

Perlindungan Baja Ringan Dalam Medium Asam Klorida Menggunakan Ekstrak Daun Sungkai (*Peronema canescens* Jack)

Yeni Stiadi ^{a*}, Emriadi ^a, Rahmayeni ^a, Putri Yolanda ^a, Della Rosalynna S. ^b

^a Departemen Kimia, Universitas Andalas, Padang 25163, Indonesia

^b Fakultas MIPA, Universitas Negeri Padang, Padang 25131, Indonesia

*Corresponding author: yenistiadi@sci.unand.ac.id

Abstract

Corrosion inhibition of mild steel in 1 M hydrochloric acid (HCl) by leaves extract of sungkai (*Peronema canescens* Jack) was studied by weight loss method, Fourier Transform Infra-Red (FTIR), spectroscopy UV-Vis, and optical microscopy. The corrosion rate of mild steel increase with the increase of temperature and decrease with the increase of concentration from leaves extract of sungkai in medium. The weight loss method shows that the inhibition efficiency increased with concentration and increases with temperature increase. The highest inhibition efficiency was 90.70% with the addition of 10 g/L extracts at 60°C. The adsorption of the inhibitor on the surface of mild steel follows the Langmuir adsorption isotherm because it forms a monolayer. Analysis of FTIR and UV-vis spectroscopy showed an interaction between leaves extract of sungkai and mild steel surface. Optical microscopy analysis revealed differences in the surface of mild steel immersed in 1 M HCl medium with and without the addition of extract.

Keywords

corrosion inhibition
mild steel
sungkai
weight loss

Received: February 2024

Revised: May 2024

Accepted: May 2024

Available online: May 2024

1. Pendahuluan

Baja merupakan paduan logam yang sering digunakan di industri seperti industri otomotif dan terutama untuk produksi dan pengangkutan minyak mentah dalam industri minyak dan gas alam. Penggunaan yang luas dari baja disebabkan sifat mekaniknya yang sangat baik dan unggul yakni kuat, keras dan murah dari sisi biaya. Paparan lingkungan korosif (misalnya larutan asam) mengakibatkan baja mengalami korosi. Korosi merupakan proses degradasi atau penurunan mutu suatu material akibat interaksi dengan lingkungan yang bersifat korosif^[1]. Korosi dapat menyebabkan kecelakaan kerja yang parah dan serius akibat kekuatan mekanik bahan turun^[2]. Sementara itu larutan asam banyak digunakan dalam industri seperti untuk pembersihan, pengawetan, dan pengasaman sumur minyak yang dapat mendegradasi permukaan baja dan menyebabkan terjadi korosi pada baja^[3].

Metode pengendalian korosi dengan menggunakan inhibitor merupakan salah satu pilihan yang terbaik. Inhibitor korosi melindungi permukaan logam melalui proses adsorpsi dengan membentuk lapisan pelindung tipis (lapisan pasiv) di atas permukaan logam. Inhibitor korosi yang diperoleh dari bahan alami seperti berbagai bagian tumbuhan seperti akar, biji, daun, batang, bunga dan buah telah menarik perhatian^[4]. Selain itu inhibitor

alami ini memiliki banyak keunggulan seperti tersedia melimpah di alam, tidak berbahaya bagi ekosistem, *biodegradable* dan murah^[5]. Ekstrak tumbuhan merupakan inhibitor alami dengan sifat menghambat korosi yang sangat baik. Kandungan senyawa metabolit sekunder yang terdapat pada ekstrak tumbuhan efektif dalam menghambat laju korosi karena senyawa ini mengandung gugus hidroksil, amida, karbonil dan lain-lain yang akan menyumbangkan pasangan elektron bebas dalam proses inhibisi korosi^[6]. Berbagai inhibitor ramah lingkungan yang telah diteliti dan dilaporkan seperti penggunaan daun *Jasminum nudiflorum* Lindl.^[7], *Persian liquorice*^[8] dan *Portulaca grandiflora*^[9].

Tanaman sungkai (*Peronema canescens* Jack) yang dikenal juga sebagai Jati Barang, Ki Sabrang, Kurus, Sekai, dan Sungkai, merupakan family Verbenaceae. Tanaman ini dapat ditemukan di Sumatera Barat, Bengkulu, Jambi, Sumatera Selatan, Jawa Barat, dan hampir seluruh pulau Kalimantan. Daun Sungkai memiliki banyak dimanfaatkan masyarakat Indonesia untuk kesehatan, seperti obat malaria, antibakteri, analgesik, anti inflamasi, antihiperurisemia, dan imunomodulator. Daun sungkai pada umumnya mengandung senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid, alkaloid, steroid, tanin, fenolik dan saponin. Senyawa bioaktif itu memiliki aktivitas antioksidan, menghambat aktivitas enzim xanthin oksidase, antibiotik, dan inhibitor adipogenesis^[10]. Senyawa

flavonoid dan fenolik mempunyai gugus hidroksil (-OH) sehingga dapat menyumbangkan pasangan elektron bebasnya sehingga dapat berfungsi sebagai inhibitor korosi^[1]. Pemanfaatan ekstrak daun sungkai sebagai inhibitor korosi ramah lingkungan pada baja belum pernah dilaporkan sebelumnya. Oleh karena itu, dilakukan penelitian mengenai pemanfaatan ekstrak daun sungkai sebagai inhibitor korosi yang ramah lingkungan pada baja lunak sekaligus dapat meningkatkan nilai guna dari daun sungkai.

2. Bahan dan Metode

2.1. Bahan Kimia

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian meliputi baja lunak, daun sungkai, kertas saring, HCl (Smart Lab. Indonesia), akuades, metanol, ampelas, FeCl₃, kloroform, aseton, anhidrida asetat, serbuk Mg, pereaksi Mayer, H₂SO₄ p.a.

