



Penambahan Ekstrak Ranting Karamunting (*Rhodomyrtus Temenosa*) Sebagai Green Inhibitor Pada Baja AISI 1040

Lisda Yanti¹, Daffa Irsyad Darma², Muhammad Rifani³, Gusti Umindya Nur Tajalla⁴, Jatmoko Awali⁵, Yusairie Mohd⁶, Yunita Triana^{7*}

^{123457*}Program Studi Teknik Material dan Metalurgi, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan, Indonesia,

⁶Fakultas Sains Terapan, Universiti Teknologi MARA, Shah Alam, Selangor, Malaysia

*Corresponding author: nita@lecturer.itk.ac.id

Received: 31/July/2023
Accepted: 30/August/2023

Revised: 20/August/2023
Published: 31/August/2023

To cite this article:

Yanti, L., Darma, D. I., Rifani, M., Tajalla, G. U. N., Awali, J., Mohd, Y & Triana, Y (2023). Penambahan Ekstrak Ranting Karamunting (*Rhodomyrtus Temenosa*) sebagai Green Inhibitor pada Baja AISI 1040. *SPECTA Journal of Technology*, 7(2), 566 - 572. [10.35718/specta.v7i2.925](https://doi.org/10.35718/specta.v7i2.925)

Abstract

In this study, Karamunting twig extract (*Rhodomyrtus temenosa*) was used as a natural inhibitor on AISI 1040 steel. Based on the results of functional group analysis, it was confirmed that the compounds found in Karamunting twig extract are tannins and flavonoids. Electrochemical analysis using the potentiodynamic method showed the lowest corrosion rate at 300 ppm inhibitor concentration, with a corrosion rate of 2.881 mm/yr with an inhibition efficiency of 76.732%. Furthermore, the EIS test showed the highest inhibition efficiency at a concentration of 300 ppm, with a value of 66.720%.

Keywords: AISI 1040, Corrosion, Green Inhibitor, Karamunting (*Rhodomyrtus temenosa*)

Abstrak

Pada penelitian ini, ekstrak ranting Karamunting (*Rhodomyrtus temenosa*) digunakan sebagai inhibitor alami pada baja AISI 1040. Berdasarkan hasil analisis gugus fungsi, dikonfirmasi bahwa senyawa yang ditemukan didalam ekstrak ranting Karamunting yaitu tannin dan flavonoid. Digunakan analisis elektrokimia menggunakan metode potensiodinamik menunjukkan laju korosi terendah pada konsentrasi inhibitor 300 ppm, dengan laju korosi 2.881 mm/yr dengan efisiensi inhibisi sebesar 76.732%. Selanjutnya, uji EIS menunjukkan efisiensi inhibisi tertinggi pada konsentrasi 300 ppm, dengan nilai 66.720%.

Kata kunci: AISI 1040, Korosi, Green Inhibitor, Karamunting (*Rhodomyrtus temenosa*)

1. Pendahuluan

Material yang terbuat dari baja AISI 1040 banyak digunakan dalam industri manufaktur untuk komponen seperti mur dan baut (Kandavel dkk, 2012). Seiring dengan perkembangan kendaraan di Indonesia, pemanfaatan baja AISI 1040 juga diperluas. Menurut data dari Badan Pusat Statistik, pada tahun 2020, kendaraan meningkat 5% dibandingkan tahun sebelumnya. Namun, logam ini sangat rentan terhadap korosi karena kurangnya unsur paduan seperti molibdenum, kromium, dan nikel yang meningkatkan ketahanan terhadap korosi (Frankel dkk, 2008). Kerugian finansial suatu negara akibat korosi umumnya berkisar antara 3 hingga 5 persen dari produk domestik bruto (PDB). Di Amerika Serikat, biaya tahunan akibat korosi diperkirakan mencapai US\$70 miliar pada tahun 1980-an dan mencapai US\$170 miliar pada tahun 2000-an. Di Indonesia, pemerintah mengalokasikan 1-1,5% dari PDB atau miliaran rupiah untuk mengatasi masalah korosi (Fotovvati dkk, 2019).

