

PENGARUH PENAMBAHAN OLEORESIN KERUING PADA CAIRAN PENDINGIN TERHADAP LAJU KOROSI RADIATOR ALUMINIUM

*The Effect Of The Addition Of Keruing Oleoresin To The Coolant On The Corrosion
Rate Of Aluminum Radiators*

Wajilan^{1*}, Anni Fatmawati², Samsul Arif³

^{1,2} Dosen Jurusan Teknik Mesin, Prodi Perawatan dan Perbaikan Mesin, Politeknik Negeri Samarinda,

³ Mahasiswa, Prodi Perawatan dan Perbaikan Mesin, Politeknik Negeri Samarinda,

Jl.Dr.Ciptomangunkusumo Kampus Gunung Lipan, Samarinda Seberang, Kota Samarinda

e-mail: ¹wajilan@polnes.ac.id, ²anni_f@polnes.ac.id, ³samsul_a123@gmail.com

Info Artikel

Riwayat Artikel:

Diterima: 11/03/2026

Diterima dalam bentuk revisi:

22/04/2026

Diteima/publis: 25/05/2026

Abstrak

Penelitian ini mengkaji pengaruh penambahan oleoresin keruing (*Dipterocarpus grandiflorus*) ke dalam aquadest terhadap laju korosi material radiator aluminium. Spesimen aluminium radiator diuji dalam enam media, yaitu aquadest, coolant komersial, serta aquadest dengan penambahan oleoresin keruing 2,5%; 5%; 7,5%; dan 10%. Pengujian dilakukan menggunakan metode polarisasi elektrokimia berbasis ekstrapolasi Tafel dengan data rapat arus korosi (I_{corr}) yang kemudian dikonversi menjadi laju korosi menggunakan persamaan Faraday. Hasil menunjukkan bahwa laju korosi terendah diperoleh pada aquadest sebesar 0,299 mmpy, sedangkan coolant menghasilkan laju korosi tertinggi sebesar 8,716 mmpy. Pada media aquadest-oleoresin, nilai terendah diperoleh pada konsentrasi 7,5% sebesar 0,318 mmpy, diikuti 2,5% sebesar 0,545 mmpy, 5% sebesar 1,337 mmpy, dan 10% sebesar 2,336 mmpy. Secara relatif, penambahan oleoresin pada aquadest belum menurunkan laju korosi di bawah aquadest murni, tetapi variasi 7,5% menunjukkan performa paling stabil di antara media oleoresin. Temuan ini menunjukkan bahwa oleoresin keruing berpotensi dikembangkan sebagai kandidat aditif hijau, namun formulasi, dispersi, pH, temperatur, dan validasi berulang perlu dikontrol sebelum diaplikasikan sebagai inhibitor cairan pendingin radiator.

Abstract

*This study investigates the effect of adding keruing oleoresin (*Dipterocarpus grandiflorus*) to distilled water on the corrosion rate of aluminum radiator material. Radiator aluminum specimens were tested in six media: distilled water, commercial coolant, and distilled water containing 2.5%, 5%, 7.5%, and 10% keruing oleoresin. Corrosion behavior was evaluated using electrochemical polarization with Tafel extrapolation, and corrosion current density (I_{corr}) was converted into corrosion rate using Faraday-based calculation. The lowest corrosion rate was obtained in distilled water (0.299 mmpy), whereas the commercial coolant showed the highest value (8.716 mmpy). Among oleoresin-containing media, the lowest corrosion rate was found at 7.5% oleoresin (0.318 mmpy), followed by 2.5% (0.545 mmpy), 5% (1.337 mmpy), and 10% (2.336 mmpy). Relative to distilled water, keruing oleoresin did not reduce the corrosion rate under the present test conditions; however, the 7.5% formulation provided the most stable performance among the oleoresin variations. These findings indicate that keruing oleoresin remains a promising green additive candidate, but*

Kata Kunci

*Oleoresin Keruing,
Cairan Pendingin,
Korosi, Radiator
Aluminium, Elektrokimia,
Potensiodinamik*

further formulation control, dispersion analysis, pH-temperature evaluation, and repeated electrochemical validation are required before its use as a radiator coolant inhibitor.