2.2. Peralatan

Alat-alat yang dipakai adalah neraca analitik, jangka sorong, kaca arloji, oven, alat-alat gelas, rotari evaporator (Heidolph Laborota 4000), waterbath (Innotech BJP X RockFord), spektrofotometer ultraviolet-visible (UV-vis) (Shimadzu), Fourier transform infrared (FTIR) (Shimadzu) dan mikroskop optik (Horiba Emax-act).

2.3. Sintesis

Persiapan Spesimen Baja

Baja lunak berbentuk lempeng dipotong dengan ukuran (3 x 2) cm dan ketebalan 1 mm. Kemudian dibersihkan dan dihaluskan permukaannya dengan ampelas. Baja dibilas dengan akuades dan aseton, selanjutnya dikeringkan dalam oven suhu 60°C. Baja kering ditimbang dan hasil penimbangan dinyatakan sebagai berat awal (m_1).

Pembuatan Ekstrak Daun Sungkai

Daun sungkai dikeringanginkan dan dihaluskan dengan gerinda dan ditimbang 500 g. Sampel tersebut dimaserasi dengan metanol sebanyak ± 2000 mL selama 3 hari. Ekstrak disaring dan diuapkan pelarutnya dengan rotari evaporator sehingga didapatkan ekstrak pekat daun sungkai.

Uji Fitokimia Daun Sungkai

Ekstrak pekat daun sungkai dimasukkan ke dalam tabung reaksi, lalu ditambahkan larutan kloroform dan air 1:1 dengan volume 5 mL masing-masing. Larutan dikocok dan dibiarkan hingga lapisan kloroform-air terbentuk. Lapisan kloroform pada bagian bawah digunakan untuk pemeriksaan triterpenoid dan steroid,

lapisan air digunakan untuk pemeriksaan saponin, flavonoid, dan fenolik.

Lapisan kloroform diteteskan pada lubang plat tetes, untuk pemeriksaan triterpenoid ditambahkan H₂SO₄ dan anhidrida asetat, sedangkan untuk pemeriksaan steroid hanya ditambahkan H₂SO₄. Lapisan air dibagi ke dalam tiga buah tabung reaksi. Tabung reaksi 1 dikocok selama satu menit untuk pemeriksaan saponin, tabung reaksi 2 diteteskan FeCl₃ untuk pemeriksaan fenolik dan tabung reaksi 3 diteteskan HCl pekat dan serbuk Mg untuk pemeriksaan flavonoid.

Ekstrak pekat daun sungkai dilarutkan dalam metanol, lalu ditambahkan ammonia dan kloroform. Ekstrak kloroform diambil dan ditambahkan H₂SO₄ 2 M, lalu dikocok. Lapisan asam yang terbentuk dipisahkan dan ditambahkan beberapa tetes pereaksi Mayer untuk pemeriksaan alkaloid.

Pembuatan Medium Korosif

Medium korosif dibuat dari larutan induk HCl 5 M dengan cara memipet 103,7 mL HCl 37% dan diencerkan sampai 250 mL. Larutan induk HCl 5 M digunakan untuk membuat medium korosif HCl 1 M. Larutan HCl 1 M dibuat dengan cara memipet larutan induk HCl 5 M sebanyak 10 mL kemudian diencerkan dengan akuades sampai volume 50 mL pada gelas piala.

Pembuatan Medium Korosif yang Mengandung Ekstrak Daun Sungkai

Ekstrak pekat daun sungkai digunakan untuk membuat larutan induk 20 g/L dengan cara menimbang 2 g ekstrak dan dilarutkan dengan akuades dalam labu ukur 100 mL sampai tanda batas. Larutan induk 20 g/L divariasikan konsentrasinya menjadi 2 g/L, 4 g/L, 6 g/L, 8 g/L dan 10 g/L. Variasi konsentrasi tersebut kemudian ditambahkan dengan larutan HCl 5 M sebanyak 10 mL. Selanjutnya ditambahkan dengan akuades sampai volume 50 mL sehingga didapatkan medium korosif HCl 1 M dengan adanya inhibitor ekstrak daun sungkai dengan berbagai variasi konsentrasi.

Penentuan Laju Korosi Berdasarkan Metode Kehilangan Berat

Baja lunak direndam dalam 50 mL medium korosif HCl 1 M dengan berbagai konsentrasi ekstrak daun sungkai dan divariasikan suhu perendaman yaitu 30°, 40°, 50° dan 60°C selama 7 jam dalam waterbath. Selanjutnya baja dibersihkan, dicuci dan dikeringkan dalam oven. Setelah kering baja ditimbang dan hasil penimbangan dinyatakan sebagai berat akhir (m_2).

Analisis FTIR

Analisis FTIR dilakukan dengan cara mengambil produk korosi yang menempel pada baja yang telah direndam dalam medium korosif HCl 1 M yang mengandung ekstrak daun sungkai 10 g/L selama 6 hari. Pengambilan spektrum FTIR juga dilakukan untuk ekstrak pekat daun sungkai.

Pengukuran Spektrofotometri UV-Vis

Pengukuran spektrofotometri UV-Vis dilakukan untuk medium korosif HCl 1 M tanpa dan dengan adanya inhibitor ekstrak daun sungkai konsentrasi 10 g/L yang telah merendam baja ringan selama 6 hari. Pengukuran juga dilakukan untuk larutan HCl 1 M saja dengan perendaman baja tanpa penambahan ekstrak daun sungkai.

