

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

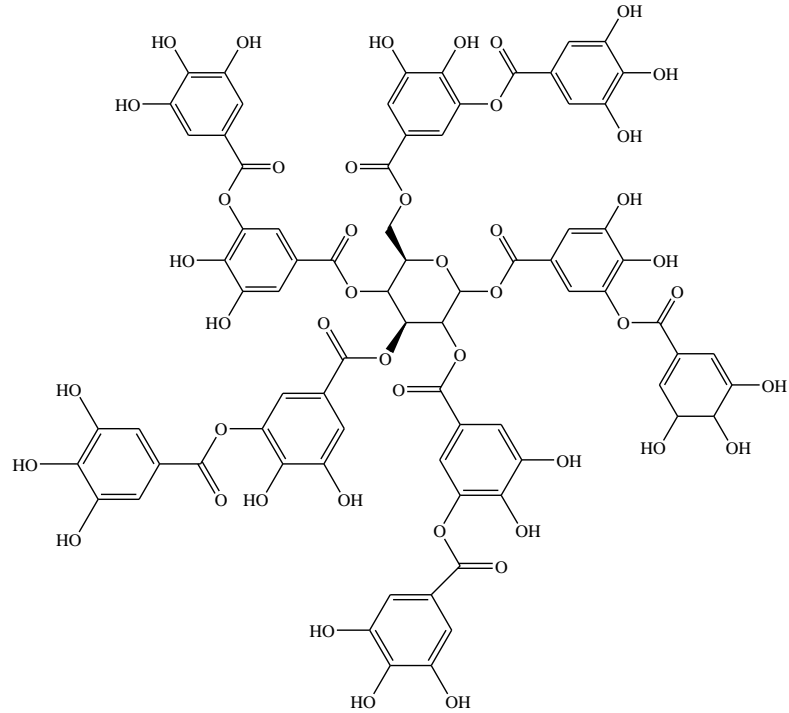
Tanin termasuk dalam kelompok senyawa organik golongan polifenol yang memiliki sifat tidak beracun, larut dalam air, ramah lingkungan dan

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,

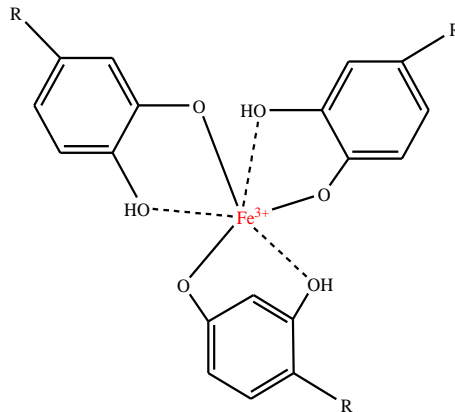
konstruksi dan inhibitor korosi (Nnaji, 2013). Adapun struktur molekul tanin dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut.



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.

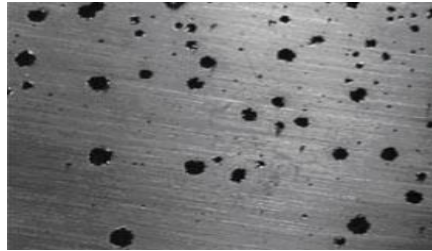


Gambar 5. Korosi seragam (Utomo, 2009)

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 ditebuk 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 aromatiknyanya 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).

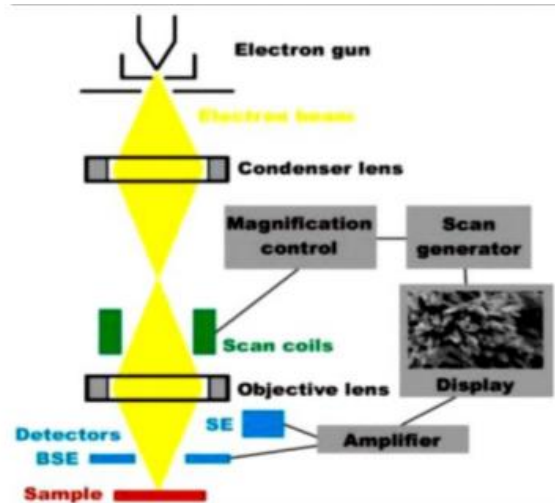
Sinar inframerah yang mempunyai frekuensi dengan bilangan gelombang 500-4000 cm^{-1} dilewatkan melalui cuplikan senyawa organik, maka sejumlah frekuensi diserap sedangkan frekuensi yang lain diteruskan atau ditransmisikan tanpa diserap. Molekul suatu senyawa hanya menyerap sinar inframerah pada frekuensi 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 sensitivitas pendeteksian alat terhadap

bahan non-konduktifitas 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).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun ketapang (*Terminalia catappa* L.), baja ST 37, etanol 96%, FeCl₃ 1%, gelatin 2%, air laut, CH₃COOH glasial (*Merck*), aseton (*Merck*), epoxy resin dan hardener (ERH) merek *Neckstone*, kertas amplas grade 400 dan 800 merek *Sun Hardware*, kertas saring *Whatman* No. 42, benang godam, lidi, aluminium foil, sabun dan *tissue roll*.

3.2 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah wadah sampel, neraca analitik, *blender*, pompa vakum, penyaring *Buchner* (*Shimadzu*), *rotary vacuum evaporator* (*Hahn Shin HS-2000NS*), oven (*dual purpose oven*), SEM-EDX (*Hitachi Flexsem 1000*), FTIR (*Shimadzu*, type: *IRPrestige 21*), Spektrofotometer Uv-Vis (*Shimadzu*, type: *UV-1900*) dan peralatan gelas yang umum digunakan di dalam laboratorium.

3.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret 2022 sampai Agustus 2022. Pengambilan sampel daun ketapang (*Terminalia catappa* L.) dilakukan di Desa Pattene, Kecamatan Marusu, Kabupaten Maros. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Anorganik dan Laboratorium Kimia Organik, Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar untuk pembuatan ekstrak daun ketapang. Tahap uji kadar

senyawa tanin dilakukan di Laboratorium Kimia Makanan Ternak, Fakultas Peternakan, Universitas Hasanuddin, Makassar. Karakterisasi FTIR hasil ekstrak daun ketapang dilakukan di Laboratorium Kimia Terpadu, Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar. Tahap karakterisasi morfologi akan dilakukan di Labortaorium Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh November (ITS), Kota Surabaya, Jawa Timur.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Preparasi Sampel Daun Ketapang (Sari dkk., 2018)

Sampel yang digunakan yaitu daun ketapang yang segar. Selanjutnya, daun ketapang dicuci sampe bersih kemudian dipotong menjadi bagian-bagian kecil. Sampel yang telah bersih kemudian diangin-anginkan dan dikeringkan dalam oven dengan suhu 40°C selama 20 menit. Kemudian, sampel yang telah kering dihaluskan menggunakan blender hingga menjadi serbuk lalu diayak menggunakan pengayak 80 mesh.

3.4.2 Ekstraksi Daun Ketapang (*Terminalia catappa* L.) (Riskitavani dan Purwani, 2013; Purwaningsih dkk., 2020)

Serbuk daun ketapang (*Terminalia catappa* L.) ditimbang sebanyak 351,54 g lalu diekstraksi dengan metode maserasi menggunakan pelarut etanol 96% sebanyak 1000 mL selama 24 jam pada suhu kamar. Sampel hasil maserasi kemudian disaring menggunakan corong *Buchner* dan kertas saring *Whatmann* No. 42. Residu hasil penyaringan kemudian dimaserasi kembali hingga 5 kali pengulangan dan untuk filtrat dari hasil penyaringan dipekatkan menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 40-60°C dengan kecepatan 50 rpm sehingga diperoleh ekstrak pekat daun ketapang. Kemudian, ekstrak pekat daun ketapang diidentifikasi menggunakan FTIR. Selanjutnya, rendamen hasil ekstraksi sampel dihitung menggunakan rumus pada persamaan (5).

$$\text{Rendamen (\%)} = \frac{\text{Berat Ekstrak yang didapat}}{\text{Berat sampel yang diekstraksi}} \times 100\% \quad (5)$$

3.4.3 Preparasi Baja Karbon (Giri dkk., 2017; Turnip dkk., 2015)

Plat baja ST 37 dipotong dengan ukuran $15 \times 15 \times 3 \text{ mm}^3$, kemudian dibersihkan dan diampas menggunakan kertas ampas grade 400 dan 800. Plat baja yang sudah halus permukaannya dibilas dengan akuades dan dicelupkan ke dalam aseton, kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu 40°C selama 15 menit. Setelah kering, plat baja tersebut ditimbang sebagai massa awal baja.

3.4.4 Pengujian Fitokimia Senyawa Tanin dalam Ekstrak Pekat Daun Ketapang (*Terminalia catappa* L.) (Sinaga dkk., 2020; Datu dkk., 2021)

Pengujian fitokimia dalam ekstrak daun ketapang dilakukan menggunakan FeCl_3 1% dan gelatin 2%. Ekstrak daun ketapang diambil sebanyak 3 mL kemudian dimasukkan ke dalam dua tabung yang berbeda. Ekstrak daun ketapang pada tabung pertama ditambahkan FeCl_3 1% tetes demi tetes hingga terjadi perubahan warna menjadi warna hijau kecoklatan atau warna biru kehitaman. pada tabung kedua yang berisi ekstrak daun ketapang ditambahkan dengan larutan gelatin 2% hingga terbentuk endapan berwarna putih yang menunjukkan ekstrak daun ketapang mengandung tanin. Selanjutnya, uji kadar senyawa tanin di dalam ekstrak daun ketapang dilakukan menggunakan spektrofotometer Uv-Vis.

3.4.5 Pembuatan Media Korosif CH_3COOH 25%

Larutan CH_3COOH glasial dipipet sebanyak 25,5 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian ditambahkan akuades sampai tanda batas dan dihomogenkan.

3.4.6 Pembuatan Larutan Inhibitor Ekstrak Daun Ketapang (EDK) dengan Variasi Konsentrasi 0%, 5%, 10%, 20% dan 30%

Ekstrak daun ketapang (EDK) dipipet sebanyak 0; 1,25; 2,5; 5; dan 7,5 mL lalu dimasukkan ke dalam 5 labu ukur 25 mL yang berbeda, kemudian diencerkan dengan menggunakan akuades hingga tanda batas. Selanjutnya, larutan inhibitor yang akan diaplikasikan pada baja karbon dipipet sebanyak 3 mL setiap masing-masing konsentrasi, kemudian ditambahkan dengan *epoxy* resin dan hardener sebanyak 3 mL (perbandingan 1:1) dan diaduk hingga homogen.

3.4.7 Prosedur Uji Rendam Tanpa Inhibitor EDK (Irianty dan Khairat, 2013; Mardhani dan Harmami, 2013)

Plat baja ST 37 yang sudah dibersihkan dan ditimbang kemudian diikat dengan benang godam yang terikat pada lidi. Selanjutnya, dimasukkan air laut sebanyak 1000 mL ke dalam gelas kimia. Setelah itu, plat baja dimasukkan ke dalam wadah yang berisi air laut dan digantung hingga setengah dari volume air laut, kemudian plat baja didiamkan terendam selama 2, 4, 6 dan 8 hari. Plat baja yang mengalami korosi dicuci dengan akuades, dikeringkan lalu ditimbang. Dihitung massa baja yang hilang (*weight loss*). Selanjutnya, plat baja ST 37 dikarakterisasi menggunakan instrumen SEM-EDX pada waktu optimum. Prosedur ini diulang dengan mengganti air laut dengan CH₃COOH 25% dan variasi waktu perendaman diganti dengan variasi suhu yaitu 20, 30 dan 40°C.

3.4.8 Uji Rendam dengan Inhibitor Ekstrak Daun Ketapang

3.4.8.1 Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Kontak Terhadap Inhibisi Baja ST 37 (Irianty dan Khairat, 2013; Giri dkk., 2017)

Plat baja ST 37 yang sudah dibersihkan lalu ditimbang, kemudian plat baja diolesi menggunakan larutan inhibitor yang telah dicampur dengan *epoxy* resin

dan hardener dengan konsentrasi 5%, 10%, 20% dan 30% lalu dikeringkan. Spesimen baja untul konsentrasi 0% hanya diolesi dengan *epoxy* resin dan hardener sebagai kontrol. Plat baja yang telah kering kemudian diikat dengan benang godam yang terikat pada lidi. Selanjutnya, plat baja dimasukkan ke dalam wadah yang berisi air laut dan digantung hingga setengah dari volume air laut, kemudian plat baja didiamkan terendam selama 2, 4, 6 dan 8 hari. Plat baja yang mengalami korosi dicuci dengan akuades, dikeringkan lalu ditimbang. Dihitung massa baja yang hilang (*weight loss*). Kemudian besarnya laju korosi dan efisiensi inhibisi dari inhibitor EDK dihitung menurut Asdim (2007) menggunakan rumus pada persamaan (6) dan (7). Selanjutnya, plat baja ST 37 dikarakterisasi menggunakan instrumen SEM-EDX pada konsentrasi dan waktu optimum. Prosedur ini diulang dengan mengganti air laut dengan CH₃COOH 25%.

$$\text{Laju Korosi (mpy)} = \frac{W \times K}{D \times A \times T} \quad (6)$$

Keterangan :

W = Berat sampel yang hilang (g)
 K = Konstanta laju korosi ($8,76 \times 10^4$ mmpy)
 D = Densitas baja (g/cm^3)
 A = Luas permukaan logam (cm^2)
 T = Waktu perendaman (hari)

$$\text{EI} = \frac{V_{ko} \times V_{ki}}{V_{ko}} \times 100 \% \quad (7)$$

Keterangan :

EI = Efisiensi inhibisi(%)
 V_{ko} = Pengurangan massa spesimen pada media korosi tanpa inhibitor ($\text{g/mm}^2 \times \text{hari}$)
 V_{ki} = Pengurangan massa spesimen pada media korosi dengan inhibitor ($\text{g/mm}^2 \times \text{hari}$)

3.4.8.2 Pengaruh Suhu Terhadap Inhibisi Baja ST 37 (Mardhani dan Harmami, 2013)

Plat baja ST 37 yang sudah dibersihkan lalu ditimbang, kemudian plat baja diolesi menggunakan larutan inhibitor yang telah dicampur dengan *epoxy* dengan konsentrasi 30% lalu dikeringkan. Plat baja yang telah kering kemudian diikat dengan benang godam yang terikat pada lidi. Selanjutnya, plat baja dimasukkan ke dalam wadah yang berisi air laut dan digantung hingga setengah dari volume air laut, kemudian plat baja dibiarkan terendam pada waktu optimum dengan variasi suhu 20, 30 dan 40°C. Plat baja yang mengalami korosi dicuci dengan akuades, dikeringkan lalu ditimbang. Dihitung massa baja yang hilang (*weight loss*). Kemudian besarnya laju korosi dan efisiensi inhibisi dari inhibitor EDK dihitung menurut Asdim (2007) menggunakan rumus pada persamaan (6) dan (7). Prosedur ini diulang dengan mengganti air laut dengan CH₃COOH.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Preparasi Sampel Daun Ketapang (*Terminalia catappa* L.)

Hasil preparasi sampel menggunakan daun ketapang (*Terminalia catappa* L.) yang telah dicuci dan dikeringkan di dalam oven dengan suhu 40°C. Pengeringan sampel bertujuan untuk mengurangi kadar air yang terkandung di dalam sampel sehingga memudahkan terjadinya proses ekstraksi sampel dan menghindari rusaknya senyawa aktif serta mencegah tumbuhnya mikroorganisme yang dapat merusak senyawa yang terkandung di dalam sampel (Halimu dkk., 2017). Hernawan dan Setyawan (2003) menyatakan bahwa pengeringan sampel dengan suhu diatas 40°C akan menyebabkan kadar dan ekstrakibilitas pada senyawa tanin menurun secara drastis. Sampel yang telah kering kemudian dihaluskan hingga menjadi serbuk dan diayak menggunakan ukuran 80 mesh yang bertujuan untuk memperkecil partikel dan memperluas permukaan karena semakin besar bidang sentuh antara sampel dengan pelarut maka semakin mempermudah berlangsungnya proses ekstraksi sehingga mendapatkan hasil ekstraksi yang maksimal (Halimu dkk., 2017). Sampel daun ketapang (*Terminalia catappa* L.) yang telah menjadi serbuk dapat dilihat pada Gambar 14. Sampel kemudian ditimbang menggunakan neraca analitik dan memperoleh hasil berat sampel sebesar 351,54 g.



Gambar 14. Sampel daun ketapang

4.2 Ekstraksi Sampel Daun Ketapang (*Terminalia catappa* L.)

Hasil ekstraksi sampel daun ketapang dalam penelitian ini menggunakan metode maserasi dengan pelarut etanol 96%. Prinsip dari metode maserasi adalah pemisahan suatu komponen dari campurannya menggunakan pelarut tertentu (Kostova dkk., 2008). Pelarut yang digunakan akan menembus ke dalam dinding sel sehingga masuk ke rongga sel yang mengandung zat aktif. Zat aktif tersebut akan larut dikarenakan adanya perbedaan konsentrasi antara larutan zat yang berada di dalam sel dengan larutan zat yang berada di luar sel sehingga menyebabkan larutan yang telah pekat keluar dari dalam rongga sel (proses difusi) (Simanjuntak, 2008). Pemilihan pelarut bertujuan untuk mendapatkan ekstrak tanin yang maksimal karena tanin memiliki gugus hidroksi lebih dari satu dan momen dipol yang tidak sama dengan nol sehingga menyebabkan tanin bersifat polar (Sa'adah, 2017). Pelarut etanol 96% digunakan dalam proses ekstraksi karena bersifat polar dan memiliki kandungan air yang sedikit sehingga dapat menghindari adanya pertumbuhan jamur yang dapat mengganggu proses ekstraksi. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Ramadhani (2020) yang melakukan ekstraksi daun ketapang menggunakan metode maserasi dengan pelarut etanol 70% didapatkan hasil berat ekstrak daun ketapang yang kurang maksimal sebanyak 0,5 g dengan berat rendamen sebesar 0,134% sehingga pelarut etanol 70% kurang efisien untuk mendapatkan ekstrak tanin di dalam sampel dan pelarut etanol 70% juga memiliki kandungan air yang lebih banyak dibandingkan dengan pelarut etanol 96%.

Berdasarkan penjelasan tersebut, hasil serbuk sampel sebanyak 351,54 g diekstraksi menggunakan metode maserasi di dalam 1000 mL pelarut etanol 96% dengan perendaman selama 24 jam disertai dengan pengadukan sekali sehari. Pengadukan dilakukan agar sampel dan pelarut menjadi homogen sehingga dapat melarutkan senyawa yang terdapat dalam sampel (Datu dkk., 2021). Ekstraksi

sampel dilakukan pengulangan sebanyak 5 kali untuk mendapatkan ekstrak tanin yang lebih banyak karena proses ekstraksi akan berlangsung secara optimal apabila waktu kontak antara pelarut dan sampel dilakukan berulang kali (Wonorahardjo, 2013). Sampel yang telah dimaserasi kemudian disaring menggunakan penyaring *buchner* dengan bantuan pompa vakum untuk mempercepat proses penyaringan. Filtrat yang dihasilkan dari proses penyaringan, dipekatkan dengan menggunakan *rotary vacuum evaporator* untuk mempermudah proses penguapan pelarut dengan memperkecil tekanan di dalam vakum sehingga diperoleh ekstrak pekat. Penggunaan suhu sangat diperhatikan untuk menghindari kerusakan senyawa tanin di dalam sampel karena tanin akan terurai menjadi *pyrogallol*, *pyrocatechol* dan *phloroglucinol* bila dipanaskan diatas suhu 100°C (Soebagio, 2003). Ekstrak pekat yang diperoleh sebanyak 191,45 g dengan kadar tanin sebesar 43,59% dan berat rendamen sebesar 54,46%. Ekstrak pekat daun ketapang dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Ekstrak pekat daun ketapang

4.3 Hasil Uji Senyawa Tanin pada Ekstrak Pekat Daun Ketapang (*Terminalia catappa* L.)

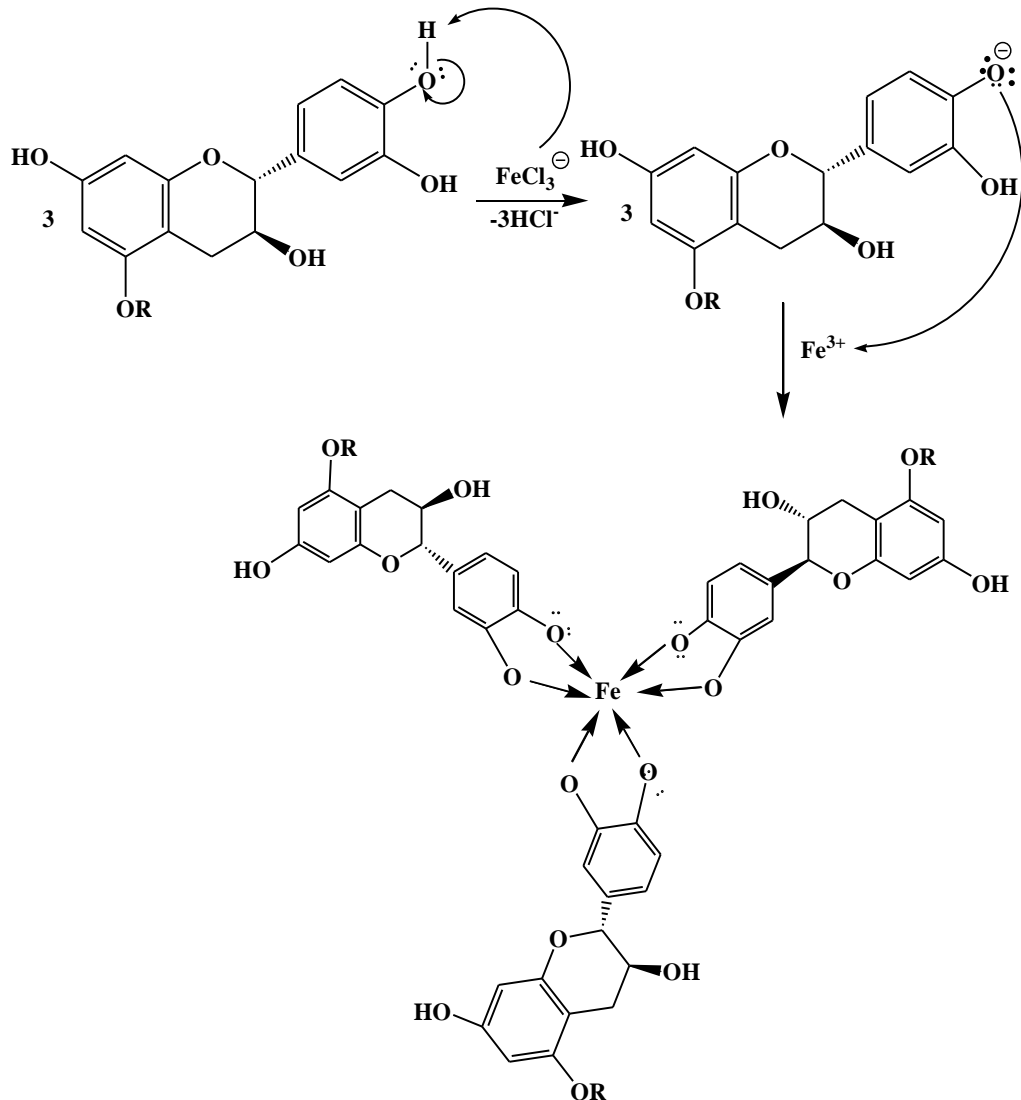
Hasil ekstrak pekat daun ketapang yang diperoleh kemudian diuji dengan skrining fitokimia menggunakan dua cara yaitu dengan penambahan larutan FeCl_3 1% dan penambahan larutan gelatin 2% untuk melihat adanya kandungan

tanin yang terdapat di dalam ekstrak daun ketapang. Prinsip skrining fitokimia yaitu reaksi pengujian warna (*spot test*) dengan penambahan suatu pereaksi warna ke dalam sampel (Kristanti dkk., 2008).