PENDAHULUAN

Radiator merupakan komponen penting pada sistem pendingin mesin karena berfungsi menjaga kestabilan temperatur operasi melalui perpindahan panas dari cairan pendingin ke udara lingkungan. Pada kendaraan bermotor, radiator umumnya dibuat dari paduan aluminium karena material ini memiliki densitas rendah, konduktivitas termal baik, dan kemampuan fabrikasi yang sesuai untuk komponen penukar panas [1]. Namun, aluminium tetap dapat mengalami degradasi korosi dalam media pendingin berbasis air-glikol, terutama ketika sistem mengandung ion klorida, oksigen terlarut, produk degradasi aditif, atau perubahan kondisi elektrokimia selama operasi [2]. Studi terbaru pada paduan aluminium dalam coolant berbasis propylene glycol juga menunjukkan bahwa temperatur, pH, dan konsentrasi Cl^- dapat bekerja secara sinergis dalam mempercepat kerusakan permukaan aluminium [3].

Permasalahan korosi pada radiator tidak hanya menyebabkan penipisan dinding material, tetapi juga dapat memicu kebocoran, penurunan efisiensi perpindahan panas, penyumbatan saluran, hingga kegagalan sistem pendingin yang berujung pada overheating. Oleh karena itu, pengendalian korosi melalui formulasi cairan pendingin dan penambahan inhibitor menjadi pendekatan penting untuk memperpanjang umur pakai komponen aluminium pada sistem pendingin kendaraan [4]. Inhibitor konvensional seperti silikat, fosfat, nitrit, dan kromat telah banyak digunakan karena mampu membentuk lapisan pelindung pada permukaan logam [4]. Namun, isu toksisitas, stabilitas formulasi, serta kebutuhan terhadap sistem proteksi yang lebih ramah lingkungan mendorong penelitian terhadap inhibitor organik dan inhibitor berbasis sumber alam [5].

Inhibitor hijau dari ekstrak tumbuhan, minyak alami, gum, dan senyawa organik bio-based menarik perhatian karena mengandung gugus aktif seperti O, N, S, ikatan rangkap, senyawa fenolik, ester, asam organik, dan terpenoid yang dapat berinteraksi dengan permukaan logam melalui mekanisme adsorpsi [6]. Dalam konteks aluminium, efektivitas inhibitor organik sangat dipengaruhi oleh jenis paduan, karakter media elektrolit, konsentrasi inhibitor, temperatur, serta kestabilan film adsorpsi pada permukaan logam [7]. Beberapa tinjauan terbaru juga menegaskan bahwa keberhasilan inhibitor hijau tidak cukup hanya dinilai dari penurunan laju korosi, tetapi perlu dikaitkan dengan mekanisme adsorpsi, morfologi permukaan, dan ketahanan lapisan pelindung dalam lingkungan korosif [8].

Oleoresin keruing (*Dipterocarpus grandiflorus*) merupakan resin alam dari hutan Kalimantan yang dilaporkan memiliki kandungan utama senyawa terpenoid, terutama β -bisabolene, serta senyawa ester turunan phthalic acid [9]. Secara umum, oleoresin dari genus *Dipterocarpus* diketahui mengandung kelompok senyawa seskuiterpen dan triterpen yang berpotensi membentuk interaksi kimia maupun fisik pada permukaan substrat [10]. Studi terdahulu pada aluminium 1100 dalam larutan NaCl 3,5% menunjukkan bahwa oleoresin keruing dapat menurunkan laju korosi ketika diaplikasikan sebagai pelapis, dengan efisiensi inhibisi yang meningkat pada konsentrasi tertentu [11]. Namun, kajian penggunaan oleoresin keruing sebagai aditif langsung dalam cairan pendingin radiator aluminium masih terbatas, sehingga diperlukan evaluasi lebih lanjut pada media yang lebih representatif terhadap kondisi sistem pendingin.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis laju korosi material radiator aluminium dalam media aquadest, coolant, dan aquadest dengan penambahan oleoresin keruing pada konsentrasi 2,5%; 5%; 7,5%; dan 10%. Berbeda dari klaim umum bahwa penambahan inhibitor selalu menurunkan korosi, artikel ini menekankan evaluasi kritis berdasarkan data aktual sehingga dapat ditentukan konsentrasi oleoresin keruing yang paling mendekati atau meningkatkan performa media dasar. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan dasar awal bagi pengembangan formulasi inhibitor alami berbasis oleoresin untuk sistem pendingin aluminium..

