoda. Sedangkan, logam yang berada di dalam media larutan yang bersifat basa merupakan reaksi katoda yang terjadi secara serentak dengan reaksi anoda sehingga dapat menyebabkan korosi (Djaprie, 1995).

3. Waktu kontak

Semakin lama waktu logam yang berinteraksi dengan lingkungan korosif maka tingkat korosifitas logam akan semakin tinggi. Kemampuan inhibitor

untuk melindungi logam agar tidak mengalami korosi akan habis pada waktu tertentu (Uhlig, 1958).

4. Suhu

Suhu merupakan faktor yang sangat penting dalam proses terjadinya korosi. Semakin tinggi suhu yang digunakan maka kecepatan reaksi korosi akan bertambah, hal ini disebabkan karena semakin tinggi suhu maka energi kinetik dari partikel-partikel yang bereaksi akan meningkat sehingga dapat melampaui harga energi aktivitas yang menyebabkan laju kecepatan reaksi akan semakin cepat (Fogler, 1992).

5. Oksigen

Korosi akan lebih cepat terjadi jika adanya oksigen yang terdapat di udara dan bersentuhan dengan permukaan logam yang lembab. Oksigen yang terdapat di dalam lingkungan terbuka atau di dalam air juga akan menyebabkan terjadinya korosi (Khasibudin, 2018).

2.3.4 Pencegahan Korosi

Menurut Trethewey dan Chamberlain (1991), terdapat beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk menghambat terjadinya proses korosi pada peralatan industri antara lain :

a. Mengisolasi logam dari lingkungannya

Memisahkan logam dari lingkungannya merupakan cara yang dapat digunakan untuk menghambat proses korosi. Cara ini meliputi pelapisan dengan lapisan organik atau anorganik. Cara ini dapat dilakukan dengan cara pengecatan, penyemprotan dan lain-lain.

b. Mempertinggi ketahanan logam

Logam dapat dibuat untuk tahan terhadap korosi dari logam dalam lingkungan tertentu. Ketahanan logam dari korosi dapat dilakukan dengan cara

menghindarkan adanya daerah-daerah katodik dan anodik pada permukaan logam atau menjadikan permukaan logam tertutup oleh lapisan yang protektif.

c. Membalikkan arah arus korosi

Membalikkan arah arus korosi atau disebut juga sebagai proteksi katodik merupakan proses untuk mencegah korosi dengan memperlakukan logam yang dilindungi sebagai katoda. Cara ini juga bisa dipakai untuk pencegahan korosi pada pipa-pipa baja dan rel kereta api. Pipa-pipa baja tersebut dihubungkan ke tanah dengan kawat aluminium/seng sehingga baja mengalami arus anoda dan kawat penghubung mengalami arus katoda. Hal ini menyebabkan pipa baja tidak terkorosi dan kawat penghubung yang akan mengalami korosi.

d. Membuat lingkungan menjadi tidak korosif

Cara ini merupakan cara yang paling sering digunakan dalam menghambat proses korosi. Cara ini menggunakan zat-zat kimia yang ditambahkan ke dalam lingkungan elektrolit. Cara ini sangat cocok untuk lingkungan yang terbatas dan terkontrol. Zat yang ditambahkan dapat mempengaruhi reaksi-reaksi di anoda, katoda atau keduanya sehingga memperlambat terjadinya proses korosi. Zat yang ditambahkan disebut sebagai inhibitor.

2.4 Inhibitor Korosi

Inhibitor korosi adalah zat yang ditambahkan dalam jumlah sedikit ke dalam suatu logam sehingga dapat menurunkan laju korosi pada logam. Inhibitor korosi dapat dikatakan sebagai katalisator yang berfungsi untuk menghambat laju korosi (*retarding catalyst*) (Putra dan Kusuma, 2018). Pemanfaatan inhibitor korosi merupakan metode yang efektif untuk menghambat terjadinya korosi karena cara penggunaannya yang sederhana dan relatif murah (Irianty, 2013). Inhibitor biasanya ditambahkan dalam jumlah sedikit, baik secara kontinu maupun periodik berdasarkan selang waktu tertentu (Sari dkk., 2013).