Perlindungan korosi biasanya melibatkan penggunaan proteksi katodik, pelapis, dan inhibitor. Namun, metode-metode ini memiliki beberapa kelemahan, termasuk efek lingkungan yang berbahaya, proses perawatan yang rumit, dan biaya tinggi (Haryono, 2010)(Setiawan, 2018)(Tanjung, 2020). Inhibitor organik yang umum adalah senyawa organik yang menimbulkan masalah serius dan berbahaya bagi lingkungan. Oleh karena itu, pengembangan inhibitor hijau yang ramah lingkungan banyak dikembangkan. Inhibitor korosi hijau atau alami adalah adsorben yang melekat pada permukaan logam (misalnya, AISI 1040) melalui proses adsorpsi, baik kemisorpsi maupun fisisorpsi. Ekstrak tumbuhan mengandung heteroatom dan struktur aromatik yang dapat melindungi logam melalui adsorpsi (Gupta dkk, 2013). Secara khusus, untuk AISI 1040, ranting pepaya (*Carica papaya*) (Triana dkk, 2021) digunakan untuk mengurangi laju korosi.

Di Kalimantan, inhibitor organik digunakan untuk mengurangi laju korosi. Sebagai contoh, buah Bintaro (*Cerbera manghas*) digunakan untuk menghambat korosi pada baja JIS G3131 (Triana dkk, 2019), dan ranting Tahongai (*Kleinhovia*) digunakan untuk menghambat korosi pada baja AISI 1040 (Sari dkk, 2018). Bawang Dayak (*Eleutherineamericana Merr.*) digunakan untuk menghambat korosi pada baja API 5L (Irianty dkk, 2013). Karamunting (*Rhodomystus tementosa*) adalah salah satu tanaman asli Kalimantan yang mudah tumbuh dengan baik di sebagian besar daerah (Mardiah dkk 2017). Karamunting mengandung senyawa aleuron, katekol, alkaloid, dan tanin (Sanjaya, 2018). Tanin kaya akan senyawa polifenol yang dapat menghambat oksidasi dan menurunkan laju korosi. Tanin merupakan senyawa alami dari tumbuhan yang dapat menjadi inhibitor korosi (Vats dkk, 2021). Pada penelitian sebelumnya, efisiensi inhibitor yang diekstrak dari ranting Karamunting (*Rhodomystus tementosa*), dengan menggunakan metode regresi linier, ditemukan sebesar 73,66% pada larutan NaOH dan 80,78% pada larutan HCl (Noer dkk, 2018). Selanjutnya, efisiensi inhibitor dari ekstrak ranting, ditentukan dengan menggunakan metode gravimetri, menghasilkan nilai 91,74% (Redha, 2013).

Pada penelitian ini digunakan ekstrak ranting Karamunting (*Rhodomystus tementosa*) sebagai green inhibitor pada AISI 1040. Ranting Karamunting (*Rhodomystus tementosa*) diekstraksi dengan menggunakan metode refluks. Gugus fungsi yang ada dalam ekstrak diidentifikasi menggunakan ATR-FTIR. Laju korosi AISI 1040 dalam 1M HCl ditentukan dengan menggunakan metode kehilangan berat, Metode Potensiodinamik, dan metode Spektroskopi Impedansi Elektrokimia.

2. Metode

2.1. Material

Spesimen logam yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja AISI 1040, yang memiliki komposisi sebagai berikut (% berat): 98,6 hingga 99% Fe, 0,60 hingga 0,90% Mn, 0,370 hingga 0,440% C, $\leq 0,050\%$ S, dan $\leq 0,040\%$ P [17]. Dua ukuran baja AISI 1040 yang berbeda digunakan untuk menyelidiki efisiensi perlindungan korosi ekstrak dalam 1 M HCl. Sepotong baja persegi panjang berukuran 2 cm x 2 cm x 0,3 cm digunakan untuk pengukuran penurunan berat material. Di sisi lain, spesimen logam berukuran 1 cm x 1 cm x 0,15 cm digunakan untuk metode polarisasi Tafel dan EIS. Elektroda kerja AISI 1040 dibuat dengan menuangkan epoksi dan peneras ke dalam cetakan dan membiarkannya

mengering. Spesimen kemudian dipoles hingga permukaannya menjadi halus. Semua spesimen logam dipoles menggunakan kertas ampelas.