Gambar 16. Hasil uji fitokimia dengan penambahan FeCl_3

Berdasarkan Gambar 16. hasil uji fitokimia dengan penambahan larutan FeCl_3 1% mengalami perubahan warna menjadi biru kehitaman yang menunjukkan bahwa ekstrak daun ketapang positif mengandung tanin. Perubahan warna larutan menjadi biru kehitaman dikarenakan adanya reaksi antara ion Fe^{3+} dengan gugus fenol pada tanin sehingga membentuk senyawa kompleks (Ikalinus dkk., 2015). Senyawa tanin termasuk salah satu senyawa polifenol yang bersifat polar karena adanya gugus OH sehingga memberikan perubahan warna menjadi biru kehitaman atau hijau kecoklatan jika ditambahkan dengan FeCl_3 yang memberikan hasil uji positif. Santi dkk. (2008) dalam penelitiannya menyatakan bahwa FeCl_3 dapat menghidrolisis tanin sehingga menghasilkan perubahan warna menjadi biru kehitaman atau hijau kecoklatan. Reaksi antara tanin dengan FeCl_3 dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Reaksi pembentukan senyawa kompleks tanin dengan FeCl_3 (Widiyana, 2020)

Reaksi antara ion FeCl_3 dengan tanin dapat dilihat pada Gambar 17. yang menunjukkan terjadinya ikatan kovalen koordinasi antara ion Fe^{3+} dan gugus fenol. Terbentuknya ikatan kovalen koordinasi pada ikatan kompleks karena adanya pemakaian elektron secara bersama-sama yang salah satu molekulnya bertindak untuk memberikan pasangan elektron ikatan kepada atom lainnya atau disebut sebagai ligan dan terdapat unsur yang dapat menerima elektron atau disebut sebagai atom pusat. Senyawa tanin dapat membentuk senyawa kompleks jika berikatan dengan ion logam maupun ion non logam. Penelitian ini didapatkan

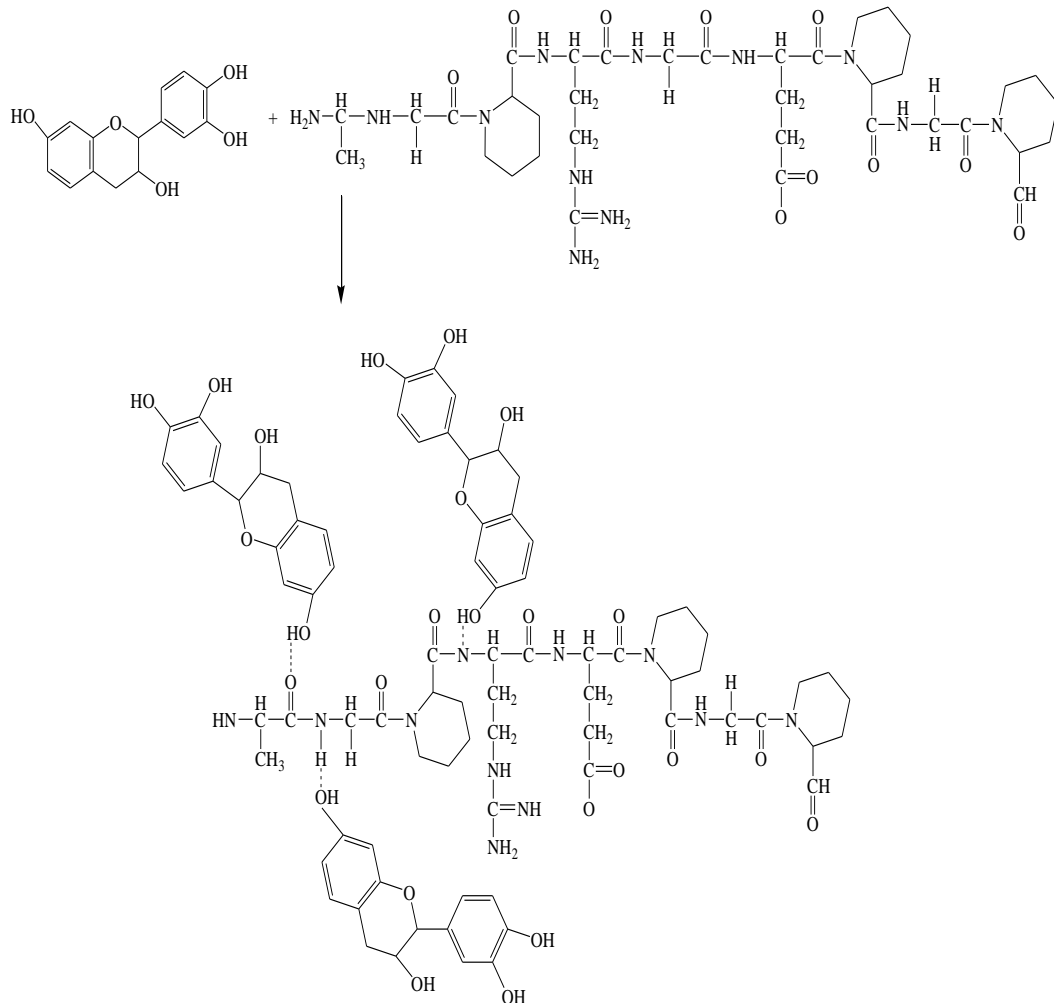
hasil reaksi tanin yang berikatan dengan unsur besi, di mana gugus OH (ion hidroksil) bertindak sebagai ligan atau disebut juga basa lewis dan unsur besi yang bertindak sebagai atom pusat atau disebut juga asam lewis (Purwitasari, 2014).



Gambar 18. Hasil uji fitokimia dengan penambahan gelatin 2%

Hasil uji fitokimia ekstrak daun ketapang dengan penambahan gelatin 2% dapat dilihat pada Gambar 18. yang menunjukkan terjadinya perubahan larutan dengan terbentuknya endapan berwarna putih sehingga menandakan ekstrak daun ketapang positif mengandung senyawa tanin. Penambahan gelatin berfungsi untuk memperkuat hasil awal uji fitokimia pada ekstrak daun ketapang yang menunjukkan adanya senyawa tanin dalam sampel daun ketapang. Terbentuknya endapan berwarna putih menunjukkan tanin yang dapat mengendapkan protein dari gelatin, hal ini disebabkan karena jika tanin direaksikan dengan gelatin maka akan membentuk kopolimer yang tidak larut dalam air sehingga terjadi pengendapan protein dari gelatin (Desinta, 2015). Gambar 19. menunjukkan reaksi antara tanin dengan gelatin yang melibatkan terjadinya ikatan hidrogen. Ikatan hidrogen terbentuk apabila terikat lebih dari dua atom lain yang memiliki keelektronegatifan yang tinggi seperti atom O, N dan F. Reaksi tanin dengan gelatin menunjukkan atom H yang terikat dengan atom O dan N yang berasal dari dua molekul, yang di mana atom H dari molekul tanin terikat dengan atom O

pada gelatin dan atom H dari molekul gelatin terikat dengan atom O pada tanin (Ikalinus dkk., 2015).



Gambar 19. Reaksi pembentukan senyawa tanin dengan gelatin (Sa'adah, 2010)

4.4 Hasil Uji Laju Korosi

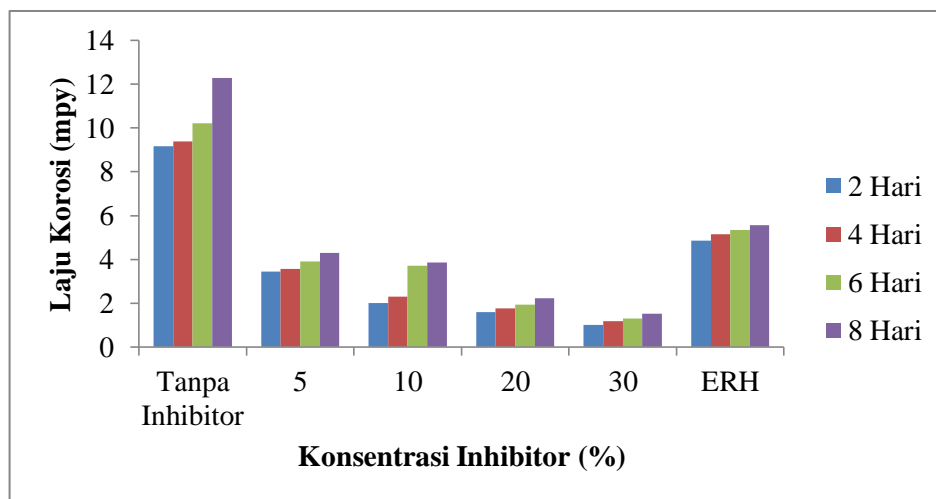
Pengujian hasil laju korosi pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode kehilangan berat (*Weight Loss*) pada sampel baja karbon tanpa penambahan inhibitor dan dengan penambahan inhibitor ekstrak daun ketapang (EDK) dalam beberapa variasi konsentrasi serta sampel baja karbon dengan penambahan *epoxy* resin-hardener (ERH) sebagai kontrol dengan perlakuan perendaman dalam variasi waktu dan variasi suhu di dalam media air

laut dan larutan CH_3COOH 25%. Berdasarkan pemaparan tersebut, didapatkan hasil laju korosi pada sampel baja karbon sebagai berikut.

4.4.1 Hasil Uji Laju Korosi dengan Variasi Konsentrasi dan Waktu Perendaman

4.4.1.1 Hasil Laju Korosi dengan Variasi Konsentrasi dan Waktu Perendaman dalam Media Air Laut

Hasil nilai laju korosi baja karbon dengan penambahan konsentrasi EDK dan tanpa penambahan inhibitor serta dengan penambahan ERH sebagai kontrol pada beberapa variasi waktu dalam media air laut dapat dilihat pada Lampiran 3.2.1. Hasil laju korosi menunjukkan bahwa semakin lama waktu perendaman maka laju korosi akan semakin tinggi yang berarti hubungan antara waktu perendaman dengan laju korosi berbanding lurus.



Gambar 20. Grafik laju korosi dalam media air laut

Gambar 20. menunjukkan bahwa pengaruh penambahan konsentrasi inhibitor menyebabkan penurunan laju korosi ditiap waktu perendaman. Hasil laju korosi dalam media air laut pada sampel yang direndam tanpa penambahan inhibitor lebih besar dibandingkan dengan sampel yang direndam dengan penambahan inhibitor EDK. Penggunaan konsentrasi inhibitor EDK

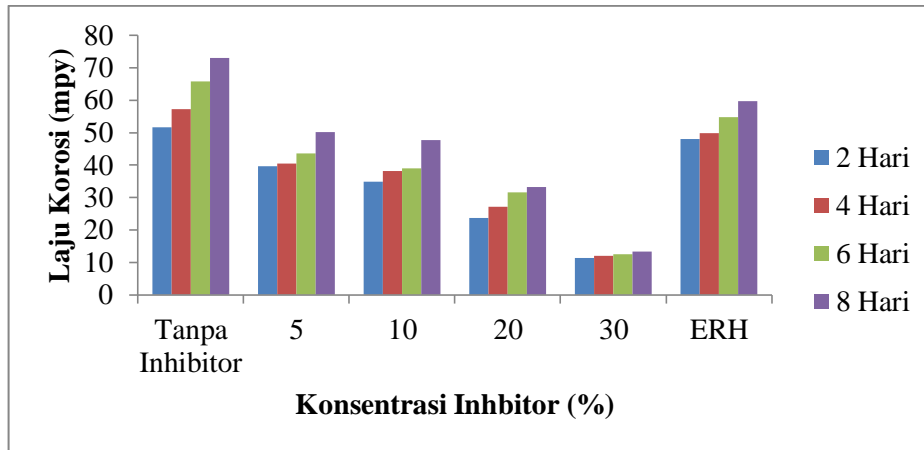
mengakibatkan interaksi antara sisi aktif molekul dengan permukaan baja karbon semakin banyak sehingga membentuk lapisan pasif yang stabil sehingga menghalangi serangan dari media korosif. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, nilai laju korosi terendah pada baja karbon tanpa penambahan inhibitor terjadi pada perendaman selama 2 hari sebesar 9,1560 mpy kemudian mengalami kenaikan di tiap waktu perendaman hingga perendaman selama 8 hari (192 jam) dengan laju korosi tertinggi sebesar 12,2807 mpy. Nilai laju korosi dengan penambahan inhibitor EDK di tiap waktu perendaman mengalami penurunan yang signifikan dengan penambahan konsentrasi inhibitor pada perendaman selama 8 hari (192 jam) dengan nilai laju korosi berturut-turut pada penambahan konsentrasi inhibitor 5% sebesar 5,1502 mpy, konsentrasi inhibitor 10% sebesar 3,8627 mpy, konsentrasi inhibitor 20% sebesar 2,0346 mpy dan konsentrasi inhibitor 30% sebesar 1,1263 mpy. Nilai laju korosi dengan penambahan ERH sebagai pembanding sebesar 5,5590 mpy dalam perendaman selama 8 hari (192 jam) yang menunjukkan terjadi korosi pada baja karbon tetapi tidak sebesar nilai laju korosi tanpa penambahan inhibitor. Pengaplikasian ERH pada baja karbon tidak berfungsi sebagai inhibitor dikarenakan nilai laju korosi dengan penambahan inhibitor lebih kecil dibandingkan dengan penambahan resin-hardener yang menyebabkan penambahan inhibitor lebih efektif dalam menghambat terjadinya korosi pada baja karbon. ERH digunakan untuk perekat dan pengawet antara inhibitor ekstrak daun ketapang terhadap baja karbon sehingga inhibitor dapat bekerja dengan tahan lama untuk melapisi permukaan baja karbon. Penjelasan tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi penambahan konsentrasi inhibitor maka laju korosi semakin rendah, yang berarti hubungan laju korosi dengan konsentrasi inhibitor berbanding terbalik.

Proses korosi dapat terjadi di dalam larutan elektrolit yang mengandung garam seperti air laut sehingga terjadi reaksi oksidasi-reduksi. Ion Cl^- bersifat

agresif untuk merusak ikatan logam sehingga menyebabkan terjadinya pelepasan ion logam yang membuat logam akan cepat terkorosi. Proses korosi akan melambat dengan adanya larutan inhibitor yang bekerja pada logam (Sumarji, 2012). Kinerja inhibitor dapat dipengaruhi oleh adanya daya rekat inhibitor pada permukaan baja. Penambahan konsentrasi inhibitor dengan daya rekat yang baik akan membentuk lapisan oksidasi tipis diatas permukaan baja sehingga dapat melindungi baja agar tidak terkorosi dari ion-ion agresif yang terdapat di dalam air laut (Mahardika dkk., 2016). Lapisan oksidasi diatas permukaan baja mengandung senyawa tanin yang terkandung dalam ekstrak daun ketapang sehingga mempunyai kemampuan untuk membentuk senyawa kompleks dengan ion Fe yang berguna sebagai pendonor elektron (Apriliani dkk., 2017). Nurhayati dkk. (2020) menyatakan dalam penelitiannya bahwa perbedaan antara baja yang direndam tanpa penambahan inhibitor dan dengan penambahan inhibitor akan menyebabkan laju korosi semakin kecil. Laju korosi pada perendaman tanpa penambahan inhibitor memiliki laju korosi yang tinggi sedangkan perendaman dengan penambahan inhibitor mampu menghambat peristiwa korosi pada konsentrasi tertentu sesuai dengan kemampuan larutan inhibitor. Penjelasan tersebut sesuai dengan hasil penelitian yang didapatkan bahwa penambahan inhibitor EDK efektif untuk memperlambat terjadinya proses korosi pada konsentrasi 30% dengan lama perendaman selama 8 hari (192 jam).

4.4.1.2 Hasil Laju Korosi dengan Variasi Konsentrasi dan Waktu Perendaman dalam Media CH₃COOH 25%

Hasil nilai laju korosi baja karbon dengan penambahan konsentrasi inhibitor EDK dan tanpa penambahan inhibitor serta dengan penambahan ERH sebagai kontrol pada beberapa variasi waktu dalam media CH₃COOH 25% yang dapat dilihat pada Lampiran 3.2.2.



Gambar 21. Grafik laju korosi dalam media CH_3COOH 25%

Gambar 21. menunjukkan bahwa nilai laju korosi mengalami peningkatan di tiap waktu perendaman. Berdasarkan data nilai laju korosi diperoleh baja karbon tanpa penambahan inhibitor pada perendaman selama 2 hari sebesar 51,5936 mpy yang mengalami kenaikan konstan hingga perendaman selama 8 hari sebesar 72,9577 mpy, baja dengan penambahan inhibitor 5% selama perendaman 2 hari sebesar 39,7715 mpy kemudian nilai laju korosi terus meningkat hingga perendaman selama 8 hari sebesar 50,1436 mpy, baja dengan penambahan inhibitor 10% perendaman selama 2 hari sebesar 34,9074 mpy dan mengalami kenaikan hingga perendaman selama 8 hari sebesar 47,7831 mpy, baja dengan penambahan inhibitor 20% pada perendaman selama 2 hari sebesar 23,6894 mpy kemudian mengalami kenaikan yang signifikan hingga perendaman selama 8 hari sebesar 33,3178 mpy, baja dengan penambahan inhibitor 30% selama perendaman 2 hari sebesar 11,4813 mpy mengalami kenaikan di tiap waktu perendaman hingga 13,3344 mpy selama perendaman 8 hari dan baja dengan penambahan ERH juga mengalami kenaikan yang konstan hingga perendaman selama 8 hari sebesar 59,6596 mpy. Nilai laju korosi yang dihasilkan menunjukkan bahwa penambahan inhibitor EDK dengan konsentrasi 5, 10, 20 dan 30% dapat menurunkan laju korosi serta penambahan ERH digunakan sebagai pembanding antara nilai laju

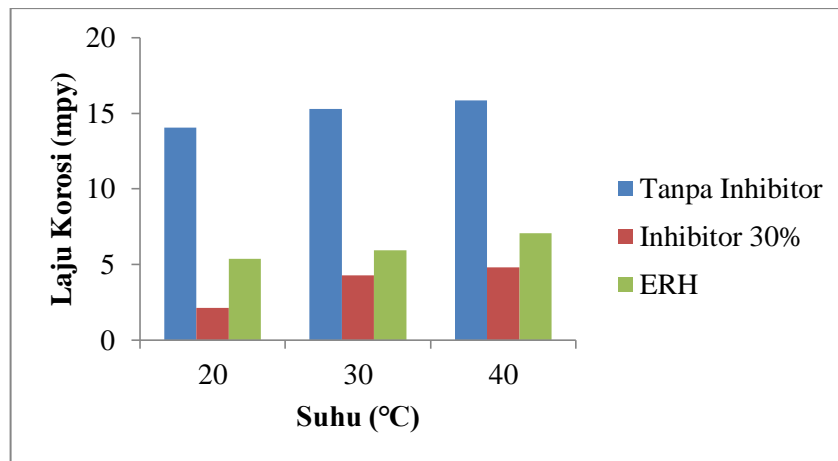
korosi baja tanpa penambahan inhibitor dan baja dengan penambahan inhibitor. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Mahardika dkk. (2016) yang menjelaskan bahwa konsentrasi inhibitor dan waktu perendaman dalam media korosif berpengaruh terhadap nilai laju korosi pada baja karbon. Semakin tinggi konsentrasi inhibitor yang ditambahkan maka nilai laju korosi semakin menurun dan semakin lama waktu perendaman yang digunakan maka laju korosi akan semakin meningkat sehingga hubungan antara laju korosi dengan konsentrasi inhibitor berbanding terbalik sedangkan waktu perendaman berbanding lurus dengan nilai laju korosi.

