

Inhibisi Korosi Baja Lunak dengan Ekstrak Daun Miana (*Coleus scutellaroides* (L.) Benth.) dalam Medium HCl

Corrosion Inhibition of Mild Steel with Miana (Coleus scutellaroides (L.) Benth.) Leaves Extract in HCl Medium

Sanaq Elfira Putri¹, Vira Anggita Gusniardi¹, Suryati¹, Emriadi^{1*}

¹ Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Padang, Indonesia, 25175

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan ekstrak daun miana (*Coleus scutellaroides* (L.) Benth.) (EDM) terhadap laju korosi baja lunak, mengidentifikasi jenis adsorpsi, dan mengkarakterisasi permukaan baja lunak baik sebelum maupun setelah penambahan EDM. Metode kehilangan berat (*weight loss*) digunakan untuk menguji laju korosi, jenis adsorpsi diidentifikasi melalui perhitungan termodinamika, dan karakterisasi permukaan dievaluasi dengan menggunakan *fourier transform infrared* (FTIR), *X-Ray Diffraction* (XRD), dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju korosi terendah didapatkan pada suhu 30°C dengan konsentrasi EDM sebesar 6 g/L sebesar 0,153 mg/cm²jam dengan efisiensi inhibisi 88,288%. Analisis karakterisasi menunjukkan adanya interaksi antara EDM dengan permukaan baja lunak. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi terhadap penggunaan EDM sebagai inhibitor korosi yang ramah lingkungan.

ABSTRACT

The study aims to identify the effects of the addition of Miana (Colos scutellaroides (L.) Benth.) (EDM) leaves extract on mild steel corrosion rates, identify adsorption types, and characterize mild steel surfaces both before and after EDM addition. Weight loss methods are used to test the corrosive rate, type of adsorption is identified through thermodynamic calculations, and surface characterization is evaluated using infrared transform fourier (FTIR), X-Ray Diffraction. (XRD), and Scanning Electron Microscopy (SEM). The results showed that the lowest corrosion rate was achieved at 30°C with an EDM concentration of 6 g/L of 0.153 mg/cm²h with an inhibition efficiency of 88.288%. Characterization analysis showed an interaction between EDM and mild steel surfaces. This research is expected to provide information on the use of EDM as an environmentally friendly corrosion inhibitor.

Kata kunci/keyword: Adsorpsi, daun miana, inhibisi korosi, *adsorption, miana leaves, corrosion inhibitor*

INFO ARTIKEL

Received: 11 Oct 2023;

Revised: 03 Dec 2023;

Accepted: 09 Dec 2023

* corresponding author: emriadi@sci.unand.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.22437/jisic.v15i2.29253>

PENDAHULUAN

Baja lunak banyak digunakan sebagai bahan utama dalam berbagai aplikasi industri dan rekayasa. Penggunaan baja lunak ini dikarenakan sifat struktural dan mekaniknya yang unggul. Akan tetapi, baja lunak sering digunakan dalam lingkungan yang rentan terhadap korosi, seperti pada larutan asam. Oleh karena itu dibutuhkan inhibitor korosi yang dalam penggunaannya dinilai ekonomis, ramah lingkungan, dan praktis untuk melindungi baja lunak dari korosi. Saat ini banyak penelitian yang dikembangkan terkait inhibitor korosi dengan menggunakan ekstrak tumbuhan. Pengembangan ini bertujuan untuk mengurangi penggunaan inhibitor sintetik yang bersifat toksik (Bhardwaj *et al.*, 2021; Chung *et al.*, 2021).

Ekstrak tumbuhan berpotensi sebagai inhibitor korosi karena mengandung senyawa aktif seperti polifenol, asam amino atau alkaloid. Ikatan π dan heteroatom dari senyawa aktif ini dapat berinteraksi dengan baja melalui penyerapan atau penerimaan pasangan elektron. Interaksi ini menghasilkan pembentukan ikatan koordinasi atau ikatan kovalen polar yang dapat mencegah korosi (Marzorati *et al.*,

2019). Beberapa penelitian sebelumnya telah menggunakan ekstrak tumbuhan sebagai inhibitor korosi, antara lain ekstrak daun *Falcaria vulgaris* (Alimohammadi *et al.*, 2023), daun kecapi (*Sandoricum koetjape*, (Burm.f.) Merr) (Wahyuni *et al.*, 2022), dan daun *Syzygium malaccense* (Emriadi *et al.*, 2021).

