

POTENSI EKSTRAK KUNYIT SEBAGAI INHIBITOR KOROSI RAMAH LINGKUNGAN UNTUK BAJA KARBON RENDAH

POTENTIAL OF TURMERIC EXTRACT AS AN ENVIRONMENTALLY FRIENDLY CORROSION INHIBITOR FOR LOW CARBON STEEL

Muhammad Hardiman Nur Ramadhan ^{1*},

¹Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang

email: Hardiman.1522040009@gmail.com¹

Abstrak

Tulisan ini meninjau potensi ekstrak kunyit (*Curcuma longa*) sebagai inhibitor korosi ramah lingkungan pada baja karbon rendah. Ringkasan penelitian terdahulu menunjukkan bahwa ekstrak kunyit—melalui kurkuminoid dengan gugus fenolik dan β -diketon—mampu menurunkan laju korosi pada media asam maupun klorida, dengan efisiensi inhibisi puncak hingga ~88,9% di HCl 0,5 M dan ~86% di NaCl 3,5% pada dosis optimum. Mekanisme dominan adalah adsorpsi yang membentuk film protektif dan umumnya sesuai dengan isoterm Langmuir; sifat inhibitor cenderung bertipe campuran. Naskah ini mengompilasi konsentrasi efektif, ketergantungan suhu, dan parameter elektrokimia (R_{ct} , C_{dl}) sekaligus menyoroti aspek keberlanjutan serta prospek aplikasi lapangan.

Kata kunci: ekstrak kunyit; baja karbon rendah; inhibitor hijau

Abstract

This article review potential extract turmeric (*Curcuma longa*) as a corrosion inhibitor friendly environment on carbon steel low. Summary study previously show that extract turmeric — via curcuminoids with group phenolics and β - diketones — capable lower rate corrosion in acidic media and chloride, with efficiency inhibition peak up to ~88.9% in 0.5 M HCl and ~86% in 3.5% NaCl at the optimum dose. The mechanism dominant is adsorption that forms a protective film and is generally in accordance with Langmuir isotherm; inhibitor properties tend to type mixed. Script This compile concentration effective, dependable temperature, and electrochemical parameters (R_{ct} , C_{dl}) at the same time highlight aspect sustainability as well as prospects application field.

Keywords: corrosion; extract turmeric; curcuminoids; carbon steel low; green inhibitor

PENDAHULUAN

Korosi baja karbon rendah dalam lingkungan asam (misalnya, HCl untuk pengawetan) dan media yang mengandung klorida (misalnya, 3,5% NaCl [5], [7]) menyebabkan kerugian ekonomi dan dampak lingkungan yang signifikan. Inhibitor berbasis alami dianggap menjanjikan karena ketersediaannya, biodegradabilitas, dan potensi toksisitas yang lebih rendah dibandingkan dengan inhibitor konvensional. Dalam konteks ini, ekstrak kunyit—kaya akan kurkumin [2], [12] oid seperti kurkumin [2], [12] dan demetoksikurkumin [2], [12]—telah dilaporkan secara efektif melindungi baja melalui pembentukan film adsorpsi pada antarmuka logam/larutan. Beberapa penelitian telah menunjukkan peningkatan ketahanan korosi dalam 0,5–1 M HCl dan 3,5% NaCl [5], [7] dengan efisiensi penghambatan dalam kisaran 80–90% dalam kondisi optimal.

METODE PENELITIAN

Pendekatan Tinjauan

Kajian ini merupakan narrative review dengan ekstraksi data kuantitatif (efisiensi inhibisi, konsentrasi, suhu, media uji, dan indikator elektrokimia) dari artikel terindeks 2014–2025. Kriteria inklusi: (i) substrat baja karbon rendah/mild steel, (ii) inhibitor berbasis kunyit/kurkumin/nano-kurkumin atau derivatnya, (iii) pelaporan hasil kuantitatif (IE%, Rct, Cdl, atau parameter termodinamika/kinetika).

2.1. Ringkasan Protokol Eksperimental (rujukan terdahulu)

Metode lazim pada studi primer:

- kehilangan berat dan polarisasi Tafel di HCl 0,5–1 M;
- EIS untuk memperoleh Rct dan Cdl;
- SEM/EDX/AFM untuk karakterisasi permukaan;
- formulasi nano-kurkumin pada NaCl 3,5% untuk mengkaji pengaruh suhu (298–328 K) dan model adsorpsi (isoterm Langmuir).