Tingkat keasaman suatu lingkungan atau media berpengaruh pada nilai laju korosi dari logam. Tingkat keasaman yang semakin rendah akan menyebabkan ketahanan material baja karbon termasuk dalam golongan yang kurang baik sehingga laju korosi mengalami peningkatan. Pengaruh asam asetat sebagai media korosif terhadap kenaikan laju korosi ditiap waktu perendaman merujuk pada peningkatan reaksi katodik (Dewi dan Agung, 2012). Hal ini menjelaskan bahwa laju korosi pada kondisi asam lebih besar daripada kondisi garam dan basa. Korosi terjadi dengan cepat pada kondisi asam dikarenakan baja tidak memiliki pelindung pada permukaannya dan menyebabkan laju korosi mengalami kenaikan, sehingga penambahan inhibitor pada baja karbon dapat menghambat logam untuk teroksidasi dengan terbentuknya lapisan tipis pada permukaan logam dengan memberikan perlindungan yang luas dalam menurunkan laju korosi serta menghalangi serangan ion-ion agresif dari asam asetat yang dapat menyerang logam (Turnip dkk., 2015). Penjelasan tersebut sesuai dengan hasil penelitian yang didapatkan bahwa penggunaan inhibitor ekstrak daun ketapang dalam media CH_3COOH 25% efektif untuk memperlambat laju korosi ditiap waktu perendaman seperti kinerja inhibitor dalam media air laut.

4.4.2 Hasil Uji Laju Korosi dengan Variasi Suhu

4.4.2.1 Hasil Laju Korosi dengan Variasi Suhu dalam Media Air Laut

Gambar 22. menunjukkan hubungan antara hasil laju korosi dengan suhu perendaman pada baja karbon yang semakin meningkat seiring dengan kenaikan suhu yang digunakan untuk proses perendaman baja karbon. Hasil nilai laju korosi baja karbon dengan penambahan inhibitor EDK dan tanpa penambahan inhibitor serta dengan penambahan ERH sebagai kontrol dalam media air laut dapat dilihat pada Lampiran 3.2.3.



Gambar 22. Grafik hubungan laju korosi dengan suhu dalam media air laut

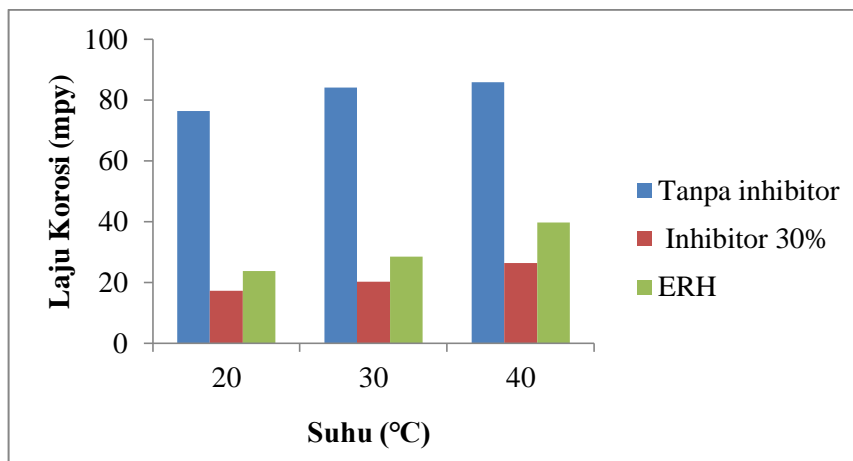
Semakin besar suhu yang digunakan maka laju korosi akan semakin meningkat sehingga hubungan laju korosi dengan suhu berbanding lurus. Perendaman baja karbon di dalam media air laut dengan beberapa variasi suhu dilakukan selama perendaman 8 hari (192 jam) serta untuk perendaman dengan inhibitor menggunakan konsentrasi 30% inhibitor EDK yang diperoleh dari hasil nilai optimum efisiensi inhibisi dalam variasi konsentrasi dan waktu perendaman. Gambar 22. menunjukkan grafik nilai laju korosi yang diperoleh dalam penelitian ini, baja karbon tanpa penambahan inhibitor memiliki nilai laju korosi yang paling tinggi dibandingkan dengan penambahan inhibitor maupun penambahan

ERH. Nilai laju korosi pada baja karbon tanpa inhibitor sebesar 14,0610 mpy pada suhu 20°C kemudian mengalami kenaikan sebesar 15,2964 mpy pada suhu 30°C hingga pada suhu 40°C sebesar 15,8414 mpy. Nilai laju korosi pada baja karbon dengan penambahan inhibitor EDK memiliki nilai laju korosi terendah pada suhu 20°C sebesar 2,1436 mpy kemudian mengalami peningkatan laju korosi pada suhu 30°C sebesar 4,2873 mpy dan suhu 40°C memiliki nilai laju korosi tertinggi sebesar 4,7960 mpy. Baja karbon dengan penambahan ERH memiliki nilai laju korosi yang juga meningkat seiring bertambahnya suhu dari 20, 30 dan 40°C masing-masing sebesar 5,3773 mpy, 5,9586 mpy dan 7,0850 mpy.

Peningkatan nilai laju korosi terjadi karena adanya reaksi antara ekstrak daun ketapang dengan permukaan baja karbon yang semakin melekat sehingga kecepatan proses korosi dalam media air laut akan melambat. Hal ini terjadi karena semakin tinggi suhu perendaman yang digunakan maka energi kinetika dari partikel-partikel yang bereaksi akan meningkat sehingga melampaui besarnya nilai energi aktivasi yang mengakibatkan kecepatan laju reaksi korosi juga semakin cepat. Kecepatan laju reaksi korosi akan semakin tinggi jika nilai energi kinetika lebih besar daripada nilai energi aktivasi (Wardani dkk., 2021). Afifah dkk. (2019) menyatakan dalam penelitian yang telah dilakukan bahwa meningkatnya penggunaan suhu perendaman dapat menurunkan nilai laju korosi sehingga pada penelitian ini didapatkan nilai laju korosi tertinggi pada perendaman dengan suhu 40°C.

4.4.2.2 Hasil Laju Korosi dengan Variasi Suhu dalam Media CH₃COOH 25%

Hasil nilai laju korosi di dalam CH₃COOH 25% dapat dilihat pada Lampiran 3.2.4. baik pada baja karbon dengan penambahan konsentrasi inhibitor EDK maupun tanpa penambahan inhibitor serta dengan penambahan ERH sebagai kontrol pada beberapa variasi suhu.



Gambar 23. Grafik hubungan laju korosi dengan suhu dalam media CH_3COOH 25%

Gambar 23. menunjukkan bahwa nilai laju korosi baja karbon mengalami kenaikan di tiap penambahan suhu. Berdasarkan data nilai laju korosi diperoleh baja karbon tanpa penambahan inhibitor pada suhu 20°C sebesar 76,4457 mpy, suhu 30°C sebesar 84,1848 mpy dan suhu 40°C sebesar 85,7834 mpy. Nilai laju korosi dengan penambahan inhibitor EDK sebesar 17,1857 mpy pada suhu 20°C kemudian mengalami kenaikan yang signifikan sebesar 20,2014 mpy dan 26,4508 mpy pada suhu 30 dan 40°C . Nilai laju korosi dengan penambahan ERH sebagai kontrol pada suhu 20,30 dan 40°C secara berturut-turut sebesar 23,7557 mpy, 28,5218 mpy dan 39,6398 mpy. Kenaikan suhu akan menyebabkan energi kinetik partikel juga meningkat sehingga memungkinkan terjadinya tumbukan efektif pada reaksi redoks semakin besar yang mengakibatkan laju korosi pada logam semakin tinggi (Nova dan Misbah, 2012). Kayadoe dkk. (2015) menyatakan dalam penelitiannya bahwa kenaikan nilai laju korosi disebabkan karena meningkatnya suhu perendaman baja karbon sehingga laju korosi berbanding lurus dengan suhu. Penggunaan suhu tinggi menyebabkan ionisasi asam akan semakin cepat dan pori-pori logam akan semakin besar sehingga mengakibatkan difusi zat asam dan molekul oksigen pada permukaan logam akan semakin cepat.

4.5 Efisiensi Inhibisi

4.5.1 Efisiensi Inhibisi dengan Variasi Konsentrasi dan Waktu Perendaman

Efisiensi suatu inhibitor diperoleh melalui nilai laju korosi yang didapatkan. Hasil nilai efisiensi inhibisi pada baja karbon di dalam media air laut dan CH_3COOH 25% dengan variasi konsentrasi dan waktu perendaman dapat dilihat pada Lampiran 4.3.1 dan 4.3.2.

Tabel 2. Nilai efisiensi inhibisi terendah dan tertinggi di dalam media air laut

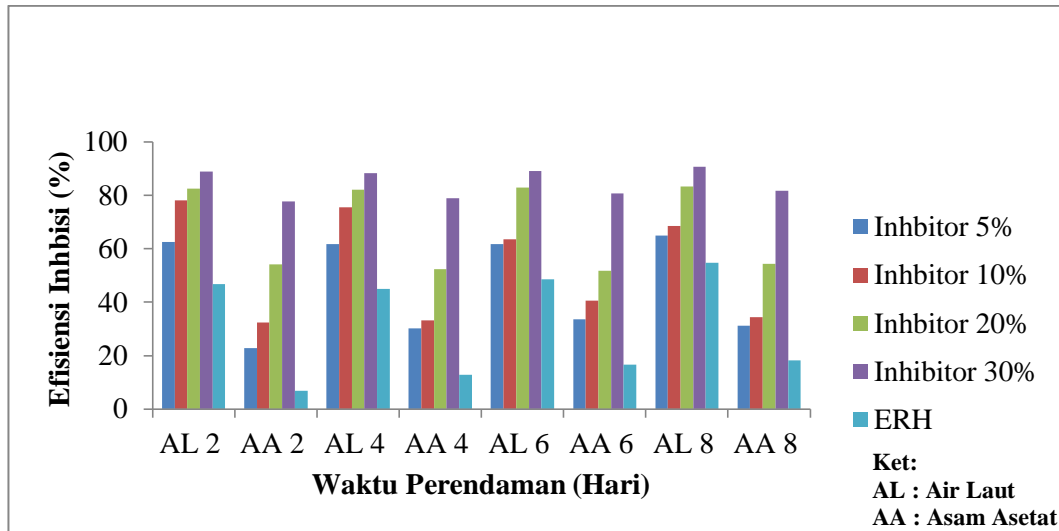
Hari	Efisiensi inhibisi (%)				
	5%	10%	20%	30%	ERH
4	61,84	75,58	82,17	88,37	45,05
8	65,05	68,54	83,43	90,82	54,73

Berdasarkan Tabel 2. nilai efisiensi inhibisi terendah diperoleh pada perendaman selama 4 hari dengan penambahan ERH sebagai kontrol sebesar 45,05% dan semakin bertambah seiring bertambahnya konsentrasi sehingga diperoleh nilai efisiensi tertinggi pada penambahan konsentrasi inhibitor EDK 30% sebesar 90,82% selama perendaman 8 hari.

Tabel 3. Nilai efisiensi inhibisi terendah dan tertinggi di dalam media CH_3COOH 25%

Hari	Efisiensi inhibisi (%)				
	5%	10%	20%	30%	ERH
2	22,91	32,34	54,08	77,74	6,83
8	31,27	34,50	54,33	81,72	18,22

Berdasarkan Tabel 3. menunjukkan bahwa nilai efisiensi inhibisi terendah di dalam media asam asetat di dapatkan pada penambahan *epoxy* resin-hardener (ERH) sebagai kontrol selama perendaman 2 hari sebesar 6,83% dan untuk nilai efisiensi inhibisi tertinggi didapatkan pada waktu perendaman selama 8 hari dengan penambahan konsentrasi inhibitor EDK 30% sebesar 81,72%. Hubungan nilai efisiensi inhibisi terhadap konsentrasi inhibitor di tiap waktu perendaman di dalam media air laut dan asam asetat dapat dilihat pada Gambar 24.



Gambar 24. Grafik efisiensi inhibisi dengan variasi konsentrasi dan waktu perendaman

Gambar 24. menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi inhibitor dan lama waktu perendaman baja karbon di dalam media korosif mempengaruhi nilai efisiensi inhibisi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, nilai efisiensi inhibisi yang dihasilkan di dalam media air laut memiliki tingkat efektifitas yang tinggi dibandingkan dengan asam asetat pada penambahan konsentrasi inhibitor EDK 30% selama perendaman 8 hari. Penggunaan konsentrasi inhibitor EDK 30% dan waktu perendaman selama 8 hari pada penelitian ini merupakan konsentrasi inhibitor dan waktu yang optimum untuk menurunkan laju korosi pada baja karbon. Hal ini disebabkan karena adanya senyawa kompleks tanin yang terbentuk sempurna dan dapat melapisi seluruh permukaan baja.

Penggunaan inhibitor memiliki kemampuan untuk melindungi baja karbon dari korosi pada waktu tertentu dikarenakan semakin lama waktu penggunaan inhibitor dalam media korosif menyebabkan kejenuhan pada inhibitor sehingga terserang kembali oleh ion-ion agresif dalam media korosif. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Irianty dan Khairat, (2013) menyatakan bahwa semakin besar konsentrasi inhibitor yang ditambahkan dan waktu perendaman

yang digunakan menyebabkan nilai efisiensi inhibisi semakin besar sehingga hubungan konsentrasi inhibitor dan waktu perendaman berbanding lurus dengan nilai efisiensi inhibisi baja karbon. Pemaparan tersebut sesuai dengan hasil penelitian yang didapatkan dengan nilai efisiensi tertinggi sebesar 90,82% di dalam media air laut sehingga inhibitor EDK efektif dalam menghambat laju korosi pada baja karbon.

4.5.2 Efisiensi Inhibisi dengan Variasi Suhu

Hasil nilai efisiensi inhibisi secara lengkap dengan beberapa variasi suhu dapat dilihat pada Lampiran 4. Data nilai efisiensi inhibisi terendah dan tertinggi pada baja karbon di dalam media air laut dan CH_3COOH 25% dapat dilihat pada Tabel 4 dan 5.

Tabel 4. Nilai efisiensi inhibisi tertinggi dan terendah di dalam media air laut

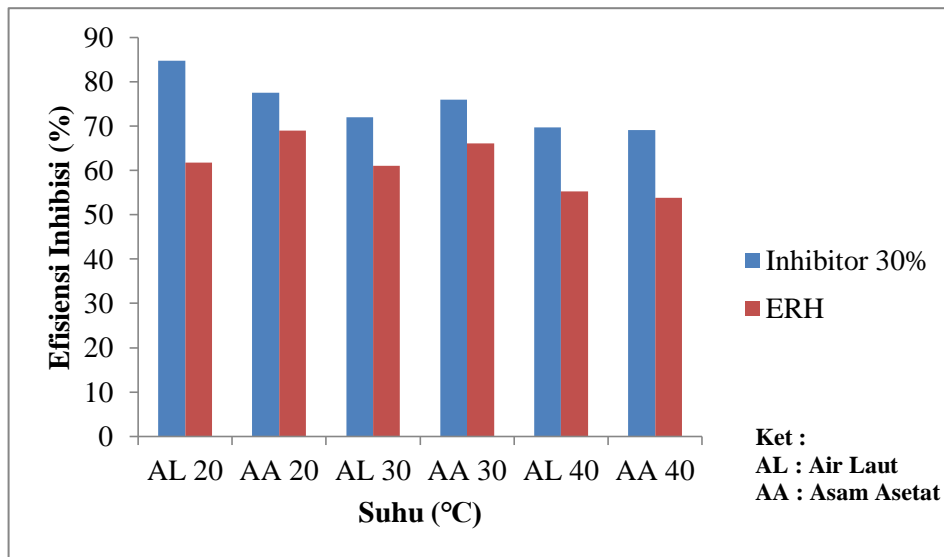
Konsentrasi	Efisiensi inhibisi (%)		
	20°C	30°C	40°C
30%	84,75	71,97	69,72
ERH	61,75	61,04	55,27

Berdasarkan Tabel 4. nilai efisiensi inhibisi tertinggi diperoleh pada perendaman dengan suhu 20°C dengan penambahan inhibitor EDK 30% sebesar 84,75% dan semakin menurun seiring dengan meningkatnya suhu sehingga diperoleh nilai efisiensi terendah pada perendaman 40°C dengan penambahan ERH sebagai kontrol sebesar 55,27%.

Tabel 5. Nilai efisiensi inhibisi tertinggi dan terendah di dalam media CH_3COOH 25%

Konsentrasi	Efisiensi inhibisi (%)		
	20°C	30°C	40°C
30%	77,51	76,01	69,16
ERH	68,96	66,12	53,79

Berdasarkan Tabel 5. nilai efisiensi inhibisi tertinggi diperoleh pada perendaman dengan suhu 20°C dengan penambahan inhibitor EDK 30% sebesar 77,96% dan semakin menurun seiring dengan meningkatnya suhu sehingga diperoleh nilai efisiensi terendah pada perendaman 40°C dengan penambahan ERH sebagai kontrol sebesar 53,79%. Hubungan nilai efisiensi inhibisi terhadap suhu di dalam media air laut dan asam asetat dapat dilihat pada Gambar 25.



Gambar 25. Grafik efisiensi inhibisi dengan variasi suhu

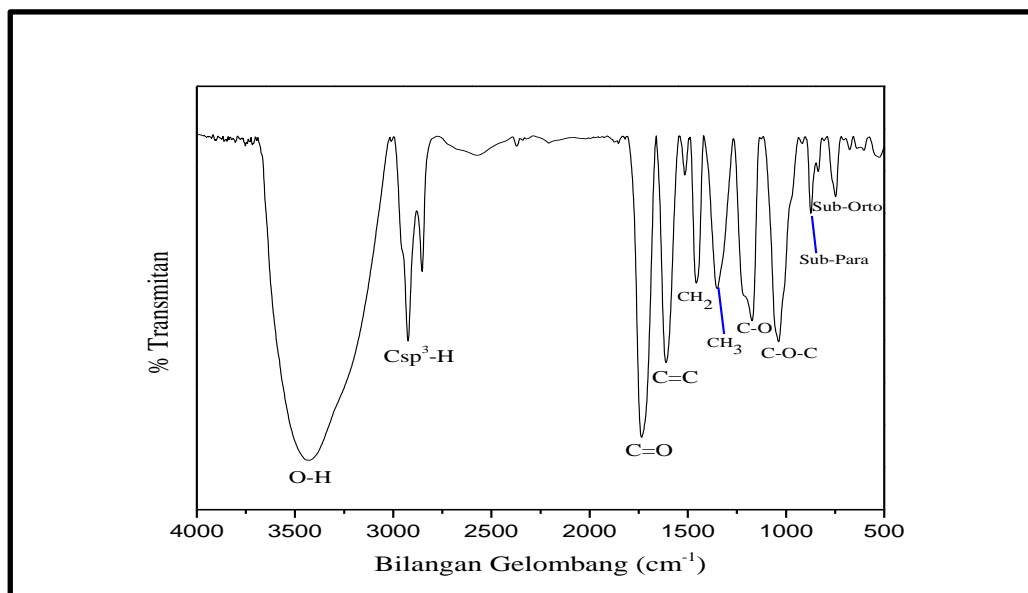
Gambar 25. menunjukkan bahwa nilai efisiensi inhibisi semakin menurun seiring dengan kenaikan suhu perendaman sehingga hubungan antara nilai efisiensi inhibisi dengan suhu berbanding terbalik. Penurunan nilai efisiensi inhibisi diakibatkan kemampuan inhibitor ekstrak daun ketapang pada suhu yang tinggi relatif akan berkurang dan tidak stabil sehingga kemampuan adsorpsi molekul inhibitor menurun. Hal ini disebabkan karena adanya persaingan antara difusi molekul senyawa inhibitor ekstrak daun ketapang dengan zat korosif dipermukaan logam. Besarnya molekul senyawa yang terdapat dalam inhibitor ekstrak daun ketapang mengakibatkan lambatnya proses difusi sehingga

permukaan logam lebih dahulu diserang oleh zat korosif yang memiliki ukuran molekul yang kecil sehingga pergerakannya lebih cepat (Sunarti dkk., 2020). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh bahwa nilai efisiensi mengalami penurunan dengan meningkatnya penggunaan suhu dari 20, 30 dan 40°C. Suhu 20°C pada baja karbon dengan penambahan inhibitor memiliki nilai efisiensi tertinggi sehingga suhu tersebut yang optimum digunakan. Hal ini menunjukkan bahwa permukaan baja karbon telah terlindungi oleh lapisan yang terbentuk dari inhibitor EDK sehingga penambahan inhibitor ekstrak daun ketapang efektif dalam memperlambat laju korosi pada media air laut dan CH₃COOH 25%.

4.6 Karakterisasi

4.6.1 Hasil Uji *Fourier Transform Infrad Red (FTIR)*

Hasil ekstrak sampel daun ketapang kemudian dianalisis menggunakan FTIR dengan panjang gelombang 500-4000 cm⁻¹ untuk mengetahui adanya gugus fungsi yang terdapat di dalam senyawa tanin.