TINJAUAN PUSTAKA

Korosi Aluminium Pada Media Pendingin

Aluminium membentuk lapisan oksida pasif yang relatif stabil, tetapi lapisan tersebut dapat terganggu oleh lingkungan elektrolit tertentu, terutama ketika terdapat ion agresif seperti Cl^- yang dapat memicu kerusakan lokal pada film pasif [7]. Pada sistem pendingin, kombinasi air, glikol, aditif organik, perubahan temperatur, pH, serta kemungkinan kontaminasi ion dapat mengubah respons elektrokimia aluminium selama operasi [2]. Studi pada larutan ethylene glycol–water menunjukkan bahwa temperatur berperan penting terhadap perilaku korosi aluminium karena peningkatan temperatur dapat mempercepat reaksi elektrokimia dan memengaruhi kestabilan produk korosi di permukaan logam [12]. Selain itu, komponen inhibitor dalam coolant, seperti silikat, fosfat, dan teknologi aditif organik, terbukti dapat menurunkan kecenderungan korosi aluminium, tetapi efektivitasnya sangat bergantung pada komposisi larutan, temperatur operasi, serta interaksi antarspesies kimia di dalam media pendingin [4].

Inhibitor Hijau Berbasis Oleoresin

Inhibitor hijau bekerja terutama melalui adsorpsi molekul organik pada permukaan

logam sehingga membentuk lapisan pelindung yang menghambat kontak langsung antara logam dan elektrolit [6]. Mekanisme ini umumnya dipengaruhi oleh keberadaan senyawa aktif seperti fenolik, alkaloid, terpenoid, lipid, karbohidrat, serta gugus polar yang mampu berinteraksi dengan permukaan logam [13]. Dalam konteks aluminium, efektivitas inhibitor organik tidak hanya ditentukan oleh keberadaan gugus aktif, tetapi juga oleh kemampuan molekul inhibitor mempertahankan film adsorpsi pada kondisi elektrolit tertentu [7]. Kandungan terpena, ester, dan senyawa organik polar dalam oleoresin berpotensi membentuk lapisan penghalang pada permukaan aluminium, sebagaimana ditunjukkan pada kajian oleoresin *Dipterocarpus* yang mengandung senyawa bioaktif resin [10]. Walaupun demikian, performa inhibitor berbasis resin perlu dievaluasi secara hati-hati karena dipengaruhi oleh kelarutan, dispersi dalam air, kestabilan lapisan pada permukaan aluminium, serta kecocokan dengan pH media [11].

Metode Elektrokimia Dan Ekstrapolasi Tafel

Metode polarisasi elektrokimia digunakan untuk memperoleh parameter korosi seperti potensial korosi (E_{corr}) dan rapat arus korosi (I_{corr}). Nilai I_{corr} kemudian dapat dikonversi menjadi laju korosi menggunakan pendekatan Faraday. Semakin tinggi I_{corr} , semakin besar laju pelarutan logam, sehingga parameter ini sering digunakan sebagai indikator kuantitatif untuk membandingkan agresivitas media atau efektivitas inhibitor.