2.2. Persamaan yang Digunakan

Efisiensi inhibisi:

$$IE \% = \left(\frac{1 - i_{corr,inh}}{i_{corr,blank}} \right) \times 100 \quad (1)$$

Model isoterm Langmuir:

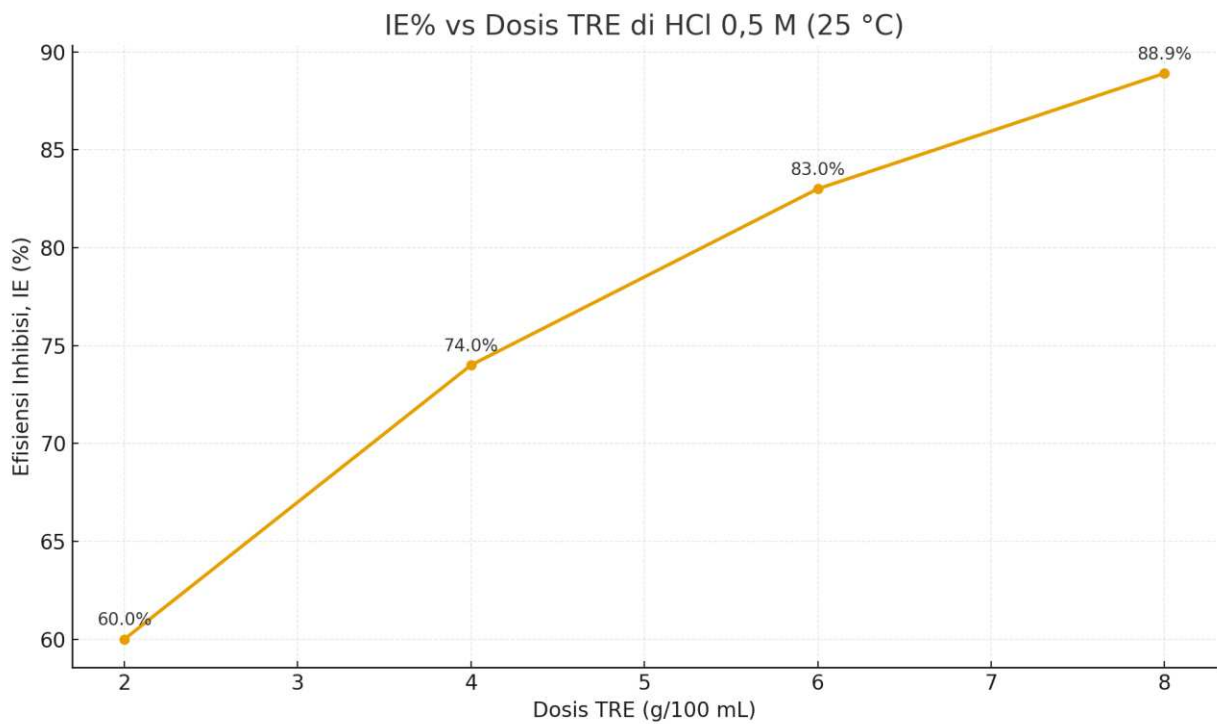
$$\frac{C}{\theta} = \frac{1}{K_{ads}} + C \quad (2)$$