Gambar 26. Spektrum FTIR senyawa tanin dari ekstrak daun ketapang

Hasil analisis spektrum tanin yang terdapat di dalam ekstrak daun ketapang pada Gambar 26. menunjukkan adanya beberapa gugus fungsi yang diantaranya serapan puncak pada bilangan gelombang $3429,43\text{ cm}^{-1}$ dengan intensitas yang sedang dan bentuk pita yang melebar menunjukkan adanya gugus O-H yang terikat pada gugus alifatik dan aromatik akibat dari vibrasi ikatan hidrogen intramolekul (Hayati dkk., 2010). Hal ini diperkuat dengan adanya serapan tajam pada bilangan gelombang $1172,72\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya gugus C-O. Gugus fungsi lainnya yang terdapat pada ekstrak tanin yaitu pada bilangan gelombang $2924,09\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus $\text{Csp}^3\text{-H}$ (alkana) yang diperkuat dengan adanya vibrasi tekuk pada bilangan gelombang $1456,26\text{ cm}^{-1}$ dan $1340,17\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya gugus CH_2 (metilen) dan CH_3 (metil). Selanjutnya, serapan tajam dan intensitas sedang pada bilangan gelombang $1735,93\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus karbonil dari C=O ester. Hal ini diperkuat karena terjadinya serapan yang lebar dan intensitas yang lemah pada bilangan gelombang $1037,70\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya gugus C-O-C eter. Gugus ester yang terdapat pada ekstrak daun ketapang memperkuat adanya senyawa tanin akibat terbentuknya ikatan ester antara gugus hidroksi dengan gugus karbonil (Sari dkk., 2015). Serapan selanjutnya pada bilangan gelombang $1610,56\text{ cm}^{-1}$ dan $1516,05\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus C=C aromatik dengan intensitas kuat pada spektrum tanin yang diperkuat karena adanya vibrasi pada bilangan gelombang $873,75\text{ cm}^{-1}$ dan $748,38\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan monosubstitusi para dan orto pada senyawa aromatik. Fathurrahman dan Musfiroh (2015), menjelaskan dalam penelitiannya bahwa gugus fungsi O-H, C-O, $\text{Csp}^3\text{-H}$, C=O ester, C=C aromatik, dan C-O-C eter dari hasil spektrum infra merah isolatnya positif mengandung senyawa tanin. Hal ini memperkuat bahwa pada penelitian

yang dilakukan, ekstrak daun ketapang positif mengandung senyawa tanin karena adanya gugus O-H, Csp³-H, C=O ester, C=C aromatik, C-O dan C-O-C eter.

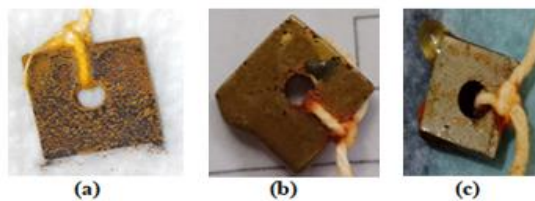
4.6.2 Analisis Morfologi Permukaan Makro Baja Karbon ST 37

Analisa morfologi permukaan makro pada baja ST 37 bertujuan untuk membandingkan bentuk baja karbon sebelum dan sesudah mengalami korosi di dalam media air laut maupun CH₃COOH 25% pada baja karbon tanpa penambahan inhibitor maupun dengan penambahan inhibitor EDK pada variasi waktu dan suhu perendaman.



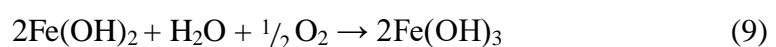
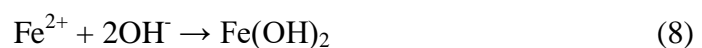
Gambar 27. Foto baja karbon sebelum perendaman

Gambar 27. menunjukkan foto permukaan baja karbon sebelum dilakukan perendaman. Kondisi baja karbon terlihat memiliki permukaan yang masih rata dan bersih dari karat tetapi terdapat goresan halus dan tipis yang diakibatkan dari proses pengamplasan baja karbon. Permukaan baja karbon tersebut terlihat tidak berpori dan berlubang sehingga menunjukkan proses korosi belum terjadi baik dari pengaruh lingkungan maupun zat yang korosif. Proses korosi dapat terjadi dengan adanya pengaruh seperti pengaruh dari lingkungan dan lamanya proses perendaman baja.



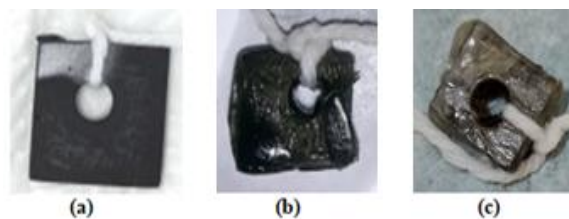
Gambar 28. Foto makro baja karbon ST 37 dengan variasi waktu perendaman dalam media air laut (a) tanpa inhibitor (b) dengan inhibitor 30% (c) dengan penambahan ERH

Gambar 28. menunjukkan permukaan baja karbon setelah dilakukan perendaman dalam media air laut selama 8 hari pada sistem sirkulasi terbuka. Gambar 28(a) merupakan permukaan baja karbon tanpa penambahan inhibitor, dapat dilihat pada permukaannya terdapat banyak endapan berwarna kuning yang menandakan terjadinya proses korosi pada permukaan baja karbon. Peristiwa terjadinya korosi di dalam media air laut dikarenakan adanya sifat elektrolit yang dapat menyebabkan terjadi proses oksidasi logam dan reduksi air sehingga menyebabkan logam yang direndam menghasilkan endapan yang disebut sebagai pengkaratan (Karim dan Yusuf, 2012). Proses oksidasi logam terjadi pada daerah yang bersifat anodik dan mengalami pelarutan atom yang diikuti dengan pelepasan elektron membentuk ion Fe^{2+} yang dapat larut dalam air. Semakin meningkat elektron yang dilepaskan menyebabkan molekul oksigen dan air tertarik kembali ke permukaan logam sehingga mengalami proses reduksi yang menghasilkan ion hidroksil (OH^-) dan daerah ini bersifat katodik. Adanya ion Fe^{2+} yang bereaksi dengan ion OH^- di permukaan logam akan menyebabkan terbentuknya $\text{Fe}(\text{OH})_2$. Senyawa ferihidroksi dapat bereaksi kembali dengan gas oksigen dan molekul air membentuk $\text{Fe}(\text{OH})_3$ berwarna kuning yang menempel pada permukaan baja karbon atau disebut sebagai karat. Hal ini dapat dijelaskan pada Persamaan reaksi 8. selanjutnya membentuk Persamaan reaksi 9. (Irianty dan Khairat, 2013).



Gambar 28(b) menunjukkan adanya endapan yang tidak terlalu tampak pada baja karbon dengan pelapisan inhibitor EDK 30% ekstrak daun ketapang sehingga tidak mudah terserang oleh korosi secara langsung. Hal ini terjadi karena

kandungan senyawa tanin pada inhibitor ekstrak daun ketapang membentuk lapisan tipis pada permukaan baja karbon sehingga menghalangi interaksi antara air laut dengan permukaan baja karbon (Somar dan Rahman, 2016). Semakin banyak kandungan senyawa tanin pada ekstrak daun ketapang maka semakin banyak yang teradsorpsi pada permukaan baja sehingga proses korosi menjadi lambat dan dapat menghalangi serangan dari ion-ion agresif dari larutan korosif (Yahya dkk., 2008). Gambar 28(c) merupakan baja karbon dengan pelapisan ERH yang menunjukkan terbentuknya endapan berwarna kuning yang disebabkan karena terjadinya proses korosi pada permukaan baja yang lebih cepat dibandingkan dengan penambahan inhibitor. Hal ini disebabkan karena penambahan resin-hardener bertindak sebagai perekat dan pengeras sehingga tidak berfungsi untuk menghambat terjadinya korosi pada permukaan baja. ERH digunakan untuk membuat inhibitor ekstrak daun ketapang dapat bertahan lama melekat pada permukaan baja karbon dengan cara mencampurkan inhibitor dengan resin-hardener kemudian dilapisi pada baja karbon.

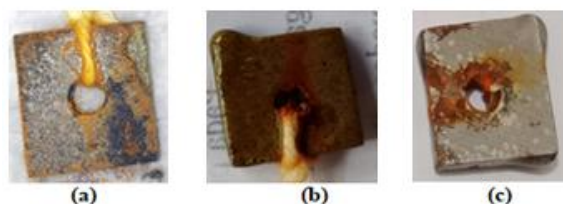


Gambar 29. Foto makro baja karbon ST 37 dengan variasi waktu perendaman dalam media CH_3COOH 25% (a) tanpa inhibitor (b) dengan inhibitor 30% (c) dengan ERH

Gambar 29. menunjukkan hasil perendaman baja karbon dalam media CH_3COOH 25% selama 8 hari perendaman. Gambar 29(a) menunjukkan perubahan warna pada permukaan baja karbon tanpa penambahan inhibitor menjadi warna hitam yang menandakan terjadinya korosi. Logam yang berkontak langsung dengan media korosif akan lebih cepat mengalami pengkaratan.

Terbentuknya karat pada permukaan baja karbon karena adanya reaksi kimia secara merata pada baja karbon yang direndam dalam media korosif seperti asam asetat. Asam asetat memiliki zat-zat korosif yang menyebabkan terjadi korosi lebih cepat dan mengakibatkan pengikisan pada permukaan logam, dapat dilihat dari nilai kehilangan berat yang dihasilkan pada baja karbon yang direndam dalam media asam asetat lebih besar sehingga menyebabkan nilai laju korosi juga semakin meningkat. Semakin banyak jumlah zat korosif yang menyerang permukaan logam maka laju korosi semakin meningkat sehingga menyebabkan terjadi proses korosi (Yufita dkk., 2018).

Gambar 29(b) menunjukkan terbentuknya endapan inhibitor EDK yang melapisi permukaan baja karbon sehingga menghambat terjadinya proses korosi. Endapan inhibitor EDK berubah menjadi warna hijau kehitaman dikarenakan mengalami interaksi dengan asam asetat yang memiliki tingkat korosif tinggi. Kemampuan inhibitor memberikan perlindungan fleksibel dengan membentuk lapisan tipis sehingga dapat melindungi baja karbon terserang oleh ion-ion agresif. Penambahan inhibitor pada baja karbon dapat menghambat terjadinya korosi yang ditandai dengan nilai laju korosi yang menurun dibandingkan dengan nilai laju korosi tanpa penambahan inhibitor (Nugroho, 2015).

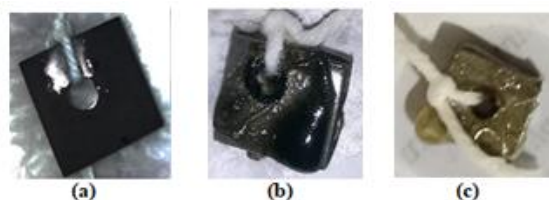


Gambar 30. Foto makro baja karbon ST 37 dengan variasi suhu dalam media air laut (a) tanpa inhibitor (b) dengan inhibitor 30% (c) dengan penambahan ERH

Gambar 30. menunjukkan hasil perendaman baja karbon pada suhu 20°C dalam media air laut. Gambar 30(a) menunjukkan terbentuknya karat pada

permukaan baja karbon tanpa penambahan inhibitor yang ditandai dengan endapan berwarna kuning kecoklatan pada media air laut. Korosi yang terjadi pada permukaan baja karbon tanpa penambahan inhibitor menyerang seluruh permukaan baja karbon. Hal ini disebabkan karena adanya pengaruh kenaikan suhu yang menyebabkan bertambahnya kecepatan reaksi korosi. Haryono dkk. (2020) menyatakan dalam penelitiannya bahwa pengaruh temperatur yang semakin tinggi menyebabkan ion-ion agresif yang terdapat di dalam air laut akan mudah merusak struktur permukaan baja karbon.

Gambar 30(b) menunjukkan pembentukan karat yang tidak terlalu nampak dikarenakan adanya pelapisan dari inhibitor ekstrak daun ketapang. Hal ini disebabkan karena frekuensi sisi aktif dari molekul inhibitor dengan permukaan baja karbon semakin banyak sehingga membentuk lapisan pasif yang stabil (Kayadoe dkk., 2015). Lapisan pasif ini berupa lapisan oksidasi besi yang menempel pada permukaan baja dan akan menghalangi ion-ion yang bersifat korosif menyerang permukaan baja sehingga dapat menghambat terjadinya korosi (Threthewey, 1991). Menurut Ega, (2014), penggunaan konsentrasi inhibitor yang tepat dapat mengurangi laju korosi sehingga baja dapat terlindungi dari serangan ion korosif di dalam air laut.



Gambar 31. Foto makro baja karbon ST 37 dengan variasi suhu dalam media CH_3COOH 25% (a) tanpa inhibitor (b) dengan inhibitor 30% (c) dengan penambahan ERH

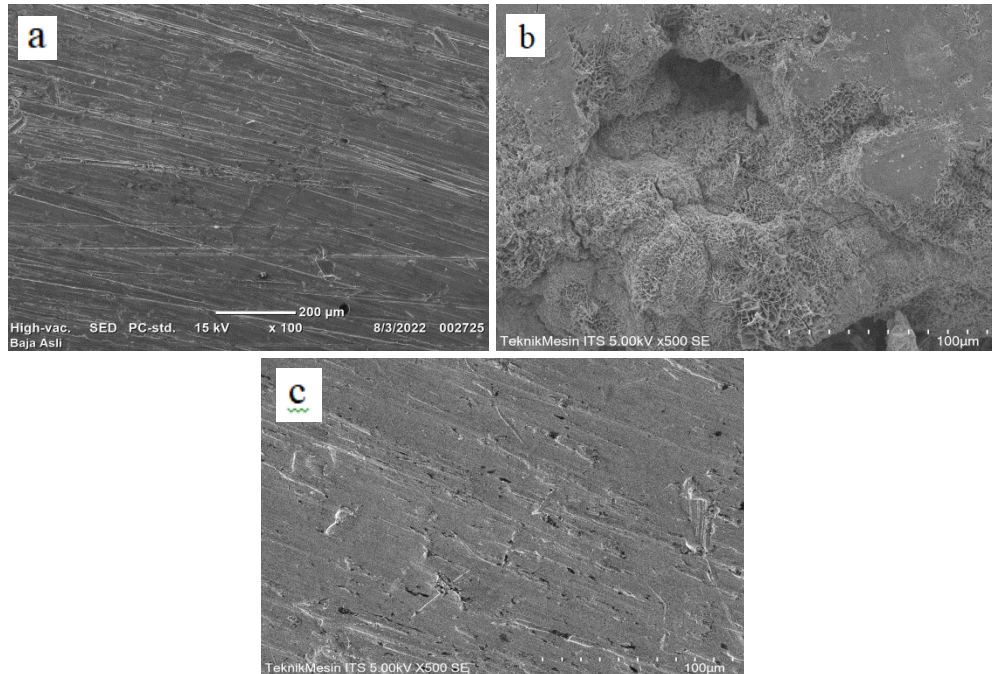
Hasil setelah dilakukan perendaman selama 8 hari pada baja karbon dalam media CH_3COOH 25% dengan variasi suhu dapat dilihat pada Gambar 30. Baja

karbon tanpa penambahan inhibitor yang terlihat pada Gambar 30(a) menunjukkan terbentuknya korosi pada permukaan baja karbon. Hal ini disebabkan karena kenaikan suhu yang digunakan selama perendaman baja karbon sehingga nilai laju korosi meningkat lebih cepat pada kondisi asam daripada kondisi garam maupun basa. Kenaikan suhu menyebabkan energi kinetik dari partikel-partikel asam asetat bereaksi sehingga terjadi tumbukkan efektif pada reaksi redoks semakin membesar menyebabkan laju korosi semakin meningkat dan terbentuk karat pada permukaan baja karbon (Haryono dkk., 2010). Gambar 30(b) menunjukkan permukaan baja karbon yang dilapisi dengan inhibitor ekstrak daun ketapang sehingga dapat menghambat terjadinya korosi. Hal ini disebabkan karena adanya ion besi yang memiliki pasangan elektron bebas bereaksi dengan tanin membentuk senyawa kompleks sehingga terbentuk lapisan pasif yang menutupi permukaan baja karbon secara merata sehingga memperlambat proses korosi. Triharto (2010) menyatakan dalam penelitiannya bahwa inhibitor mengandung zat yang dapat membentuk lapisan pasif. Lapisan pasif merupakan lapisan yang dapat melindungi permukaan logam sehingga menjadi penghalang yang mencegah lingkungan korosif melakukan kontak langsung dengan logam yang dilapisi dengan inhibitor. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan bahwa baja karbon tanpa penambahan inhibitor mengalami korosi dengan cepat dibandingkan dengan baja karbon dengan penambahan inhibitor, sedangkan dengan penambahan ERH mengalami korosi tetapi tidak secepat baja karbon tanpa penambahan inhibitor dikarenakan ERH hanya bertindak sebagai penguat dan pekat baja karbon dengan inhibitor agar dapat bertahan lama.

4.6.3 Analisis Morfologi Permukaan Baja Karbon Menggunakan SEM-EDX (*Scanning Electron Microscope with Energy Dispersive x-ray*)

Uji analisis menggunakan SEM bertujuan untuk mengetahui morfologi dari baja ST 37 melalui analisa foto mikro sehingga dapat mengetahui jenis korosi

yang terjadi pada baja karbon. Hasil analisis menampilkan mikrograf pada permukaan sampel baja asli tanpa perendaman, baja yang direndam tanpa penambahan inhibitor dan baja yang direndam dengan penambahan konsentrasi inhibitor EDK 30% selama 8 hari dalam media air laut. Hasil analisis uji SEM pada sampel baja ST 37 dapat dilihat pada Gambar 32.



Gambar 32. Morfologi permukaan baja karbon (a) baja tanpa perendaman perbesaran 100x (b) baja yang direndam tanpa penambahan inhibitor perbesaran 500x (c) baja yang direndam dengan penambahan inhibitor 30% perbesaran 500x

Analisis SEM pada baja ST 37 dilakukan pada daerah sekitar lubang untuk melihat pengaruh perbedaan baja karbon yang mengalami korosi dengan perbesaran 100x, 500x, 1000x, dan 5000x yang dapat dilihat pada Lampiran 6. Pada Gambar 32(a) menunjukkan morfologi baja karbon tanpa perlakuan perendaman yang terlihat tidak mengalami korosi. Hal ini ditandai karena permukaan baja karbon masih dalam kondisi baik dengan permukaan yang rata dan bersih. Permukaan baja karbon hanya terlihat adanya garis-garis halus akibat pengaruh dari pengamplasan baja karbon. Permukaan baja karbon belum

mengalami korosi dikarenakan tidak adanya pengaruh oleh lingkungan yang mengenai permukaan baja sehingga tidak mengalami interaksi dengan larutan korosif yang digunakan (Turnip dkk., 2015).

Gambar 32(b) menunjukkan morfologi permukaan baja karbon yang direndam tanpa penambahan inhibitor, terlihat bahwa permukaan baja karbon mengalami korosi yang ditandai dengan terbentuknya banyak celah dan produk korosi yang lebih tebal pada permukaan baja karbon. Ion hidroksil di daerah katoda terdifusi dengan ion besi sehingga terjadi pengendapan membentuk produk korosi yang tidak larut disekitar permukaan logam. Hal ini dikarenakan baja karbon tidak memiliki lapisan inhibitor yang melindungi permukaannya sehingga terjadi interaksi langsung antara permukaan baja karbon dengan lingkungan korosif yang menyebabkan adanya serangan korosi yang merata dipermukaan baja karbon. Daerah korosi yang terbentuk termasuk dalam korosi celah atau *crevice corrosion* (Badaruddin dkk., 2006).

Gambar 32(c) menunjukkan morfologi permukaan baja karbon dengan penambahan inhibitor dengan konsentrasi inhibitor EDK 30% di dalam media air laut selama perendaman 8 hari, terlihat bahwa korosi yang terbentuk lebih sedikit dan hanya pada bagian tertentu yang ditandai dengan endapan yang berbentuk seperti goresan. Hal ini disebabkan karena adanya lapisan inhibitor yang terbentuk sehingga dapat melindungi permukaan baja karbon agar tidak dapat rusak akibat serangan korosi (Fitria dkk., 2021). Morfologi permukaan baja karbon dengan penambahan inhibitor termasuk dalam jenis korosi sumuran atau *pitting corrosion* (Indrayani, 2016). Berdasarkan penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa penggunaan inhibitor ekstrak daun ketapang dengan konsentrasi 30% yang direndam dalam media air laut selama 8 hari efektif dalam menghambat terjadinya

korosi pada permukaan baja karbon. Hal ini diperjelas dengan adanya perubahan kandungan kimia baja karbon dibagian permukaannya akibat faktor aliran air laut.

