

## Perbandingan Laju Korosi Baja *Mild Steel* yang Dilapisi Galvanis dan Cat pada Limbah Sawit

Muhammad Aidil Fitra Izmail\*, Fatahul Arifin, Syamsul Rizal

Program Studi Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Politeknik Negeri Sriwijaya,  
Jl. Srijaya Negara, Bukit Besar, Palembang 30139, Indonesia

\*E-mail : aidilftraa@gmail.com

### Abstract

---

#### Article history:

Received: 16-03-2026

Accepted: 31-03-2026

Published: 23-04-2026

#### Keywords:

coating;  
corrosion;  
galvanic;  
mild steel;  
palm.

*This study aims to quantitatively compare the corrosion rate of mild steel coated with galvanizing, black spray paint, silver spray paint, and white spray paint when exposed to palm oil mill effluent. The experiment was conducted using the weight loss method in accordance with ASTM G31 standards. Mild steel specimens with dimensions of 150 mm × 25 mm × 2 mm were prepared, coated, and immersed in 4 L of conditioned palm oil wastewater for 22 days. Environmental parameters, including pH (4.5–5.2) and temperature (28–34°C), were continuously monitored throughout the testing period. Each test was performed in triplicate to ensure data reliability. The results indicate that coating type has a significant effect on corrosion resistance. Galvanized specimens exhibited the best performance, with a corrosion rate approaching 0 mm/year and a mass loss of ≤1%. In contrast, black spray-coated specimens showed the highest corrosion rate of 0.77 mm/year and mass loss exceeding 1.8%, followed by silver and white coatings, each with a corrosion rate of 0.26 mm/year. The superior performance of galvanizing is attributed to its sacrificial protection mechanism and the formation of stable passive layers such as ZnO and ZnCO<sub>3</sub>, which effectively inhibit corrosion processes. In conclusion, galvanizing is the most effective coating method for protecting mild steel in aggressive environments such as palm oil mill effluent.*

---

### 1. Pendahuluan

Perkembangan industri di Indonesia yang semakin pesat, khususnya pada sektor manufaktur dan pengolahan, mendorong peningkatan penggunaan material logam seperti baja karbon rendah (*mild steel*). Material ini digunakan karena memiliki sifat mekanik yang baik, mudah dibentuk, serta biaya yang relatif ekonomis. Namun, baja karbon rendah memiliki kelemahan utama yaitu rentan terhadap korosi, terutama ketika digunakan pada lingkungan agresif seperti limbah industri[1].

Korosi merupakan proses degradasi material akibat reaksi elektrokimia antara logam dan lingkungannya yang dapat menyebabkan penurunan kekuatan, kerusakan struktur, serta meningkatkan biaya perawatan dan penggantian komponen[2]. Pada industri kelapa sawit, limbah cair yang dihasilkan umumnya memiliki sifat asam serta mengandung senyawa organik dan ion-ion agresif yang dapat mempercepat proses korosi pada material logam[3]. Oleh karena itu, diperlukan metode perlindungan yang efektif untuk meningkatkan ketahanan korosi baja pada lingkungan tersebut.

Salah satu metode yang umum digunakan adalah pelapisan permukaan (*coating*), baik berupa pelapisan logam seperti galvanisasi maupun pelapisan non-logam seperti cat. Galvanisasi dikenal mampu memberikan perlindungan katodik melalui keberadaan lapisan seng yang bersifat lebih reaktif dibandingkan baja, sehingga dapat melindungi logam dasar dari korosi[4]. Sementara itu, pelapisan cat bekerja sebagai penghalang (*barrier protection*) yang membatasi kontak langsung antara logam dan lingkungan korosif [5].

Penelitian sebelumnya umumnya hanya berfokus pada satu jenis pelapisan saja, seperti galvanisasi atau coating berbasis polimer, tanpa melakukan perbandingan langsung antar beberapa jenis pelapisan dalam kondisi lingkungan limbah industri yang sama. Selain itu, sebagian penelitian masih menggunakan pendekatan kualitatif berbasis pengamatan visual tanpa didukung oleh perhitungan laju korosi secara kuantitatif menggunakan standar yang baku seperti ASTM G31[6]. Hal ini menyebabkan keterbatasan dalam

mengevaluasi efektivitas relatif masing-masing metode pelapisan secara akurat.