METODOLOGI PERANCANGAN

Material Dan Media Uji

Material uji berupa spesimen aluminium yang diambil dari komponen radiator. Spesimen dipotong dari bagian radiator, dibersihkan dari kotoran dan produk oksida menggunakan pengikisan serta pengamplasan, kemudian disiapkan untuk pengujian elektrokimia. Media uji yang digunakan terdiri atas aquadest,

coolant komersial, aquadest + 2,5% oleoresin keruing, aquadest + 5% oleoresin keruing, aquadest + 7,5% oleoresin keruing, dan aquadest + 10% oleoresin keruing.

Oleoresin keruing disiapkan melalui penyadapan pohon keruing, penyaringan, pengeringan untuk mengurangi kadar air, dan pengukuran sesuai konsentrasi yang dibutuhkan. Data komposisi oleoresin menunjukkan dominasi β -bisabolene sebesar 69,14%, diikuti phthalic acid, 5-ethyl-1,3-dioxan-5-yl octyl ester sebesar 15,92% dan phthalic acid, di(3-methoxybenzyl) ester sebesar 14,74%.

Tabel 1. Komposisi utama oleoresin keruing berdasarkan data GC-MS sumber

Senyawa	Kandungan (%)
Aziridine derivative	0.10
Benzisothiazole derivative	0.10
β -bisabolene	69.14
Phthalic acid ester I	14.74
Phthalic acid ester II	15.92

Tabel 2. Komposisi unsur material radiator aluminium

Unsur	Kandungan (%)
Al	41.08
K	2.13
Mn	31.93
Fe	21.23
Ga	0.98
P	2.68

Pengujian Korosi

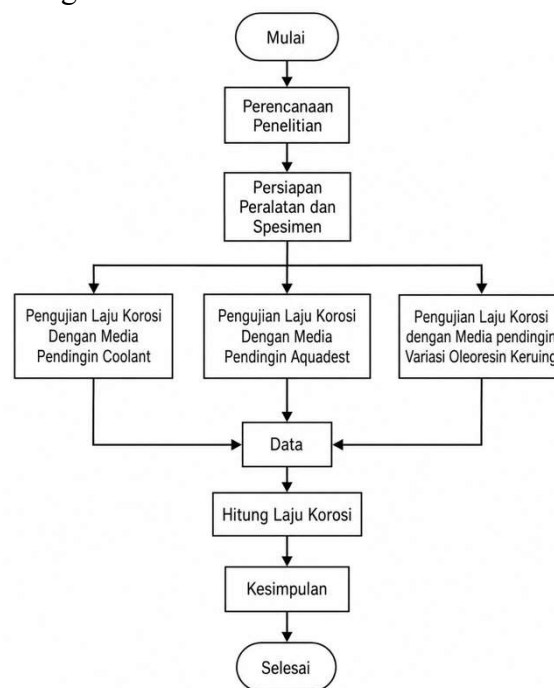
Pengujian dilakukan menggunakan potensiostat dengan konfigurasi tiga elektroda. Data polarisasi yang diperoleh dari perangkat lunak CorrTest difitting menggunakan pendekatan ekstrapolasi Tafel untuk memperoleh nilai Icorr. Laju korosi dihitung menggunakan Persamaan (1):

$$r = 0.00327 \times (I_{corr} \times EW) / D \quad (1)$$

dengan r adalah laju korosi (mmpy), Icorr adalah rapat arus korosi ($\mu A/cm^2$), EW adalah equivalent weight (9,077 g/mol), dan D adalah densitas aluminium (2,7 g/cm³).

Analisis Data

Data dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan nilai Icorr dan laju korosi pada setiap media. Karena data replikasi dan simpangan baku tidak tersedia pada dokumen sumber, artikel ini tidak menggunakan klaim signifikansi statistik. Untuk memperkuat interpretasi, kinerja media oleoresin juga dibandingkan terhadap coolant komersial dan terhadap aquadest sebagai media dasar..