Daun miana merupakan tumbuhan yang banyak digunakan sebagai obat tradisional, seperti meredakan nyeri dan menurunkan demam. Daun miana mengandung senyawa alkaloid, flavonoid, terpenoid, dan tanin (Astuti *et al.*, 2019; Salimi, 2021). Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa senyawa ini memiliki kemampuan untuk menghambat korosi, seperti pada penelitian (Benghalia *et al.*, 2019), yang menggunakan ekstrak flavonoid *Ruta chalepensis* dalam medium HCl dan (Chapagain *et al.*, 2022) yang menggunakan alkaloid *Rhynchosyilis retusa* sebagai inhibitor korosi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan EDM terhadap laju korosi baja lunak, jenis adsorpsi yang terjadi, dan karakteristik permukaan baja lunak sebelum dan sesudah penambahan EDM.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah *waterbath* (Innotech BJPX RockFord), neraca analitik (Ohaus CP 214), jangka sorong, desikator, labu ukur, oven, kertas saring, alat gelas, ampelas besi (*silicone carbide grit 60*), *hotplate*, *Fourier Transform Infra Red*

(FTIR) (Shimadzu), *X-Ray Diffraction* (XRD) (ProAnalytical) dan *Scanning Electron Microscopy* (Hitachi S-3400 N).

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun miana, baja lunak (AISI 1020), asam klorida (Smart lab), akuades, aseton teknis dan metanol p.a.

Metode Kehilangan Berat

Sebelum dilakukan pengukuran kehilangan berat, baja lunak dipreparasi terlebih dahulu. Spesimen baja lunak dipersiapkan dengan ukuran 3 x 2 cm dan ketebalan 1 mm. Permukaan baja lunak dihaluskan menggunakan ampelas besi, kemudian dibilas dengan akuades dan aseton. Baja lunak yang telah bersih dikeringkan menggunakan oven dan ditimbang. Hasil penimbangan tersebut merupakan berat awal (W_1).

Pengukuran kehilangan berat dilakukan dengan merendam baja lunak dalam larutan HCl 1 M 50 mL selama 7 jam dengan konsentrasi EDM (0; 1; 2; 4; 6) g/L dan variasi suhu 30, 40, 50, dan 60 °C. Baja lunak kemudian dibersihkan, dicuci, dan dikeringkan. Berat akhir (W_2) ditimbang setelah baja lunak kering.

Dari data kehilangan berat dapat menganalisis laju korosi dan efisiensi inhibisi terhadap penambahan variasi konsentrasi EDM pada baja lunak. Dari analisis ini laju korosi dan efisiensi inhibisi dapat dihitung dengan persamaan (Wahyuni *et al.*, 2022):

Penentuan Laju Korosi

$$V_{\text{corr}} = \frac{W_1 - W_2}{A \times t} \quad (1)$$

Di mana V_{corr} merupakan laju korosi ($\text{mgcm}^{-2} \text{jam}^{-1}$), W_1 merupakan berat baja lunak sebelum perendaman (mg), W_2 merupakan berat baja lunak setelah perendaman (mg), A merupakan luas permukaan (cm^2), dan t merupakan waktu perendaman (jam)

Dari persamaan (1) dapat menghitung derajat penutupan (θ) dan efisiensi inhibisi (EI):

$$\theta = \frac{EI}{100} \quad (2)$$

$$EI (\%) = \frac{V_1 - V_2}{V_1} \times 100\% \quad (3)$$

Dengan θ adalah derajat penutupan permukaan, EI adalah efisiensi inhibisi, V_1 adalah laju korosi sebelum perendaman ($\text{mgcm}^{-2} \text{jam}^{-1}$), dan V_2 adalah laju korosi setelah perendaman ($\text{mgcm}^{-2} \text{jam}^{-1}$).

Analisis Pengukuran Fourier-Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

Pengukuran FTIR yaitu meliputi EDM dan produk korosi EDM. Produk korosi ini berupa, baja lunak yang direndam dalam medium korosif HCl 1 M dengan penambahan EDM dengan konsentrasi 6 g/L. Setelah perendaman, baja lunak dikeringkan dan lapisan yang menempel pada permukaan baja lunak dikikis. Dilakukan analisis FTIR pada EDM dan hasil kikisan baja lunak.

Analisis X-Ray Diffraction (XRD)

Selama enam hari, baja lunak direndam dalam HCl 1 M tanpa EDM dan dengan EDM 6 g/L. Setelah itu dikeringkan, dikikis dan dianalisis menggunakan XRD.