Analisis Mikroskop Optik

Analisis ini bertujuan untuk mengamati morfologi permukaan baja sebelum dan sesudah direndam dalam medium korosif HCl selama 6 hari tanpa dan dengan adanya penambahan ekstrak daun sungkai 10 g/L. Baja dikeringkan dan dilakukan analisis permukaan dengan mikroskop optik. Analisis morfologi permukaan baja juga dilakukan pada baja tanpa perendaman.

3. Hasil dan Diskusi

Uji Fitokimia

Uji fitokimia bertujuan mengidentifikasi senyawa metabolit sekunder yang terkandung pada ekstrak daun sungkai. Pada Tabel 1. menunjukkan bahwa daun sungkai mengandung beberapa senyawa metabolit sekunder antara lain flavonoid, fenolik dan steroid yang ditandai dengan tanda positif (+). Senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid, fenolik dan steroid yang terdapat pada ekstrak daun sungkai yang akan berinteraksi dengan permukaan baja dan membentuk lapisan pelindung (lapisan pasif) yang berperan sebagai inhibitor untuk menghambat laju korosi.

Tabel 1. Hasil uji fitokimia ekstrak daun sungkai

Senyawa	Hasil Uji
Flavonoid	+
Fenolik	+
Steroid	+
Alkaloid	-
Triterpenoid	-
Saponin	-

Penentuan Laju dan Efisiensi Inhibisi Korosi

Penentuan nilai laju korosi pada baja serta efisiensi inhibisi ditentukan menggunakan metode kehilangan berat (*weight loss*)^[14]. Metode kehilangan berat bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh dari penambahan ekstrak daun sungkai terhadap laju korosi dalam medium HCl 1 M. Laju korosi serta efisiensi inhibisi korosi dapat dihitung melalui persamaan:

$$V_{\text{corr}} = \frac{m_1 - m_2}{A \times t} \quad (1)$$

$$EI (\%) = \frac{V_{\text{(tanpa inhibitor)}} - V_{\text{(dengan inhibitor)}}}{V_{\text{(tanpa inhibitor)}}} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana m_1 dan m_2 adalah berat baja sebelum dan sesudah perendaman (mg), A adalah luas permukaan (cm^2), t adalah waktu perendaman (jam), v_{corr} adalah laju korosi ($\text{mg}/\text{cm}^2\text{jam}$) dan EI adalah efisiensi inhibisi (%).

Tabel 2. Nilai laju korosi dan efisiensi inhibisi korosi baja dalam medium HCl 1 M dengan dan tanpa penambahan ekstrak daun sungkai perendaman 7 jam

C (g/L)	30°C		40°C		50°C		60°C	
	v_{corr}	EI%	v_{corr}	EI%	v_{corr}	EI%	v_{corr}	EI%
0	0,72	0	1,01	0	3,06	0	5,93	0
2	0,19	72,62	0,24	76,19	0,49	83,85	0,85	85,61
4	0,18	73,57	0,23	76,95	0,42	85,98	0,76	87,18
6	0,17	74,73	0,21	78,31	0,39	87,17	0,69	88,21
8	0,16	76,48	0,20	80,06	0,34	88,74	0,62	89,43
10	0,15	78,22	0,18	81,72	0,32	89,46	0,55	90,70

Berdasarkan Tabel 2. laju korosi pada baja mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak daun sungkai yang ditambahkan sedangkan laju korosi meningkat dengan meningkatnya suhu saat perendaman baja. Variasi konsentrasi dari ekstrak daun sungkai yang ditambahkan berpengaruh terhadap laju korosi baja karena semakin banyak terbentuk lapisan pelindung yang berperan melindungi baja dari korosi sehingga laju korosi akan menurun^[9]. Laju korosi meningkat seiring dengan meningkatnya suhu perendaman karena energi kinetik partikel dalam larutan semakin besar serta pergerakan partikel semakin acak sehingga laju korosi semakin meningkat. Selain itu kenaikan suhu menyebabkan inhibitor korosi mengalami kerusakan pada suhu tinggi dan desorpsi lapisan pelindung^[13,15].

Selain itu pada Tabel 2. juga menunjukkan nilai efisiensi inhibisi meningkat dengan bertambahnya konsentrasi ekstrak daun sungkai dalam medium HCl 1 M. Efisiensi inhibisi tertinggi yang diperoleh sebesar 90,70% pada penambahan ekstrak daun sungkai 10 g/L dengan suhu perendaman 60°C. Semakin besar konsentrasi ekstrak maka semakin banyak senyawa metabolit sekunder yang teradsorpsi pada permukaan baja membentuk senyawa kompleks^[16]. Di samping itu ternyata persentase efisiensi inhibisi korosi naik dengan

meningkatnya suhu. Hal ini menunjukkan bahwa adsorpsi stabil pada suhu tinggi dan ikatan yang terjadi adalah ikatan kimia^[2].

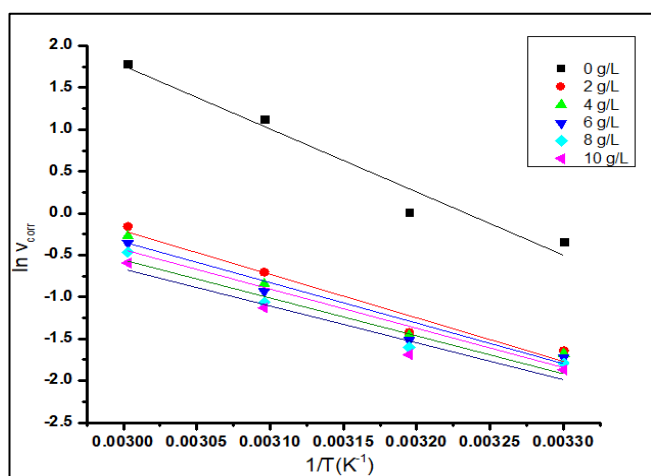
Penentuan Energi Aktivasi

Energi aktivasi (Ea) merupakan energi minimum yang dibutuhkan untuk terjadinya reaksi kimia^[17].