Gambar 1. Diagram Alir

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik komposisi oleoresin dan material

Komposisi oleoresin menunjukkan dominasi β -bisabolene sebesar 69,14%, diikuti dua fraksi phthalic acid ester sebesar 14,74% dan 15,92%. Dominasi senyawa berbasis hidrokarbon dan ester ini mengindikasikan potensi pembentukan lapisan organik pada permukaan logam. Namun, karena media pengujian berupa aquadest, aspek kelarutan dan kestabilan dispersi menjadi faktor penting. Material radiator menunjukkan kandungan Al sebesar 41,08%, disertai Mn 31,93% dan Fe 21,23%. Kandungan Fe dan Mn yang relatif tinggi perlu diperhatikan karena dapat memengaruhi pembentukan sel mikro-

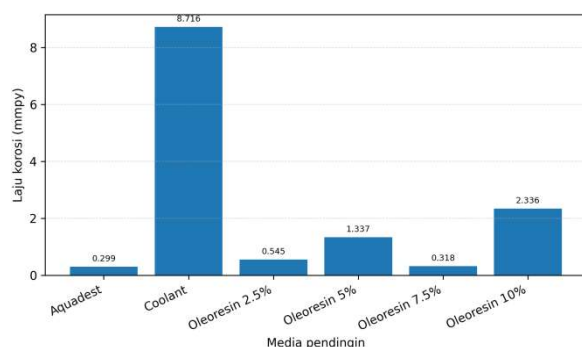
galvanik lokal dan mempercepat korosi pada area tertentu.

Laju Korosi Pada Berbagai Media Pendingin

Hasil pengujian menunjukkan perbedaan laju korosi yang besar antar media. Nilai Icorr dan laju korosi disajikan pada Tabel 3, sedangkan perbandingan visualnya ditunjukkan pada Gambar 2.

Tabel 3. Hasil pengujian laju korosi dan perubahan relatif terhadap aquadest

Media pendingin	Icorr ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	Laju korosi (mmpy)	Perubahan vs aquadest (%)
Aquadest	27.239	0.2994	+0.0
Coolant	792.880	8.7163	+2810.8
Oleoresin 2.5%	49.595	0.5452	+82.1
Oleoresin 5%	121.580	1.3366	+346.3
Oleoresin 7.5%	28.905	0.3178	+6.1
Oleoresin 10%	214.120	2.3357	+680.0



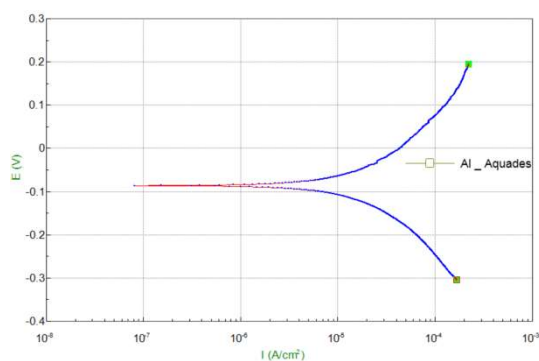
Gambar 2. Perbandingan laju korosi material radiator aluminium pada berbagai media pendingin

Aquadest menghasilkan laju korosi terendah sebesar 0,2994 mmpy. Di antara media yang mengandung oleoresin, konsentrasi 7,5% menunjukkan performa terbaik dengan laju korosi 0,3178 mmpy, hanya sekitar 6,1% lebih tinggi dibanding aquadest. Sebaliknya, konsentrasi 2,5%, 5%, dan 10% menghasilkan laju korosi yang lebih besar, masing-masing 0,5452; 1,3366; dan 2,3357 mmpy. Pola ini menunjukkan bahwa pengaruh oleoresin tidak bersifat linier terhadap konsentrasi.