2.2 Inhibitor

Ranting Karamunting (*Rhodomystus tementosa*) dikeringkan di bawah sinar matahari selama tujuh hari dan kemudian dihancurkan dengan menggunakan blender. Lima ratus gram ranting Karamunting yang telah dihancurkan ditimbang secara akurat menggunakan neraca analitik dan kemudian direndam dalam 3.500 mL metanol selama 72 jam. Proses distilasi dilakukan pada suhu 60°C untuk memisahkan ekstrak dari pelarutnya. Ekstrak padat yang dihasilkan ditimbang dan dihomogenisasi dengan HCl 1M untuk membuat larutan inhibitor 100, 200, 300, dan 500 ppm.

2.3 Karakterisasi

Pengujian karakterisasi dilakukan untuk mengetahui kandungan gugus fungsi dalam ekstrak ranting karamunting dengan menggunakan Attenuated Total Reflectance (ATR-FTIR).

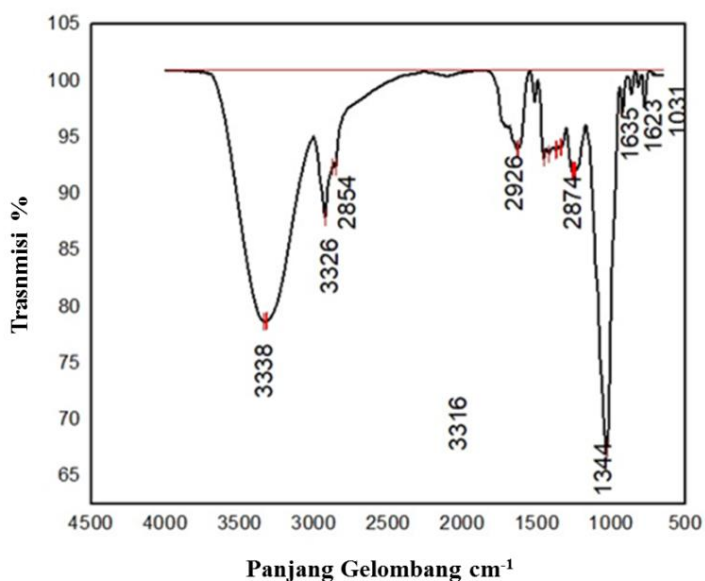
2.4 Pengukuran Elektrokimia

Pengujian Metode Potensiodinamik dilakukan untuk mendapatkan data laju korosi dengan menggunakan Autolab Potentiostat yang terhubung dengan perangkat lunak NOVA. Pada pengukuran polarisasi rangkaian terbuka, digunakan tiga jenis elektroda yaitu elektroda counter berupa platina, elektroda referensi berupa Ag/AgCl, dan elektroda kerja (AISI 1040) dengan ukuran 1 cm x 1 cm x 0,15 cm. Pengujian Metode Potensiodinamik dengan sistem tiga elektroda dibiarkan stabil selama 30 menit dalam larutan uji sebelum memulai pengukuran. Semua percobaan dilakukan pada suhu 25°C. Ecorr dan Icorr dapat mengekspresikan laju korosi dalam kurva polarisasi.

3. Analisis dan Pembahasan

3.1. Analisis Gugus Fungsi

Hasil peak menunjukkan intensitas gugus fungsi dari pengujian ATR-FTIR (Tabel 1) pada rentang frekuensi 3326 yang merupakan gugus fungsi O-H kekuatan intensitasnya cukup tinggi dan frekuensi 1344 yang merupakan gugus fungsi C-H intensitasnya sangat rendah seperti yang terlihat pada Gambar 1.

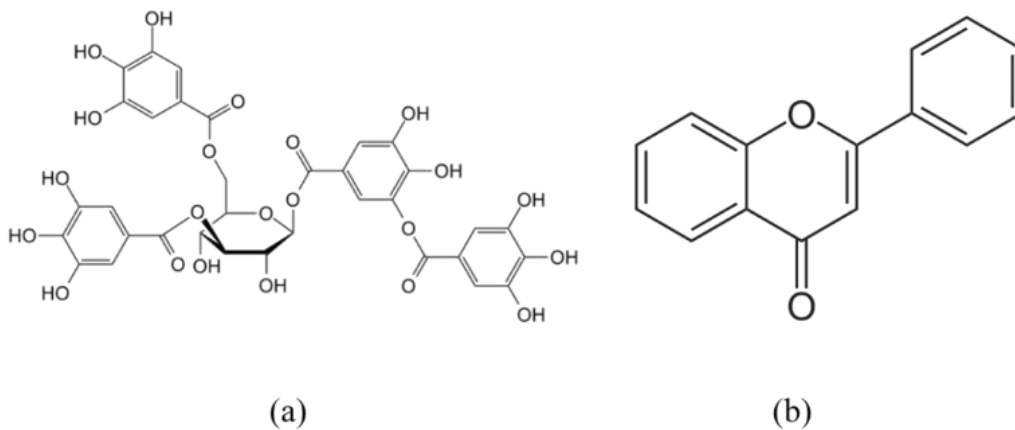


Gambar 1: Grafik Hasil Uji ATR- FTIR pada Ekstrak Ranting Karamunting (*Rhodomystus Tementosa*)