Nilai energi aktivasi dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\ln v_{corr} = \ln A + (-Ea/RT) \tag{3}$$

Dalam hal ini A adalah faktor frekuensi, Ea adalah energi aktivasi (kJmol⁻¹), R adalah konstanta molar gas (8,314 J mol⁻¹K⁻¹) dan T adalah suhu (K)^[6].



Gambar 1. Aluran Arrhenius untuk korosi baja dalam medium HCl 1 M

Gambar 1. Merupakan aluran dari Arrhenius 1/T dengan ln v_{corr} dari laju korosi baja dalam medium HCl 1 M tanpa dan dengan adanya penambahan ekstrak daun sungkai pada beberapa variasi konsentrasi^[18].

Tabel 3. Nilai energi aktivasi proses korosi baja

Medium HCl 1 M + ekstrak (g/L)	Energi Aktivasi (kJ/mol)
0	62,64
2	43,17
4	40,25
6	39,01
8	37,66
10	36,59

Pada Tabel 3. menunjukkan semakin besar konsentrasi ekstrak yang ditambahkan maka nilai energi aktivasi semakin kecil. Hal ini menandakan bahwa terjadi mekanisme adsorpsi kimia (kemisorpsi) dimana adanya transfer muatan dari gugus fungsi molekul inhibitor ke ion logam di permukaan baja membentuk ikatan ko-

valen koordinasi^[2]. Nilai energi aktivasi paling kecil yaitu 36,59 kJ/mol pada penambahan ekstrak daun sungkai 10 g/L sedangkan nilai energi aktivasi tanpa penambahan ekstrak lebih tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin besar konsentrasi ekstrak maka efisiensi inhibisi besar serta cakupan penutupan yang besar karena adsorpsi inhibitor dipermukaan baja yang besar sehingga laju korosi semakin kecil.

Penentuan Entalpi Aktivasi (ΔH*) dan Entropi Aktivasi (ΔS*)

Nilai entalpi aktivasi (ΔH*) dan entropi aktivasi (ΔS*) dapat dihitung dengan menggunakan penurunan persamaan Arrhenius^[2]. Entalpi aktivasi (ΔH*) menyatakan energi yang menyertakan reaksi. Nilai ΔH* yang diperoleh merupakan energi yang dibutuhkan untuk mengaktifkan molekul dalam medium. Entropi aktivasi (ΔS*) menyatakan nilai derajat ketidakteraturan partikel dalam medium. Nilai entalpi aktivasi (ΔH*) dan entropi aktivasi (ΔS*) dapat dihitung melalui persamaan berikut:

$$\ln \frac{v}{T} = \left[\ln \frac{R}{(Nh)} + \frac{(\Delta S^*)}{R} \right] - \frac{\Delta H^*}{RT} \tag{4}$$

N adalah bilangan Avogadro (6,023x10²³ molekul/mol), h adalah konstanta Plank (6,63x10⁻³⁴ J/s), ΔS* adalah perubahan entropi (J mol⁻¹K⁻¹) dan ΔH* adalah perubahan entalpi (J mol⁻¹ K⁻¹)^[6].

Tabel 4. Nilai entalpi aktivasi (ΔH*) dan entropi aktivasi (ΔS*) proses korosi baja.

Medium HCl 1 M + ekstrak (g/L)	ΔH* (kJ/mol)	ΔS* (J/mol)
0	65,28	-228,66
2	45,81	-219,66
4	42,89	-218,47
6	41,65	-217,93
8	40,3	-217,32
10	39,23	-216,83

Pada Tabel 4. menunjukkan entalpi aktivasi (ΔH*) dan entropi aktivasi (ΔS*) dimana nilai entalpi yang didapatkan bernilai positif. Nilai entalpi positif mengindikasikan reaksi yang terjadi selama proses pelarutan baja bersifat endotermik dan pelarutan baja lambat^[2,3]. Semakin tinggi konsentrasi maka nilai ΔH* semakin kecil, hal ini disebabkan oleh pelepasan ion Fe²⁺ dari permukaan baja berkurang serta interaksi dengan oksigen menurun akibat penambahan ekstrak sehingga karat yang terbentuk sedikit. Entropi aktivasi (ΔS*)

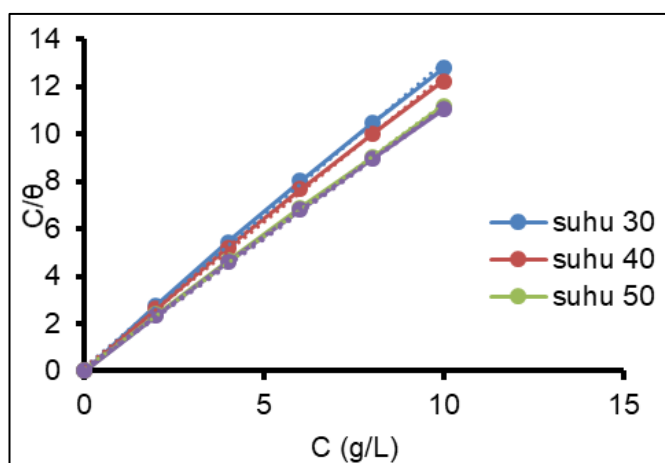
bernilai negatif dimana tanda negatif dari ΔS^* mengacu pada peningkatan derajat ketidakteraturan sistem saat berubah dari reaktan menjadi kompleks teraktivasi^[19]. Nilai entropi aktivasi (ΔS^*) didapatkan semakin positif. Hal ini mengindikasikan bahwa molekul dari ekstrak daun sungkai yang ditambahkan semakin banyak yang berinteraksi dengan permukaan baja membentuk lapisan pasif sehingga ketidakteraturan partikel dalam medium semakin besar^[20].