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

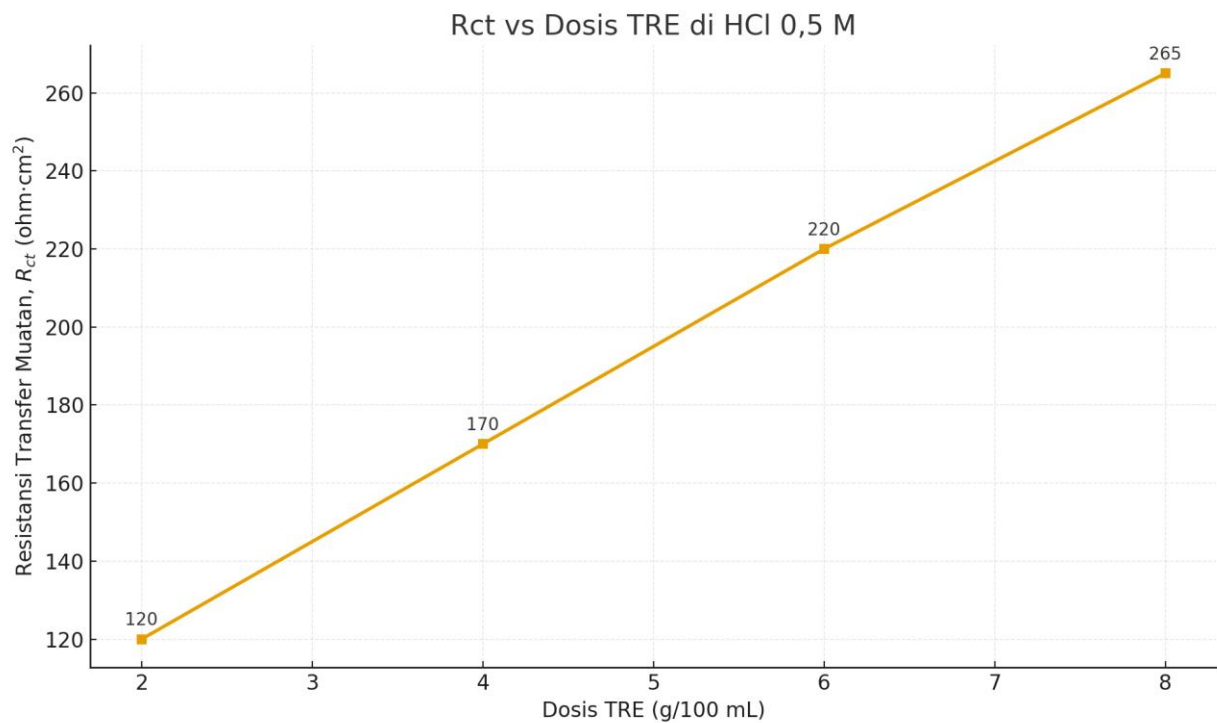
HASIL DAN PEMBAHASAN

Efektivitas Ekstrak Kunyit pada Berbagai Media

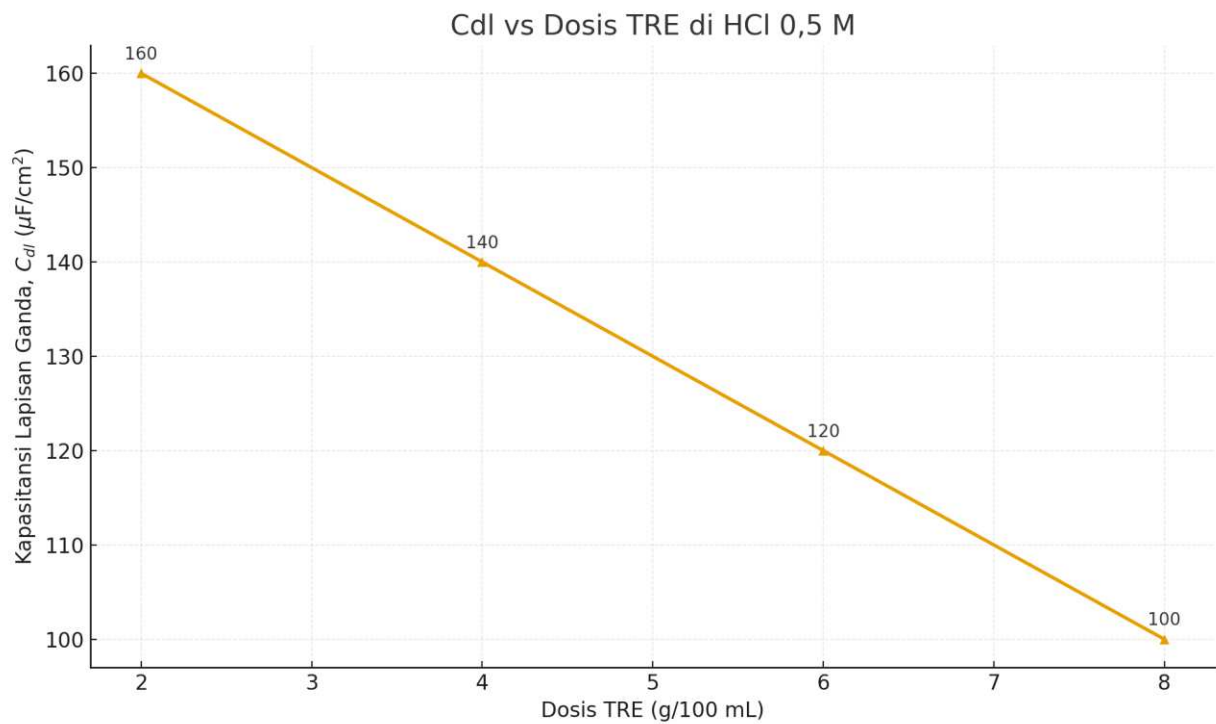
Pada HCl 0,5 M, peningkatan dosis TRE menaikkan Rct dan menurunkan Cdl, konsisten dengan pembentukan film adsorpsi. Efisiensi maksimum ~88,9% tercapai pada 8 g/100 mL (25 °C), dan data sesuai dengan isoterm Langmuir. Di HCl 1 M, ekstrak kunyit berperilaku sebagai inhibitor bertipe campuran; IE% meningkat seiring konsentrasi (50–300 ppm). Pada NaCl 3,5%, nano-kurkumin menunjukkan IE puncak ~86% pada 298 K pada konsentrasi optimum ($\approx 2,7 \times 10^{-5}$ M) namun menurun pada suhu lebih tinggi.



