

PENGARUH DURASI PERENDAMAN EKSTRAK KULIT MANGGIS PADA KOROSI BAJA ST-41

M Ilzam Putra Adenan^{1*}, Mokh. Hairul Bahri², Rohimatush Shofiyah³

Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Jember, Indonesia

*email: milzamputeraadenan@gmail.com

DOI : 10.48144/suryateknika.v9i2.2155

Received: 30 Juli 2025

Revised: 1 Agustus 2025

Accepted: 15 Agustus 2025

Abstract

*Corrosion of low-carbon steel in tropical, chloride-rich environments undermines structural integrity and demands eco-friendly mitigation strategies. This study assesses mangosteen (*Garcinia mangostana*) peel extract as a green inhibitor for ST-41 carbon steel by varying pre-immersion times (10, 20, 30, and 40 minutes) before 30-day exposure to acidic rainwater. Corrosion rates were determined gravimetrically, and surface morphology was characterized by scanning electron microscopy. Increasing immersion time reduced the corrosion rate from 42.33 mpy (no inhibitor) to 8.46 mpy at 40 minutes, with inhibitor efficiency rising from 0% to 80.01%. SEM observations confirmed the progressive formation of a dense, uniform passive film. These results demonstrate the feasibility of mangosteen peel extract as an environmentally benign corrosion inhibitor and establish optimal immersion parameters for carbon steel protection.*

Keywords: Corrosion; gravimetric analysis; mangosteen peel extract; scanning electron microscopy; ST-41 carbon steel

Abstrak

Korosi pada baja karbon rendah di lingkungan tropis yang kaya klorida mengancam keandalan struktur dan memerlukan solusi ramah lingkungan. Penelitian ini mengkaji ekstrak kulit manggis (*Garcinia mangostana*) sebagai inhibitor hijau untuk baja ST-41 dengan variasi waktu pra-perendaman (10, 20, 30, dan 40 menit) sebelum eksposur 30 hari dalam air hujan asam. Laju korosi dihitung menggunakan metode gravimetri, sedangkan perubahan morfologi permukaan diamati melalui mikroskop elektron pemindai. Hasil menunjukkan bahwa peningkatan durasi pra-perendaman menurunkan laju korosi dari 42,33 mpy (tanpa inhibitor) menjadi 8,46 mpy pada 40 menit, dengan efisiensi inhibitor meningkat dari 0% menjadi 80,01%. Pengamatan SEM mengonfirmasi terbentuknya film pasif yang padat dan merata. Temuan ini membuktikan efektivitas ekstrak kulit manggis sebagai inhibitor korosi yang ramah lingkungan dan menetapkan kondisi perendaman optimal untuk perlindungan baja karbon.

Kata kunci: Baja ST-41; ekstrak kulit manggis; gravimetri; korosi; mikroskop elektron pemindai

1. Pendahuluan

Korosi adalah proses elektrokimia yang menyebabkan degradasi material logam ketika terpapar lingkungan lembap dan mengandung ion agresif, sehingga menurunkan kekuatan mekanik dan keandalan struktur industri [1]. Di iklim tropis seperti Indonesia, kelembapan tinggi dan kandungan ion klorida dalam udara serta air hujan mempercepat laju korosi pada baja karbon rendah, termasuk ST-41 [2]. Media air hujan dipilih sebagai lingkungan korosif dalam penelitian ini karena pH asam serta keberadaan ion sulfat, nitrat, dan klorida meniru kondisi lapangan terbuka, sehingga hasil pengujian menampilkan relevansi praktis untuk aplikasi eksterior pada komponen industri.

Baja ST-41, dengan kandungan karbon 0,13-0,18% dan kekuatan tarik sekitar 40 kg/mm², banyak diaplikasikan pada roda gigi, poros, pipa, dan konstruksi jembatan berkat kombinasi keuletan dan kekuatannya, namun tetap rentan terhadap serangan korosi tanpa perlindungan yang memadai [3]. Metode gravimetri mengukur kehilangan berat spesimen sebelum dan sesudah perendaman merupakan pendekatan sederhana namun akurat untuk

menentukan laju korosi dalam satuan mils per year (mpy) dan banyak digunakan dalam penelitian korosi baja [4].