Morfologi pada permukaan baja juga dianalisis menggunakan EDX untuk mengetahui komposisi elemen dan perbesaran unsur dominan pada baja ST 37. Hasil analisis dilakukan pada baja karbon tanpa penambahan inhibitor dan dengan penambahan inhibitor EDK 30% pada perendaman selama 8 hari. Daerah titik penembakkan baja karbon dapat dilihat pada Lampiran 6. yang juga menampilkan hasil uji EDX dalam bentuk grafik. Daerah titik penembakkan EDX pada baja karbon dilakukan pada bagian yang mengalami korosi sehingga diperoleh kandungan unsur pada baja karbon. Kandungan unsur yang dilengkapi dengan kadar dari unsur yang terdapat pada baja karbon dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil analisis kandungan unsur pada baja karbon menggunakan EDX

Baja Karbon	Kadar Unsur (%)			
	Fe	C	O	Si
Tanpa Inhibitor	67,10	2,39	30,05	0,47
Dengan Inhibitor	95,17	2,03	2,25	0,55

Tabel 6. menunjukkan kandungan unsur-unsur pada baja karbon tanpa penambahan inhibitor dan dengan penambahan inhibitor EDK yaitu Fe, C, O dan Si. Kandungan unsur utama yang terkandung di dalam baja karbon yaitu Fe dan C. Kandungan unsur C pada sampel bertindak sebagai unsur paduan utama yang berfungsi sebagai unsur penguat sehingga dapat mencegah pergerakan pada kisi kristal unsur Fe sebagai unsur dasar. Kandungan besi (Fe) pada baja karbon dengan penambahan inhibitor EDK lebih besar yaitu 95,17% sedangkan baja karbon tanpa penambahan inhibitor memiliki kandungan besi (Fe) sebesar 67,10%. Kandungan besi yang rendah pada baja karbon tanpa penambahan inhibitor disebabkan karena logam yang teroksidasi lebih banyak sehingga besi

akan semakin kehilangan elektron dan kehilangan massa (Ramlah dkk., 2020). Hal ini dikarenakan baja karbon dengan penambahan inhibitor EDK dapat terlindungi dari serangan korosi sehingga unsur besi yang terkandung dalam baja karbon tidak berkurang terlalu banyak. Tabel 6. memperlihatkan adanya kandungan unsur oksigen pada baja karbon tanpa penambahan inhibitor maupun dengan penambahan inhibitor EDK. Unsur oksigen merupakan salah satu unsur paduan yang terdapat dalam baja karbon. Baja karbon tanpa penambahan inhibitor memiliki kandungan oksigen yang lebih besar yaitu 30,05% daripada baja karbon dengan penambahan inhibitor EDK yang hanya memiliki kandungan oksigen sebesar 2,25%. Kandungan unsur oksigen yang besar pada baja karbon tanpa inhibitor menyebabkan terjadinya serangan korosi dengan cepat dikarenakan di dalam air pada sirkulasi lingkungan terbuka korosi dapat terjadi sehingga unsur oksigen pada permukaan media dapat menyebabkan proses oksidasi yang membuat laju korosi semakin meningkat (Widiyana, 2020).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa pengaruh inhibitor ekstrak daun ketapang (*Terminalia catappa* L.) dapat menurunkan laju korosi pada baja ST 37 dan meningkatkan efisiensi inhibisi di dalam media air laut dan CH₃COOH 25% . Nilai laju korosi dalam media air laut didapatkan sebesar 1,1263 mpy dengan efisiensi inhibisi sebesar 90,82% dan dalam media CH₃COOH 25% sebesar 13,3344 mpy dengan efisiensi inhibisi sebesar 81,72% pada konsentrasi inhibitor EDK 30% selama perendaman 8 hari. Laju korosi dapat mempengaruhi bentuk struktur morfologi permukaan baja ST 37 menjadi tergores, berpori dan memiliki celah sehingga terjadi korosi sumuran dan korosi merata. Korosi yang terbentuk dalam media air laut pada permukaan baja ST 37 lebih sedikit dan berwarna kuning kecoklatan dan dalam media CH₃COOH 25% permukaan baja ST 37 memiliki produk korosi yang lebih banyak dan berwarna kehitaman. Variasi konsentrasi inhibitor, waktu perendaman dan suhu perendaman memiliki pengaruh terhadap laju korosi pada baja ST 37.

5.2 Saran

Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan variabel yang berbeda seperti pH, media korosi dan variasi waktu yang berbeda untuk mengetahui kinerja inhibitor dalam menghambat laju korosi serta melakukan pengujian laju korosi dengan metode lain untuk memahami dengan pasti kinerja dari inhibitor ekstrak daun ketapang.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, Y.K., Arief, I.S. dan Amiadji, 2015, Analisis Laju Korosi pada Pelat Baja Karbon dengan Variasi Ketebalan Coating, *Jurnal Teknik ITS*, **4** (1); 1-5.
- Ahmed, S.M., Swamy, V.B.M., Dhanapal, P.G. and Chandrashekara, V.M., 2005, Anti-Diabetic Activity of *Terminalia catappa* Linn. Leaf Extracts in Alloxan-Induced Diabetic Rats, *Iranian Journal of Pharmacology & Therapeutics*, **4** (1); 36-39.
- Akharaiyil, F.C., Ilori, R.M. dan Adesida, J.A., 2011, Antibacterial Effect of *Terminalia catappa* on Some Selected Pathogenic Bacteria, *International Journal of Pharmaceutical and Biomedical Research*, **2** (2); 64-67.
- Amanto, Hari dan Daryanto, 2017, *Ilmu Bahan*, Bumi Aksara, Jakarta.
- Apriliani, N., Suka, E.G. dan Suprihatin, 2017, Efektifitas Ekstrak Daun Belimbing Wuluh (*Avverhoa bilimbi* L) sebagai Inhibitor Pada Baja ST 37 dalam Medium Korosif NaCl 3%, *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, **5** (2); 161-172.
- Aprianti, N., 2021, Pengaruh Inhibitor dari Biji Nangka Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Medium, *Skripsi tidak diterbitkan*, Universitas Islam Negeri Alauddin, Makassar.
- Arifin, D.E.P., Muliastri, D., Rudiana, R. and Sari, F.N.I., 2021, Green Corrosion Inhibitors to Head off the Corrosion Rate of ST 37 Steels, *International Journal of Applied Technology Research*, **2** (1); 21-28.
- Asdim, 2007, Penentuan Efisiensi Inhibisi Ekstrak Kulit Buah Manggis (*Garcinia mangostana* L) pada Reaksi Korosi Baja Dalam Larutan Asam, *Jurnal Gradien*, **3** (1); 231-232.
- Atkins, P.W., 1997, *Kimia Fisika*, Erlangga, Jakarta.
- Badaruddin, M., Suudi, A., dan Hamni, A., 2006, Perilaku Korosi Retak Tegang *Stainless Steel* 304 dalam Lingkungan Asam Sulfat Akibat *Prestrain*, *Makara Teknologi*, **10** (2); 67-71.
- Damayanti, R., Karo-Karo, P. dan Riyanto, A., 2019, Pemanfaatan Biomassa sebagai Inhibitor Organik pada Baja AISI 1020 Di Universitas Lampung, *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, **7** (2); 197-206.
- Datu, F.N.S., Hasri, dan Pratiwi, D.E., 2021, Identifikasi dan Uji Kestabilan Tanin dari Daging Biji Pangi (*Pangium edule* Reinw.) sebagai Bahan Pewarna Alami, *Jurnal Chemical*, **22** (1); 29-34.
- Densita, T., 2015, Penentuan Jenis Tanin secara Kualitatif dan Penetapan Kadar Tanin dari Kulit Buah Rambutan (*Nephelium loppaceum* L.) secara Permanganometri, *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Universitas Surabaya*, **4** (1); 1-10.

- Dewi, I.S.P., dan Agung, B., 2012, Pengaruh Variasi pH dan Konsentrasi Asam Asetat terhadap Karakterisasi CO₂ pada Baja BS 970, *Jurnal Teknik Material dan Metalurgi*; 1-8.
- Dhora, A., 2017, Ekstraksi Tanin pada Daun Ketapang (*Terminalia catappa L*) dengan Variasi Pelarut, Konsentrasi Pelarut dan Lama Waktu Ekstraksi, *Jurnal Mina Sains*, **3** (2); 1-6.
- Djaprie, S., 1995, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Erlangga, Jakarta.
- El-etre, A.Y., and Abdallah, M., 2000, Natural Honey as Corrosion Inhibitor for Metals and Alloys II C-steel in High Saline Water. *Corrosion Science*, **42** (2000); 731-738.
- El-Sherbini, F., Wahab, A. and Deyab, M., 2005, Ethoxylated Fatty Acids as Inhibitors for the Corrosion of Zinc in Acid Media, *Materials Chemistry And Physics*, **89**; 183-191.
- Faturrahman, N.R., dan musfiroh, I., 2015, Teknik Analisis Instrumentasi Senyawa Tanin, *Farmaka*, **16** (2); 449-456.
- Fitria, R.I., Mahatmmanti, W., Kurniawan, C., dan Kusumastuti, E., 2021, Steel Corrosion Protection with Water-Soluble Chitosan Inhibitor in 0,1 M HCl Solution Media, *Indonesian Journal of Chemical Science*, **10** (1); 41-48.
- Fogler, 1992, *Elements of Chemical Reaction Enggining*, Prentice-Hall International, USA.
- Fontana, M.G., 1987, *Corrosion Engineering, Materials Science and Engineering Series*, McGraw-Hill International, Singapura.
- Giri, A.P., Ediman, dan Suprihatin, 2017, Efektifitas Ekstrak Daun Sirsak sebagai Inhibitor pada Baja Karbon API 5L dalam Larutan NaCl 3%, *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, **5** (1); 43-48.
- Hakimin, A.Z. dan Dahlan, D., 2021, Sintesis Lapisan Antikorosi Menggunakan Ekstrak Daun Ketapang (*Terminalia catappa L*) sebagai Inhibitor Korosi Baja, *Jurnal Fisika Unand (JFU)*, **10** (2); 170-176.
- Halimu, R.B., Sulistijowati, R.S., dan Mile, L., 2017, Identifikasi Kandungan Tanin pada *Sonneratia alba*, *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, **5** (4); 93-97.
- Harborne, J.B., 1987, *Metode Fitokimia: Penuntun Cara Modern Menganalisa Tumbuhan*, Terbitan Kedua, ITB, Bandung.
- Haryono, G., Sugiarto, B., Farid, H., dan Tanoto, Y., 2010, *Ekstrak Bahan Alam sebagai Inhibitor Korosi*, Fakultas Teknik Industri, UPN Vetran, Yogyakarta.

- Hidayat, S. dan Napitupulu, R.M., 2015, *Kitab Tumbuhan Obat*, Agriflo (Swadaya Grup), Jakarta.
- Hidjrawan, Y., 2018, Identifikasi Senyawa Tanin pada Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi L*), *Jurnal Optimalisasi*, **4** (2); 78-82.
- Husodo, N., Mashuri, Reynaldi, A.F., Windarta, K.A. dan Pradityana, A., 2021, Pemanfaatan Ekstrak Kulit Buah Langsung sebagai Inhibitor Organik Korosi pada Baja ST 37 dalam Media 1 M H₂SO₄, *Jurnal Amori*, **2** (1); 18-21.
- Hernawan, U.E., dan Setyawan, A.D., 2003, Review: Ellagelatin; Biosintesis, Isolasi dan Aktivitas Biologis, *Biofarmasi*, **1** (1); 25-28.
- Howell, A.B., 2004, *Hydrozable Tannin Extracts from Plants Effective at Inhibiting Bacterial Adherence to Surface*. United States Patent Application No. 20040013710.
- Ikalinus, R., Widyastuti, S.K., dan Setiasih, N.L.K., 2015, Skrining Fitokimia Ekstrak Etanol Kulit Batang Kelor (*Moringa oleifera*), *Indonesia Medicus Veterinus*, **4** (1); 71-79.
- Indrayani, N.L, 2016, Studi Pengaruh Ekstrak Eceng Gondok sebagai Inhibitor Korosi untuk Pipa Baja SS400 pada Lingkungan Air, *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, **4** (2); 47-56.
- Irawati, F., 2012, Kajian Ekstraksi Tanin dari Daun Ketapang (*Terminalia Catappa L*), *Skripsi tidak diterbitkan*, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”, Jawa Timur, Surabaya.
- Irianty, R.S. dan Khairat, 2013, Ekstrak Daun Pepaya Sebagai Inhibitor Korosi pada Baja AISI 4140 dalam Medium Air Laut, *Jurnal Teknologi*, **IV** (2); 77-82.
- Jalaluddin, Ishak dan Rosmayuni, 2015, Efektifitas Inhibitor Ekstrak Tanin Kulit Kayu Akasia (*Acacia mangium*) Terhadap Laju Korosi Baja Lunak (ST 37) dalam Media Asam Klorida, *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, **4** (1); 89-99.
- Julinawati, Marlina, Nasution, R. dan Sheilatina, 2015, Applying SEM-EDX Techniques Identifying the Types of Mineral of Jades (Giok) Takengon, Aceh, *Jurnal Natural*, **15** (2); 44-48.
- Jones, D.A., 1996, *Principles and Prevention of Corrosion – 2nd Editions*, Prentice Hall New Jersey, USA.
- Karim, A.A. dan Zulkifly, A.Y., 2012, Analisa Pengaruh Penambahan Inhibitor Kalsium Karbonat dan Tapioka Terhadap Tingkat Laju Korosi pada Plat Baja Tangki Ballast Air Laut, *Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan*, **10** (7); 205-212.

- Kayadoe, V., Fadli, M., Hasim, R. dan Tomaso, M., 2015, Ekstrak Daun Pandan (*Pandanus amaryllifolius Roxb*) sebagai Inhibitor Korosi Baja SS-304 dalam Larutan H₂SO₄, *Jurnal Molekul*, **10** (2); 88-96.
- Kinoshita, S., Inoue, Y., Nakama, S., Ichiba, T., dan Aniya, Y., 2007, Antioxidant and Hepatoprotective Actions of Medicinal Herb *Terminalia catappa L.* from Okinawa Island and its Tannin corilagin, *Phytomedicine*, **14**; 755-762.
- Kirk and Othmer, 1965, *Encyclopedia of Chemical Technology*, John Willey and Sons, New York.
- Kostova, I., Ojala, T., Lacy, A., O'Kennedy, R., Widelski, J., and Melliou, E., 2008, Extraction Technologies for Medicinal and Aromatic Plants, *Journal of Natural Products*, **5** (8); 440.
- Khasibudin, M.R.W., 2018, Analisis Laju Korosi Baja Karbon ST 60 Terhadap Larutan Hidrogen Klorida (HCl) dan Larutan Natrium Hidroksida (NaOH), *Majalah Techno*, 1-12.
- Khopkar, S.M., 2003, *Konsep Dasar Kimia Analitik*, UI Press, Jakarta.
- Kristanti, A.N., Aminah, N.S., Tanjung, M., dan Kurniadi, B., 2008, *Buku Ajar Fitokimia*, Airlangga University Press, Surabaya.
- Landolt, D., 2006, *Corrosion Surface Chemistry of Metals*, New Jersey, Taylor and Francis.
- Loveanda, D.U. dan Dahlan, D., 2021, Sintesis Lapisan Antikorosi Menggunakan Tanin Ekstrak Daun Ketapang (*Terminalia catappa L*) sebagai Inhibitor dengan Metode Elektrodposisi dan Pencelupan, *Jurnal Fisika Unand (FTU)*, **10** (3); 288-295.
- Nugroho, A., 2011, Pengaruh Penambahan Inhibitor Organik Ekstraksi Ubi Ungu Terhadap Laju Korosi pada Material Baja Low Carbon di Lingkungan NaCl 3,5 %, *Skripsi tidak diterbitkan*, Univeritas Indonesia, Depok.
- Nugroho, F., 2015, Penggunaan Inhibitor untuk Meningkatkan Ketahanan Korosi pada Baja Karbon Rendah, *Jurnal Angkasa*, **7** (1)
- Nuretha, R., Komalasari, Muria, S.R., 2021, Pemanfaatan Ekstrak Daun Ketapang (*Terminalia catappa L.*) sebagai *Green Inhibitor* dengan Metode Maserasi untuk Mengendalikan Laju Korosi pada Aluminium, *Jom FTEKNIK*, **8** (1); 1-5.
- NurHayati, I., Karo Karo, P., dan Syafriadi, 2020, efektivitas Ekstrak Kulit Buah Maja sebagai Inhibitor Baja Karbon Aisi 1020 dalam Medium Korosif NaCl 3% dengan Variasi Waktu Perendaman, *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, **8** (2); 33-42.

- Noviyanti, A.R., Eddy, D.R. dan Margana, B., 2016, Ekstraksi dan Karakterisasi Silika dari Sekam Padi untuk Pelapis Baja Anti Korosi, *Jurnal Sains*, **8** (2); 263-273.
- Nova, S.M.K., dan Misbah, M.N., 2012, Analisis Pengaruh Salinitas dan Suhu Air Laut Terhadap Laju Korosi Baja A36 pada Pengelasan SMAW, *Jurnal Teknik ITS*, **1** (1); 75-77.
- Nnaji, N.J., okoye, C.O.B., Obi-Egbedi, N.O., Ezeokonkwo, M.A. and Ani, J.U., 2013, Spectroscopic Characterization of Red Onion Skin Tannin and it's use as Alternative Aluminium Corrosion Inhibitor in Hydrochloric Acid Solutions, *Journal Of Electrochemical Science*, **8** (2013); 1735-1736.
- Madu, J.O., Ifeakachukwu, C., Okorodudu, U., Adams, F.V. and Joseph, 2019, Corrosion Inhibition Efficiency of *Terminalia Catappa Leaves* Extracts on Stainless Steel in Hydrochloric Acid, *Journal of Physics*, **1378** (2019); 1-13.
- Maksum, A., 2011, Pengaruh Penambahan Ekstrak Sekam Beras Hitam Terhadap Penghambatan Korosi Logam *Mild Steel* dalam Lrutan 1 M HCl, *Tesis tidak diterbitkan*, Univeristas Indonesia, Depok.
- Mardhani, I., dan Harmami, 2013, Pengaruh Suhu Terhadap Korosi Baja SS 304 dalam Media 1 M HCl dengan adanya Inhibitor Kimia, *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, **2** (2); 2337-3520.
- Mahardika, B., Pratikno, H., dan Ikhwani, H., 2016, Studi Eksperimen Pengaruh Variasi Inhibitor dan Konsentrasi Inhibitor terhadap Laju Korosi dan Penentuan Efisiensi Inhibisi pada Baja Tulungan Beton ST 42 di Kondisi Lingkungan Laut, *Jurnal Teknik ITS*, **5** (2); 292-296.
- Mulyaningsih, N., Mujiarto, S. dan Gyani, 2019, Pengaruh Daun Jambu Biji sebagai Inhibitor Korosi Alami Rantai Kapal, *Journal of Mechanical Engineering*, **3** (1); 1-7.
- Pauly, G., 2001, "Cosmetic, Dermatological And Pharmaceutical use of an Extract of *Terminalia catappa*", United States Patent Application no. 20010002265: **12** (2001).
- Putra, I, S. dan Kusuma, N.S., 2018, Pengaruh Inhibitor Daun Gambir Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Rendah dalam Larutan HCl 1 %, *Jurnal Momentum*, **20** (1); 25-30.
- Purwaningsih, P.P., Darmayasa, I.B.G., dan Asiti, N.P.A., 2020, Elusidasi Awal Daya Hambat Ekstrak Etanol Daun Ketapang (*Terminalia Catappa L.*) terhadap Pertumbuhan *Staphylococcus Aureus* ATCC25923 Penyebab Gingivitis, *Jurnal Metamorfosa*, **7** (1); 57-64.