Tabel 1: Hasil Uji ATR-FTIR

Panjang Gelombang (cm ⁻¹)	Rentang Frekuensi (cm ⁻¹)	Rantai	Gugus Fungsi
3326-3338	3200-3600	O-H	Hidroksil
2854-2874 2926	2850-2970	C-H	Alkana
1635-1623	1610-1680	C=C	Cincin Aromatik
1344	1340-1470	C-H	Alkana
1031	1000-1300	C-O	Aldehid

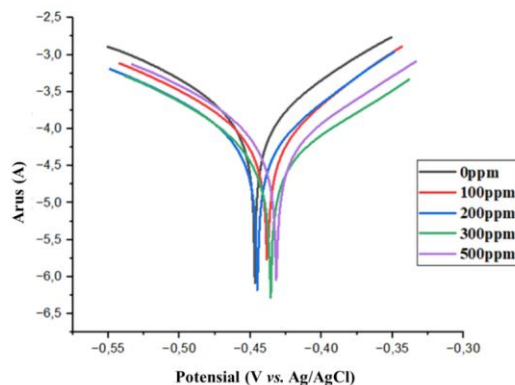
Tanin terdiri dari cincin benzena (C₆) yang berikatan dengan gugus hidroksil (-OH) dan beberapa gugus yang bersangkutan seperti gugus aromatik (C-H). Tanin juga memiliki beberapa gugus fungsi lainnya seperti gugus karboksilat, gugus ester, gugus aldehid, dan gugus keton (Khaled dkk, 2012) seperti pada Gambar 2a. Flavonoid memiliki beberapa gugus fungsi, antara lain ikatan rangkap karbon-karbon C=C, ikatan rangkap karbon-oksigen C=O, ikatan tunggal karbon-oksigen C-O, ikatan tunggal karbon-hidrogen C-H, dan ikatan tunggal oksigen-hidrogen O-H (Haynes, 1983) seperti pada gambar 2b.



Gambar 2: Struktur Kimia (A) Tanin (B) Flavonoid

3.2. Pengukuran Laju Korosi

Kurva menunjukkan bahwa korosi baja terjadi pada -455 V ketika direndam dalam 1M HCl, dengan kerapatan arus 1.063,8 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$. Namun demikian, menambahkan inhibitor ke dalam larutan korosif telah mengurangi kerapatan arus. Ketika spesimen besi direndam dalam media korosif (dalam hal ini, HCl), proses reduksi dan oksidasi terjadi pada permukaannya. Biasanya, spesimen besi teroksidasi (berkarat), sedangkan media (HCl) mengalami reduksi, khususnya reduksi ion hidrogen. Spesimen besi dapat berfungsi sebagai anoda dan katoda, dan arus anodik dan katodik terjadi pada permukaannya. Proses korosi biasanya diakibatkan oleh arus anodik.



Gambar 3: Tafel Plot dengan Variasi Konsentrasi

Plot Tafel secara langsung mengukur arus korosi, yang dapat dikorelasikan dengan laju korosi. Gambar 3 menampilkan plot Tafel untuk spesimen besi yang direndam dalam HCl 1M dengan dan tanpa variasi konsentrasi ekstrak ranting Karamunting. Gambar tersebut menunjukkan bahwa penambahan ekstrak ke dalam larutan asam menggeser polarisasi anodik ke nilai yang lebih positif dan polarisasi katodik ke nilai yang lebih negatif. Efek dari ekstrak ranting Karamunting lebih menonjol pada polarisasi anodik daripada polarisasi katodik. Pergeseran ke kiri dari kurva Tafel setelah memasukkan inhibitor korosi menunjukkan bahwa reaksi elektrokimia antara larutan elektrolit dan sampel uji menjadi lebih katodik.

