Series: Engineering and Science Vol. 12 No. 1 (2026) E-ISSN: 2621-9794, P-ISSN: 2477-2097

ANALISIS LAJU KOROSI ALUMINIUM 5083 PADA KONSENTRASI SALINITAS AIR LAUT 40 PPT UNTUK APLIKASI LAMBUNG KAPAL

Rikky Leonard[1)] dan Ahmad Iqbal Herlambang[1)]

[1]Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

E-mail: rikkyleonard@ppns.ac.id

Abstract

Seawater salinity was investigated as a factor affecting the electrochemical corrosion behavior of Aluminum 5083 used for ship-hull structures. Nine specimens measuring 100 × 100 × 6 mm were exposed for 14 days to salinity levels of 30, 35, and 40 ppt, with three specimens tested at each condition. Potentiodynamic polarization was conducted in a three-electrode configuration using an Autolab PGSTAT128N operated with NOVA software. Tafel analysis provided the corrosion current density (Icorr) and corrosion potential (Ecorr), while the corrosion rate was determined directly in mm/year in accordance with ASTM G102, without applying a second annualization factor. Average corrosion rates of 0.0051, 0.0169, and 0.0230 mmpy were obtained at 30, 35, and 40 ppt, respectively. Increasing salinity produced a clear rise in Icorr, whereas Ecorr varied only slightly. These results indicate that elevated salinity intensifies corrosion kinetics. The resistance classification remained Outstanding at 30–35 ppt and shifted to Excellent at 40 ppt, providing a controlled basis for salinity-sensitive inspection and corrosion protection of aluminum ship structures.

Keywords: *Aluminum 5083, corrosion behavior, potentiodynamic polarization, seawater salinity, ship-hull structure*

PENDAHULUAN

Aluminium 5083 merupakan paduan berbasis Al-Mg yang banyak dipilih untuk konstruksi kapal karena menawarkan rasio kekuatan terhadap berat yang baik, mudah dilas, dan memiliki ketahanan korosi yang relatif tinggi. Perlindungan alami material ini terutama diberikan oleh film oksida pasif yang terbentuk pada permukaannya. Di lingkungan laut, keberadaan ion klorida dapat menurunkan kestabilan lapisan tersebut sehingga membuka peluang terjadinya pelarutan setempat, pitting, dan serangan korosi pada area dengan sirkulasi elektrolit yang terbatas. Pengamatan beresolusi tinggi terhadap AA5083-H111 menunjukkan bahwa proses korosi lokal dapat bermula di sekitar partikel intermetalik yang berperan sebagai daerah katodik, kemudian mendorong pelarutan matriks aluminium di sekelilingnya (Ji et al., 2023).

Perilaku korosi di lingkungan laut dipengaruhi oleh lebih dari sekadar keberadaan klorida. Besarnya konsentrasi garam, lama pembasahan, karakter mikrostruktur, dan kondisi permukaan turut menentukan respons material. Xia et al. (2023) mengidentifikasi

kadar Cl^- sebagai salah satu faktor penting yang memengaruhi kerentanan AA5083 terhadap korosi lokal pada zona antarmuka laut-udara yang dinamis. Deng et al. (2023) menemukan bahwa variasi waktu pembasahan berpengaruh terhadap perkembangan lapisan produk korosi. Penelitian lanjutan oleh Deng et al. (2024) menunjukkan bahwa sensitization dan presipitasi fase β-Al_3Mg_2 dapat meningkatkan kecenderungan pitting pada AA5083. Selain faktor fisik dan metalurgi tersebut, interaksi biologis pada lingkungan laut juga dapat mengubah kondisi permukaan serta respons korosi paduan ini (Gao et al., 2021; Marques et al., 2023).