Penggunaan inhibitor korosi sintetis seperti kromat dan nitrit memang efektif menekan reaksi oksidasi, tetapi senyawa beracun yang terkandung berpotensi mencemari lingkungan dan membahayakan kesehatan manusia [5]. Sebagai alternatif ramah lingkungan, berbagai ekstrak tumbuhan telah diuji, misalnya daun kaliandra yang terbukti menurunkan laju korosi baja ST-37 [6] dan abu sekam padi sebagai green inhibitor pada baja SS-400 dalam media NaCl [7]. Hasil-hasil tersebut memperkuat keyakinan bahwa senyawa alami mampu membentuk lapisan pasif untuk melindungi permukaan logam.

Kulit manggis (*Garcinia mangostana*) merupakan kandidat inhibitor alami lain yang kaya polifenol, flavonoid, dan tanin, sehingga dapat membentuk film pelindung pada permukaan logam dan menghambat reaksi korosi [8]. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh variasi waktu perendaman baja ST-41 dalam larutan ekstrak kulit manggis terhadap laju korosi menggunakan metode gravimetri dan mengamati perubahan morfologi permukaan melalui analisis *Scanning Electron Microscope* (SEM). Dengan demikian, diharapkan diperoleh rekomendasi waktu kontak optimal untuk aplikasi inhibitor kulit manggis pada baja ST-41 di lingkungan asam seperti air hujan.

Senyawa aktif dalam kulit manggis seperti xanthone, flavonoid, tanin, dan polifenol. Senyawa ini bersifat antioksidan dan mampu membentuk lapisan kompleks dengan ion logam melalui mekanisme adsorpsi, sehingga menghambat reaksi oksidasi pada permukaan baja. Kandungan xanthone dalam ekstrak kulit manggis secara khusus memiliki gugus hidroksil yang memungkinkan ikatan dengan permukaan logam, membentuk film pelindung yang stabil di lingkungan asam. Informasi ini diperoleh dari studi Elviana et al. (2024), yang juga menunjukkan potensi kulit manggis sebagai sumber inhibitor alami.

2. Metode

Metode Penelitian

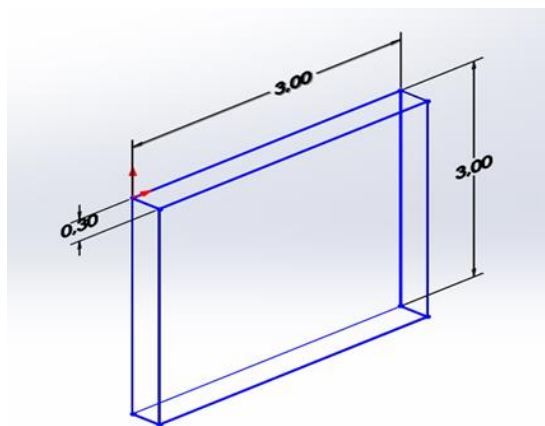
Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif untuk mengukur laju korosi dan efisiensi inhibitor yang dianalisis secara statistik untuk menilai pengaruh variasi waktu perendaman baja ST-41. Analisis morfologi permukaan dengan SEM juga dilakukan untuk mendukung data korosi.

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya seperti gerinda potong, gelas beaker, kertas amplas grid 400 dan 500, handphone/kamera, timbangan digital, mikroskop, jangka sorong, jangka sorong, dan termometer. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja ST-41, kulit manggis, dan air hujan sebagai media penelitian.

Dimensi Spesimen

Spesimen yang akan digunakan dalam penelitian ini memiliki panjang 3 cm, lebar 3 cm, dan ketebalan 0,3 cm. Berikut adalah gambar desain penelitian yang telah dibuat.



Gambar 1. Desain Spesimen Penelitian

Variabel Penelitian

1. Variabel bebas pada pengujian ini adalah waktu perendaman dalam larutan larutan kulit manggis dengan variasi waktu perendaman 10, 20, 30, dan 40 menit.
2. Variabel terikat pada pengujian ini adalah laju korosi baja ST-41 dan morfologi permukaan baja ST-41.