Analisis Morfologi Permukaan

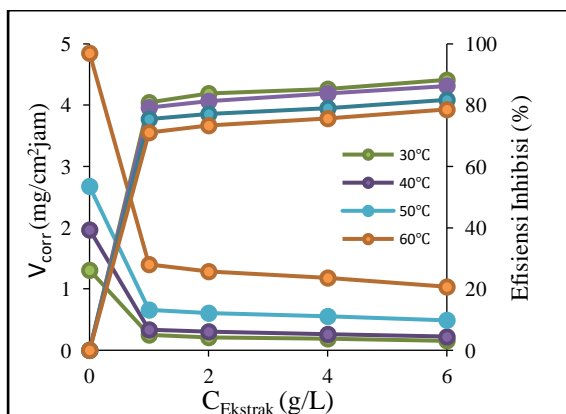
Analisis morfologi permukaan baja lunak dilakukan menggunakan SEM. Baja lunak direndam selama 6 hari dalam medium korosif HCL 1 M tanpa dan dengan adanya EDM 6 g/L. Setelah itu, baja dikeringkan dan dilakukan analisis morfologi permukaan dengan SEM.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kehilangan Berat

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi EDM, laju korosi menurun dan efisiensi inhibisi meningkat. Hasil ini membuktikan bahwa EDM memiliki kemampuan untuk menghambat korosi dengan cara teradsorpsi pada permukaan baja lunak menggantikan molekul air (H₂O) dan membentuk lapisan pelindung. Pembentukan lapisan pelindung ini berfungsi untuk menutupi area permukaan baja lunak dari serangan medium korosif (Berrissoul *et al.*, 2020).

Akan tetapi laju korosi meningkat dan efisiensi inhibisi menurun seiring meningkatnya suhu. Hal ini dikarenakan terjadinya desorpsi senyawa EDM pada permukaan baja lunak yang pada akhirnya mempercepat terjadinya korosi (Sait *et al.*, 2021). Laju korosi terendah didapat pada konsentrasi EDM 6 g/L yaitu pada suhu 30°C sebesar 0,153 mg/cm².jam dengan efisiensi inhibisi 88,288%.



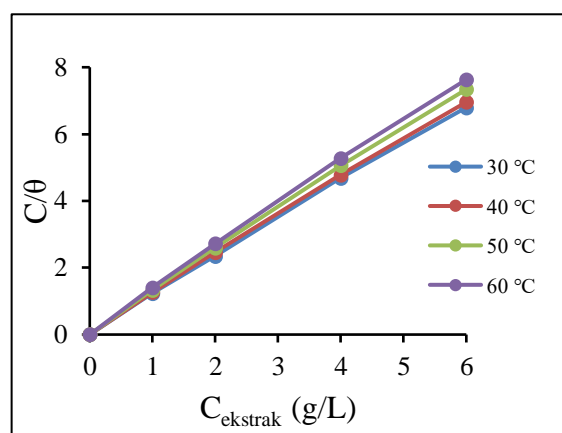
Gambar 1. Pengaruh variasi konsentrasi EDM terhadap laju korosi (V_{corr}) dan efisiensi inhibisi (%IE) dalam 1 M HCl

Penentuan Isoterm Adsorpsi

Isoterm adsorpsi dapat menjelaskan mengenai interaksi inhibitor dengan permukaan baja lunak. Berbagai model isoterm adsorpsi yang dipelajari, seperti Langmuir, Freundlich dan Temkin, isoterm adsorpsi Langmuir yang paling cocok. Hal ini dibuktikan dari data koefisien determinasi (R^2) yang mendekati 1. Persamaan isoterm Langmuir, sebagai berikut (Emriadi *et al.*, 2021; Thomas *et al.*, 2021):

$$\frac{c}{\theta} = \frac{1}{K_{ads}} + C \quad (4)$$

Di mana C merupakan konsentrasi inhibitor (g/L), θ merupakan derajat penutupan permukaan dan K_{ads} merupakan konstanta kesetimbangan adsorpsi.



Gambar 2. Grafik isoterm adsorpsi Langmuir korosi baja lunak dengan EDM dalam larutan HCl 1 M

Gambar 2 menunjukkan hubungan linier C/θ vs C yang didapatkan persamaan garis lurus. Nilai koefisien determinasi (R^2) yang diperoleh dari persamaan (4) mendekati 1. Hal ini membuktikan bahwa dalam 1 M HCl, EDM mengikuti isoterm adsorpsi Langmuir (Untari *et al.*, 2020).