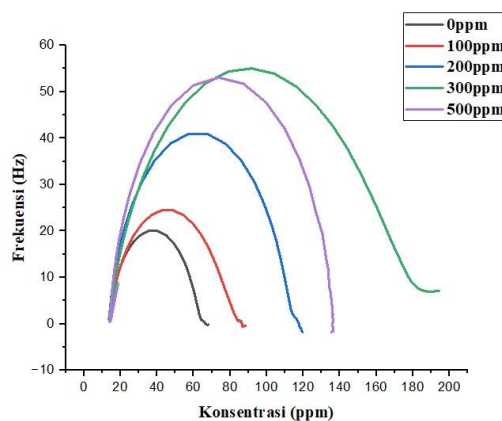
Tabel 2: Efisiensi Inhibisi Ekstrak Ranting Karamunting (*Rhodomystus Tementosa*)

Inhibitor (ppm)	E_{corr} (mV)	I_{corr} (μ A)	J_{corr} (μ A/cm ²)	CR (mm/year)	IE%
0	-4555	159.57	1,063.8	12.382	-
100	-4467	99.725	664.833	5.745	53.673
200	-4443	65.942	439.613	5.117	58.673
300	-4487	56.165	349.433	2.881	76.732
500	-4478	37.138	247.586	4.591	62.921

Tabel 2 menunjukkan efisiensi inhibisi ekstrak ranting Karamunting pada konsentrasi yang berbeda. Merangkum perilaku elektrokimia AISI 1040 seperti yang digambarkan oleh plot Tafel pada Gambar 3, terlihat bahwa laju korosi baja secara signifikan menurun dari 12,382 mm/tahun menjadi kurang dari 2 mm/tahun ketika ekstrak ranting Karamunting ditambahkan ke dalam 1M HCl. Laju korosi terendah sebesar 2.881 mm/tahun dicapai dengan penambahan ekstrak ranting 300 ppm, menunjukkan efisiensi penghambatan sebesar 76.732%. Laju korosi berbanding lurus dengan arus korosi (i_{corr}), sehingga arus yang lebih kecil sesuai dengan laju korosi yang lebih rendah (Pedferri dkk, 2018). Penurunan laju korosi dengan penambahan inhibitor pada berbagai konsentrasi, dibandingkan dengan tanpa inhibitor, menunjukkan keefektifan inhibitor ekstrak ranting karamunting dalam memperlambat reaksi oksidasi yang menyebabkan korosi logam. Hal ini menunjukkan bahwa inhibitor tidak mengubah mekanisme reaksi dan bahwa aksi penghambatan senyawa ini terjadi hanya dengan memblokir situs pada elektroda, sehingga mengurangi luas permukaan yang tersedia untuk reaksi korosi. Tabel S-3 juga menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak ranting Karamunting menyebabkan efisiensi inhibisi yang lebih tinggi dan laju korosi yang lebih rendah.

3.3. Pengukuran Efisiensi Inhibisi

Analisis EIS dari inhibisi korosi AISI 1040 dalam 1M HCl dengan adanya ekstrak ranting Karamunting digambarkan pada Gambar 4. Grafik impedansi yang diperoleh membentuk setengah lingkaran yang sempurna, dan variasi ini disebabkan oleh dispersi frekuensi (Alfaridz, 2018). Parameter yang diperoleh dari investigasi ini disajikan pada Tabel 3.. Temuan ini menunjukkan bahwa adsorpsi inhibitor pada permukaan baja meningkatkan penghambatan korosi baja. Gambar 3.4 menunjukkan bahwa dengan peningkatan konsentrasi ekstrak ranting Karamunting, laju korosi (R_{ct}) menurun, dan efisiensi inhibisi (%IE) meningkat.