Dalam konteks operasi lambung kapal di Indonesia, salinitas 30–35 ppt digunakan untuk merepresentasikan kondisi laut yang terdapat pada bahan penelitian, sedangkan 40 ppt diperlakukan sebagai kondisi salinitas tinggi yang dapat menggambarkan pemekatan lokal pada celah, sambungan, atau area dengan sirkulasi air terbatas. Fokus penelitian ini bukan pada pengembangan metode elektrokimia baru, melainkan pada penyediaan data eksperimental terkontrol mengenai respons Aluminium 5083 pada tiga tingkat salinitas yang relevan terhadap pengoperasian kapal. Secara khusus, penelitian bertujuan membandingkan laju korosi pada 30, 35, dan 40 ppt, menentukan kondisi yang menghasilkan korosi paling tinggi, serta menjelaskan kaitannya dengan pengaruh klorida dan kebutuhan proteksi struktur kapal.

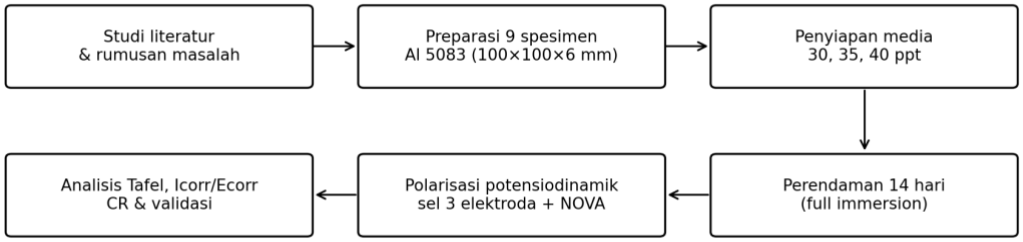
METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan secara eksperimental menggunakan sembilan spesimen plat Aluminium 5083 berukuran 100 × 100 × 6 mm. Tiga spesimen dialokasikan pada masing-masing tingkat salinitas sehingga setiap kondisi memiliki tiga ulangan. Sebelum pengujian, permukaan spesimen dipreparasi bertahap dengan kertas abrasif P400 hingga P1200 dan selanjutnya dibersihkan. Media perendaman disiapkan pada salinitas 30, 35, dan 40 ppt. Berdasarkan bahan penelitian, kondisi 35 dan 40 ppt diperoleh melalui pemekatan menggunakan proses kristalisasi es dan nilainya dikontrol dengan refraktometer digital. Seluruh spesimen kemudian direndam penuh selama 14 hari. Selama periode tersebut, salinitas diperiksa secara berkala dengan toleransi terhadap nilai target sekitar ±1 ppt.

Sesudah tahap perendaman selesai, karakteristik elektrokimia dievaluasi melalui pengujian polarisasi potensiodinamik dalam sistem tiga elektroda. Aluminium 5083

Series: Engineering and Science Vol. 12 No. 1 (2026) E-ISSN: 2621-9794, P-ISSN: 2477-2097

berfungsi sebagai elektroda kerja, Saturated Calomel Electrode (SCE) sebagai elektroda referensi, sedangkan grafit digunakan sebagai elektroda pembantu. Pengujian memakai potensiostat Autolab PGSTAT128N yang dikendalikan melalui perangkat lunak NOVA. Rentang pemindaian aktual ditetapkan sekitar −0,2 sampai +0,2 V dengan parameter uji yang mengacu pada ASTM G5-14. Nilai Icorr dan Ecorr ditentukan dari analisis kurva Tafel. Laju korosi dihitung berdasarkan ASTM G102 menggunakan persamaan CR = 0,00327 × Icorr × EW/ρ, dengan Icorr dalam μA/cm², berat ekuivalen (EW) sebesar 9,09, dan densitas (ρ) sebesar 2,66 g/cm³ sesuai parameter pada bahan penelitian. Karena konstanta 0,00327 telah menghasilkan nilai CR dalam satuan mm/year, durasi perendaman 14 hari tidak digunakan kembali untuk melakukan annualisasi. Dengan demikian, faktor tambahan 365/14 tidak diterapkan dalam perhitungan akhir.



Gambar 1. Tahapan utama pelaksanaan penelitian.