Prosedur Penelitian

Pada tahap persiapan sampel, spesimen baja ST-41 dipotong menggunakan mesin gerinda dengan ukuran $3 \times 3 \times 0,3$ cm sesuai spesifikasi, kemudian permukaannya diampas bertahap dengan kertas grit 400 dan 500 untuk menghilangkan kotoran dan karat. Setelah itu sampel dibilas di bawah air mengalir untuk menyingkirkan sisa partikel ampas, dikeringkan dengan tisu bersih, lalu diangin-anginkan hingga benar-benar kering agar tidak ada kelembapan yang terperangkap. Terakhir, massa awal setiap sampel diukur dengan timbangan digital berketelitian tinggi untuk memperoleh data berat sebelum perlakuan perendaman.

Untuk menyiapkan inhibitor kulit manggis, 700 gram kulit manggis segar ditimbang dan dicampur dengan 700 mL air suling (1:1), lalu direbus pada suhu sekitar 80°C selama 40 menit untuk mengekstrak senyawa aktif. Campuran hasil rebusan kemudian diblender hingga halus dan diperas menggunakan kain untuk memisahkan ampas, menghasilkan larutan ekstrak yang lebih kental. Ekstrak ini didiamkan semalaman pada suhu ruang hingga mendingin, setelah itu pH larutan diukur dengan kertas lakmus. Sebelum digunakan, ekstrak dibagi menjadi empat bagian masing-masing 50 mL dalam gelas beaker.

Persiapan larutan korosi dilakukan dengan mengumpulkan air hujan secara langsung ke dalam wadah plastik selama hujan turun dan memiliki pH sekitar 5,2 berdasarkan pengukuran menggunakan kertas lakmus. Meskipun tidak dilakukan analisis laboratorium lengkap, secara umum air hujan di wilayah tropis seperti Indonesia mengandung ion-ion agresif seperti klorida (Cl^-), sulfat (SO_4^{2-}), dan nitrat (NO_3^-) yang bersifat korosif terhadap logam. Kandungan ion ini dapat bervariasi tergantung pada polusi udara dan sumber uap air di atmosfer, sehingga disarankan pada penelitian lanjutan untuk melakukan uji laboratorium terhadap air hujan guna meningkatkan validitas kondisi pengujian.

Proses Pengujian

Pada tahap pengujian, sampel baja ST-41 yang telah dipotong, diampas, dibersihkan, dan ditimbang awal direndam dalam larutan inhibitor kulit manggis pada variasi waktu 10,

20, 30, dan 40 menit di dalam gelas beaker terpisah; setelah masing-masing perendaman inhibitor, sampel diangin-anginkan pada suhu ruang selama sekitar satu jam hingga permukaannya benar-benar kering, kemudian dipindahkan untuk perendaman dalam larutan korosif air hujan selama 30 hari. Setelah masa perendaman korosif selesai, sampel dibersihkan dengan air mengalir, dilap menggunakan tisu bersih, dan diangin-anginkan kembali hingga kering sempurna agar tidak ada sisa air yang memengaruhi hasil penimbangan. Penimbangan akhir dilakukan menggunakan timbangan digital berketelitian tinggi untuk memperoleh massa akhir, yang kemudian digunakan dalam perhitungan laju korosi melalui metode kehilangan berat. Efisiensi inhibitor dihitung dengan membandingkan laju korosi sampel tanpa inhibitor dan sampel yang telah direndam dalam larutan inhibitor, sehingga diperoleh seberapa efektif ekstrak kulit manggis dalam menghambat korosi. Untuk melengkapi analisis, permukaan sampel juga diamati menggunakan *scanning electron microscope*, yang memberikan informasi morfologis detail mengenai sifat korosi dan efektivitas perlindungan permukaan.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil

Pada penelitian ini digunakan spesimen baja ST-41 berbentuk persegi berukuran $3 \times 3 \times 0,3$ cm dengan massa awal rata-rata 22,00 g. Sebelum perlakuan, setiap sampel dibersihkan, diampelas, dan dikeringkan hingga mencapai massa konstan untuk memastikan data berat awal yang akurat.