Penentuan Isoterm Adsorpsi

Isoterm adsorpsi digunakan untuk mengidentifikasi mekanisme di balik penghambatan korosi logam oleh inhibitor. Isoterm adsorpsi memberikan informasi penting mengenai interaksi di antarmuka logam dengan inhibitor⁶. Penentuan isoterm adsorpsi ekstrak daun sungkai pada permukaan baja telah dihitung menggunakan persamaan isoterm adsorpsi Langmuir.

$$\frac{C}{\theta} = \frac{1}{K_{\text{ads}}} + C \quad (5)$$

C adalah konsentrasi inhibitor, θ adalah derajat penutupan permukaan dan K_{ads} adalah konstanta kesetimbangan adsorpsi.



Gambar 2. Grafik isoterm adsorpsi Langmuir inhibisi korosi baja

Pada Gambar 2. menunjukkan terjadinya interaksi antara gugus fungsi senyawa metabolit sekunder daun sungkai dengan permukaan baja. Isoterm adsorpsi Langmuir digunakan karena koefisien determinasi (R^2) yang didapatkan mendekati 1. Isoterm adsorpsi Langmuir menunjukkan lapisan yang terbentuk adalah lapisan tunggal (*monolayer*) sehingga ikatan antara senyawa di dalam ekstrak daun sungkai dengan logam pada baja lebih kuat. Kekuatan ikatan ini akan berkurang dengan bertambahnya suhu karena C/θ turun. Isoterm

adsorpsi Langmuir juga dapat menentukan nilai konstanta adsorpsi (K_{ads}) ekstrak daun sungkai pada permukaan baja, nilai energi Gibbs ($\Delta G_{\text{ads}}^{\circ}$), entalpi adsorpsi ($\Delta H_{\text{ads}}^{\circ}$) dan entropi adsorpsi ($\Delta S_{\text{ads}}^{\circ}$) yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Energi bebas Gibbs (ΔG_{ads}) dapat dihitung melalui persamaan:

$$\Delta G_{\text{ads}} = -RT \ln (999 \times K_{\text{ads}}) \quad (6)$$

Di mana ΔG_{ads} adalah energi bebas Gibbs dan R adalah konstanta gas. Sedangkan nilai entalpi adsorpsi dan entropi adsorpsi dihitung dengan persamaan:

$$\ln K_{\text{ads}} = -\frac{\Delta H_{\text{ads}}}{RT} + \frac{\Delta S_{\text{ads}}}{R} - \ln 999 \quad (7)$$

Di sini K_{ads} adalah konstanta kesetimbangan adsorpsi, $\Delta H_{\text{ads}}^{\circ}$ adalah entalpi adsorpsi, $\Delta S_{\text{ads}}^{\circ}$ adalah entropi adsorpsi dan T adalah suhu.

Tabel 5. Parameter termodinamika untuk adsorpsi ekstrak daun sungkai berdasarkan hasil isoterm Langmuir

Suhu (K)	K_{ads}	$\Delta G_{\text{ads}}^{\circ}$ (kJ/mol)	$\Delta H_{\text{ads}}^{\circ}$ (kJ/mol)	$\Delta S_{\text{ads}}^{\circ}$ (J/mol)
303	5,71	-21,79		
313	6,21	-22,73	16,01	124,46
323	8,82	-24,40		
333	9,60	-25,39		

Nilai K_{ads} pada Tabel 5. menunjukkan semakin tinggi suhu perendaman baja maka nilai konstanta adsorpsi semakin tinggi. Hal ini menunjukkan terjadinya peningkatan adsorpsi molekul inhibitor pada permukaan baja serta reaksi yang terjadi adalah kemisorpsi sehingga adsorpsi molekul ekstrak pada baja kuat^[2,13]. Nilai $\Delta G_{\text{ads}}^{\circ}$ yang didapatkan bernilai negatif menandakan reaksi adsorpsi berjalan secara spontan dan stabil^[2,9]. Energi Gibbs < -20 kJ/mol menunjukkan fisisorpsi, energi Gibbs > -40 kJ/mol menunjukkan kemisorpsi sedangkan apabila berada diantara keduanya maka menunjukkan fisisorpsi kemisorpsi.

Nilai energi Gibbs yang diperoleh sekitar -20 kJ/mol yang menandakan fisisorpsi dan kemisorpsi tetapi dominan fisisorpsi^[2,6,16]. Entalpi adsorpsi ($\Delta H_{\text{ads}}^{\circ}$) bernilai positif menunjukkan adsorpsi inhibitor merupakan proses endoterm^[2,13]. Nilai $\Delta S_{\text{ads}}^{\circ}$ bernilai positif menunjukkan ketidakteraturan partikel dalam medium meningkat dan molekul inhibitor bergerak bebas dan

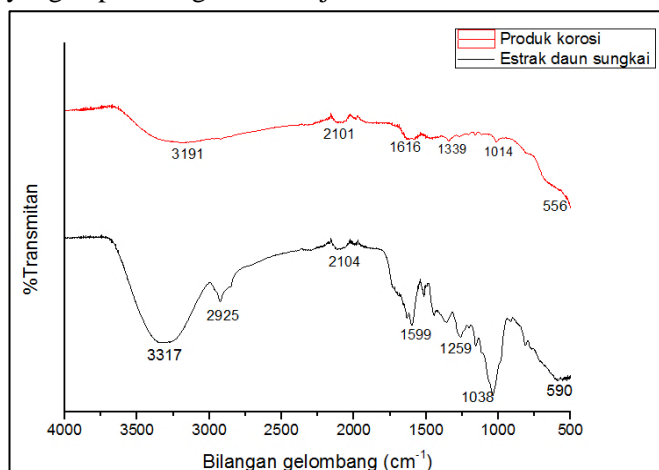
teradsorpsi pada permukaan baja serta lebih banyak molekul air yang digantikan oleh molekul inhibitor pada permukaan baja².