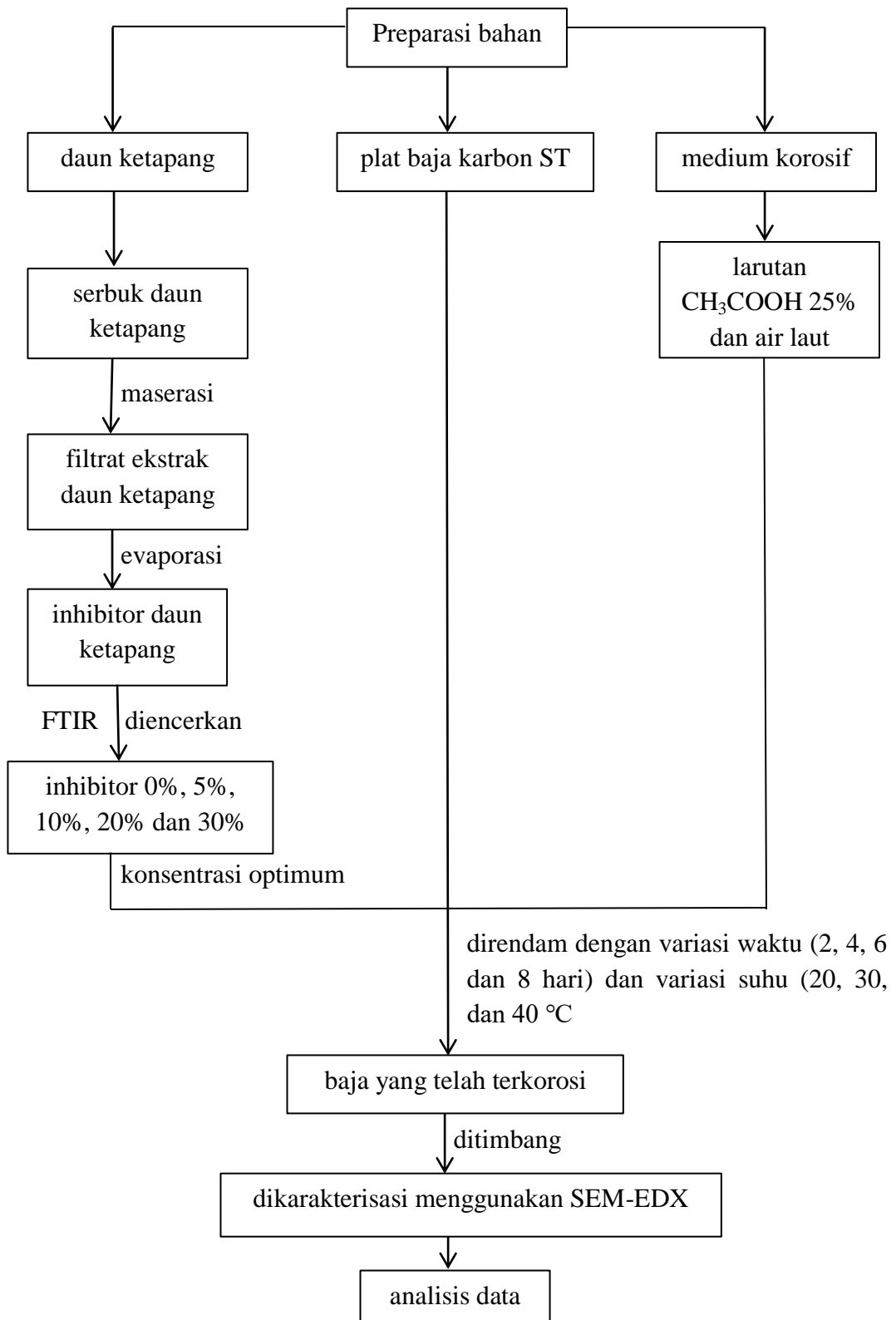
- Purwitasari, S.P., 2014, Aktivitas Sitotoksik Ekstrak Kasar Daun Rumput Bambu (*Lopatherum gracile* B.) Terhadap Larva Udang *Artemia Salina Leach* dan Identifikasi Awal Senyawa Aktif, *Skripsi tidak diterbitkan*, UIN Malang, Malang.
- Peres, R.S., Cassel, E. and Azambuja, D.S., 2012, *Black Wattle Tannin as Steel Corrosion Inhibitor*, ISRN Corrosion.
- Permadani, L.B. dan Palupi, A.E., 2014, Analisa Laju Korosi pada Baja Karbon Ringan (*Mild Steel*) dengan Perlakuan Bending pada Media Pengkorosi Larutan Asam, *JTM*, **3** (1); 49-50.
- Pramudita, M., Sukirno, Nasikin, M., 2020, The Effect of Immersion Time on The Ability of Tannins to Inhibit The Corrosion Rate of Mild Steel in 1M H₂SO₄ Solution, *World Chemical Engineering Journal*, **4** (1); 35-38.
- Quraishi, M.A., and Sardar, R., 2002, Aromatic Triazole as Corrosion Inhibitors for Mild Steel in Acid Enviroments, *Journal Corrosion*, **58** (9); 748-755.
- Ramadhani, R., 2020, Efisiensi Ekstrak Tanin Daun Ketapang (*Terminalia catappa* L) sebagai Inhibitor Organik Terhadap Laju Korosi pada Logam Besi dalam Medium Air Laut, *Skripsi tidak diterbitkan*, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Ramadani, A. dan Sakti, A.M., 2017, Analisis Perbedaan Laju Korosi Material Jari-Jari Sepeda Motor (Spokes) pada Berbagai Media Air yang Berkonsentrasi Asam di daerah Perindustrian, *JPTM*, **6** (1): 53-54.
- Ramlah, Wijaya, M.M., dan Pratiwi, D.E., 2020, Efektivitas ekstrak Daun Beluntas (*Pluchea indica Less*) sebagai Inhibitor Korosi pada Material Baja Karbon dalam Media NaCl 3,5%, *Jurnal Chemical*, **21** (1); 86-99.
- Rini, S., Sugiarti, dan Riswati, M.K., 2011, *Pesona Warna Alami Indonesia*, Kehati, Jakarta.
- Riskitavani D.V., dan Purwani, K.I., 2013, Studi Potensi Bioherbiida Ekstrak Daun Ketapang (*Terminalia Catappa L.*) terhadap Gulma Rumput Teki (*Cyperus rotundus*), *Jurnal Sains dan Seni POMITS*, **2** (2): 2337-3520.
- Rochmat, A., Liantony, G. dan Septiananda, Y.D., 2019, Uji Kemampuan Tanin Daun Ketapang sebagai Inhibisi Korosi pada Baja Mild Stell dalam Pipeline, *Jurnal Integrasi Proses*, **8** (1); 45-50.
- Roberge, P.R., 2000, *Handbook of Corrosion Engineering*, Mc Graw-Hill, New York.
- Sa'adah, H., Nurhasnawati, H., dan Permatasari, V., 2017, Pengaruh Metode Ekstraksi Terhadap Kadar Flavonoid Ekstrak Etanol Umbi Bawang Dayak dengan Metode Spektrofotometri, *Jurnal Borneo of Oharmascientech*, **1** (1); 4-5.

- Sa'adah, L., 2010, Isolasi dan Identifikasi Senyawa Tanin dari Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi L.*), *Skripsi tidak diterbitkan*, Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim, Malang.
- Sangi, M., Runtuwene, M.R.J., Simbala, H.E.I., dan Making, V.M.A., 2008, Analisis Fitokimia Tumbuhan Obat di Kabupaten Minanghasa Utara, *Chem. Prog*, **1** (1); 47-53
- Saifuddin, A.V., Rahayu, dan Teruna, H.Y., 2011, *Standarisasi Bahan Obat Alam Edisi Pertama*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Sanjaya, R., Ginting, E. dan Riyanto, A., 2018, Efektifitas Ekstrak Daun Pepaya (*Carica papaya L*) sebagai Inhibitor pada Baja ST 37 dalam Medium Korosif NaCl 3 % dengan Variasi Waktu Perendaman, *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, **6** (2); 167-174.
- Sari, D.M., Lestari, R.S.D., Ridho, M.K.M., dan Lusi, U.T., 2018, Extraction Total Phenolic Content of Ketapang Leaves (*Terminalia Catappa L.*) using Ultrasonic, *World Chemical Engineering Journal*, **1** (2): 6-11.
- Sari, D.M., Handani, S. dan Yetri, Y., 2013, Pengendalian Laju Korosi Baja ST 37 dalam Medium Asam Klorida dan Natrium Klorida Menggunakan Inhibitor Ekstrak Daun Teh (*Camelia sinensis*), *Jurnal Fisika Unand*, **2** (3); 204-211.
- Sari, D.P., 2016, Efektifitas Ekstrak Daun Salam (*Syzygium polyantha L.*) sebagai Inhibitor Korosi Baja Karbon API 5L di Media Korosi NaCl 3.5 %, *Skripsi tidak diterbitkan*, Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Sastrohamidjojo, H., 1991, *Spektroskopi*, Liberty, Yogyakarta.
- Sidiq, F., 2013, Analisa Korosi dan Pengendaliannya, *Jurnal Foundry*, **3** (1); 25-30.
- Silaen F.K., Komalasari, dan Muria, S.R., 2020, Efektivitas Ekstrak Daun Ketapang (*Terminalia catappa L.*) sebagai Inhibitor Korosi pada Aluminium dalam Larutan Basa, *Jurnal FTeknik*, **7** (2); 1-5.
- Sinaga, M.K., Komalasari dan Muria, S.R., 2020, Penggunaan Inhibitor dari Ekstrak Daun Ketapang (*Terminalia catappa L*) dengan Metode Sokletasi untuk Mengendalikan Laju Korosi pada Baja Karbon ASTM A36, *Jurnal FTeknik*, **7** (2); 1-5.
- Simanjuntak, M.R., 2008, Ekstraksi dan Fraksinasi Komponen Ekstrak Daun Tumbuhan Senduduk (*Melastoma malabathricum L.*) serta Pengujian Efek Sediaan Krim Terhadap Penyembuhan Luka Bakar, *Skripsi tidak diterbitkan*, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Subiyanto, G. dan Ngatin, A., 2015, Carbon Steel Corrossion in the Atmosphere Cooling Water Systems and Hot Water, *Jurnal Fluida*, **11** (1); 7-14.

- Sujatno, A., Salam, R., Bandriyana, dan Dimiyati, A., 2015, Studi Scanning Electron Microscopy (SEM) untuk Karakterisasi Proses Oksida Paduan Zirkonium, *Jurnal Forum Nuklir (JFN)*, **9** (2); 44-50.
- Sumarji, 2012, Evaluasi Korosi Baja Karbon Rendah ASTM 36 pada Lingkungan Atmosfer di Kabupaten Jember, *Jurnal ROTOR*, **5** (1); 44-51.
- Sunarti, Kayadoe, V., dan Rahawarin, P.D., 2020, Kemampuan Ekstrak Biji Kelor sebagai Inhibitor Korosi Besi dalam Larutan HCl, *MJoCE*, **10** (02); 72-80.
- Setiabudi, A., Hardian, R. dan Muzakir, A., 2012, *Karakterisasi Material: Prinsip dan Aplikasinya dalam Penelitian Kimia*, UPI Press, Bandung.
- Soebagio, 2003, *Kimia Analitik II*, UM Press, Malang.
- Somar, E., dan Rahman, L.A., 2020, Ekstrak Tanin Daun Buah Hitam (*Haplolobus sp*) sebagai Inhibitor Alami Korosi Besi dalam Larutan Asam, *Jurnal Natural*, **16** (1); 61-65.
- Smallman, R.E. dan Bishop, R.J., 2000, *Metalurgi Fisika Modern dan Rekayasa Material*, Erlangga, Jakarta.
- Steenis, V., 2005, *Flora Untuk Sekolah di Indonesia*, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Tanner, G.J., Abrahams, S. and Larkin, P.K., 1999, *Biosynthesis of Proanthocyanidins (Condensed Tannins)*, CSIRO Division of Plant Industry, Caberra.
- Turnip, L. Br., Handani, S. dan Mulyadi, S., 2015, Pengaruh Penambahan Inhibitor Ekstrak Kulit Buah Manggis Terhadap Penurunan Laju Korosi Baja ST 37, *Jurnal Fisika Unand*, **4** (2); 144.
- Thomson, L.A.J. and Evans, 2006, *Terminalia catappa (Tropical Almond) Species Profiles for Pacific Island Agroforestry*, Permanent Agriculture Resource (Par).
- Tjitrosoepomo, G., 2002, *Morfologi Tumbuhan*, Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Trethewey, K.R. and Chamberlain, J., 1991, *Korosi untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasa*, Gramedia Pustaka Utama Wibisono Y, Jakarta.
- Triharto, D.P., 2010, Studi Ketahanan Korosi Material dalam Larutan Asam Asetat Yang mengandung Ion Bromida, *Tesis tidak diterbitkan*, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Ugwu, I.D.F., Amico, A., Carballedo, A.J. and Fagan, T.F., 2015, Childhood Adversity, Depression, Age and Gender Effects on White Matter Microstructure: a DTI Study, *Brain Struct, Funct*, **220** (4); 1997-2009.

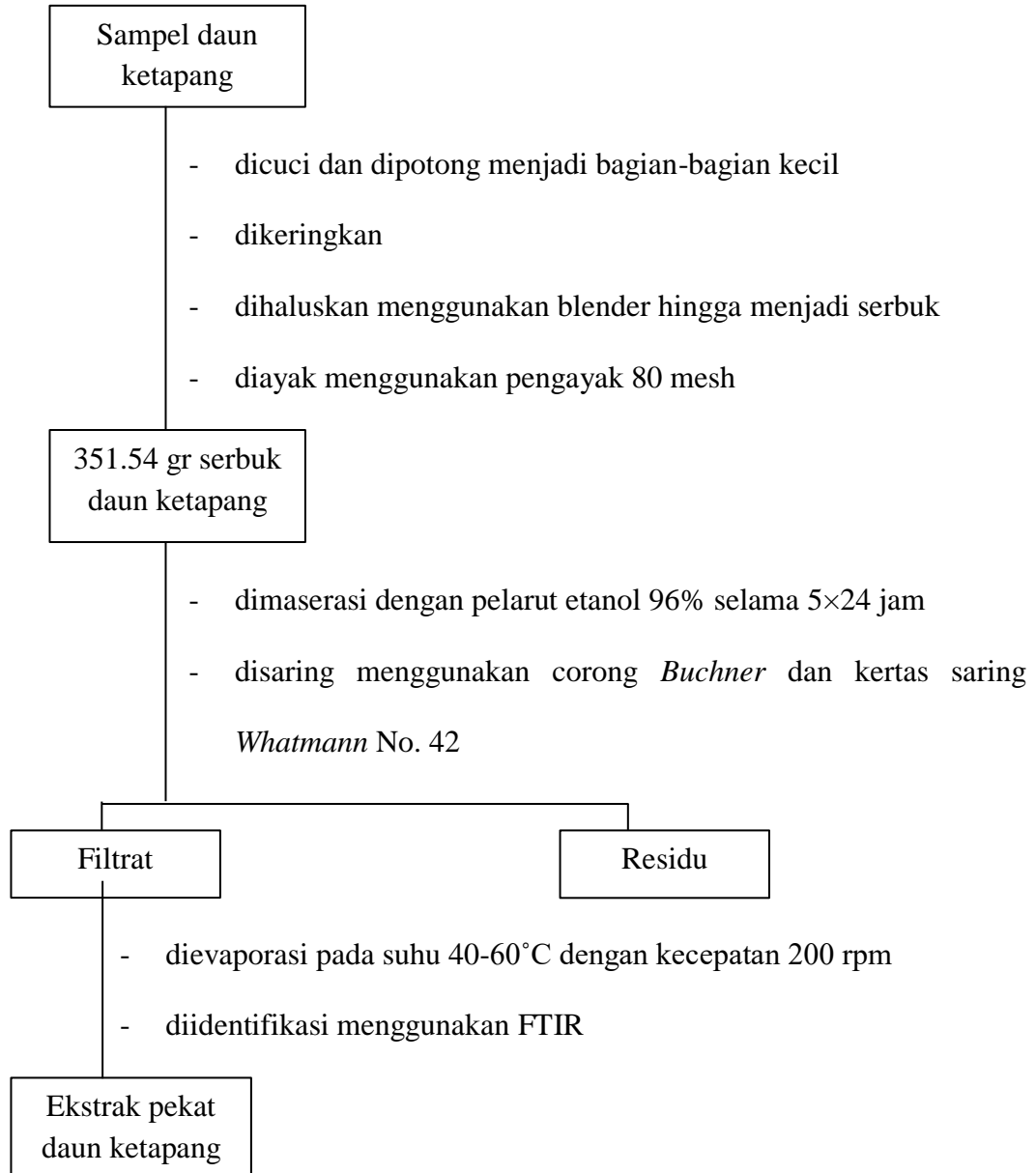
- Uhlig, H., 1985, *Corrosion and Corrosion Control*, JohnWiley and Sons, New York.
- Utomo, S., 2015, Pengaruh Konsentrasi Larutan NaNO₂ sebagai Inhibitor Terhadap Laju Korosi Besi dalam Media Air Laut, *Jurnal Teknologi*, **7** (2); 93-103.
- Utomo, B., 2009, *Jenis Korosi dan Penanggulangannya*, *Jurnal Kapal*, **6** (2); 138-141.
- Wardani, L.A., Widodo, H., Adhani, L., Sabrina, E., dan Annisa, A., 2021, Pengaruh Suhu pada Inhibitor Daun Pandan Terhadap Laju Korosi pada Baja SS-304 dalam Larutan HCl 0,1 M, *Jurnal Tekni: Media Pengembangan Ilmu dan Aplikasi Teknik*, **20** (01); 31-41.
- Widiyana, M.E., 2020, Ekstraksi Senyawa Tanin dari Daun Nipah (*Nypa fructicans*) dan Aplikasinya sebagai Inhibitor Korosi pada Baja ST 37, *Skripsi tidak diterbitkan*, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Wonorahardjo, S., 2003, *Metode-Metode Pemisahan Kimia*, Akademia Permata, Jakarta.
- Yahya, S., Shah, A.M., Rahim, A.A., Aziz, N.H.A., dan Roslan, R., Phase Transformation of Rust in the Presence of Various Tannins, *Journal of Physical Science*, **19** (1); 31-41.
- Yanuar, A.P., Pratikno, H. dan Titah, H.S., 2016, Pengaruh Penambahan Inhibitor Alami Terhadap Laju Korosi pada Material Pipa dalam Larutan Air Laut Buatan, *Jurnal Teknik ITS*, **5** (2); 2337-3539.
- Yatiman, 2009, Penggunaan Inhibitor Organik untuk Pengendalian Korosi Logam dan Paduan Logam (*Application of Organic Inhibitors for Corrosion Control of Metals and Alloys*), *Prosiding, Seminar Nasional*, FMIPA UNY, Yogyakarta.
- Yufita, E., Fitriana, D. dan Zulfalina, 2018, Pengendalian Laju Korosi pada Baja Plat Hitam A36 Dalam Medium Korosif Menggunakan Inhibitor Ekstrak Daun Salam, *Jurnal Aceh Phys.soc*, **7** (2); 67-71.
- Zhang, D.L., Gao, and Zhou, G., 2004, Inhibition of Copper Corrosion by Bis-(1-benzotriazolymethylene)-(2,5-thiadiazoly)-disulfide in Chloride Media, *Applied Surface Science*, **225**; 1-4.

Lampiran 1. Diagram Alir

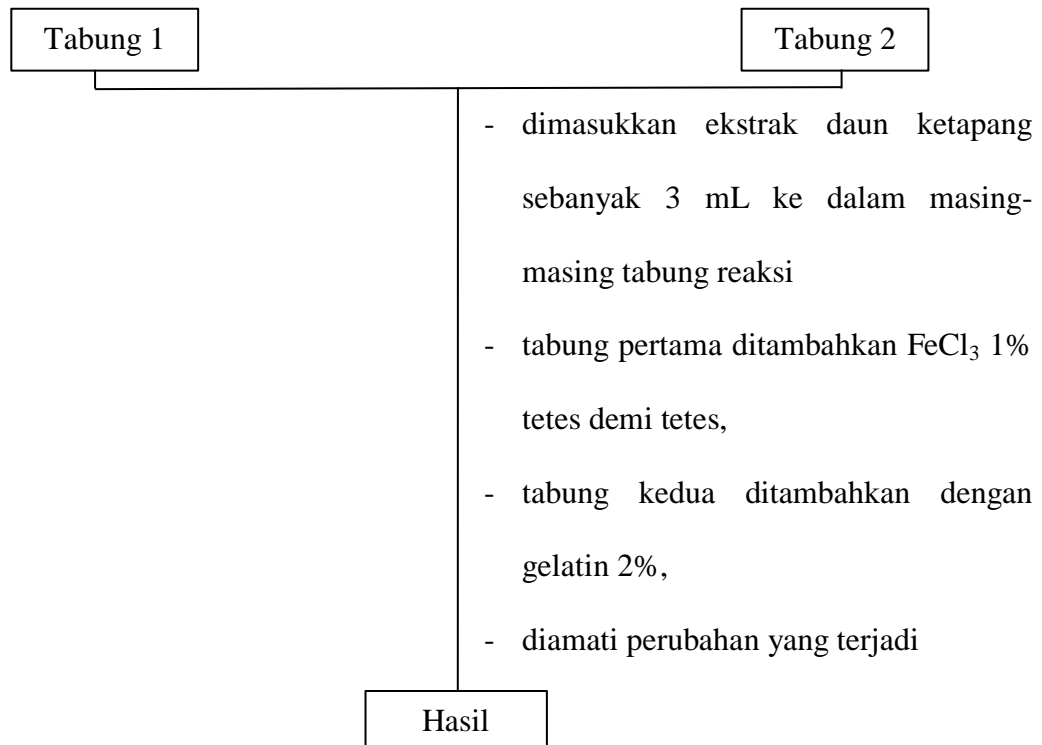


Lampiran 2. Bagan Kerja

1. Preparasi dan Ekstraksi Sampel Daun Ketapang

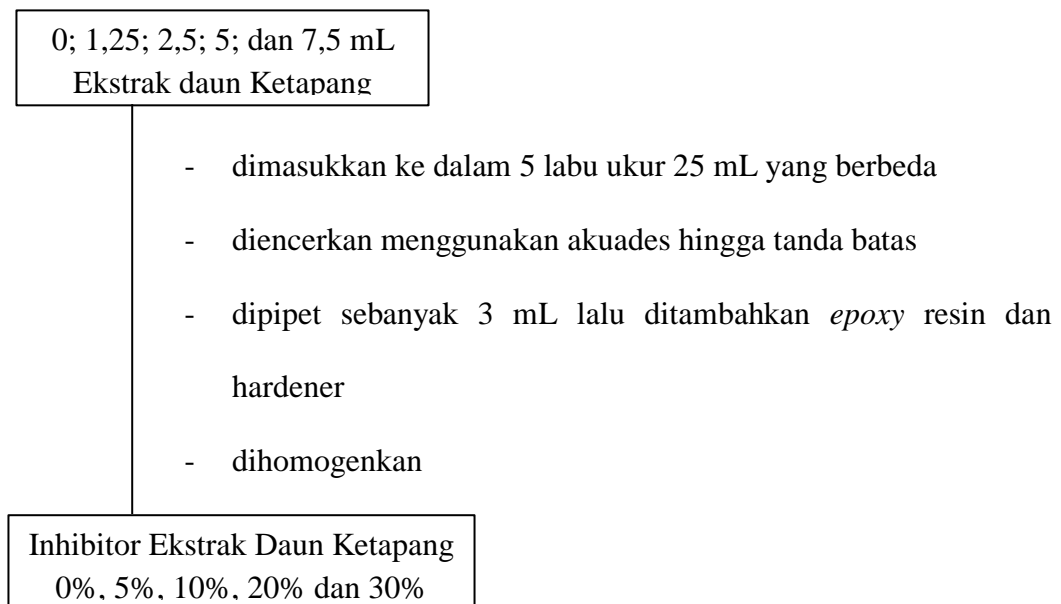


2. Uji Senyawa Tanin pada Ekstrak Pekat Daun Ketapang

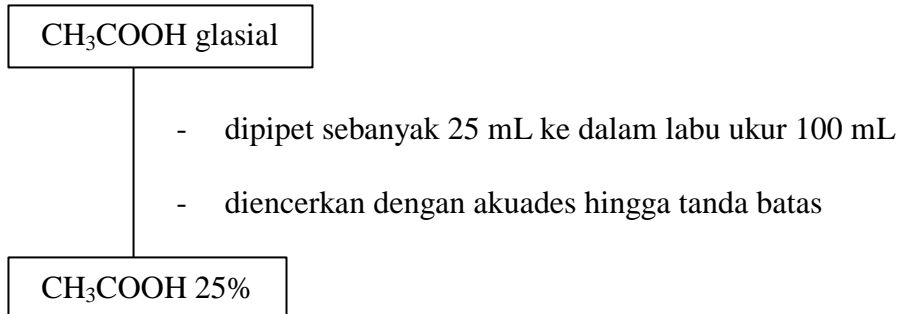


Catatan : tabung pertama mengalami perubahan warna menjadi warna hijau atau warna biru kehitaman, dan tabung kedua membentuk endapan berwarna putih yang menunjukkan ekstrak positif mengandung tanin