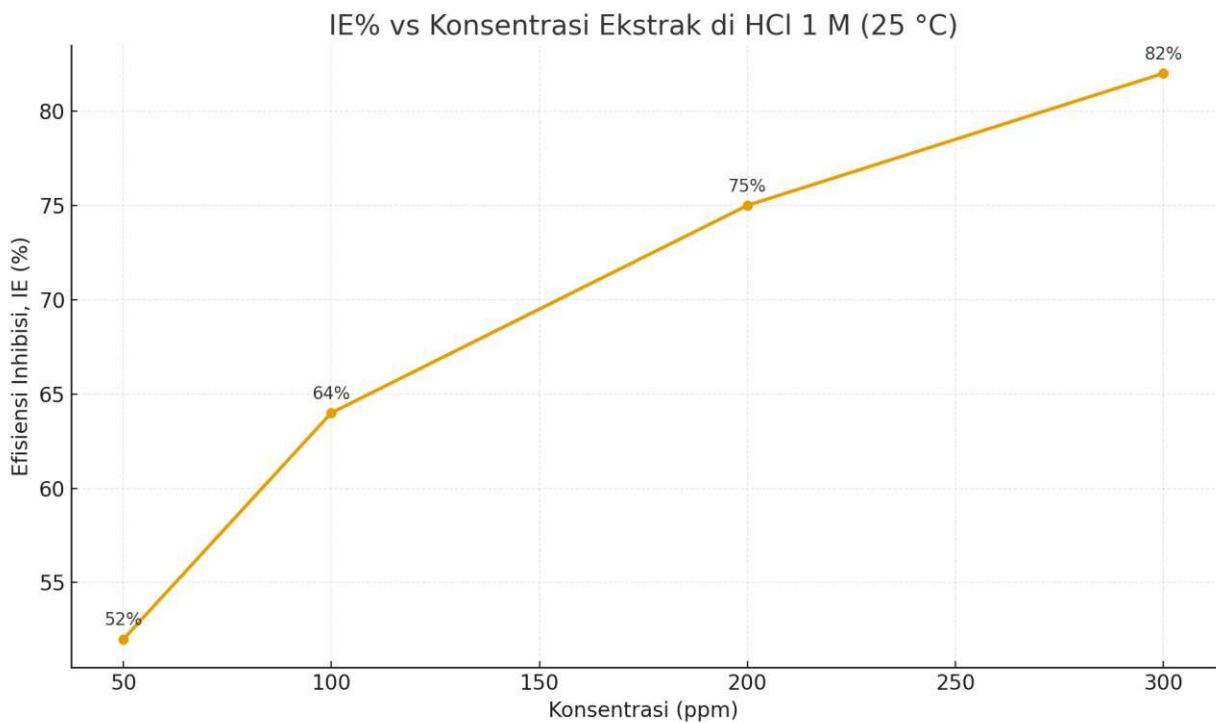
Gambar 1. Efisiensi inhibisi (IE%) vs dosis TRE di HCl 0,5 M (25 °C).