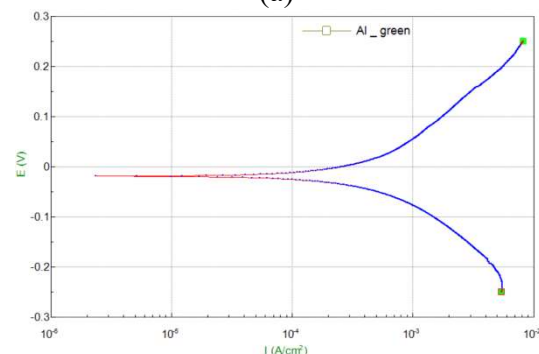
Konsentrasi 7,5% kemungkinan memberikan keseimbangan yang lebih baik antara ketersediaan molekul organik untuk adsorpsi dan stabilitas campuran dalam media aquadest. Pada konsentrasi lebih rendah, jumlah senyawa aktif mungkin belum cukup untuk menutup permukaan aluminium secara merata. Pada konsentrasi lebih tinggi, oleoresin berpotensi membentuk dispersi yang kurang stabil, meningkatkan heterogenitas lokal, atau menghasilkan lapisan organik yang tidak kontinu. Ketidakteraturan ini dapat memperbesar area anodik-katodik lokal dan meningkatkan Icorr.

Nilai laju korosi pada coolant komersial mencapai 8,7163 mmpy, jauh lebih tinggi dibanding media lainnya. Hasil ini perlu ditafsirkan secara hati-hati karena komposisi coolant, pH, konduktivitas, dan kandungan aditif komersial tidak dijelaskan secara rinci. Secara umum, coolant berbasis etilen glikol dapat menghambat korosi aluminium pada kondisi tertentu, tetapi efektivitasnya bergantung pada formulasi, temperatur, dan degradasi kimia [1], [2], [8]. Oleh karena itu, data ini tidak dapat digeneralisasi bahwa semua coolant mempercepat korosi; data hanya menunjukkan respons spesifik coolant yang digunakan pada kondisi pengujian ini.

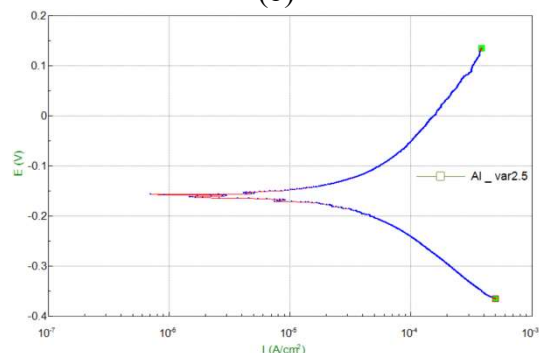
Gambar 3 dibawah adalah Grafik tabel yang didapatkan untuk pengujian spesimen diatas adalah gambaran dari hasil pengujian dengan variasi berbagai media yaitu menggunakan media Aquadest, media coolant, media oleoresin keruing 2,5%, media oleoresin keruing 5%, media oleoresin keruing 7,5%, media oleoresin keruing 10% . Setelah software berhenti memproses data yang diterima dari spesimen, maka akan muncul grafik seperti gambar 3 Grafik tersebut merupakan grafik yang belum di fitting sehinggah belum menghasilkan data-data yang dibutuhkan.



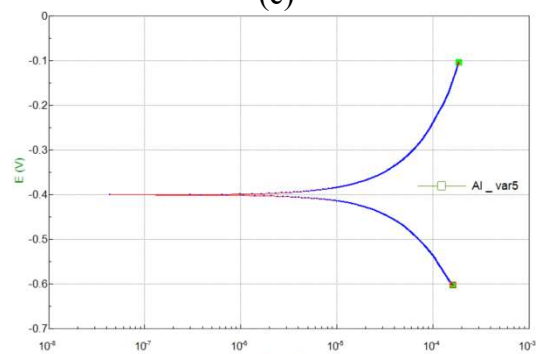
(a)



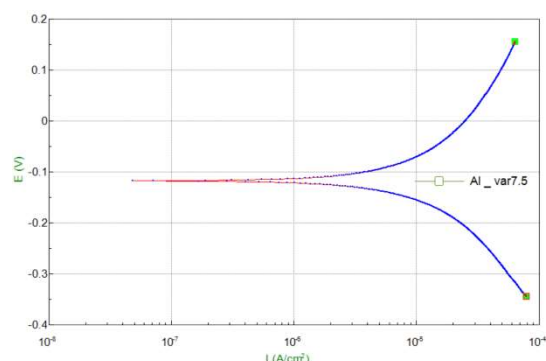
(b)