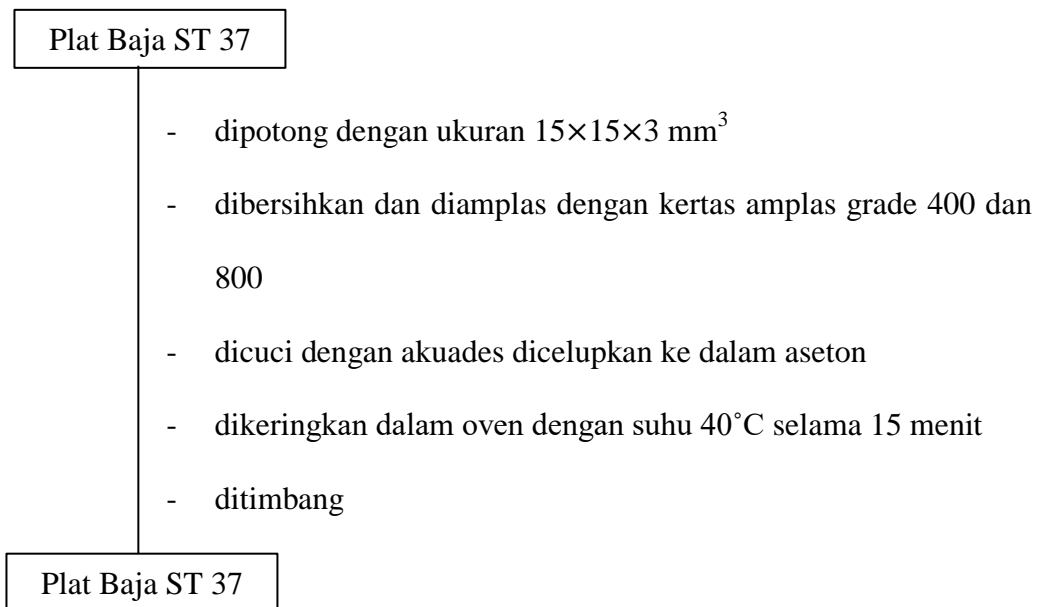
3. Pembuatan Larutan dengan Variasi Konsentrasi Inhibitor



4. Pembuatan Larutan CH_3COOH 25 % sebanyak 100 mL

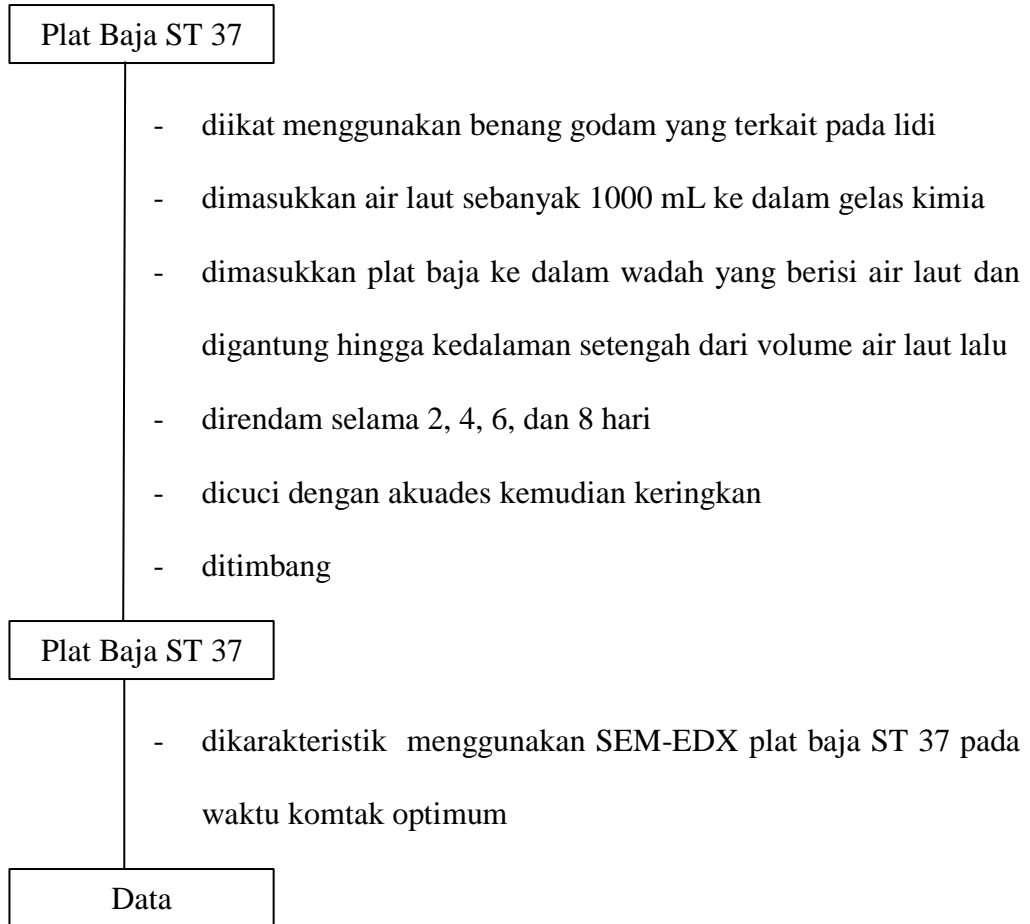


5. Preparasi Baja Karbon



6. Uji Perendaman Baja ST 37

6.1 Uji Rendam Tanpa Inhibitor

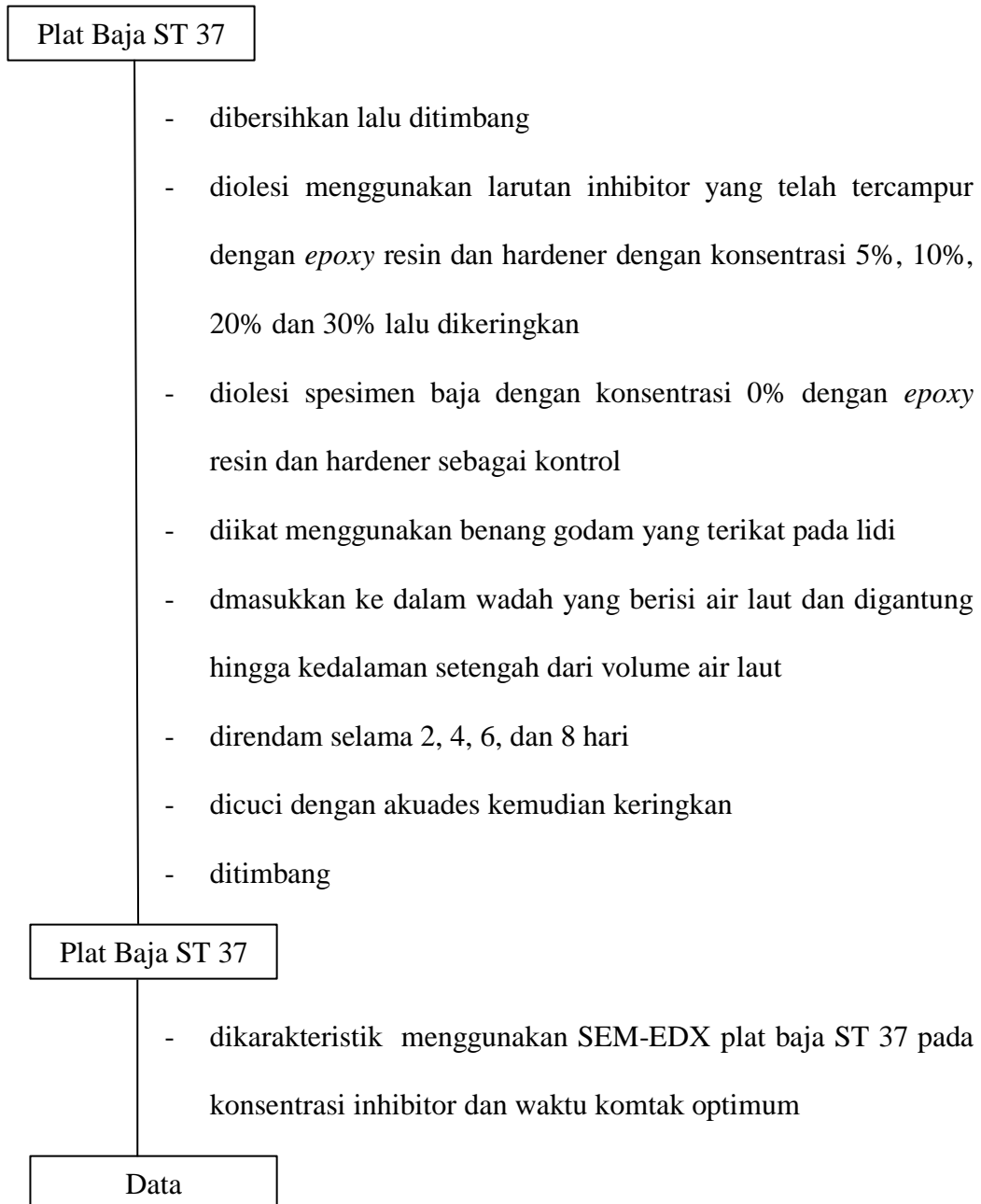


Catatan : Prosedur 6.1 diulangi dengan mengganti air laut menjadi larutan CH_3COOH 25% serta mengganti variasi waktu menjadi variasi suhu 20, 30 dan 40°C.

6.2 Uji Rendam dengan Inhibitor

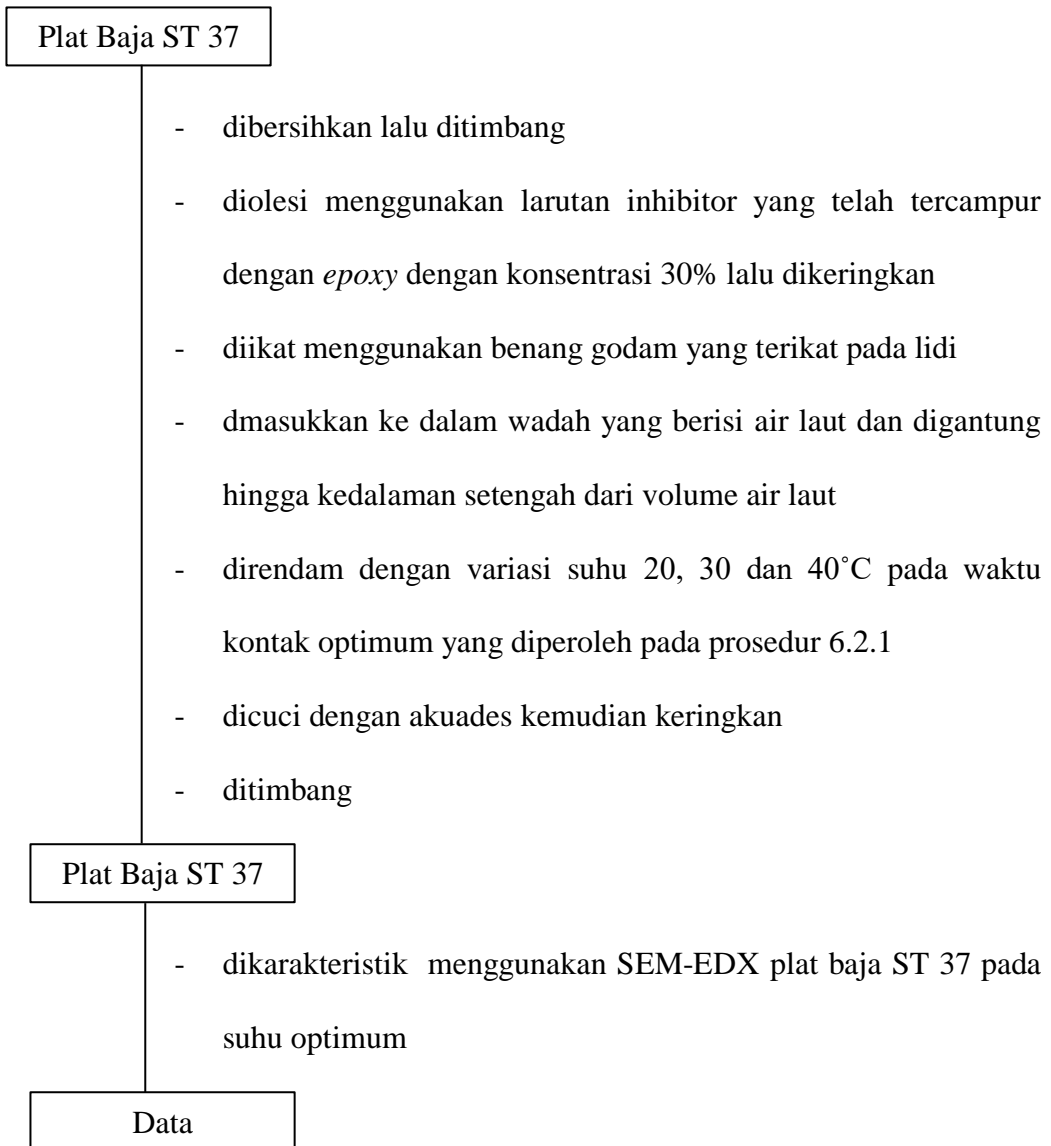
6.2.1 Pengaruh Konsentrasi Inhibitor dan Waktu Kontak Terhadap

Inhibisi Baja ST 37



Catatan : Prosedur 6.2.1 diulangi dengan mengganti air laut menjadi larutan CH_3COOH 25%

6.2.2 Pengaruh Suhu Optimum Terhadap Inhibisi Baja ST 37



Catatan : Prosedur 6.2.2 diulangi dengan mengganti air laut menjadi larutan CH_3COOH 25%

Lampiran 3. Data Tabel Hasil Penelitian

1. Tabel Massa Baja

1.1 Tabel Massa Baja KArbon ST 37 dalam Media Air Laut dengan Variasi Waktu Perendaman

Konsentrasi inhibitor (%)	Massa baja karbon ST 37 (g) dengan Variasi Waktu Perendaman											
	2 Hari			4 Hari			6 Hari			8 Hari		
	W ₀	W _t	Δm	W ₀	W _t	Δm	W ₀	W _t	Δm	W ₀	W _t	Δm
Tanpa Inhibitor	5,0440	5,0377	0,0063	4,7315	4,7186	0,0129	5,1073	5,0862	0,0211	4,4458	4,4120	0,0338
ERH	1,8928	1,8911	0,0017	1,7743	1,7707	0,0036	1,7726	1,7671	0,0055	4,9938	4,9785	0,0153
5	1,7361	1,7349	0,0012	1,6656	1,6631	0,0025	1,8463	1,8422	0,0041	1,7604	1,7544	0,0060
10	1,8337	1,8330	0,0007	1,7508	1,7492	0,0016	1,6824	1,6785	0,0039	1,7273	1,7219	0,0054
20	4,6797	4,6786	0,0011	4,7892	4,7868	0,0023	4,8714	4,8678	0,0036	4,9222	4,9166	0,0056
30	4,1964	4,1957	0,0007	4,5703	4,5688	0,0015	4,5404	4,5381	0,0023	4,5487	4,5456	0,0031

1.2 Tabel Massa Baja Karbon ST 37 dalam Media CH₃COOH 25% dengan Variasi Waktu Perendaman

Konsentrasi inhibitor (%)	Massa baja karbon ST 37 (g) dengan Variasi Waktu Perendaman											
	2 Hari			4 Hari			6 Hari			8 Hari		
	W ₀	W _t	Δm	W ₀	W _t	Δm	W ₀	W _t	Δm	W ₀	W _t	Δm
Tanpa Inhibitor	5,1034	5,0679	0,0355	5,1846	5,1058	0,0788	5,1073	4,9716	0,1357	5,1992	4,9984	0,2008
ERH	1,7621	1,7453	0,0168	1,8795	1,8446	0,0349	1,8428	1,7854	0,0574	4,3050	4,1408	0,1642
5	1,7399	1,7260	0,0139	1,8408	1,8129	0,0279	1,8011	1,7554	0,0457	1,7037	1,6336	0,0701
10	1,6695	1,6573	0,0122	1,7174	1,6907	0,0267	1,8310	1,7901	0,0409	1,7858	1,7190	0,0668
20	4,6970	4,6807	0,0163	5,0518	5,0143	0,0375	4,9772	4,9119	0,0653	4,6494	4,5577	0,0917
30	4,3387	4,3374	0,0079	4,6989	4,6823	0,0166	4,4800	4,4539	0,0261	4,2769	4,2402	0,0367

1.3 Tabel Massa Baja Karbon ST 37 dalam Media Air Laut dengan Variasi Suhu

Konsentrasi inhibitor (%)	Massa baja karbon ST 37(g) dengan Variasi Suhu								
	20°C			30°C			40°C		
	W ₀	W _t	Δm	W ₀	W _t	Δm	W ₀	W _t	Δm
Tanpa Inhibitor	4,1891	4,1504	0,0387	4,4505	4,4084	0,0421	4,4667	4,4231	0,0436
ERH	4,4970	4,4822	0,0148	4,1539	4,1375	0,0164	4,8711	4,8516	0,0195
30% Inhibitor	4,1783	4,1724	0,0059	4,4309	4191	0,0118	4,2791	4,2659	0,0132

1.4 Tabel Massa Baja Karbon ST 37 dalam Media CH₃COOH dengan Variasi Suhu

Konsentrasi inhibitor (%)	Massa baja karbon ST 37(g) dengan Variasi Suhu								
	20°C			30°C			40°C		
	W ₀	W _t	Δm	W ₀	W _t	Δm	W ₀	W _t	Δm
Tanpa Inhibitor	4,4244	4,2140	0,2104	4,3118	4,0801	0,2317	4,2366	4,0005	0,2361
ERH	4,0518	3,9865	0,0653	4,7063	4,6278	0,0785	4,6672	4,5581	0,1091
30% Inhibitor	4,3481	4,3008	0,0437	4,6632	4,6076	0,0556	4,9385	4,8657	0,0728

2. Tabel Data Laju Korosi Baja Karbon ST 37

2.1 Tabel Data Laju Korosi Baja Karbon ST 37 pada Media Air Laut dengan Variasi Konsentrasi dan Waktu Perendaman

Konsentrasi Inhibitor (%)	Laju Korosi Baja Karbon ST 37 (mpy)			
	2 Hari	4 Hari	6 Hari	8 Hari
Tanpa Inhibitor	9,1560	9,3740	10,2218	12,2807
ERH	4,8641	5,1502	5,2456	5,5590
5	3,4335	3,5765	3,9103	4,2918
10	2,0028	2,2890	3,7196	3,8627
20	1,5986	1,6713	1,7440	2,0346
30	1,0173	1,0901	1,1142	1,1263

2.2 Tabel Data Laju Korosi Baja Karbon ST 37 pada Media CH₃COOH 25% dengan Variasi Konsentrasi dan Waktu Perendaman

Konsentrasi Inhibitor (%)	Laju Korosi Baja Karbon ST 37 (mpy)			
	2 Hari	4 Hari	6 Hari	8 Hari
Tanpa Inhibitor	51,5936	57,2616	65,7394	72,9577
ERH	48,0692	49,9290	54,7455	59,6596
5	39,7715	39,9146	43,5866	50,1436
10	34,9074	38,1979	39,0085	47,7831
20	23,6894	27,2501	31,6343	33,3178
30	11,4813	12,0627	12,6440	13,3344

2.3 Tabel Data Laju Korosi Baja Karbon ST 37 pada Media Air Laut dengan Variasi Suhu

Konsentrasi Inhibitor (%)	Laju Korosi Baja Karbon ST 37 (mpy)		
	20°C	30°C	40°C
Tanpa Inhibitor	14,0610	15,2964	15,8414
ERH	5,3773	5,9586	7,0850
30% Inhibitor	2,1436	4,2873	4,7960

2.4 Tabel Data Laju Korosi Baja Karbon ST 37 pada Media CH₃COOH 25% dengan Variasi Suhu

Konsentrasi Inhibitor (%)	Laju Korosi Baja Karbon ST 37 (mpy)		
	20°C	30°C	40°C
Tanpa Inhibitor	76,4457	84,1848	85,7834
ERH	23,7257	28,5218	39,6398
30% Inhibitor	17,1857	20,2014	26,4508

3. Tabel Data Efisiensi Inhibisi Inhibitor Baja Karbon ST 37

3.1 Tabel Data Efisiensi Inhibisi Inhibitor Baja Karbon ST 37 dalam Media Air Laut

Konsentrasi Inhibitor (%)	Efisiensi Inhibisi (%)			
	2 Hari	4 Hari	6 Hari	8 Hari
ERH	46,87	45,05	48,68	54,73
5	62,50	61,84	61,74	65,05
10	78,12	75,58	63,61	68,54
20	82,54	82,17	82,93	83,43
30	88,88	88,37	89,09	90,82

3.2 Tabel Data Efisiensi Inhibisi Inhibitor Baja Karbon ST 37 dalam Media CH₃COOH 25%

Konsentrasi Inhibitor (%)	Efisiensi Inhibisi (%)			
	2 Hari	4 Hari	6 Hari	8 Hari
ERH	6,83	12,80	16,72	18,22
5	22,91	30,29	33,69	31,27
10	32,34	33,29	40,66	34,50
20	54,08	52,41	51,87	54,33
30	77,74	78,93	80,76	81,72