K_{ads} didapatkan dari intersep persamaan garis lurus pada gambar 2. Nilai K_{ads} berkaitan dengan kekuatan adsorpsi EDM dengan permukaan baja lunak. Tabel 2 memperlihatkan bahwa nilai K_{ads} tertinggi yaitu pada suhu 303 K, yang menunjukkan bahwa pada suhu tersebut efisiensi inhibisi tertinggi didapatkan (Untari *et al.*, 2020).

Penentuan ΔG°_{ads} dapat dihitung dari nilai K_{ads} yang diperoleh dari persamaan (4) (Emriadi *et al.*, 2021):

$$\Delta G^{\circ}_{ads} = RT \ln (C_{H_2O} \times K_{ads}) \quad (5)$$

Dimana C_{H_2O} adalah konsentrasi air (1000 g/L) dan R adalah konstanta molar gas (8,314 J mol⁻¹ K⁻¹). Nilai energi bebas Gibbs adsorpsi (G_{ads}) yang didapatkan bernilai negatif, menunjukkan bahwa proses adsorpsi EDM pada permukaan baja lunak berlangsung secara spontan. Nilai G_{ads} kurang dari -20 kJ/mol termasuk dalam adsorpsi fisika (fisorpsi). Jika nilai G_{ads} lebih dari -40 kJ/mol maka termasuk dalam adsorpsi kimia (kemisorpsi). Pada Tabel 2 diketahui bahwa nilai G_{ads} berkisar -20 kJ/mol atau lebih negatif yang menunjukkan bahwa adsorpsi EDM merupakan adsorpsi fisika (Untari *et al.*, 2020; Wan *et al.*, 2021).

Nilai ΔG°_{ads} dapat digunakan untuk menentukan entalpi (ΔH°_{ads}) dan entropi (ΔS°_{ads}) yang dihitung dengan persamaan (Untari *et al.*, 2020):

$$\Delta S^{\circ}_{ads} = \frac{\Delta H^{\circ}_{ads} - \Delta G^{\circ}_{ads}}{T} \quad (6)$$

Dimana ΔH°_{ads} adalah Entalpi adsorpsi (kJ mol⁻¹), ΔG°_{ads} adalah Energi bebas Gibbs (kJ mol⁻¹), ΔS°_{ads} adalah Entropi adsorpsi (J

mol⁻¹), dan T adalah suhu (K). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai ΔH_{ads} bernilai negatif yang menunjukkan bahwa proses adsorpsi molekul EDM ke permukaan baja lunak bersifat eksotermik atau melepaskan panas. Nilai ΔS_{ads} yang positif mengindikasikan adanya peningkatan ketidakteraturan dalam larutan (Untari *et al.*, 2020; Wan *et al.*, 2021).

Tabel 1. Parameter termodinamika untuk adsorpsi EDM pada baja lunak dalam larutan HCl 1 M pada masing-masing suhu berdasarkan hasil isoterm Langmuir

Suhu (K)	K_{ads}	ΔG_{ads} (kJ/mol)	ΔH_{ads} (kJ/mol)	ΔS_{ads} (kJ/mol.K)
303	15,17	-24,25		
313	12,09	-24,46		
323	11,78	-25,17	-12,49	38,66
333	9,28	-25,29		

Parameter termodinamika aktivasi

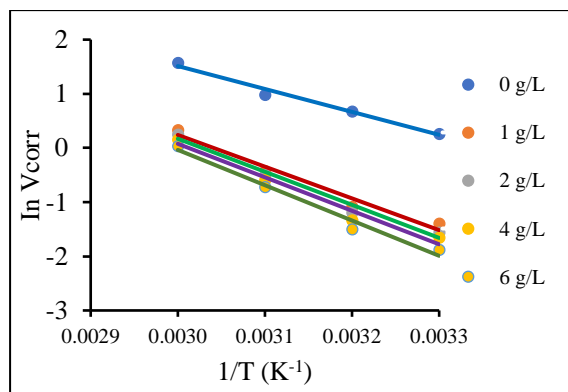
Persamaan Arrhenius dapat digunakan untuk menentukan energi aktivasi (E_a) korosi baja lunak (Emriadi *et al.*, 2018)

$$\ln V_{corr} = \ln A - \frac{E_a}{RT} \quad (7)$$

Dimana A merupakan faktor frekuensi, E_a merupakan energi aktivasi (kJ mol⁻¹), dan T merupakan suhu (K).