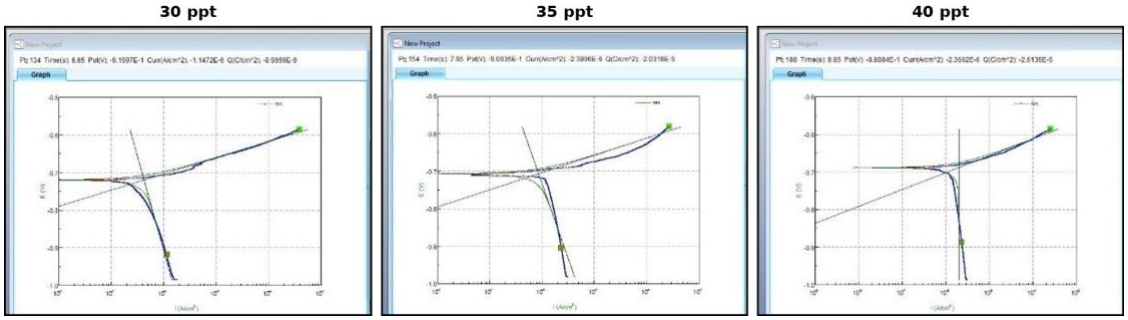
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian memperlihatkan bahwa peningkatan salinitas diikuti oleh kenaikan Icorr dan laju korosi. Dengan menerapkan persamaan ASTM G102 secara langsung, laju korosi untuk salinitas 30 ppt diperoleh sebesar 0,00475; 0,00434; dan 0,00622 mmpy, dengan nilai rata-rata 0,00510 mmpy. Pada 35 ppt, ketiga nilai yang diperoleh adalah 0,00965; 0,02001; dan 0,02115 mmpy sehingga rata-ratanya 0,01694 mmpy. Sementara itu, pada 40 ppt diperoleh 0,02235; 0,02257; dan 0,02399 mmpy dengan rata-rata 0,02297 mmpy. Perhitungan akhir tidak menggunakan nilai 0,138; 0,459; dan 0,623 mmpy karena angka tersebut berasal dari annualisasi ulang terhadap hasil yang sebenarnya sudah memiliki satuan mm/year. Nilai 14,95 × 10^{-5} mmpy yang muncul pada versi awal juga tidak dipertahankan karena tidak sesuai dengan Icorr dan formulasi ASTM G102.

Series: Engineering and Science Vol. 12 No. 1 (2026) E-ISSN: 2621-9794, P-ISSN: 2477-2097

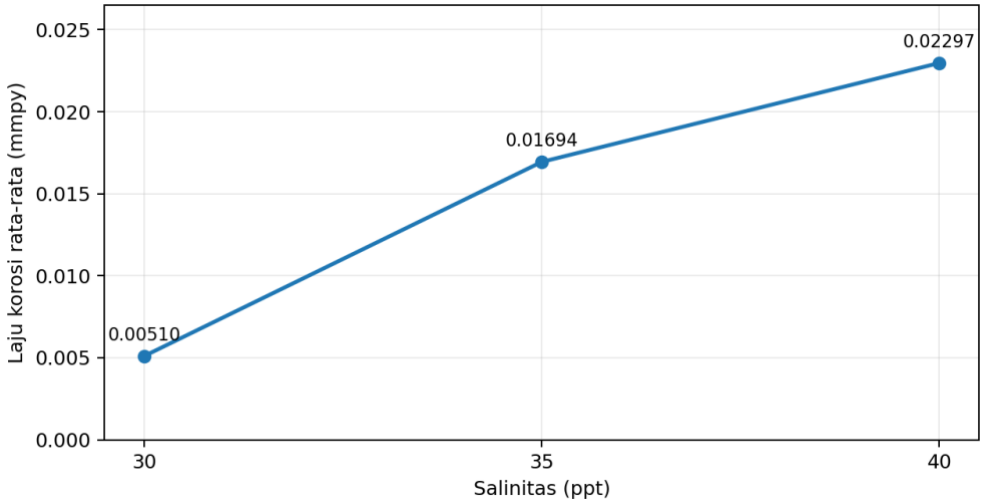
Tabel 1
Rekapitulasi parameter elektrokimia dan laju korosi Aluminium 5083.

Salinitas (ppt)	n	Icorr rata-rata (A/cm^2)	Ecorr rata-rata (V)	CR rata-rata (mmpy)	Kategori
30	3	$4{,}568 \times 10^{-7}$	−0,72	0,0051	Outstanding
35	3	$1{,}516 \times 10^{-6}$	−0,70	0,0169	Outstanding
40	3	$2{,}056 \times 10^{-6}$	−0,70	0,0230	Excellent



Gambar 2. Kurva Tafel pada media dengan salinitas 30, 35, dan 40 ppt.