3.3 Tabel Data Efisiensi Inhibisi Inhibitor Baja Karbon ST 37 dalam Media Air Laut dengan Variasi Suhu

Konsentrasi Inhibitor (%)	Efisiensi Inhibisi (%)		
	20°C	30°C	40°C
ERH	61,75	61,04	55,27
30% Inhibitor	84,75	71,97	69,72

3.4 Tabel Data Efisiensi Inhibisi Inhibitor Baja Karbon ST 37 dalam Media CH₃COOH 25% dengan Variasi Suhu

Konsentrasi Inhibitor (%)	Efisiensi Inhibisi (%)		
	20°C	30°C	40°C
ERH	68,96	66,12	53,79
30% Inhibitor	77,51	76,01	69,16

Lampiran 4. Pembuatan Larutan

1. Pembuatan Larutan CH₃COOH 25%

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$98\% \times V_1 = 25\% \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 25,5 \text{ mL}$$

2. Pembuatan FeCl₃

$$\% \frac{W}{V} = \frac{\text{berat zat terlarut}}{\text{volume larutan}} \times 100\%$$

$$W = \frac{1\%}{100\%} \times 20 \text{ mL}$$

$$= 0,2 \text{ g/mL}$$

3. Pembuatan Larutan Gelatin 2%

$$\% \frac{W}{V} = \frac{\text{berat zat terlarut}}{\text{volume larutan}} \times 100\%$$

$$W = \frac{2\%}{100\%} \times 10 \text{ mL}$$

$$= 0,2 \text{ mL}$$

4. Pembuatan Larutan Inhibitor

4.1 Pembuatan Larutan Inhibitor 5%

$$\% \frac{v}{V} = \frac{\text{volume zat terlarut}}{\text{volume larutan}} \times 100\%$$

$$v = \frac{5\%}{100\%} \times 25 \text{ mL}$$

$$= 1,25 \text{ mL}$$

4.2 Pembuatan Larutan Inhibitor 10%

$$\frac{v}{v} = \frac{\text{volume zat terlarut}}{\text{volume larutan}} \times 100\%$$

$$v = \frac{10\%}{100\%} \times 25 \text{ mL}$$

$$= 2,5 \text{ mL}$$

4.3 Pembuatan Larutan Inhibitor 20%

$$\frac{v}{v} = \frac{\text{volume zat terlarut}}{\text{volume larutan}} \times 100\%$$

$$v = \frac{20\%}{100\%} \times 25 \text{ mL}$$

$$= 5 \text{ mL}$$

4.4 Pembuatan Larutan Inhibitor 30%

$$\frac{v}{v} = \frac{\text{volume zat terlarut}}{\text{volume larutan}} \times 100\%$$

$$v = \frac{30\%}{100\%} \times 25 \text{ mL}$$

$$= 7,5 \text{ mL}$$

Lampiran 5. Perhitungan Data Penelitian

1. Berat Rendamen

$$\begin{aligned}\text{Rendamen (\%)} &= \frac{\text{Berat Ekstrak yang didapat}}{\text{Berat sampel yang diekstraksi}} \times 100\% \\ &= \frac{191,45 \text{ g}}{351,54 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 54,46\%\end{aligned}$$

2. Laju Korosi

- Laju korosi penambahan konsentrasi inhibitor EDK 30% dengan waktu perendaman 192 jam dalam media air laut

$$\begin{aligned}\text{Waktu Perendaman (T)} &= 192 \text{ jam} \\ \text{Konstanta (K)} &= 3,45 \times 10^6 \\ \text{Densitas (D)} &= 7,85 \text{ g/cm}^3 \\ \text{Luas permukaan} &= 2(p \times l + p \times t + l \times t) \\ &= 2(1 \times 1 + 1 \times 0,3 + 1 \times 0,3) \\ &= 3,2 \text{ cm}^2 \\ \text{Laju korosi 30\%} &= \frac{W \times K}{D \times A \times T} \\ &= \frac{0,0031 \times (3,45 \times 10^6)}{7,85 \times 6,3 \times 192} \\ &= \frac{10695}{9495,36} \\ &= 1,1263 \text{ mpy}\end{aligned}$$

Perhitungan laju korosi untuk variasi konsentrasi, waktu dan suhu perendaman dalam media air laut dan CH₃COOH 25% lainnya sama dengan diatas.

3. Efisiensi Inhibisi (%EI)

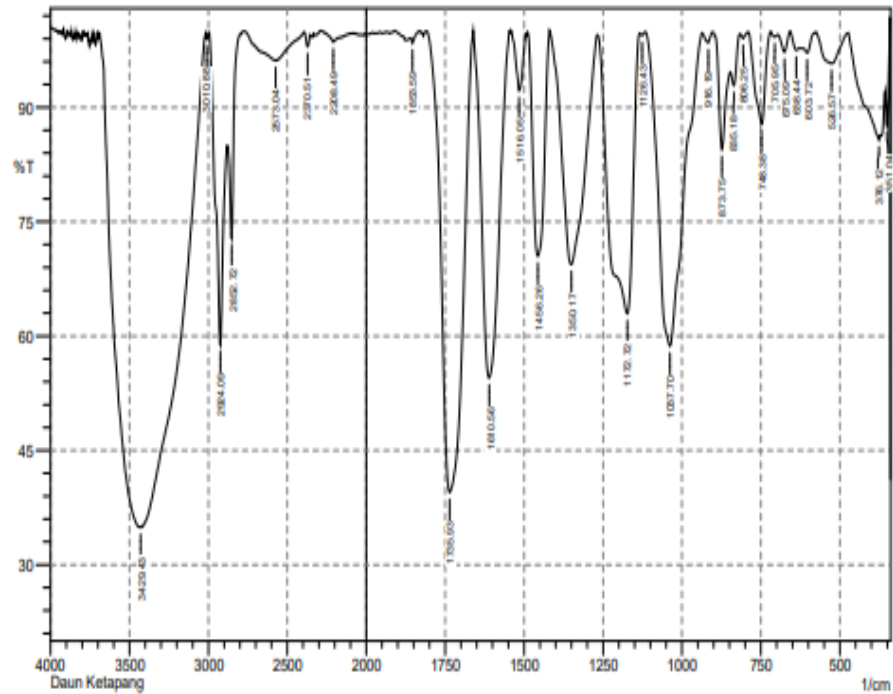
- Konsentrasi inhibitor 30% + ERH

$$\begin{aligned} \text{EI inhibitor EDK 30\%} &= \frac{V_{ko} - V_{ki}}{V_{ko}} \times 100\% \\ &= \frac{12,2807 - 1,1263}{12,2807} \times 100\% \\ &= 90,82\% \end{aligned}$$

Perhitungan efisiensi inhibisi (%EI) untuk variasi konsentrasi, waktu dan suhu perendaman dalam media air laut dan CH_3COOH 25% lainnya sama dengan diatas.

Lampiran 6. Data Hasil Analisis Penelitian

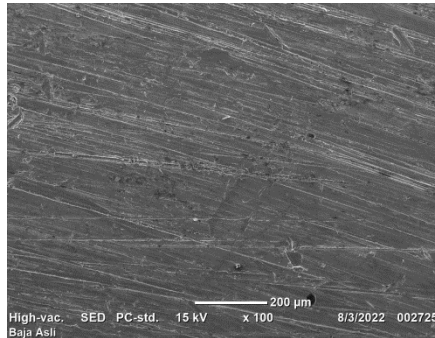
1. Hasil Analisis FTIR



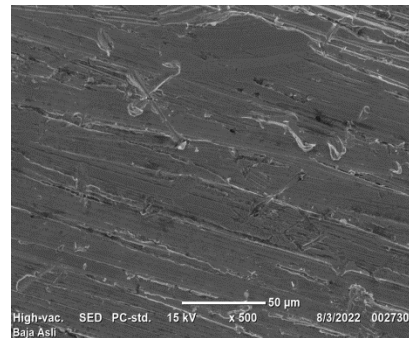
No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	351.04	87.62	8.114	356.83	341.4	0.567	0.351
2	376.12	85.751	1.1	472.56	372.26	4.076	0.821
3	526.57	95.759	4.036	574.79	474.49	1.131	1.04
4	603.72	97.166	1.245	617.22	574.79	0.299	0.076
5	638.44	97.529	0.951	657.73	628.79	0.215	0.069
6	675.09	97.272	2.498	696.3	657.73	0.254	0.211
7	705.95	99.255	0.442	719.45	696.3	0.055	0.028
8	748.38	87.817	12.078	788.89	719.45	1.982	1.949
9	806.25	99.07	0.674	815.89	790.81	0.062	0.037
10	835.18	92.892	3.61	846.75	815.89	0.613	0.218
11	873.75	84.488	12.611	900.76	848.68	1.904	1.232
12	916.19	98.489	1.347	937.4	902.69	0.126	0.099
13	1037.7	58.71	41.133	1116.78	937.4	18.799	18.669
14	1126.43	99.424	0.382	1134.14	1116.78	0.029	0.015
15	1172.72	62.942	36.715	1267.23	1134.14	15.9	15.675
16	1350.17	69.413	30.332	1417.68	1269.16	12.1	11.918
17	1456.26	70.502	29.372	1487.12	1419.61	5.805	5.775
18	1516.05	92.188	7.596	1541.12	1494.83	0.82	0.781
19	1610.56	54.533	45.494	1660.71	1546.91	14.741	14.753
20	1735.93	39.517	60.173	1811.16	1662.64	27.194	26.993
21	1853.59	98.462	0.805	1859.38	1832.38	0.084	0.029
22	2208.49	98.574	1.316	2287.58	2102.41	0.533	0.422
23	2370.51	97.966	1.7	2391.73	2355.08	0.191	0.142
24	2573.04	96.148	3.771	2775.57	2393.66	3.64	3.512
25	2852.72	72.828	16.924	2879.72	2795.78	4.543	1.883
26	2924.09	58.884	31.646	2995.45	2881.65	12.725	8.601
27	3010.88	98.95	0.846	3016.67	2997.38	0.055	0.04
28	3429.43	34.917	0.651	3433.29	3018.6	108.401	13.945

2. Hasil Analisis SEM Baja Karbon

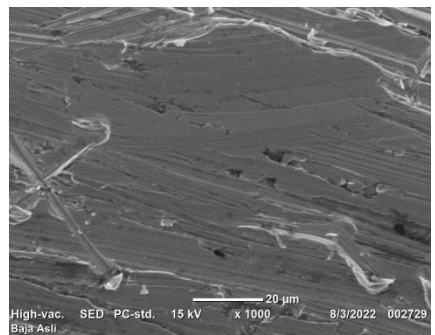
2.1 Hasil Analisis SEM Baja Karbon Tanpa Perlakuan



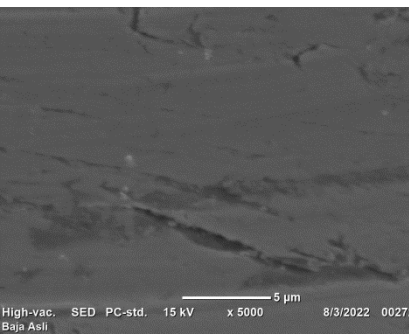
Perbesaran 100x



Perbesaran 500x

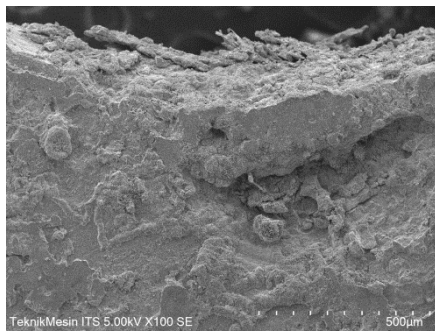


Perbesaran 1000x

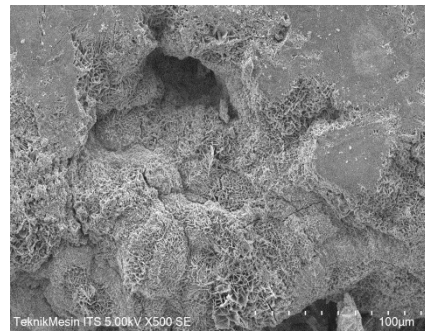


Perbesaran 5000x

2.2 Hasil Analisis SEM Baja Karbon tanpa Inhibitor



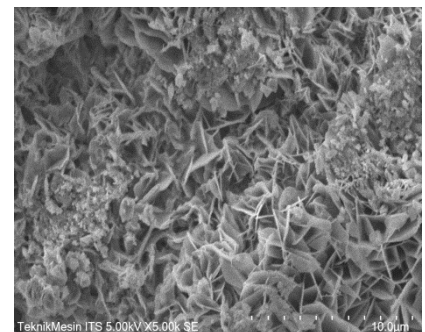
Perbesaran 100x



Perbesaran 500x

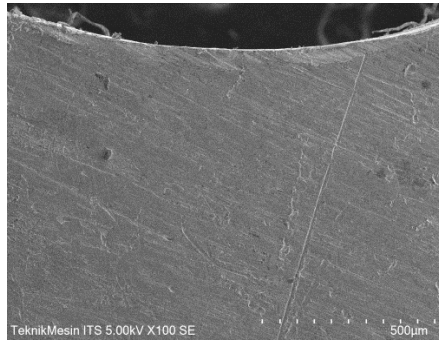


Perbesaran 1000x

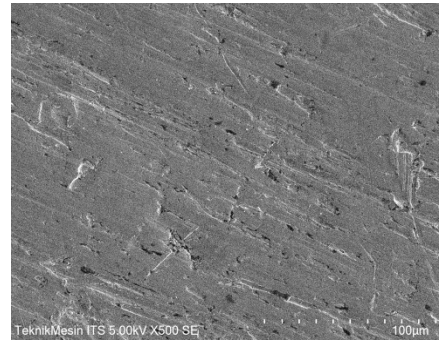


Perbesaran 5000x

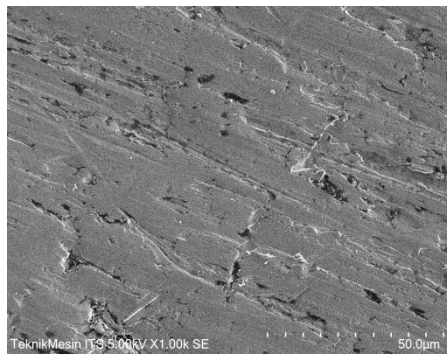
2.3 Hasil Analisis SEM Baja Karbon dengan Inhibitor



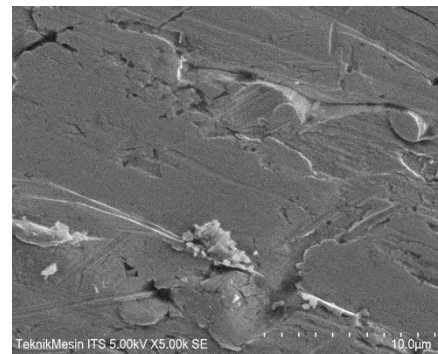
Perbesaran 100x



Perbesaran 500x



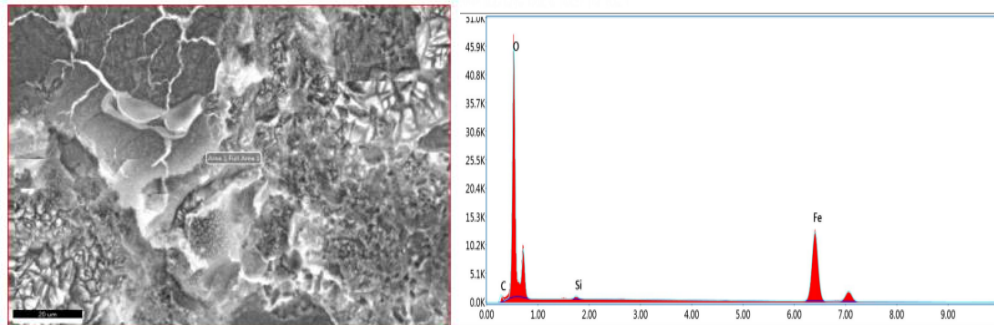
Perbesaran 1000x



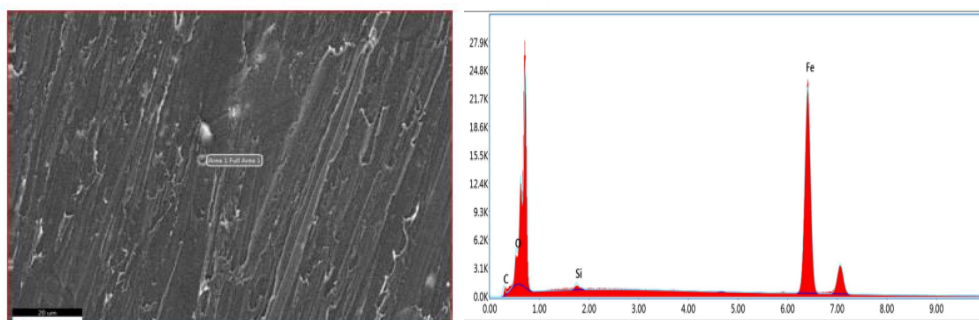
Perbesaran 5000x

3. Hasil Analisis EDX Baja Karbon

3.1 Hasil Analisis EDX Baja Karbon tanpa Inhibitor



3.2 Hasil Analisis EDX Baja Karbon dengan Inhibitor



Lampiran 7. Dokumentasi Penelitian



1. Serbuk daun ketapang



2. Sampel daun ketapang dimaserasi dengan pelarut etanol



3. Penyaringan hasil maserasi



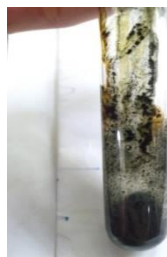
4. Hasil penyaringan sampel (filtrat daun ketapang)



5. Filtrat sampel dievaporasi



6. Hasil evaporasi dari filtrat sampel (ekstrak kental)



7. Hasil uji fitokimia dengan larutan FeCl_3 1%



8. Hasil uji fitokimia dengan larutan Gelatin 2%



9. Pembuatan Larutan Inhibitor



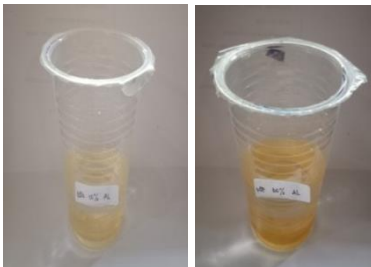
10. Baja Karbon ST 37



11. Baja yang telah dilapisi inhibitor



12. Proses perendaman baja tanpa inhibitor



13. Proses perendaman baja dengan inhibitor media air laut



14. Proses perendaman baja dengan inhibitor media CH_3COOH 25%



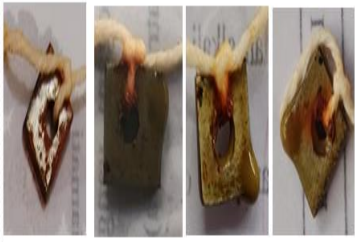
15. Proses perendaman baja sebagai kontrol media air laut



16. Proses perendaman baja sebagai kontrol media CH_3COOH 25%



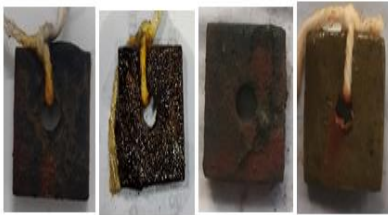
17. Pengangkatan baja karbon dengan konsentrasi 5% media air laut



18. Pengangkatan baja karbon dengan konsentrasi 5% media CH_3COOH 25%



21. Pengangkatan baja karbon dengan konsentrasi 10% media air laut



22. Pengangkatan baja karbon dengan konsentrasi 10% media CH_3COOH 25%



23. Pengangkatan baja karbon dengan konsentrasi 20% media air laut



24. Pengangkatan baja karbon dengan konsentrasi 20% media CH_3COOH 25%



25. Pengangkatan baja karbon dengan konsentrasi 30% media air laut



26. Pengangkatan baja karbon dengan konsentrasi 30% media CH_3COOH 25%



27. Hasil perendaman baja karbon tanpa inhibitor variasi waktu dalam media air laut



28. Hasil perendaman baja karbon tanpa inhibitor variasi waktu dalam CH_3COOH 25%





29. Hasil perendaman baja karbon dengan inhibitor konsentrasi 5% dalam media air laut



30. Hasil perendaman baja karbon dengan inhibitor konsentrasi 5% dalam media CH_3COOH 25%



31. Hasil perendaman baja karbon dengan inhibitor konsentrasi 10% dalam media air laut



32. Hasil perendaman baja karbon dengan inhibitor konsentrasi 10% dalam media CH_3COOH 25%



33. Hasil perendaman baja karbon dengan inhibitor konsentrasi 20% dalam media air laut



34. Hasil perendaman baja karbon dengan inhibitor konsentrasi 20% dalam media CH_3COOH 25%



35. Hasil perendaman baja karbon dengan inhibitor konsentrasi 30% dalam media air laut



36. Hasil perendaman baja karbon dengan inhibitor konsentrasi 30% dalam media CH_3COOH 25%



37. Hasil perendaman baja karbon sebagai kontrol dengan variasi waktu perendaman dalam media air laut



38. Hasil perendaman baja karbon sebagai kontrol dengan variasi waktu perendaman dalam media CH_3COOH 25%



39. Hasil perendaman baja karbon tanpa inhibitor variasi suhu dalam media air laut



40. Hasil perendaman baja karbon tanpa inhibitor variasi suhu dalam CH_3COOH 25%



41. Hasil perendaman baja karbon dengan penambahan inhibitor variasi waktu suhu dalam media air laut



42. Hasil perendaman baja karbon dengan penambahan inhibitor variasi waktu suhu dalam media CH_3COOH 25%



43. Hasil perendaman baja karbon sebagai kontrol dengan variasi suhu dalam media air laut



44. Hasil perendaman baja karbon sebagai kontrol dengan variasi suhu dalam media CH_3COOH 25%