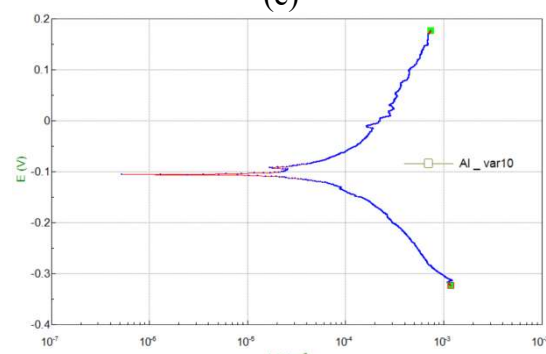
(c)



(d)



(e)



(f)

Gambar 3. grafik pengujian laju korosi dengan berbagai variasi media tanpa fitting (a) media Aquadest (b) media coolant (c) media 2,5% Oleoresin Keruing (d) media 5% Oleoresin Keruing (e) media 7,5% Oleoresin Keruing (f) media 10% Oleoresin Keruing

Implikasi Terhadap Penggunaan Oleoresin Keruing

Dibandingkan dengan studi keruing sebagai coating pada aluminium 1100 dalam NaCl 3,5%, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan oleoresin sebagai aditif langsung dalam media pendingin memiliki tantangan yang berbeda [6]. Pada sistem coating, oleoresin dapat membentuk lapisan lebih kontinu pada permukaan logam. Pada sistem coolant berbasis air, efektivitas oleoresin sangat bergantung pada kemampuan emulsifikasi atau dispersi. Hal ini menjelaskan mengapa oleoresin 7,5% menunjukkan kecenderungan proteksi paling baik di antara variasi oleoresin, tetapi belum mampu melampaui aquadest sebagai baseline.

Secara ilmiah, temuan ini tetap penting karena memberikan batasan awal formulasi. Penambahan oleoresin tidak boleh hanya didasarkan pada peningkatan konsentrasi,

melainkan perlu mempertimbangkan pH, konduktivitas, viskositas, kestabilan emulsi, ukuran droplet, serta karakter lapisan adsorpsi pada aluminium. Untuk mendekati standar publikasi Q1, penelitian lanjutan perlu menambahkan replikasi, analisis statistik, pengujian EIS, pengamatan SEM/EDS setelah korosi, pengukuran pH dan konduktivitas, serta pengujian stabilitas termal pada temperatur operasi radiator

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa media uji memberikan pengaruh nyata secara deskriptif terhadap laju korosi material radiator aluminium. Aquadest menghasilkan laju korosi 0,2994 mmpy, sedangkan coolant komersial menghasilkan laju korosi tertinggi sebesar 8,7163 mmpy pada kondisi pengujian ini.

Penambahan oleoresin keruing ke dalam aquadest menghasilkan respons non-linier. Di antara variasi oleoresin, konsentrasi 7,5% memberikan laju korosi terendah sebesar 0,3178 mmpy, diikuti 2,5% sebesar 0,5452 mmpy, 5% sebesar 1,3366 mmpy, dan 10% sebesar 2,3357 mmpy.

Oleoresin keruing belum terbukti menurunkan laju korosi di bawah aquadest murni. Dengan demikian, klaim yang lebih tepat adalah bahwa konsentrasi 7,5% merupakan formulasi terbaik di antara variasi oleoresin yang diuji, bukan sebagai inhibitor yang paling efektif secara absolut. Potensi oleoresin keruing sebagai inhibitor hijau masih terbuka, tetapi memerlukan optimasi formulasi dan validasi tambahan agar layak dikembangkan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. A. Zhang, L. Y. Xu, and Y. F. Cheng, "Mechanistic aspects of electrochemical corrosion of aluminum alloy in ethylene glycol-water solution," *Electrochim. Acta*, vol. 53, no. 28, pp. 8245–8252, Nov. 2008, doi: 10.1016/j.electacta.2008.06.043.
- [2] Y. Liu and Y. F. Cheng, "Effects of

coolant chemistry on corrosion of 3003 aluminum alloy in automotive cooling system," *Mater. Corros.*, vol. 61, no. 7, pp. 574–579, Jul. 2010, doi: 10.1002/maco.200905323.