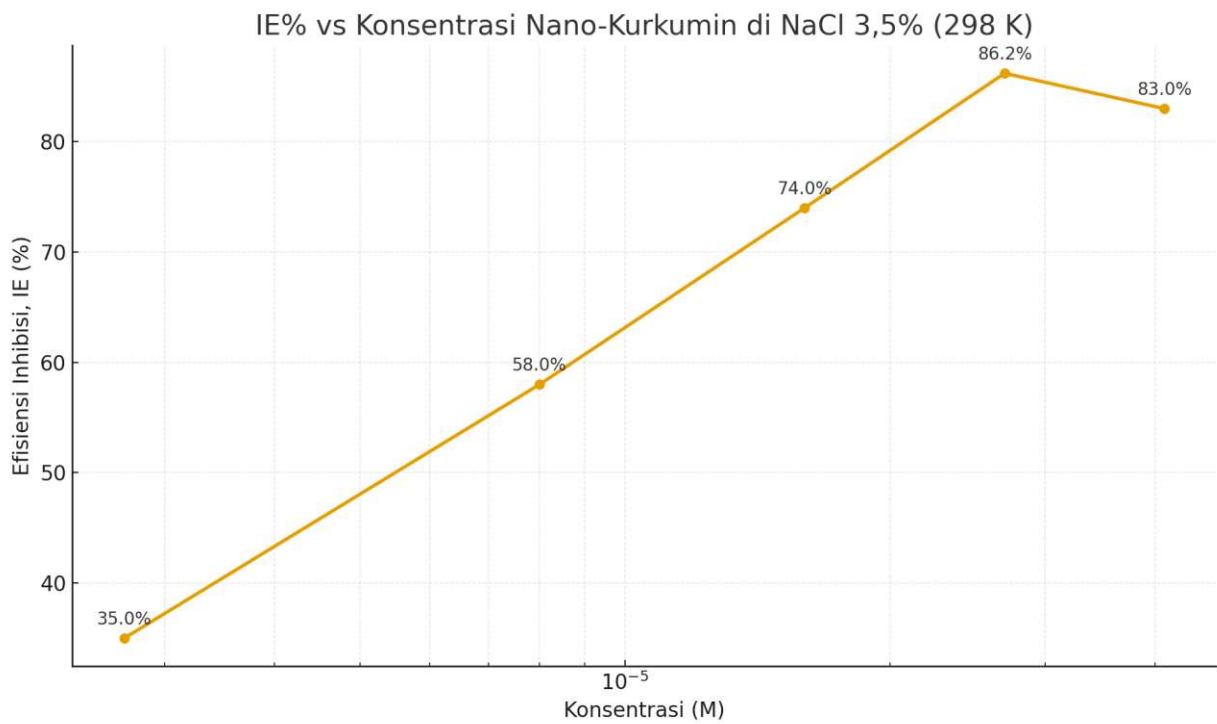
Gambar 2. Resistansi transfer muatan (R_{ct}) vs dosis TRE di HCl 0,5 M.