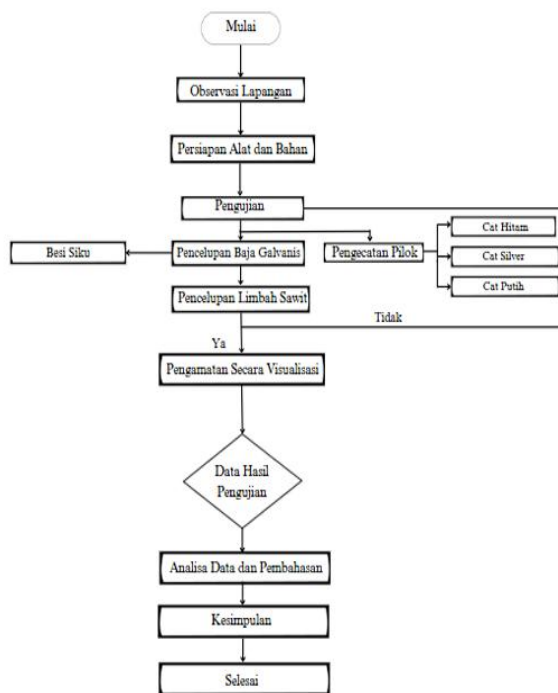
Berdasarkan kondisi tersebut, terdapat kesenjangan penelitian yaitu belum banyak kajian yang membandingkan secara langsung beberapa jenis pelapisan (galvanis dan cat) pada baja *mild steel* dalam lingkungan limbah kelapa sawit dengan pendekatan kuantitatif berbasis laju korosi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan laju korosi baja *mild steel* yang dilapisi galvanis serta cat pilox berwarna hitam, silver, dan putih dalam media limbah sawit. Pengujian dilakukan menggunakan metode kehilangan massa (*weight loss*) berdasarkan standar ASTM G31, sehingga diperoleh nilai laju korosi dalam satuan mm/tahun.

Kebaruan dari penelitian ini terletak pada pendekatan komparatif terhadap empat jenis pelapisan yang diuji secara simultan dalam lingkungan limbah kelapa sawit nyata dengan analisis kuantitatif berbasis standar ASTM G31. Penelitian ini juga mempertimbangkan parameter lingkungan seperti pH dan suhu limbah untuk memastikan validitas kondisi korosif yang diuji, sehingga hasil yang diperoleh lebih representatif terhadap kondisi aktual. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam menentukan metode pelapisan yang paling efektif untuk meningkatkan ketahanan korosi baja pada lingkungan industri yang bersifat agresif.

## 2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk mengevaluasi laju korosi baja *mild steel* yang dilapisi dengan empat jenis pelapis, yaitu galvanis, cat pilox hitam, silver, dan putih, pada lingkungan limbah sawit. Pengujian laju korosi dilakukan menggunakan metode kehilangan massa (*weight loss*) mengacu pada standar ASTM G31. Diagram alir penelitian diperlihatkan pada Gambar 1.

Spesimen yang digunakan berupa baja *mild steel* dengan dimensi 15 cm × 2,5 cm × 0,2 cm. Sebelum pelapisan, permukaan spesimen diampelas dan dibersihkan untuk menghilangkan kotoran dan oksida. Pelapisan cat dilakukan sebanyak lima lapisan dengan metode *spray*, sedangkan spesimen galvanis menggunakan pelapisan seng. Spesimen sebelum pencelupan diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Diagram alir penelitian



Gambar 2. Spesimen sebelum pencelupan

Pengujian dilakukan dengan merendam spesimen ke dalam 4 liter limbah cair kelapa sawit selama 22 hari (528 jam). Parameter lingkungan selama pengujian dicatat, yaitu pH limbah berkisar antara 4,5–5,2 dan suhu lingkungan antara 28–34°C, dengan kondisi sistem terbuka (aerasi alami). Untuk meningkatkan keandalan data, setiap jenis pelapis diuji sebanyak tiga spesimen.

Proses pencelupan berlangsung selama 22 hari. Selama masa pencelupan, pengamatan visual dilakukan pada hari ke 3, 5, 7, 10, 15, 17, 19, 20, dan 22. Setiap pengamatan didokumentasikan dalam bentuk foto guna mendukung proses analisis visual, yang mencakup perubahan warna, munculnya korosi, retakan, serta pengelupasan lapisan pelindung

pada permukaan spesimen. Proses pencelupan sampel diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Proses pencelupan

Laju korosi dihitung menggunakan metode kehilangan massa (*weight loss*) berdasarkan standar ASTM G31. Kehilangan massa spesimen dihitung menggunakan persamaan :

$$W = W_{awal} - W_{akhir} \tag{1}$$

Selanjutnya, laju korosi dihitung menggunakan persamaan:

$$CR = \frac{K \times W}{\rho \times A \times t} \tag{2}$$

Dimana *CR* adalah laju korosi (mm/tahun), *K* adalah konstanta ( $8,76 \times 10^4$ ), *W* adalah kehilangan massa (gram),  $\rho$  adalah massa jenis baja ( $7,85 \text{ g/cm}^3$ ), *A* adalah luas permukaan spesimen ( $\text{cm}^2$ ), dan *t* adalah waktu (jam).