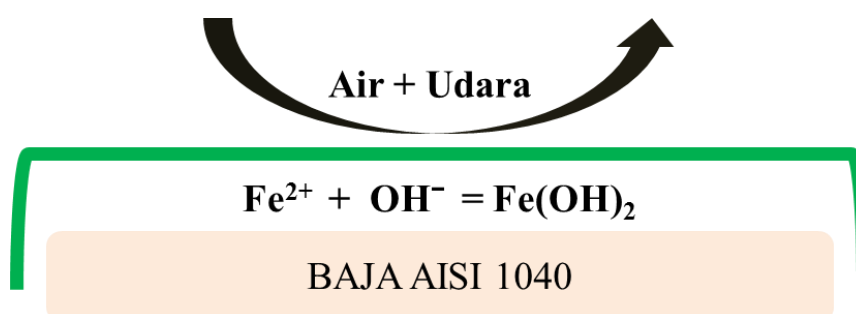
Gambar 4: Nyquist Plot dengan Variasi Konsentrasi

Tabel 3: Efisiensi Inhibisi Ekstrak Ranting Karamunting (*Rhodomystus TEMENTOSA*)

Inhibitor (ppm)	Rs (Ω)	Rct (Ω)	CPE (μF)	IE%
0	14.607	47.866	1.834×10^{-5}	-
100	14.993	62.852	1.724×10^{-5}	23.843
200	14.565	95.645	1.491×10^{-5}	49.954
300	14.872	143.830	2.140×10^{-5}	66.720
500	14.673	116.670	7.712×10^{-5}	58.973

Terlihat jelas bahwa laju korosi (Rct) menurun dan efisiensi inhibisi (%) meningkat dengan peningkatan konsentrasi inhibitor ekstrak ranting Karamunting. Laju korosi terendah diamati pada konsentrasi 300ppm. Sehingga pengukuran efisiensi inhibisi menggunakan metode plot Tafel dan EIS menunjukkan hasil yang konsisten dimana pada konsentrasi inhibitor 300 ppm menunjukkan angka tertinggi atau laju korosi paling rendah.

3.4. Mekanisme Inhibisi



Gambar 5: Ilustrasi Mekanisme Inhibisi Ekstrak Daun Karamunting (*Rhodomystus Tementosa*)

Mekanisme inhibisi korosi pada permukaan logam adalah inhibitor teradsorpsi pada permukaan logam dan membentuk lapisan tipis seperti film. Lapisan ini tidak terlihat secara kasat mata tetapi dapat mencegah lingkungan menyerang logam. Senyawa kompleks ini yang akan melekat pada permukaan besi yang akan menghalangi terjadinya korosi atau sebagai proteksi lebih lanjut, karena senyawa Fe-Tanat menghalangi air untuk kontak langsung dengan logam besi. dalam interaksi antara molekul flavonoid dan permukaan besi untuk membentuk lapisan pelindung adalah gugus hidroksil. Hal ini karena molekul flavonoid mengandung banyak gugus hidroksil dengan pasangan elektron bebas yang melimpah, memungkinkan flavonoid menyumbangkan elektron bebas untuk membentuk ikatan koordinasi kovalen dengan logam besi.

4. Kesimpulan

Didapatkan konsentrasi optimum dari hasil pengujian laju korosi yaitu pada penambahan ekstrak ranting karamunting sebanyak 300ppm dengan laju korosi sebesar 2,881 mm/year dan efisiensi inhibisi sebesar 76,732% hal ini sejalan dengan pengujian efisiensi inhibisi dengan metode EIS didapatkan efisiensi inhibisi sebesar 66,720% dengan penambahan inhibitor sebesar 300ppm. Adanya kandungan senyawa tannin dan flavonoid pada ranting membantu untuk memproteksi laju korosi dengan cara membentuk lapisan tipis pada permukaan logam.

Referensi

- A. S. Sanjaya, M. Mardiah, H. L. Novianti, O. A. Fadilah. (2018) 'Reduction of Corrosion Rate of Aluminum Metal Using Natural Inhibitors', *Jurnal Chemurgy*, Vol. 2, No. 1: 30-35.
- Alfaridz, F. (2018) 'Journal Review: Classification and Pharmacological Activities of Active Flavonoid Compounds', *Farmaka*, Vol. 16, No. 3.