Grafik Arrhenius $\ln V_{corr}$ vs $1/T$ untuk baja lunak dalam larutan 1 M HCl tanpa dan dengan adanya EDM dalam berbagai konsentrasi ditunjukkan pada Gambar 3. Nilai E_a didapatkan dari nilai *slope* persamaan garis lurus pada gambar 3. Tabel 3 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi EDM, maka E_a yang dihasilkan akan semakin tinggi. Peningkatan nilai E_a dikarenakan senyawa EDM telah

berinteraksi dengan baja membentuk ikatan kompleks yang dapat menurunkan laju korosi (Chen & Lu, 2023). Nilai E_a tertinggi didapatkan pada penambahan EDM 6 g/L sebesar 54,14 kJ/mol.



Gambar 3. Aluran Arrhenius untuk korosi baja lunak dalam larutan HCl 1 M tanpa dan dengan adanya penambahan EDM pada berbagai variasi konsentrasi

Nilai entalpi (ΔH^*) dan entropi (ΔS^*) dapat dihitung menggunakan persamaan Arrhenius (Emriadi *et al.*, 2018):

$$\ln \frac{V_{\text{corr}}}{T} = \left[\ln \left(\frac{R}{N_h} \right) + \left(\frac{\Delta S^*}{R} \right) \right] - \frac{\Delta H^*}{RT} \quad (8)$$

Dimana N adalah bilangan avogadro ($6,023 \times 10^{23}$), h adalah konstanta Planck ($6,63 \times 10^{-34}$), (ΔS^*) adalah perubahan entropi ($\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$), dan (ΔH^*) adalah perubahan entalpi ($\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$).

Nilai ΔH^* didapatkan bernilai positif (+) yang menunjukkan bahwa reaksi korosi yang terjadi termasuk pada reaksi endoterm. Tanda negatif (-) pada nilai ΔS^* menunjukkan bahwa pembentukan kompleks teraktivasi dalam penentuan laju reaksi melibatkan mekanisme asosiasi. Nilai yang semakin negatif seiring dengan peningkatan konsentrasi mengindikasikan

perilaku penurunan keteracakan dan peningkatan efisiensi inhibisi (Emembolu & Igwegbe, 2022; Untari *et al.*, 2020).

Tabel 2. Nilai energi aktivasi (E_a), entalpi aktivasi (ΔH^*), dan entropi aktivasi (ΔS^*)

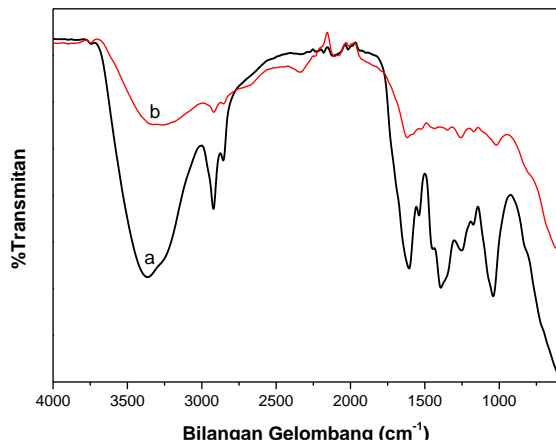
HCl 1 M + EDM (g/L)	Energi Aktivasi (E_a) (kJ/mol)	Entalpi Aktivasi (ΔH^*) (kJ/mol)	Entropi Aktivasi (ΔS^*) (J/mol.K)
0	35,20	32,58	-135,51
1	48,74	46,12	-105,46
2	50,78	48,17	-99,90
4	51,49	48,87	-98,56
6	54,14	51,52	-91,56

Analisis FTIR

Hasil spektrum pada gambar 4 (a) merupakan spektrum EDM murni. Hasil spektrum memperlihatkan adanya beberapa gugus fungsi pada EDM. Gugus O-H terlihat pada bilangan gelombang 3365,08 cm^{-1} , gugus C-H alifatik pada bilangan gelombang 2921,53 cm^{-1} dan 2855,72 cm^{-1} , gugus C=C aromatik pada bilangan gelombang 1606,52 cm^{-1} dan 1539,29 cm^{-1} , gugus C-H alkana 1393,02 cm^{-1} , serta gugus C-O pada panjang gelombang 1252,47 cm^{-1} dan 1040,49 cm^{-1} (Astuti *et al.*, 2021).