Perhitungan dilakukan untuk setiap spesimen, kemudian nilai rata-rata digunakan sebagai representasi laju korosi masing-masing pelapisan.

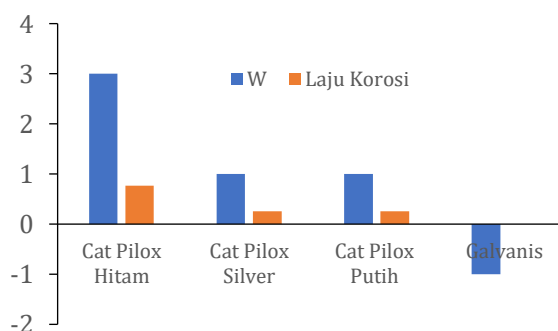
### 3. Hasil dan Pembahasan

Hasil perhitungan laju korosi diperlihatkan dalam Tabel 1, dan grafiknya diperlihatkan pada Gambar 4. Nilai laju korosi yang ditampilkan merupakan nilai rata-rata dari tiga pengujian (*triplicate*), dengan variasi data yang relatif kecil ( $\pm 0,02 \text{ mm/tahun}$ ). Hal ini menunjukkan bahwa hasil pengujian memiliki tingkat konsistensi dan reproduktibilitas yang baik. Berdasarkan data pada Tabel 1, terlihat bahwa setiap jenis pelapisan memberikan tingkat ketahanan korosi yang berbeda terhadap baja *mild steel* dalam lingkungan limbah sawit. Pelapisan galvanis menunjukkan performa

terbaik dengan tingkat kerusakan paling rendah dibandingkan pelapisan lainnya. Hal ini disebabkan oleh mekanisme proteksi katodik yang dimiliki oleh lapisan seng, di mana seng akan teroksidasi terlebih dahulu sehingga melindungi logam dasar dari serangan korosi [4].

Tabel 1. Hasil perhitungan laju korosi spesimen

Jenis Pelapisan	Berat awal (gram)	Berat akhir (gram)	$\Delta W$ (gram)	Laju korosi (mm/tahun)
Cat PiloX Hitam	166	163	3	0.77
Cat PiloX Silver	164	163	1	0.26
Cat PiloX Putih	164	163	1	0.26
Galvanis	186	189	-1	$\approx 0.00$



Gambar 4. Grafik perhitungan laju korosi spesimen

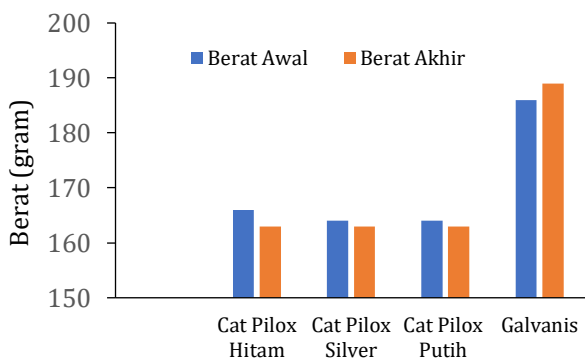
Nilai kehilangan massa negatif pada spesimen galvanis menunjukkan adanya pembentukan produk korosi yang melekat pada permukaan, sehingga massa akhir lebih besar dibandingkan massa awal. Kondisi ini mengindikasikan terbentuknya lapisan pasivasi yang bersifat protektif, sehingga laju korosi efektif dapat dianggap mendekati nol. Fenomena ini umumnya berkaitan dengan terbentuknya senyawa seperti  $\text{ZnO}$  dan  $\text{ZnCO}_3$  yang stabil dan mampu melindungi permukaan logam dari kontak langsung dengan lingkungan korosif.

Sebaliknya, pelapisan cat pilox, khususnya warna hitam, menunjukkan tingkat kerusakan yang lebih tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa coating berbasis cat hanya berfungsi sebagai *barrier protection*, sehingga apabila terjadi cacat mikro atau retakan pada permukaan, media korosif dapat dengan mudah menembus lapisan dan mempercepat proses korosi pada substrat baja[5]. Selain itu, kondisi lingkungan limbah sawit yang bersifat asam (pH rendah) dan

mengandung senyawa organik serta ion agresif juga berkontribusi dalam mempercepat laju korosi. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa lingkungan asam dapat meningkatkan aktivitas elektrokimia sehingga mempercepat degradasi material logam[7].