Tabel 1. Nilai Pengukuran Laju Korosi

No.	Waktu Perendaman (menit)	Massa Awal (gram)	Massa Akhir (gram)	Selisih Massa (gram)	Laju Korosi (mpy)
1.	0	22.0	21.85	0.15	42.33
2.	10	22.0	21.89	0.11	31.04
3.	20	22,0	21.92	0.08	22.57
4.	30	22,0	21.95	0.05	14.11
5.	40	22,0	21.97	0.03	08.46

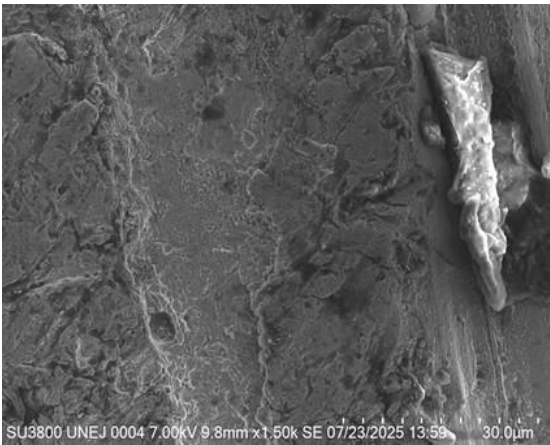
Hasil pengujian kehilangan massa menunjukkan bahwa nilai Δ massa menurun seiring dengan peningkatan waktu perendaman dalam ekstrak kulit manggis. Sampel tanpa perendaman inhibitor mengalami kehilangan massa tertinggi sebesar 0,15 g dengan laju korosi 42,33 mpy. Setelah perendaman selama 10, 20, 30, dan 40 menit, kehilangan massa menurun berturut-turut menjadi 0,11 g; 0,08 g; 0,05 g; dan 0,03 g, sehingga laju korosi menyusut menjadi 31,04 mpy; 22,57 mpy; 14,11 mpy; dan 8,46 mpy.

Perhitungan efisiensi inhibitor berdasarkan perbandingan laju korosi dengan dan tanpa inhibitor mengungkapkan peningkatan efektivitas ekstrak kulit manggis seiring lamanya waktu kontak. Efisiensi inhibitor tercatat 0 % pada sampel tanpa inhibitor, kemudian meningkat menjadi 26,67 % pada 10 menit, 46,68 % pada 20 menit, 66,67 % pada 30 menit, dan mencapai 80,01 pada 40 menit perendaman.

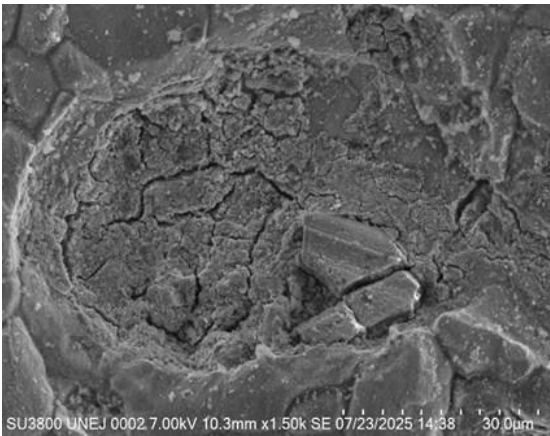
Tabel 2. Nilai Efisien Inhibitor

No.	Waktu Perendaman (menit)	Laju Korosi (mpy)	Efisiensi Inhibitor (%)
1.	0	42.33	0.00
2.	10	31.04	26.67
3.	20	22.57	46.68
4.	30	14.11	66.67
5.	40	08.46	80.01