Inhibitor bekerja dengan cara penyerapan ion atau molekul ke dalam permukaan logam. Pengurangan laju korosi dapat dilakukan dengan menaikkan atau menurunkan reaksi anodik dan katodik, mengurangi laju difusi reaktan ke dalam permukaan logam atau mengurangi tahanan listrik dari permukaan logam tersebut (Maksum, 2011). Pemilihan suatu inhibitor tidak hanya didasarkan pada kemampuannya dalam menghambat korosi dengan tingkat efisiensi yang tinggi, namun dilihat pula aspek tingkat toksisitas terutama jika diaplikasikan dalam industri makanan dan masalah pencemaran lingkungan (Haryono dkk., 2010).

Menurut Utomo (2015), pemeliharaan inhibitor yang tepat akan memberikan tingkat proteksi yang tinggi karena inhibitor memiliki cara perlindungan yang berbeda. Adapun cara untuk menghambat terjadinya korosi, antara lain :

- a. Meningkatkan sifat polarisasi katodik dan anodik material
- b. Mereduksi pergerakan atau difusi ion ke permukaan logam
- c. Meningkatkan ketahanan listrik pada permukaan logam

Inhibitor korosi berasal dari senyawa organik dan anorganik yang mengandung pasangan elektron bebas (PEB), seperti nitrit, kromat, fosfat, urea, fenilalanin dan amina. Senyawa kimia tersebut termasuk senyawa yang berbahaya, tidak ramah lingkungan dan relatif mahal (Irianty, 2013). Penggunaan inhibitor dengan senyawa tersebut juga dapat memunculkan kekhawatiran mengenai tingkat toksisitas, efek penggunaannya pada kesehatan masyarakat dan kekhawatiran lainnya (Madu dkk., 2019).

Inhibitor korosi berdasarkan sumbernya dibedakan menjadi inhibitor anorganik dan inhibitor organik (Kayadoe dkk., 2015). Inhibitor anorganik adalah inhibitor yang diperoleh dari mineral-mineral yang tidak mengandung unsur

karbon di dalam senyawanya. Material dasar dari inhibitor anorganik antara lain kromat, nitrit, silikat dan fosfat. Inhibitor anorganik memiliki sifat sebagai inhibitor anodik karena memiliki gugus aktif yakni anion negatif yang berguna untuk mengurangi terjadinya korosi (Nuretha dkk., 2021). Penggunaan inhibitor dengan senyawa anorganik banyak digunakan karena memiliki inhibisi korosi yang baik namun menimbulkan masalah bagi lingkungan apabila terakumulasi, bersifat toksik dan karsinogenik serta harganya mahal (Mulyaningsih dkk., 2019).

Inhibitor organik adalah inhibitor dengan senyawa yang mengandung atom N, O, P, S dan atom-atom lainnya yang memiliki pasangan elektron bebas pada rantai karbonnya atau pada rantai aromatikannya yang dapat berikatan dengan muatan positif dari logam, sehingga terjadi adsorpsi antara permukaan logam dengan inhibitor. Adsorpsi ini akan membentuk lapisan pelindung pada logam akibat adanya fisisorpsi atau akan membentuk khelat pembatas yang tidak larut akibat adanya kemisorpsi yang menghindarkan logam akan kontak secara langsung dengan media korosif (Zhang dkk., 2004). Ada pula yang terjadi karena pengaruh lingkungan membentuk endapan yang nampak dan melindungi logam dari serangan korosi sehingga menghasilkan produk yang membentuk lapisan pasif dan ada pula yang menghilangkan konstituen yang agresif (Sidiq, 2013).