Analisis FTIR

Analisis gugus fungsi yang pada ekstrak daun sungkai yang berperan sebagai inhibitor korosi dilakukan dengan FTIR. Hasil pengukuran FTIR didapatkan 2 buah spektrum yaitu spektrum ekstrak daun sungkai dan spektrum produk korosi yang menempel pada baja setelah perendaman 6 hari dengan penambahan ekstrak daun sungkai 10 g/L. Hasil spektrum Gambar 3. (a) menunjukkan ekstrak daun sungkai mengandung gugus -OH pada angka bilangan gelombang 3317 cm^{-1} , gugus C-H pada bilangan gelombang 2925 cm^{-1} , gugus C=C pada bilangan gelombang 1599 cm^{-1} serta gugus C-O pada bilangan gelombang 1259 cm^{-1} .

Pada Gambar 3. (b) memperlihatkan spektrum infra merah dari produk korosi baja yang direndam dalam HCl 1 M dengan penambahan ekstrak daun sungkai 10 g/L. Berdasarkan spektrum terlihat bahwa terjadi interaksi antara ekstrak daun sungkai yang teradsorpsi pada permukaan baja dengan HCl sehingga mengalami pergeseran angka bilangan gelombang spektrum infra merah. Gugus -OH bergeser ke bilangan gelombang 3191 cm^{-1} , gugus C=C bergeser ke angka 1616 cm^{-1} dan gugus C-O 1339 cm^{-1} .

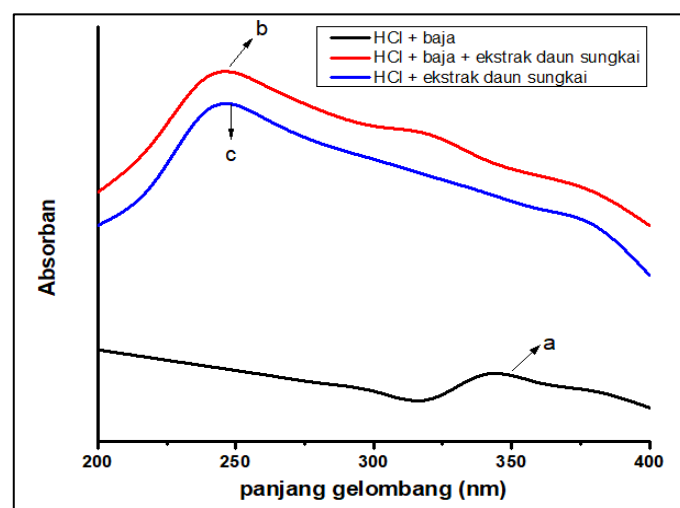
Berdasarkan data menunjukkan terjadi pergeseran angka bilangan gelombang pada gugus fungsi antara ekstrak daun sungkai dan produk korosi yang menempel pada permukaan baja setelah perendaman 6 hari dengan penambahan ekstrak daun sungkai 10 g/L. Hal ini mengindikasikan ekstrak daun sungkai teradsorpsi pada permukaan baja serta adanya interaksi antara gugus fungsi yang terkandung pada ekstrak dengan permukaan baja membentuk lapisan pelindung yang dapat menghambat laju korosi^[6].



Gambar 3. Spektrum FTIR (a) ekstrak daun sungkai dan (b) produk korosi yang menempel pada permukaan baja perendaman 6 hari dengan penambahan 10 g/L ekstrak daun sungkai

Analisis UV-Vis

Analisis UV-Vis menunjukkan terjadinya reaksi kompleks antara ekstrak daun sungkai dengan baja. Spektrofotometri UV-Vis memperlihatkan transisi elektronik dimana elektron akan tereksitasi pada tingkat energi tertentu. Perubahan posisi absorban maksimum dan nilai absorban mengindikasikan pembentukan kompleks antara senyawa yang terkandung dalam ekstrak daun sungkai dengan permukaan baja dan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Spektrum UV-Vis (a) HCl 1 M + baja (b) HCl 1 M + Ekstrak daun sungkai 10 g/L + baja (c) HCl 1 M + ekstrak daun sungkai 10 g/L

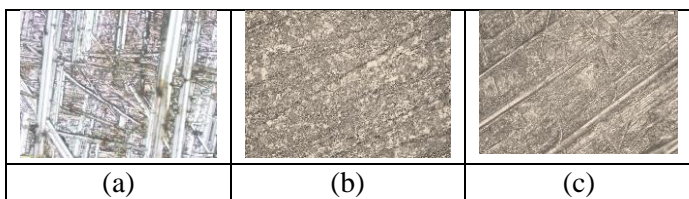
Spektrum pada Gambar 4. (a) merupakan spektrum UV-Vis HCl + Fe yang memperlihatkan terbentuknya puncak adsorpsi pada panjang gelombang 340 nm yang menunjukkan adanya ion Fe^{2+} ^[21,22]. Namun puncaknya hilang pada spektrum dengan penambahan ekstrak daun sungkai. Lapisan pelindung yang terbentuk di permukaan baja karena pembentukan kompleks antara ion Fe dengan ekstrak daun sungkai yang berfungsi menghambat laju korosi. Akibatnya ketahanan terhadap korosi meningkat^[22].