Gambar 4 (b) menunjukkan adanya pergeseran pita serapan gugus fungsi dibandingkan dengan EDM seperti gugus O-H yang bergeser ke bilangan gelombang 3262,16 cm^{-1} , gugus C-H alifatik bergeser ke bilangan gelombang 2919,19 cm^{-1} , gugus C=C yang bergeser ke bilangan gelombang 1618,47 cm^{-1} , gugus C-H alkana bergeser ke bilangan gelombang 1347,93 serta gugus C-O 1258,35 cm^{-1} dan 1019,57 cm^{-1} . Pergeseran bilangan gelombang ini mengindikasikan adanya interaksi antara EDM dengan permukaan

baja lunak membentuk lapisan pelindung sehingga dapat menurunkan laju korosi (Untari *et al.*, 2020).



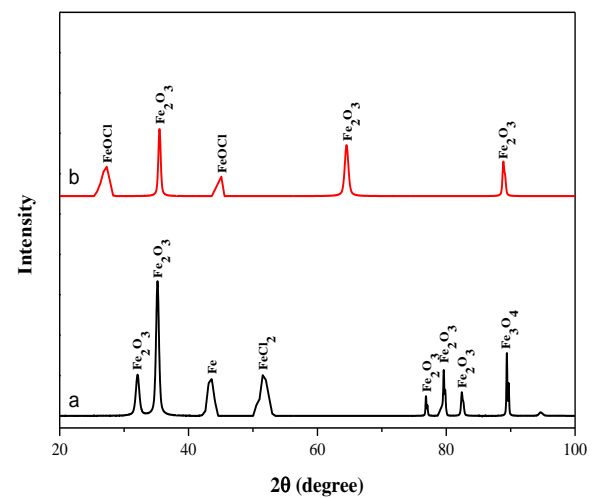
Gambar 4. Spektrum FTIR (a) EDM dan (b) Produk korosi HCl 1 M + baja lunak + EDM 6 g/L

Analisis XRD

Gambar 5 (a) menampilkan pola XRD film yang terbentuk di permukaan baja lunak setelah direndam dalam larutan HCl 1 M. Terdapat puncak-puncak pada sudut $2\theta = 32.06^\circ$, 35.15° , 76.85° , 79.61° , 82.41° , 89.41° , dan 94.59° yang menunjukkan tingginya kandungan oksida besi Fe_2O_3 pada permukaan baja lunak. Selain itu, terlihat juga puncak $FeCl_2$ pada sudut $2\theta = 30.79^\circ$ dan 51.07° , serta puncak Fe pada sudut $2\theta = 43.77^\circ$. Puncak-puncak ini menandakan bahwa permukaan baja lunak mengalami korosi dan mengalami kerusakan (Li *et al.*, 2021).

Gambar 5 (b) menunjukkan adanya penurunan intensitas puncak Fe_2O_3 saat baja lunak direndam dalam larutan yang mengandung HCl 1 M + EDM 6 g/L. Puncak Fe_2O_3 muncul pada $2\theta = 35.46^\circ$, 64.47° , dan 88.86° dan muncul puncak lain yaitu FeOCl pada $2\theta = 35.46^\circ$ dan 56.16° . Hal ini menegaskan bahwa EDM dapat mengurangi laju korosi dengan membentuk

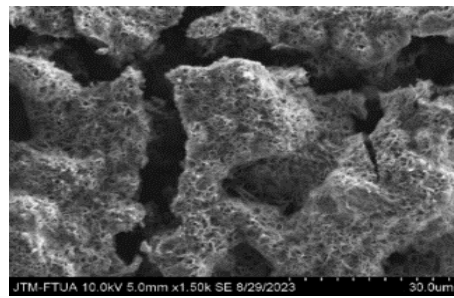
lapisan pelindung di permukaan baja lunak (Emriadi *et al.*, 2021).



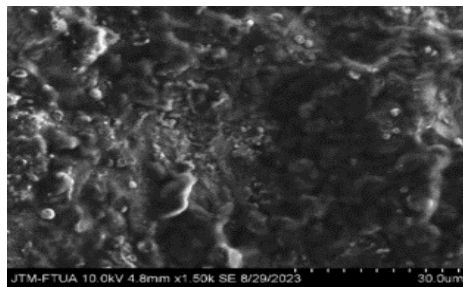
Gambar 5. Pola XRD (a) HCl 1 M + baja lunak dan (b) HCl 1 M + baja lunak+ EDM 6 g/L

Analisis Morfologi Permukaan

Analisis perubahan morfologi permukaan baja lunak selama proses penghambatan korosi diamati menggunakan SEM. Pada Gambar 4.6 (a), terlihat bahwa permukaan baja lunak mengalami kerusakan dengan adanya lubang dan rongga yang terbentuk. Pembentukan lubang dan rongga ini terjadi akibat interaksi antara baja dengan medium korosif. Hal ini menunjukkan bahwa pada permukaan baja telah terjadi proses korosi. Gambar 4.6 (b) tidak menunjukkan adanya lubang ataupun rongga. Hal ini mengindikasikan bahwa senyawa dari EDM telah teradsorpsi pada permukaan baja lunak dan membentuk lapisan pelindung yang berfungsi untuk mencegah korosi (Zaher *et al.*, 2022).