- [3] H. Miao, H. Yu, H. Wang, J. Zheng, C. Shao, and K. Xiao, "Corrosion behavior of 7A09 aluminum alloy exposed to propylene glycol coolant at different conditions," *Int. J. Electrochem. Sci.*, vol. 20, no. 9, p. 101105, Sep. 2025, doi: 10.1016/j.ijoes.2025.101105.
- [4] L. B. Coelho, M. Lukaczynska-Anderson, S. Clerick, G. Buytaert, S. Lievens, and H. A. Terry, "Corrosion inhibition of AA6060 by silicate and phosphate in automotive organic additive technology coolants," *Corros. Sci.*, vol. 199, p. 110188, May 2022, doi: 10.1016/j.corsci.2022.110188.
- [5] G. Yang *et al.*, "Preparation of B4Cp/Al Composites via Selective Laser Melting and Their Tribological Properties," *Materials (Basel)*, vol. 15, no. 23, p. 8340, Nov. 2022, doi: 10.3390/ma15238340.
- [6] C. P. Mungwari, B. A. Obadele, and C. K. King'andu, "Phytochemicals as green and sustainable corrosion inhibitors for mild steel and aluminium: Review," *Results in Surfaces and Interfaces*, vol. 18, p. 100374, Jan. 2025, doi: 10.1016/j.rsufi.2024.100374.
- [7] K. Khanari and M. Finšgar, "Organic corrosion inhibitors for aluminum and its alloys in chloride and alkaline solutions: A review," *Arab. J. Chem.*, vol. 12, no. 8, pp. 4646–4663, Dec. 2019, doi: 10.1016/j.arabjc.2016.08.009.
- [8] T. C. Karagiannis *et al.*, "Investigation of the Anti-Inflammatory Properties of Bioactive Compounds from *Olea europaea*: In Silico Evaluation of Cyclooxygenase Enzyme Inhibition and Pharmacokinetic Profiling," *Molecules*, vol. 29, no. 15, p. 3502,

- Jul. 2024, doi:
10.3390/molecules29153502.
- [9] A. Wahyudianto, Wajilan, and A. Fernandes, "Dipterocarpus grandiflorus oleoresin potency as coating on wood and zinc in Borneo coastal building," 2020, p. 050012. doi: 10.1063/5.0015709.
- [10] P. Puthongking, C. Yongram, S. Katekaew, B. Sungthong, and N. Weerapreeyakul, "Dipterocarpol in Oleoresin of Dipterocarpus alatus Attributed to Cytotoxicity and Apoptosis-Inducing Effect," *Molecules*, vol. 27, no. 10, p. 3187, May 2022, doi: 10.3390/molecules27103187.
- [11] Suwanto, Merpatih, S. Petrus, Wajilan, A. Wahyudianto, and A. Fernandes, "Keruing (Dipterocarpus Grandiflorus) Oleoresin As Aluminum 1100 Corrosion Inhibitor In 3,5 % NaCl Solution," *Metalurgija*, vol. 62, no. 3–4, pp. 409–411, 2023.
- [12] X. Chen, W. Tian, S. Li, M. Yu, and J. Liu, "Effect of temperature on corrosion behavior of 3003 aluminum alloy in ethylene glycol–water solution," *Chinese J. Aeronaut.*, vol. 29, no. 4, pp. 1142–1150, Aug. 2016, doi: 10.1016/j.cja.2015.12.017.
- [13] F. M. Galleguillos Madrid *et al.*, "Green Corrosion Inhibitors for Metal and Alloys Protection in Contact with Aqueous Saline," *Materials (Basel)*, vol. 17, no. 16, p. 3996, Aug. 2024, doi: 10.3390/ma17163996.