Keefektifan inhibitor organik bergantung pada susunan kimia, struktur molekul dan afinitasnya terhadap permukaan logam. Proses adsorpsi, suhu dan tekanan merupakan faktor yang penting dalam pembentukan lapisan/film. Inhibitor organik akan diadsorpsi berdasarkan muatan ion inhibitor dan muatan pada permukaan logam. Inhibitor kationik, seperti amina atau inhibitor ionik seperti sulfanot akan diadsorpsi lebih dulu tergantung logamnya mempunyai muatan positif atau negatif. Kekuatan ikatan adsorpsi adalah faktor yang dominan

untuk inhibitor organik yang larut dalam air (Yatiman, 2009). Efisiensi inhibisi senyawa organik berkaitan dengan sifat-sifat adsorpsinya. Adsorpsi bergantung karena adanya elektron-elektron π dan heteroatom yang menyebabkan adsorpsi molekul-molekul inhibitor pada permukaan logam yang lebih besar (Quraishi dan Sardar, 2002).

Inhibitor organik diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu inhibitor alami dan inhibitor sintesis (Nuretha dkk., 2021). Inhibitor sintetik digunakan untuk menghambat laju korosi logam, namun inhibitor ini berbahaya bagi manusia dan lingkungan karena bersifat toksik serta harganya yang relatif mahal. Oleh karena itu, dikembangkan inhibitor organik dari bahan alam seperti tumbuh-tumbuhan. Inhibitor dengan bahan alam ini bersifat tidak toksik maupun karsinogenik, mudah didapatkan, harganya murah dan *biodegradable* (mudah diuraikan oleh mikroorganisme) sehingga dapat digunakan untuk menghambat terjadinya korosi pada logam (El-etre dan Abdallah, 2000).

2.5 Baja

Baja adalah paduan logam yang tersusun dari besi sebagai unsur utama dan karbon sebagai unsur penguat. Baja karbon juga mengandung paduan logam lain sekitar 8-15%. Logam yang biasa digunakan sebagai paduan baja karbon antara lain mangan (Mn), kromium (Cr), nikel (Ni), vanadium (V), magnesium (Mg) dan molibdenum (Mo). Penambahan logam magnesium (Mg) dan nikel (Ni) dapat meningkatkan kekerasan baja, sedangkan penambahan logam kromium (Cr) dapat meningkatkan ketahanan terhadap serangan koros. Baja yang tahan karat dapat diperoleh jika ditambahkan logam kromium (Cr) sekitar 15%. Baja karbon dibedakan menjadi 3 jenis yaitu baja karbon rendah (*low carbon steel*) dengan

kandungan karbon dibawah 0,25%, baja karbon sedang (*medium carbon steel*) dengan kandungan karbon antara 0,25% hingga 0,60%, dan baja karbon tinggi (*high carbon steel*) dengan kandungan karbon antara 0,60% hingga 1,40% (Smallman dan Bishop, 2000).

Baja karbon merupakan suatu material yang paling banyak digunakan di bidang industri karena baja memiliki sifat yang kuat, tidak mudah terbakar, keras, mengkilap, mudah didapatkan dan difabrikasi serta tahan terhadap lingkungan. Namun, selain memiliki sifat keunggulan, baja juga mempunyai kekurangan seperti dapat mengalami korosi akibat adanya asam-asam mineral dengan kereaktifan yang tinggi sehingga dapat menurunkan kualitas baja tersebut (Apriliani dkk., 2017; Kayadoe dkk., 2015). Baja dalam percetakkannya biasanya berbentuk plat, lembaran, batangan, pipa dan sebagainya (Damayanti dkk., 2019). Pemanfaatan baja dapat digunakan sebagai pembentuk jembatan, tower, rangka gedung dan lain-lain. Baja yang digunakan pada konstruksi umumnya memiliki spesifikasi tegangan (*tensile strength*) yang jelas, contohnya baja St 37 (Apriliani dkk., 2017).