(a)



(b)

Gambar 6. Morfologi permukaan baja lunak dengan perbesaran 1.500x setelah 6 hari (a) perendaman HCl tanpa EDM dan (b) perendaman dengan adanya EDM

Perbandingan EDM Dengan Inhibitor Korosi Alami Lainnya

Tabel 3 menunjukkan perbandingan efisiensi inhibisi (EI%) dan laju korosi (V_{corr}) EDM dengan berbagai inhibitor korosi alami yang ditemukan dalam literatur. Variasi efisiensi inhibisi (EI%) dan laju korosi (V_{corr}) dapat dijelaskan oleh perbedaan kandungan masing-masing tanaman. EDM dianggap sebagai salah satu inhibitor korosi yang paling efektif, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan EDM Dengan Inhibitor Korosi Alami Lainnya

Inhibitor	V_{corr} mg/cm ² ·jam	EI (%)	Referensi
Daun Miana	0,153	88,288	Penelitian ini
daun kecapi (<i>Sandoricum koetjape</i> , (Burm.f.) Merr)	0,203	86,61	(Wahyuni <i>et al.</i> , 2022)
daun <i>Syzygium malaccense</i>	-	88,11	(Emriadi <i>et al.</i> , 2021)
Daun <i>Ruta chalepensis</i>	0,029	80,65	(Benghalia <i>et al.</i> , 2019)

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penambahan EDM kedalam medium HCl dapat menurunkan laju korosi. Nilai laju korosi terendah didapatkan pada konsentrasi EDM 6 g/L suhu 30°C yaitu 0,153 mg/cm²·jam dengan efisiensi inhibisi sebesar 88,288%. Adsorpsi tanpa dan dengan adanya EDM mengikuti model isotherm adsorpsi Langmuir. Pada analisis

FTIR terjadi pergeseran bilangan gelombang yang menyatakan bahwa adanya interaksi antara EDM dan permukaan baja. Analisis XRD menunjukkan bahwa penambahan EDM mengurangi oksida besi, dan analisis morfologi permukaan baja lunak dengan SEM, menunjukkan bahwa EDM telah teradsorpsi di permukaan baja lunak.

DAFTAR RUJUKAN

Alimohammadi, M., Ghaderi, M., Ramazani S.A, A., & Mahdavian, M. (2023). *Falcaria vulgaris* Leaves

Extract As An Eco-Friendly Corrosion Inhibitor For Mild Steel In Hydrochloric Acid Media. *Scientific*