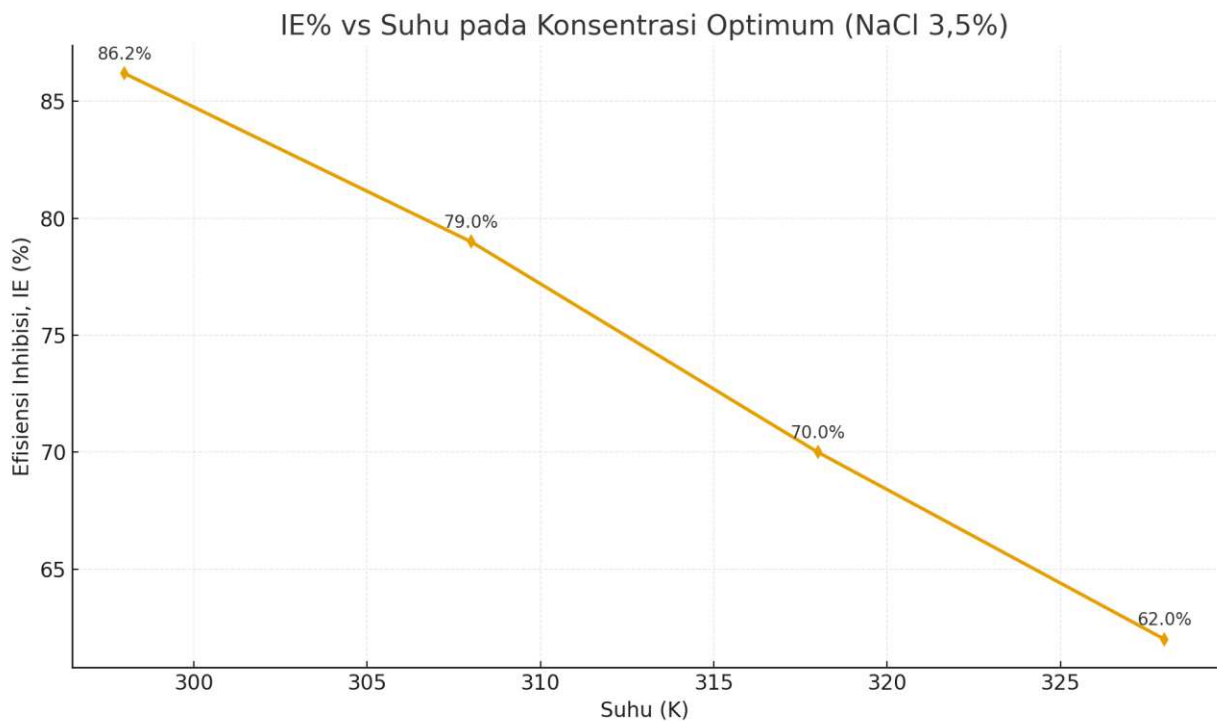
Gambar 3. Kapasitansi lapisan ganda (C_{dl}) vs dosis TRE di HCl 0,5 M.



Gambar 4. IE% vs konsentrasi ekstrak kunyit di HCl 1 M (25 °C).



Gambar 5. IE% vs konsentrasi nano-kurkumin di NaCl 3,5% (298 K).



Gambar 6. IE% vs suhu pada konsentrasi optimum nano-kurkumin (NaCl 3,5%)..

Tabel 1. Ringkasan kinerja ekstrak kunyit/kurkumin pada baja karbon rendah

Media	Formulasi	Rentang dosis	Suhu	IE% puncak & catatan	Rujukan
HCl 0,5 M	TRE (ekstrak akar)	2–8 g/100 mL	25–40 °C	~88,9% @ 8 g/100 mL; Langmuir	[1]

HCl 1 M	Ekstrak kunyit	50–300 ppm	25 °C	Mixed-type; IE meningkat dengan dosis	[2],[3]
NaCl 3,5%	Nano-kurkumin	2.7×10^{-6} – 4.1×10^{-5} M	298–328 K	86,2% @ 2.7×10^{-5} M (298 K); turun saat T naik	[5]

3.1. Mekanisme Inhibisi dan Isoterm Adsorpsi

Gugus fenolik (–OH), metoksi (–OCH₃), dan motif β-diketon pada kurkuminoid memfasilitasi adsorpsi pada permukaan Fe via interaksi elektrostatis dan donor–akseptor, membentuk lapisan yang menurunkan i_{corr} dan membatasi difusi Cl[–]/H⁺. Banyak sistem mengikuti isoterm Langmuir (monolapis, situs aktif ekuivalen). Perilaku mixed-type terlihat dari perubahan kemiringan anodik-katodik pada polarisasi.

3.2. Pengaruh Konsentrasi, Suhu, dan Waktu Rendam

Konsentrasi inhibitor adalah pengendali utama efektivitas. Kenaikan suhu mempercepat desorpsi/degradasi sehingga IE% berkurang. Durasi perendaman yang memadai meningkatkan kerapatan film (R_{ct} naik, C_{dl} turun) namun paparan terlalu lama pada suhu tinggi dapat menurunkan stabilitas.

3.3. Aspek Keberlanjutan dan Keamanan

Ekstrak kunyit menawarkan jejak lingkungan lebih ringan dibanding inhibitor sintetik. Tantangan praktisnya adalah standarisasi komposisi fitokimia dan konsistensi proses ekstraksi pada skala industri.