Gambar 2 memperlihatkan respons arus terhadap perubahan potensial untuk ketiga kondisi salinitas. Rata-rata Icorr meningkat dari sekitar $4{,}568 \times 10^{-7}$ A/cm^2 pada 30 ppt menjadi $2{,}056 \times 10^{-6}$ A/cm^2 pada 40 ppt. Kecenderungan tersebut berjalan searah dengan kenaikan laju korosi dari 0,00510 menjadi 0,02297 mmpy. Berbeda dengan Icorr, nilai rata-rata Ecorr hanya berada pada rentang sekitar −0,72 hingga −0,70 V dan tidak menunjukkan pola pergeseran negatif yang berurutan. Oleh karena itu, pada data penelitian ini, peningkatan Icorr dan CR merupakan indikator yang lebih konsisten untuk menggambarkan percepatan korosi dibandingkan arah perubahan Ecorr. Temuan tersebut juga menunjukkan bahwa interpretasi Ecorr perlu dilakukan berdasarkan pola data aktual, bukan diasumsikan selalu bergeser ke arah yang lebih negatif.



Gambar 3. Hubungan tingkat salinitas dengan laju korosi rata-rata Aluminium 5083.

Perubahan dari 30 menjadi 35 ppt menghasilkan peningkatan laju korosi rata-rata sekitar 232%, sedangkan kenaikan dari 35 menjadi 40 ppt menambah laju korosi sekitar 36%. Jika dibandingkan langsung, rata-rata pada 40 ppt sekitar 350% lebih tinggi daripada kondisi 30 ppt. Pola tersebut sejalan dengan mekanisme ion Cl^- yang dapat merusak kestabilan lapisan pasif dan mendukung berkembangnya korosi lokal. Xia et al. (2023) melaporkan keterkaitan lingkungan berkadar klorida tinggi dengan tahap awal korosi lokal pada AA5083. Sementara itu, Ji et al. (2023) menunjukkan bahwa partikel intermetalik dapat berfungsi sebagai situs katodik dan memicu pelarutan matriks di area sekitarnya. Hasil kajian multi-skala Dai et al. (2024) juga menunjukkan bahwa adsorpsi Cl^- bersama variasi mikrostruktur memengaruhi kestabilan pasivasi paduan 5083. Dengan demikian, pengaruh salinitas terhadap korosi perlu dianalisis bersama karakter mikrostruktur material.

Jika mengacu pada klasifikasi Afandi et al. (2015), laju korosi rata-rata sebesar 0,00510 dan 0,01694 mmpy termasuk kategori Outstanding karena berada di bawah 0,02 mmpy, sedangkan nilai 0,02297 mmpy pada salinitas 40 ppt berada dalam kategori Excellent pada rentang 0,02–0,1 mmpy. Walaupun seluruh kondisi masih menunjukkan tingkat ketahanan korosi yang tinggi, kenaikan sekitar 4,5 kali antara 30 dan 40 ppt menandakan bahwa pemekatan garam tetap perlu dipertimbangkan dalam penetapan interval inspeksi, terutama pada celah, sambungan, dan bagian lambung yang mengalami pertukaran air terbatas. Dari sisi pemeliharaan, hasil ini mendukung perlunya pengelolaan coating dan evaluasi sistem proteksi korosi yang disesuaikan dengan lingkungan operasi.

Cakupan penelitian masih terbatas pada paparan laboratorium selama 14 hari dan belum mempertimbangkan temperatur, aliran, siklus basah-kering, mikroorganisme, maupun sensitization, meskipun faktor-faktor tersebut diketahui berpengaruh terhadap korosi AA5083 (Deng et al., 2023, 2024; Gao et al., 2021; Marques et al., 2023). Oleh sebab itu, data yang diperoleh lebih tepat digunakan sebagai pembanding terkontrol untuk menilai pengaruh salinitas dan belum dapat dipakai sebagai prediksi langsung umur layanan struktur kapal.