- Reports*, 13(1), 1–16.
- Astuti, A. D., Perdana, A. I., Natzir, R., Massi, M. N., Subehan, & Alam, G. (2021). Compound Analysis And Genetic Study Of Selected *Plectranthus scutellarioides* Varieties From Indonesia. *Pharmacognosy Journal*, 13(6), 1516–1526.
- Astuti, A. D., Yasir, B., Subehan, & Alam, G. (2019). Comparison Of Two Varieties Of *Plectranthus scutellarioides* Based On Extraction Method, Phytochemical Compound, And Cytotoxicity. *Journal of Physics: Conference Series*, 1341(7).
- Benghalia, M. A., Fares, C., Khadraoui, A., Meliani, M. H., Suleiman, R. K., Sorour, A. A., Dmytrakh, I. M., & Azari, Z. (2019). Assessment Of Corrosion Inhibitory Effect Of *Ruta chalepensis* Flavonoid Extracts On API 5L X52 Steel In 1M HCL Medium. *Environmental Engineering and Management Journal*, 18(9), 2009–2021.
- Berrissoul, A., Ouarhach, A., Benhiba, F., Romane, A., Zarrouk, A., Guenbour, A., Dikici, B., & Dafali, A. (2020). Evaluation Of *Lavandula Mairei* Extract As Green Inhibitor For Mild Steel Corrosion In 1 M HCl Solution. Experimental And Theoretical Approach. *Journal of Molecular Liquids*, 113493.
- Bhardwaj, N., Sharma, P., & Kumar, V. (2021). Phytochemicals as steel corrosion inhibitor: An insight into mechanism. *Corrosion Reviews*, 39(1), 27–41.
- Chapagain, A., Acharya, D., Das, A. K., Chhetri, K., Oli, H. B., & Yadav, A. P. (2022). Alkaloid of *Rhynchostylis retusa* as Green Inhibitor for Mild Steel Corrosion in 1 M H₂SO₄ Solution. *Electrochem*, 3(2), 211–224.
- Chen, L., & Lu, D. (2023). *Organic Compounds as Corrosion Inhibitors for Carbon Steel in HCl Solution: A Comprehensive Review*. 1–59.
- Chung, I. M., Hemapriya, V., Kim, S. H., Ponnusamy, K., Arunadevi, N., Chitra, S., Prabakaran, M., & Gopiraman, M. (2021). Liriope *Platyphylla* Extract As A Green Inhibitor For Mild Steel Corrosion In Sulfuric Acid Medium. *Chemical Engineering Communications*, 208(1), 72–88.
- Emembolu, L., & Igwegbe, C. (2022). Investigation of Temperature Correlations on Corrosion Inhibition of Carbon Steel in Acid Media by Flower Extract. *European Journal of Engineering and Applied Sciences*, 5(1), 29–36.
- Emriadi, Untari, P., & Efdi, M. (2021). Leave extract of *syzygium malaccense* green inhibitor of mild steel in acidic medium. *Rasayan Journal of Chemistry*, 14(1), 569–577.
- Emriadi, Yulistia, V., & Aziz, H. (2018). Corrosion Inhibition of Mild Steel in Hydrochloric Acid Solution by *Gnetum gnemon* . L Peel Extract as Green Inhibitor. *Der Pharma Chemica*, 10(10), 79–85.
- Li, H., Qiang, Y., Zhao, W., & Zhang, S. (2021). A green *Brassica oleracea* L extract as a novel corrosion inhibitor for Q235 steel in two typical acid media. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 616(February), 126077.
- Marzorati, S., Verotta, L., & Trasatti, S. P. (2019). Green Corrosion Inhibitors from Natural Sources and Biomass Wastes: Review. *MDPI*, 1–24. <https://doi.org/10.3390/molecules24010048>
- Sait, N., Aliouane, N., Ahmed, N. A., Toukal, L., & Al-, M. (2021). Synergistic Effect Of Potassium Iodide On Corrosion Inhibition Of Copper By Tetrakisphosphonic Acid In Hydrochloric Acid Solution. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 0(0), 1–25.
- Salimi, Y. K. (2021). Daun Miana Sebagai Antioksidan & Antikanker. In *Angewandte Chemie International*

- Edition, 6(11), 951–952. IKAPI.*
- Thomas, V. K., Thomas, J. K., Raphael, V. P., Ragi, K., Johnson, R., & Babu, R. (2021). Green Corrosion Inhibition Properties of Croton Persimilis Extract on Mild Steel in Acid Media. *Journal of Bio- and Tribo-Corrosion, 7(3), 1–19.*
- Untari, P., Emriadi, Efdi, M., & Azuxetullatif. (2020). Efek Sinergetik Ekstrak Daun Jambu Bol (*Syzygium malaccense*) dan Iodida terhadap Korosi Baja dalam Larutan Asam. *Chempublish Journal, 5(2), 179–193.*
- Wahyuni, S., Emriadi, & Suryati. (2022). Ekstrak Daun Kecapi Sebagai Inhibitor Korosi Baja Dalam Medium Asam Klorida. *Jurnal Katalisator, 7(1), 41–51.*
- Wan, S., Chen, H., Zhang, T., Liao, B., & Guo, X. (2021). Anti-Corrosion Mechanism of Parsley Extract and Synergistic Iodide as Novel Corrosion Inhibitors for Carbon Steel-Q235 in Acidic Medium by Electrochemical, XPS and DFT Methods. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 9(December 2021), 1–15.*
- Zaher, A., Aslam, R., Lee, H. S., Khafouri, A., Boufellous, M., Alrashdi, A. A., El aoufir, Y., Lgaz, H., & Ouhssine, M. (2022). A Combined Computational & Electrochemical Exploration Of The Ammi Visnaga L. Extract As A Green Corrosion Inhibitor For Carbon Steel In HCl Solution. *Arabian Journal of Chemistry, 15(2), 103573.*