3.4. Perbandingan dengan Inhibitor Nabati Lain

Kinerja ekstrak kunyit berada pada kisaran yang sama dengan sejumlah ekstrak tumbuhan lain (misalnya *Cuminum cyminum*) yang juga menunjukkan IE 80–90% di media asam dan mengikuti Langmuir. Ketersediaan lokal menjadi nilai tambah ekonomis.

KESIMPULAN

Ekstrak kunyit merupakan kandidat kuat sebagai inhibitor korosi ramah lingkungan untuk baja karbon rendah dengan IE tinggi di media asam dan NaCl 3,5% pada dosis optimum. Mekanisme didominasi adsorpsi (Langmuir), berperilaku mixed-type, dan sensitif terhadap suhu. Riset lanjutan perlu menekankan standarisasi ekstrak, optimasi formulasi (nano/kopolimer hijau), serta uji skala lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- K. Almzarzie , “EIS and Study of Iron Corrosion Inhibition by Turmeric Roots Extract (TRE) in HCl,” *Egyptian Journal of Chemistry*, 62(3), 2019.
- RMA Shahba et al., “Effect of *Catharanthus roseus* and Turmeric Extracts as Green Corrosion Inhibitors for Mild Steel in 1 M HCl,” *Materials Sciences and Applications*, 2016.
- M. Nasibi et al., "FTIR, polarization, EIS, SEM, EDS, AFM studies of Turmeric (*Curcuma longa*) extract in 1 M HCl," *Journal of Adhesion Science and Technology*, 2014.
- AM Al-Fakih et al., “Turmeric and Ginger as Green Inhibitors of Mild Steel Corrosion in Acidic Medium,” *J. Mater. Environ. Sci.*, 2015.
- KA Saleh and MK Mohammed, “Inhibition and Adsorption Actions of Nano-Curcumin for Corrosion of Carbon Steel in 3.5% NaCl,” *Int. J. ChemTech Res.*, 10(3), 2017.

- CA Barbu et al., “Critical Review Regarding the Application of Plant Extracts as Green Corrosion Inhibitors,” *Molecules*, 2025.
- M. Sheydaei et al., “The Use of Plant Extracts as Green Corrosion Inhibitors: A Review,” *Infrastructures*, 2024.
- BR Holla et al., “Plant extracts as green corrosion inhibitors for different grades of steel,” *Heliyon*, 2024.
- H. Thacker et al., “Green corrosion inhibitors derived from plant extracts and drugs for mild steel in acid media: A review,” 2025.
- N. Ashwini et al., “Curcumin-based Schiff bases as corrosion inhibitors for mild steel in 1 M HCl,” 2025.
- HA Jaddoa et al., “Novel efficiency of turmeric extract as a green inhibitor for low-carbon steel in 3.5% NaCl,” 2024/2025.
- T. Paramitha et al., “Turmeric (*Curcuma longa*) Extract Characterization for Corrosion Inhibitor using Microwave-Assisted Extraction,” 2024.
- AS Fouda et al., “Some natural aqueous extracts (including curcumin) as green inhibitors for carbon steel,” *Green Chemistry Letters and Reviews*, 2018.
- AS Fouda et al., “Cuminum cyminum as green inhibitor for API 5L steel; Langmuir adsorption,” *Scientific Reports*, 2025.
- J. Flores-Frías et al., “Curcumin as green corrosion inhibitor on 1018 carbon steel in 0.5 M H₂SO₄,” 2019.
- Hindawi, “Use of a Metallic Complex Derived from *Curcuma longa* as a Green Corrosion Inhibitor for 1018 Carbon Steel in 0.5 M HCl,” 2021.
- SD Tidke et al., “Comprehensive review of green corrosion inhibitors for steel,” 2025.
- RM Bandeira et al., “The green plant-based corrosion inhibitors—A sustainable pathway,” 2025.
- M. Cui et al., “Effective corrosion inhibition of carbon steel in hydrochloric acid by nitrogen-doped carbon dots,” *Nanomaterials*, 2021.
- V. Singh et al., “A sustainable and green method for controlling acidic corrosion of mild steel,” 2025.