Pada Gambar 4. (b) merupakan spektrum baja yang direndam dalam larutan HCl 1 M selama 6 hari dengan penambahan ekstrak daun sungkai 10 g/L terbentuk puncak adsorpsi pada 240 nm serta Gambar 4. (c) juga menunjukkan terbentuk puncak adsorpsi pada panjang gelombang 240 nm. Gambar 4. (b) dan (c) memperlihatkan bentuk puncak yang hampir sama serta menunjukkan adanya transisi elektronik $\pi-\pi^*$ dengan

gugus fungsi $C=C^{23}$. Selain itu nilai absorban dari spektrum tanpa dan dengan penambahan ekstrak tidak terlihat perbedaan yang signifikan. Pergeseran puncak adsorban mengindikasikan ekstrak daun sungkai telah teradsorpsi pada permukaan baja.

Analisis Mikroskop Optik

Analisis morfologi permukaan baja dengan mikroskop optik bertujuan untuk melihat morfologi dari permukaan baja sebelum dan sesudah direndam dalam medium korosif HCl 1 M selama 6 hari.



Gambar 5. Morfologi permukaan baja perbesaran 20 x (a) baja tanpa perlakuan, (b) baja yang telah direndam dalam larutan HCl 1 M, (c) baja yang telah direndam dalam larutan HCl 1 M + ekstrak daun sungkai 10 g/L

Pada Gambar 5. (a) merupakan morfologi permukaan dari baja yang telah diampelas terlihat bersih namun terdapat garis pada baja setelah diampelas. Permukaan baja yang terlihat bersih dikarenakan belum ada interaksi antara baja dengan medium korosif HCl 1 M. Gambar 5. (b) merupakan morfologi permukaan baja yang telah direndam dalam medium korosif HCl 1 M selama 6 hari. Permukaan baja terlihat tidak rata dan adanya lubang kecil akibat korosi serta garis pada baja setelah diampelas tidak ada lagi yang mengindikasikan bahwa telah terjadi interaksi antara baja dengan HCl 1 sehingga terjadi korosi. Pada Gambar 5. (c) merupakan morfologi permukaan baja yang telah direndam di dalam medium HCl 1 M dengan adanya penambahan ekstrak daun sungkai 10 g/L dimana permukaan baja mengalami korosi yang ditandai dengan adanya lubang dan permukaan yang tidak rata tetapi tidak sebanyak pada permukaan baja yang direndam dalam HCl 1 M tanpa penambahan ekstrak. Selain itu masih terdapat garis pada baja setelah diampelas yang mengindikasikan bahwa tidak seluruh permukaan baja mengalami kerusakan atau korosi. Hal ini disebabkan oleh ekstrak yang telah teradsorpsi pada permukaan baja membentuk lapisan pelindung yang dapat menghambat laju korosi^[19].

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa ekstrak daun sungkai (*Peronema canescens* Jack) efektif digunakan sebagai inhibitor korosi baja dalam medium HCl 1 M. Efisiensi inhibisi tertinggi yang diperoleh sebesar 90,70% pada penambahan ekstrak daun sungkai 10 g/L dengan suhu perendaman 60°C. Laju korosi menurun dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak daun sungkai yang ditambahkan serta meningkat dengan kenaikan suhu perendaman. Inhibitor korosi baja menggunakan ekstrak daun sungkai mengikuti pola isoterm adsorpsi Langmuir. Analisis FTIR dan UV-Vis menunjukkan adanya interaksi ekstrak daun sungkai dengan permukaan baja membentuk lapisan pelindung. Analisis mikroskop optik menunjukkan perbedaan morfologi permukaan baja yang direndam dalam medium HCl 1 M tanpa dan dengan penambahan ekstrak daun sungkai.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kepala laboratorium kimia fisika beserta analis.

Kontribusi Penulis

Konseptualisasi: Y.S., P.Y.

Kurasi data: Y.S.

Analisis Formal: R., D.R.S.

Investigasi: P.Y.

Metodologi: E.

Perangkat Lunak: D.R.S.

Validasi: E.

Visualisasi: R.

Penulisan – draf asli: P.Y., Y.S.

Penulisan – review & penyuntingan: Y.S, E.

Konflik Kepentingan

Para penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dalam penulisan artikel ini.

Daftar Pustaka

- [1] M.A. Deyab, M.T. Zaky, M.I. Nessim, Inhibition of acid corrosion of carbon steel using four imidazolium tetrafluoroborates ionic liquids, *J. Mol. Liq.* 229 (2017) 396–404. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2016.12.092>
- [2] M. Basik, M. Mobin, Chondroitin sulfate as potent green corrosion inhibitor for mild steel in 1M HCl. *J.*