- B. Fotovvati, N. Namdari, A. Dehghanhadikolaei. (2019) 'On Coating Techniques for Surface Protection: A Review', *Journal of Manufacturing and Materials Processing*, Vol.3, No.1: 28.
- D. K. Gupta, A. Dixit, J. S. Chouhan, M. Acharya. (2013) 'Green Inhibitors for Prevention of Metal and Alloys Corrosion: An Overview', *Chemistry and Materials Research*, Vol. 3, No. 6: 16–24.
- G. S. Frankel, N. Sridhar. (2008) 'Understanding localized corrosion', *Materials Today*, Vol.11, No.10: 38–44.
- Haryono, G., Sugiarto, B., Farid, H., and Tanoto, Y. (2010) 'Natural Extracts as Corrosion Inhibitors', *Proceedings of the National Seminar on Chemical Engineering*, Yogyakarta.
- Haynes, G. S. (1985) 'Laboratory corrosion tests and standards: a symposium by ASTM Committee G-1 on Corrosion of Metals, Bal Harbour, FL, 14-16 Nov. 1983', *ASTM International*, (No. 866).
- Irianty, R. S., Khairat. (2013) 'Papaya Leaf Extract as Corrosion Inhibitor on AISI 4140 Steel in Seawater Medium', *Teknobiologi Journal*, Vol. 4, No. 2: 77–82.
- Khaled, K. F., Abdel-Rehim, S. S., & Sakr, G. B. (2012) 'On the corrosion inhibition of iron in hydrochloric acid solutions, Part I: Electrochemical DC and AC studies', *Arabian Journal of Chemistry*, Vol. 5, No. 2: 213-218.
- Khaled, K. F., Mohamed A. Amin, and N. A. Al-Mobarak. (2010) 'On the corrosion inhibition and adsorption behaviour of some benzotriazole derivatives during copper corrosion in nitric acid solutions: a combined experimental and theoretical study', *Journal of applied electrochemistry*, Vol. 40: 601–613.
- Mardiah, A. S., Sanjaya, N., Sakinah, N., Novianti, H. L. (2020) 'Evaluation of Rhodomyrtus Tomentosa Leaf Extract as a Green Inhibitor on Aluminum Corrosion in Acidic and Basic Solutions', *Journal of Material and Technical Commodities Technology*, Vol. 10, No. 1: 39-48.
- Noer, S., Pratiwi, R. D., Gresinta, E., Biologi, P., & Teknik, F. (2018) 'Determination of the levels of phytochemical compounds (tannins, saponins and flavonoids) as quercetin in inggu leaf extract (*Ruta angustifolia* L.)', *Jurnal Eksakta*, Vol. 18, No. 1: 19-29.
- Pedefferri, P., & Ormellese, M. (2018) 'Corrosion science and engineering', p. 720, Cham, Switzerland: Springer.
- Redha, A. (2013) 'Flavonoids: structure, antioxidant properties, and their role in biological systems', Department of Agricultural Technology, Pontianak State Polytechnic.
- S. R. Sari, E. N. Sari, Y. Rizky, Sulistijono, Y. Triana. (2018) 'Efficiency and corrosion rate analysis of organic inhibitor utilization from bawang dayak leaves (*Eleutherine americana* Merr.) on API 5L steel', in *AIP Conference Proceedings*, Vol. 1964, No. 1: 020010-1–020010-9.
- Setiawan, A. (2018). 'Synthesis and Characterization of ZnO as Anticorrosion Coating ZnO/Al (OH)₃ on Carbon Steel Material', *Jurnal Teknik*, Vol. 39, No. 1: 55-61.
- T. K. Kandavel, R. Chandramouli, P. Karthikeyan. (2018) 'Influence of alloying elements and density on aqueous corrosion behaviour of some sintered low alloy steels', *Materials and Design*, Vol.40: 336–342.
- Tanjung, I., Affandi, A., Huzni, S., & Fonna, S. (2020) 'Investigation of the Influence of Anode Element Quantity on the Corrosion Potential Distribution in Reinforced Concrete Using 3D BEM', *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, Vol.3, No.1: 57-64.
- Vats P, Singh T, Dubey V, Sharma A.K. (2021) 'Optimization of machining parameters in turning of AISI 1040 steel using hybrid MCDM technique', *Materials Today: Proceedings*, Vol. 50: 1758-1765.
- Y. Triana, P. R. Utami, A. D. Laksono, J. Awali, G. U. N. Tajalla, Sulistijono. (2021) 'The Effect of Addition Organic Inhibitor Bintaro Fruit Extract (*Cerbera manghas*) to Inhibition Efficiency and Corrosion Rate on JIS G3131 Steel in 0,1 M H₂so₄ Environment', *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 1803, No. 1: 012013.
- Yunita, T., Kusuma, A. W. P., & Novita, S. E. (2019) 'Effect of Addition Tahongai Leaf Extract (*Kleinhovia hospita* Linn.) As Organic Inhibitor on 1040 AISI Steel', *Materials Science and Engineering*, Vol. 547, No. 1: 012006.