Baja karbon ST 37 adalah material bangunan yang sangat kuat dengan struktur butir yang halus. Kata St merupakan singkatan dari *steel* atau *sthal*, sedangkan angka 37 menunjukkan batas minimum kekuatan tarik sebesar 37 MPa. Baja ST 37 memiliki sifat yang ringan, tahan korosi dan penghantar panas yang baik sehingga baja ST 37 digunakan sebagai salah satu material dalam pembuatan komponen mesin seperti vleg, piston, konstruksi bangunan jembatan dan pembuatan pipa (Apriliani dkk., 2017). Menurut Arifin dkk. (2021), komposisi kimia dari baja ST 37 dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia baja ST 37

Nama senyawa	Kandungan (%)
Karbon (C)	0,12
Mangan (Mn)	0,50
Fosfor (P)	0,04
Sulfur (S)	0,05
Silikon (Si)	0,80
Tembaga (Cu)	0,10
Aluminium (Al)	0,02
Besi (Fe)	98,37

2.6 Karakterisasi

2.6.1 *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

Spektrofotometri inframerah atau *fourier transform infra red* merupakan metode yang digunakan untuk menentukan gugus fungsional utama pada suatu struktur molekul senyawa. Senyawa kimia memiliki ikatan kovalen baik senyawa organik maupun senyawa anorganik yang akan menyerap berbagai frekuensi radiasi elektromagnetik dalam daerah spektrum inframerah. Serapan inframerah berkaitan dengan getaran molekul atau atom dan hanya radiasi dengan frekuensi getaran tersebut yang akan diserap. Spektrum serapan inframerah suatu kristal mempunyai pola yang khas. Atom dan molekul dalam suatu senyawa berisolasi dengan frekuensi sekitar 10^{13} - 10^{14} per detik (Sastrohamidjojo, 1991).

Senyawa organik atau anorganik yang memiliki ikatan kovalen akan menyerap berbagai frekuensi radiasi elektromagnetik dalam daerah spektrum inframerah. Daerah radiasi inframerah berkisar pada panjang gelombang 0,78-1000 μm . Daerah radiasi inframerah umumnya dibagi menjadi tiga daerah yaitu daerah inframerah dekat dengan panjang gelombang sekitar 4000-1280 cm^{-1} atau 0,78-25 μm , daerah inframerah tengah dengan panjang gelombang sekitar

4000-400 cm^{-1} atau 2,5-25 μm dan daerah inframerah jauh dengan panjang gelombang sekitar 400-10 cm^{-1} atau 25-1000 μm (Khopkar, 2003).

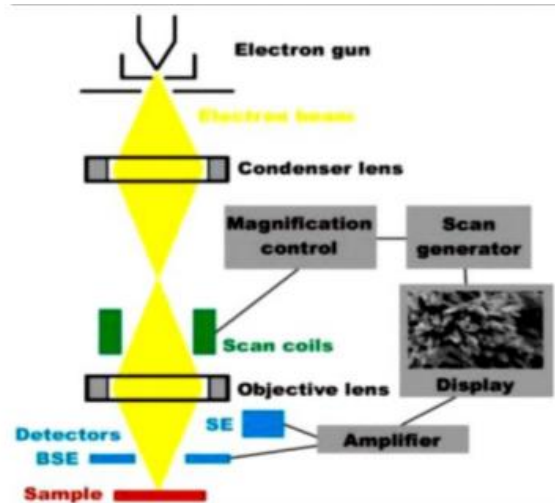
Sinar inframerah yang mempunyai frekuensi dengan bilangan gelombang 500-4000 cm^{-1} dilewatkan melalui cuplikan senyawa organik, maka sejumlah frekuensi diserap sedangkan frekuensi yang lain diteruskan atau ditransmisikan tanpa diserap. Molekul suatu senyawa hanya menyerap sinar inframerah pada frekuensi tertentu jika di dalam molekul terdapat transisi energi. Besar frekuensi yang diserap ketika melewati sampel akan ditransfer ke dalam senyawa sebanding dengan frekuensi yang ditimbulkan pada getaran-getaran ikatan kovalen antar atom dalam molekul senyawa organik tersebut (Sastrohamidjojo, 1991).