SIMPULAN

Hasil penelitian menegaskan bahwa kenaikan salinitas air laut memperbesar laju korosi Aluminium 5083 pada kondisi pengujian yang digunakan. Perhitungan sesuai ASTM G102 menghasilkan laju korosi rata-rata 0,00510 mmpy pada 30 ppt, 0,01694 mmpy pada 35 ppt, dan 0,02297 mmpy pada 40 ppt; dengan demikian, kondisi 40 ppt memberikan laju tertinggi. Kenaikan laju korosi berlangsung bersamaan dengan meningkatnya Icorr, sedangkan Ecorr tidak memperlihatkan perubahan yang monoton. Berdasarkan klasifikasi yang digunakan, ketahanan korosi berada pada kategori Outstanding untuk 30–35 ppt dan berubah menjadi Excellent pada 40 ppt. Temuan ini mendukung perlunya inspeksi serta perlindungan korosi yang lebih terarah pada bagian lambung yang berpotensi mengalami pemekatan salinitas. Penelitian berikutnya perlu memperpanjang waktu paparan dan memasukkan pengaruh aliran, temperatur, siklus basah-kering, serta kondisi mikrostruktur agar representasi lingkungan operasi menjadi lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

Afandi, A., Sugiarto, S., & Rofiq, M. (2015). Korosi dan perlindungannya pada struktur baja. Universitas Brawijaya Press.

ASTM International. (2014). ASTM G5-14: Standard reference test method for making potentiostatic and potentiodynamic anodic polarization measurements. ASTM International.

ASTM International. (2023). ASTM G102-23: Standard practice for calculation of corrosion rates and related information from electrochemical measurements. ASTM International.

Dai, Z., Xiao, Z., Zhao, D., Xiao, S., Huang, Y., & Dai, Q. (2024). Multi-scale study on the electrochemical behavior and corrosion mechanism of 5083 aluminum

alloy with different microstructures in a NaCl environment. Physical Chemistry Chemical Physics, 26, 28662–28679. https://doi.org/10.1039/D4CP03380A

Deng, C.-M., Liu, Z., Xia, D.-H., Behnamian, Y., & Hu, W. (2024). On the localized corrosion of AA5083 in a simulated dynamic seawater/air interface—Part 3: Effects of sensitization. Corrosion Science, 228, 111821. https://doi.org/10.1016/j.corsci.2024.111821

Deng, C.-M., Xia, D.-H., Zhang, R., Behnamian, Y., Hu, W., & Birbilis, N. (2023). On the localized corrosion of AA5083 in a simulated dynamic seawater/air interface—Part 2: Effects of wetting time. Corrosion Science, 221, 111367. https://doi.org/10.1016/j.corsci.2023.111367

Gao, Y., Feng, D., Moradi, M., Yang, C., Jin, Y., Liu, D., Xu, D., Chen, X., & Wang, F. (2021). Inhibiting corrosion of aluminum alloy 5083 through Vibrio species biofilm. Corrosion Science, 180, 109188. https://doi.org/10.1016/j.corsci.2020.109188

Ji, Y., Mao, Y., Dang, L., Xia, D.-H., & Hu, W. (2023). A high-resolution characterisation of localised corrosion of AA5083-H111 in simulated seawater by TEM. Corrosion Engineering, Science and Technology, 58(3), 223–229. https://doi.org/10.1080/1478422X.2022.2162662

Marques, M. J. F., Benedetti, A., Castelli, F., Delucchi, M., Faimali, M., Delsante, S., Valenza, F., Garaventa, F., Pavanello, G., & Basseguy, R. (2023). Influence of natural seawater variables on the corrosion behaviour of aluminium-magnesium alloy. Bioelectrochemistry, 149, 108321. https://doi.org/10.1016/j.bioelechem.2022.108321

Xia, D.-H., Ji, Y., Zhang, R., Mao, Y., Behnamian, Y., Hu, W., & Birbilis, N. (2023). On the localized corrosion of AA5083 in a simulated dynamic seawater/air interface—Part 1: Corrosion initiation mechanism. Corrosion Science, 213, 110985. https://doi.org/10.1016/j.corsci.2023.110985