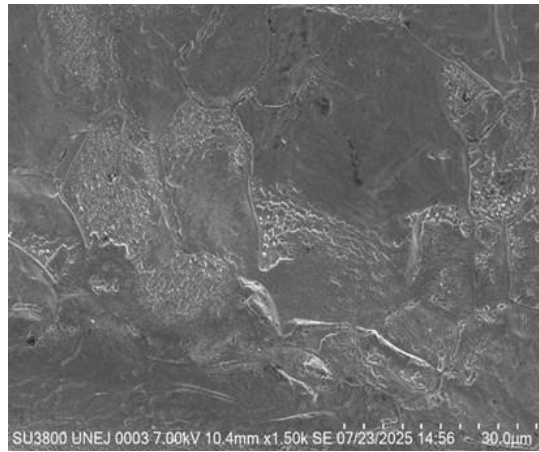
Analisis morfologi permukaan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) mengungkap perubahan struktural seiring variasi waktu perendaman. Gambar 4.1 (tanpa inhibitor) menampilkan permukaan kasar dan lubang-lubang pitting corrosion, sedangkan Gambar 4.2 hingga Gambar 4.5 (perendaman 10, 20, 30, dan 40 menit) secara bertahap menunjukkan berkurangnya kedalaman pit dan terbentuknya lapisan pelindung organik yang lebih merata pada permukaan logam.



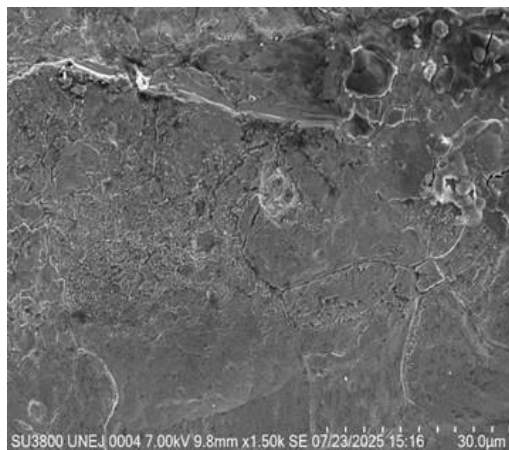
Gambar 2. Sampel Tanpa Inhibitor



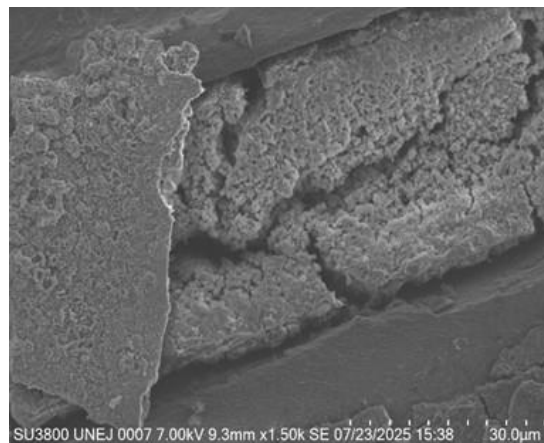
Gambar 3. Sampel Perendaman 10 Menit



Gambar 4. Sampel Perendaman 20 Menit



Gambar 5. Sampel Perendaman 30 Menit



Gambar 6. Sampel Perendaman 40 Menit

Pembahasan

Fenomena peningkatan efisiensi inhibisi seiring dengan lamanya waktu perendaman dapat dijelaskan melalui mekanisme adsorpsi molekul inhibitor pada permukaan logam. Pembentukan lapisan pelindung yang lebih padat dan kontinu terjadi karena semakin lama waktu kontak, semakin banyak situs aktif pada permukaan baja ST-41 yang tertutup oleh senyawa organik. Pola ini konsisten dengan model isoterma Langmuir, di mana kesetimbangan adsorpsi dicapai setelah sejumlah molekul inhibitor menempati seluruh situs

permukaan, sehingga menghambat laju korosi. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian terdahulu pada ekstrak buah tropis, yang melaporkan penurunan signifikan laju korosi baja karbon setelah perendaman pada kondisi asam, meskipun pada konsentrasi dan pH yang berbeda.

Perbandingan efisiensi ekstrak kulit manggis dengan penelitian Mulyawan dan Santoso menunjukkan nilai yang lebih rendah pada sampel kami meski metode perendaman serupa digunakan. Perbedaan ini kemungkinan besar disebabkan oleh variabilitas komposisi fitokimia dan tingkat kemurnian ekstrak; senyawa xanthone utama yang bertanggung jawab atas aktivitas inhibisi mungkin mengalami degradasi parsial selama proses preparasi. Oleh karena itu, analisis kromatografi massa lanjutan sangat dianjurkan untuk mengidentifikasi dan memvakuasi kandungan senyawa aktif, sehingga variasi komposisi dapat dikendalikan dalam penelitian selanjutnya.