- Mol. Struct. 1214 (2020) e128231. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2020.128231>
- [3] Y. Stiadi, Rahmayeni, L. Rahmawati, M. Efdi, H. Aziz, Emriadi. *Mangifera odorata* Griff seed extract as corrosion inhibitor of mild steel in hydrochloric acid medium, Rasayan J. Chem. 13 (2020) 230–239. <http://www.rasayanjournal.com>
- [4] E. Alibakhshi, M. Ramezanzadeh, G. Bahlakeh, B. Ramezanzadeh, *Glycyrrhiza glabra* leaves extract as a green corrosion inhibitor for mild steel in 1 M hydrochloric acid solution: experimental, molecular dynamics, monte carlo and quantum mechanics study, J. Mol. Liq. 255 (2018) 185–198. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2018.01.144>
- [5] Emriadi, P. Untari, M. Efdi, Leave extract of *Syzygium malaccense* green inhibitor of mild steel in acidic medium, Rasayan J. Chem. 14 (2021) 569–577. <http://www.rasayanjournal.com>
- [6] I.M. Chung, R. Malathy, R. Priyadharshini, V. Hemapriya, S.H. Kim, M. Prabakaran, Inhibition of mild steel corrosion using *Magnolia kobus* extract in sulphuric acid medium, Mater. Today Commun. 25 (2020) e101687. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2020.101687>
- [7]. S. Deng, X. Li, Inhibition by *Jasminum nudiflorum* Lindl. leaves extract of the corrosion of aluminium in HCl solution, Corros. Sci. 64 (2012) 253–262. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2012.07.017>
- [8] E. Alibakhshi, M. Ramezanzadeh, S.A. Haddadi, G. Bahlakeh, B. Ramezanzadeh, M. Mahdavian, *Persian liquorice* extract as a highly efficient sustainable corrosion inhibitor for mild steel in sodium chloride solution, J. Cleaner Prod. 210 (2019) 660–672. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.053>
- [9] A.A. Fadhil, A.A. Khadom, S.K. Ahmed, H. Liu, C. Fu, H.B. Mahood, *Portulaca grandis* flora as new green corrosion inhibitor for mild steel protection in hydrochloric acid: quantitative, electrochemical, surface and spectroscopic investigations, Surf. Interfaces. 20 (2020) e100595. <https://doi.org/10.1016/j.surfin.2020.100595>
- [10] M. Latief, I.L. Tarigan, Antidiabetic activity of sungkai (*Peronema canescens* Jack) leaves ethanol extract on the male mice induced alloxan monohydrate, Pharmacol. & Clin. Pharm. Res. 6 (2021) 64 <https://doi.org/10.15416/pcpr.v6i2.31666>
- [11] A.M.H. Putranto, Examination of the sungkai's young leaf extract (*Peronema canescens*) as an antipiretic, immunity, antiplasmodium and teratogeny in mice (*Mus musculus*). Int. J. Sci. Eng. 7 (2014) 30–34. <https://doi.org/10.12777/ijse.7.1.30-34>
- [12] Y. Yetri, N. Jamarun, Corrosion inhibition efficiency of mild steel in hydrochloric acid by adding *Theobroma cacao* peel extract, IICBE (2014), 15–19. <http://dx.doi.org/10.15242/IICBE.C614002>
- [13] A. Berrissoul, F. Ouarhach, A. Benhiba, A. Romane, A. Zarrouk, B. Guenbour, B. Dikici, A. Dafali, Evaluation of *Lavandula mairei* extract as green inhibitor for mild steel corrosion in 1 M HCl solution. experimental and theoretical approach, J. Mol. Liq. 313 (2020) e113493. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2020.113493>
- [14] H. Kumar, V. Yadav, *Musa Acuminata* (green corrosion inhibitor) as anti-pit and anti-cracking agent for mild steel in 5M hydrochloric acid solution. Chem. Data Collect. 29 (2020), e100500. <https://doi.org/10.1016/j.cdc.2020.100500>
- [15]. A. Mazkour, S. El Haggaji, N. Labjar, E.M. Lotfi, M. El Mahi, Investigation of corrosion protection of austenitic stainless steel in 5.5 M polluted phosphoric acid using 5-azidomethyl-7-morpholinomethyl-8-hydroxyquinoline as an ecofriendly inhibitor. Int. J. Corros. 1 (2021) 1-15 <https://doi.org/10.1155/2021/6666811>
- [16] A. Döner, R. Solmaz, M. Özcan, G. Kardaş, Experimental and theoretical studies of thiazoles as corrosion inhibitors for mild steel in sulphuric acid solution, Corros. Sci. 53 (2011) 2902–2913. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2011.05.027>
- [17] C.M. Fernandes, T.F. Fagundes, T. N.E. dos Santos, T.M.S de Rocha, R. Garrett, R.M. Borges, G. Muricy, A.L. Valverde, E.A. Ponzio, *Ircinia strobilina* crude extract as corrosion inhibitor for mild steel in acid medium, Electrochim. Acta. 312 (2019) 137–148. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2019.04.148>
- [18]. E.E. Oguzie, C.K. Enenebeaku, C.O. Akalezi, S.C. Okoro, A.A. Ayuk, E.N. Ejike, Adsorption and corrosion-inhibiting effect of *Dacryodis edulis* extract on low-carbon-steel corrosion in acidic media, J. Colloid Interface Sci. 349 (2010) 283–292. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2010.05.027>
- [19] M.A. El-hashemy, A. Sallam, the inhibitive action of *calendula officinalis* flower heads extract for mild steel corrosion in 1 M HCl solution, J. Mater. Res. Technol. 9 (2020) 13509–13523. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.09.078>
- [20]. Y. Stiadi, M. Efdi, H. Aziz, Emriadi, *Gleichenia linearis* Burm. leaf extract as corrosion inhibitor of mild steel in hydrochloric acid medium, Int. J. Corros. Scale

- Inhib. 9 (2020) 1498–1515.
<https://doi.org/10.17675/2305-6894-2020-9-4-20>
- [21] N.A. Odewunmi, S.A. Umoren, Z.M. Gasem, Watermelon waste products as green corrosion inhibitors for mild steel in hcl solution, J. Environ. Chem. Eng. 3 (2015) 286–296.
<https://doi.org/10.1016/j.jece.2014.10.014>
- [22] H. Hassannejad, A. Nouri, Sunflower seed hull extract as a novel green corrosion inhibitor for mild steel in hcl solution, J. Mol. Liq. 254 (2018) 377–382.
<https://doi.org/10.1016/j.molliq.2018.01.142>
- [23] Z. Sanaei, M. Ramezanzadeh, G. Bahlakeh, B. Ramezanzadeh, Use of *Rosa canina* fruit extract as a green corrosion inhibitor for mild steel in 1 M HCl solution: a complementary experimental, molecular dynamics and quantum mechanics investigation, J. Ind. Eng. Chem. 69 (2019), 18–31.
<https://doi.org/10.1016/j.jiec.2018.09.013>