2.6.2 Scanning Electron Microscopy (SEM)

Scanning Electron Microscopy (SEM) merupakan alat yang digunakan untuk mengamati dan menganalisis struktur mikro dan morfologi dari berbagai material. Sumber energi yang digunakan pada alat SEM adalah berkas elektron sehingga menghasilkan resolusi yang tinggi, tekstur, fotografi, morfologi serta tampilan permukaan sampel yang dapat terlihat dalam ukuran mikron. SEM juga memberikan informasi dengan skala atomik dari suatu sampel (Aprianti, 2021).

SEM digunakan pada sampel yang tebal dan memungkinkan digunakan untuk analisis permukaan. Pancaran berkas yang jatuh pada sampel akan dipantulkan dan dipancarkan. Akibat adanya elektron yang dipancarkan, sehingga dapat teramati dalam bentuk pola-pola difraksi yang tampak bergantung pada bentuk dan ukuran sel satuan dari sampel (Sari, 2016). Pengoperasian SEM dilakukan dalam keadaan vakum yang tinggi hingga 10^{-6} bar sehingga elektron hanya berinteraksi dengan sampel yang diteliti (Setiabudi, 2012). Kevakuman yang tinggi dapat menyebabkan naiknya sensitifitas pendeteksian alat terhadap

bahan non-konduktivitas sehingga untuk mengatasi hal tersebut dapat menggunakan pemvakuman yang rendah disebut *Low-Vakum Mode* yang tekanannya sekitar 30-70 Pa (Sujatno dkk., 2015).



Gambar 13. Skema instrumen SEM (Saleh, 2014)

Prinsip kerja SEM dapat dilihat pada Gambar 13. dimulai dengan suatu sinar elektron dipancarkan dari penembak elektron (*electron gun*) yang dilengkapi dengan katoda filamen tungsten. Tungsten biasanya digunakan pada penembak elektron (*elektron gun*) karena memiliki titik lebur tertinggi dan tekanan uap terendah dari semua logam, sehingga memungkinkan dipanaskan untuk emisi elektron serta harganya yang relatif murah. Sinar elektron difokuskan oleh satu atau dua lensa kondensor ketitik yang diameternya sekitar 0,4-5 nm. Sinar kemudian melewati sepasang gulungan pemindai (*scanning coil*) atau sepasang pelat deflektor di kolom elektron yang biasanya terdapat dilensa akhir yang membelokkan sinar di sumbu x dan y sehingga dapat dipindai dalam mode raster di area persegi permukaan spesimen. Ketika sinar elektron primer berinteraksi dengan spesimen, elektron kehilangan energi karena berhamburan acak yang berulang dan penyerapan dari spesimen atau disebut

volume interaksi yang membentang kurang dari 100 nm sampai sekitar 5 μm ke permukaan (Aprianti, 2021).

SEM yang dilengkapi dengan teknik EDX (*Energy Dispersive X-Ray*) juga dapat digunakan untuk menyimpulkan data-data kristalografi yang dapat dikembangkan untuk menentukan elemen atau senyawa (Aprianti, 2021). SEM-EDX merupakan alat yang digunakan untuk analisis kuantitatif dan kualitatif suatu elemen yang didasarkan pada analisis spektral radiasi sinar-X, di mana karakteristik yang dipancarkan dari atom sampel pada radiasi dengan berkas elektron yang difokuskan pada alat SEM (Julinawati dkk., 2015). Bila berkas elektron ditembakkan pada permukaan sampel, sedangkan *imaganya* diperoleh berdasarkan hasil deteksi elektron yang dihamburkan atau berdasarkan elektron sekunder. Elektron sekunder berasal dari permukaan sampel dan memiliki energi yang rendah sekitar 5-50 eV. Sedangkan elektron yang dihamburkan berasal dari bagian sampel yang lebih dalam dan memberikan informasi tentang komposisi sampel karena elektron yang lebih berat menghamburkan maka lebih kuat dan tampak lebih terang dari *image* yang dihasilkan (Setiabudi dkk., 2012).