Analisis morfologi permukaan menggunakan mikroskop elektron pemindaian menegaskan bahwa struktur permukaan baja mengalami perubahan dari kondisi kasar dan terkorosi menjadi semakin halus dan tertutup lapisan organik seiring bertambahnya waktu perendaman. Pembentukan film protektif ini mengindikasikan mekanisme kombinasi penghalang fisik dan kimia sesuai teori helmholtz lapisan ganda. Hasil ini memperkuat penelitian Nugroho et al. pada ekstrak daun jambu biji, meskipun jenis biomassa berbeda, tren penurunan kedalaman pit dan peningkatan homogenitas lapisan protektif tetap terlihat konsisten.

Meskipun demikian, efektivitas maksimal ekstrak kulit manggis belum menandingi inhibitor sintesis komersial yang umum digunakan dalam industri pengecatan logam. Hal ini menunjukkan bahwa formulasi lebih lanjut, seperti penambahan polimer pendukung atau teknik mikrokapsulasi, diperlukan untuk meningkatkan daya tahan lapisan pelindung terhadap kondisi suhu dan tekanan mekanis. Strategi hibrid ini telah diusulkan sebelumnya untuk ekstrak tumbuhan lain dan terbukti dapat menaikkan efisiensi hingga setara dengan inhibitor fosfat pada baja karbon.

Keterbatasan utama penelitian ini terletak pada rentang waktu perendaman dan konsentrasi ekstrak yang relatif sempit, sehingga mekanisme kinetika adsorpsi belum terungkap secara menyeluruh. Untuk menjawab hal tersebut, penelitian lanjutan perlu melibatkan variasi suhu, pH, dan konsentrasi ekstrak yang lebih luas, serta penerapan teknik elektroanalitik seperti *Electrochemical Impedance Spectroscopy* untuk memperoleh data termodinamik dan kinetik korosi secara kuantitatif. Pendekatan ini akan memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai interaksi molekul inhibitor dengan permukaan logam.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini memberikan kontribusi baru terhadap pemanfaatan limbah kulit buah tropis sebagai inhibitor korosi ramah lingkungan. Temuan ini mendukung teori adsorpsi elektro-kimia dan membuka peluang aplikasi pada industri ringan, seperti penyaluran air non-kritis dan komponen otomotif berdaya korosi rendah. Diharapkan bahwa kajian ini menjadi pijakan bagi pengembangan produk inhibitor berbasis bahan alam yang berkelanjutan dan mendorong penelitian lebih lanjut di bidang korosi dan perlindungan logam.

Selain itu, keterbatasan lain dari penelitian ini hanya menggunakan satu durasi eksposur yakni 30 hari, sehingga dinamika perlindungan terhadap korosi seiring waktu

tidak dapat teramati secara menyeluruh. Penambahan variasi waktu eksposur seperti 10, 20, dan 30 hari dapat memberikan gambaran lebih komprehensif mengenai perkembangan inhibisi secara bertahap dan membantu memahami stabilitas perlindungan yang diberikan oleh ekstrak kulit manggis dari waktu ke waktu.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa peningkatan waktu perendaman baja ST-41 dalam ekstrak kulit manggis secara signifikan menurunkan laju korosi, di mana kontak selama 40 menit memberikan proteksi optimal yang terbukti melalui pengurangan kehilangan massa dan pengamatan SEM yang menunjukkan pembentukan film pasif organik lebih padat dan merata. Temuan ini konsisten dengan mekanisme adsorpsi molekuler sesuai isoterma Langmuir dan teori lapisan ganda Helmholtz, sekaligus menegaskan potensi ekstrak kulit manggis sebagai inhibitor korosi ramah lingkungan. Meskipun efisiensi inhibisi ekstrak alami ini belum setara dengan inhibitor sintetis komersial, penelitian ini membuka peluang untuk pengembangan formulasi hybrid misalnya melalui teknik mikrokapsulasi atau penambahan polimer pendukung serta menggarisbawahi perlunya kajian lanjutan menggunakan metode elektroanalitik untuk mengeksplorasi kinetika dan termodinamika adsorpsi. Kontribusi utama studi ini terletak pada pengayaan literatur perlindungan baja karbon dengan ekstrak buah tropis dan penyediaan landasan ilmiah bagi penerapan solusi korosi berkelanjutan di industri ringan. Keterbatasan pada penggunaan durasi eksposur tunggal serta belum adanya identifikasi kuantitatif kandungan senyawa aktif dalam ekstrak menjadi catatan penting untuk pengembangan penelitian lanjutan. Diperlukan studi lanjutan dengan analisis time-series serta karakterisasi kimia ekstrak secara mendalam agar diperoleh pemahaman lebih komprehensif mengenai mekanisme kerja dan efektivitas ekstrak kulit manggis sebagai inhibitor korosi alami.

Referensi

- [1] A. Royani, "Pengaruh Suhu Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Rendah Dalam Media Air Laut," *J. Simetrik*, vol. 10, no. 2, pp. 344–349, 2021, doi: 10.31959/js.v10i2.493.
- [2] Y. Ratnasari, I. M. Prasajojo, and F. Maharani, "STUDI PENERAPAN EKSTRAK DAUN PANDAN WANGI (*Pandanus amaryllifolius* Roxb) SEBAGAI INHIBITOR KOROSI PADA PIPA BAJA KARBON DALAM MEDIUM KOROSI AIR LAUT DAN AIR HUJAN DENGAN VARIASI SUHU," *J. Teknol. Kim. Unimal*, vol. 12, no. 2, pp. 151–164, 2023, doi: 10.29103/jtku.v12i2.12387.
- [3] I. Luvia, I. Ibrahim, J. Jalaluddin, E. Kurniawan, and F. Faisal, "Pemanfaatan Ekstrak Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi* L.) Plat Baja St 41 Sebagai Inhibitor Korosi Pada Media Air Laut," *Chem. Eng. J. Storage*, vol. 4, no. 5, pp. 654–670, 2024, doi: 10.29103/cejs.v4i5.15855.
- [4] A. Yulianto, M. Jaya, J. A. Muslim, and T. M. Syauta, "ANALISIS KOMPARASI LAJU KOROSIFITAS PROPELER PERAHU NELAYAN TRADISIONAL Comparative Analysis of Corrosion Rate of Traditional Fishing Boat Propeller," *J. Ilm. Teknol. Marit.*, vol. 16, no. 1, pp. 9–16, 2022.
- [5] S. Mubarak, S. Jokosiswor, and I. P. Mulyatno, "Pengaruh Penambahan Inhibitor CaCO_3 Terhadap Laju Korosi Baja SS 400 dalam Larutan Air Laut Buatan," *Tek. Perkapalan*, vol. 8, no. 3, pp. 339–346, 2020.

-
- [6] M. Jufri, I. Surya, A. Saifullah, S. Suwarsono, R. H. Hendaryati, and S. Sudarman, "EKSTRAK DAUN KALIANDRA SEBAGAI INHIBITOR ALAMI LAJU KOROSI ST-37," ROTOR, vol. 15, no. 1, p. 32, Jul. 2022, doi: 10.19184/rotor.v15i1.30581.
- [7] D. E. S. Arifin and D. Muliastri, "Pemanfaatan Ekstrak Abu Sekam Padi sebagai Green Inhibitor pada Baja Karbon dalam Media Air Laut Buatan," Manutech J. Teknol. Manufaktur, vol. 14, no. 01, pp. 32–38, 2022, doi: 10.33504/manutech.v14i01.205.
- [8] S. Elviana, I. Ibrahim, A. Muarif, Z. Zulnazri, and N. Sylvia, "Pengaruh Penambahan Inhibitor Alami dari Ekstrak Kulit Buah Manggis Terhadap Laju Korosi Baja ST 41," Chem. Eng. J. Storage, vol. 4, no. 4, pp. 487–499, 2024, doi: 10.29103/cejs.v4i4.15200.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)