Hasil yang ditunjukkan pada Tabel 1 juga konsisten dengan nilai laju korosi yang diperoleh melalui perhitungan metode *weight loss* berdasarkan standar ASTM G31, dimana pelapisan galvanis memiliki nilai laju korosi paling rendah, sedangkan pelapisan cat menunjukkan nilai yang lebih tinggi. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa jenis pelapisan memiliki pengaruh signifikan terhadap ketahanan korosi baja dalam lingkungan limbah sawit.

Perbandingan berat awal dan berat akhir spesimen yang telah diberi pelapisan berbeda, yaitu cat pilox hitam, cat pilox silver, cat pilox putih, dan galvanis diperlihatkan pada Gambar 5. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa seluruh spesimen yang dilapisi cat mengalami penurunan massa setelah proses perendaman, yang mengindikasikan terjadinya pengikisan material akibat proses korosi selama pengujian[8]. Hal ini menunjukkan bahwa lapisan cat hanya berfungsi sebagai pelindung permukaan (*barrier protection*) yang dapat mengalami degradasi ketika terpapar lingkungan korosif[9].



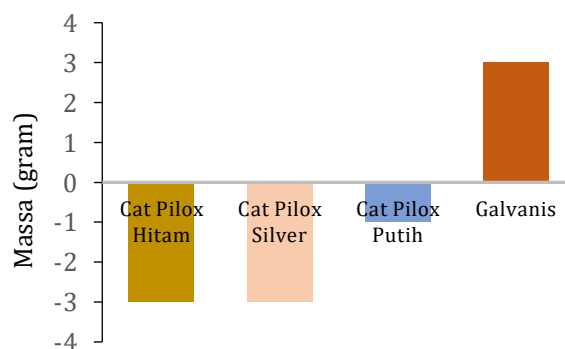
Gambar 5. Perbandingan berat awal dan berat akhir

Sebaliknya, spesimen dengan pelapisan galvanis menunjukkan peningkatan massa setelah perendaman. Kondisi ini mengindikasikan terbentuknya produk korosi atau lapisan pasivasi dari seng pada permukaan baja yang mampu meningkatkan ketahanan terhadap korosi. Lapisan seng pada galvanis berfungsi sebagai pelindung sekaligus

memberikan perlindungan katodik, di mana seng akan teroksidasi terlebih dahulu untuk melindungi logam dasar dari korosi[4].

Hasil ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa pelapisan galvanis memiliki ketahanan korosi yang lebih baik dibandingkan *coating* berbasis cat, terutama pada lingkungan agresif, karena adanya kombinasi perlindungan barrier dan proteksi katodik yang lebih efektif[10]. Selain itu, penelitian lain juga melaporkan bahwa ketebalan dan distribusi lapisan seng pada baja galvanis berpengaruh signifikan terhadap peningkatan ketahanan korosi, karena mampu membentuk lapisan pelindung yang lebih stabil dan homogen pada permukaan logam[11].

Persentase perubahan massa spesimen diperlihatkan pada Gambar 6. Dari Gambar 1 menunjukkan persentase perubahan massa dari keempat jenis pelapisan sebagai bentuk kuantifikasi tingkat kerusakan material akibat korosi. Persentase perubahan massa dihitung berdasarkan selisih antara berat awal dan berat akhir terhadap berat awal spesimen. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pelapisan galvanis memiliki nilai perubahan massa positif sebesar +1,61%, sedangkan pelapisan cat menunjukkan nilai perubahan negatif. Penurunan massa terbesar terjadi pada cat pilox hitam sebesar -1,81%, diikuti oleh cat pilox putih sebesar -1,22%, dan cat pilox silver sebesar -0,61%.



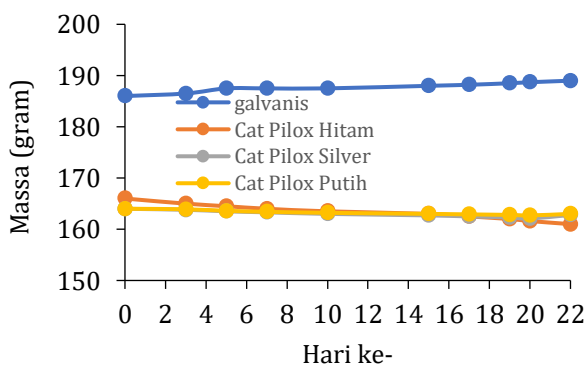
Gambar 6. Persentase perubahan massa spesimen

Hasil ini menunjukkan bahwa spesimen dengan pelapisan cat mengalami kehilangan massa akibat proses korosi selama perendaman. Sebaliknya, peningkatan massa pada spesimen galvanis mengindikasikan terbentuknya produk korosi atau lapisan pasivasi berbasis seng yang melekat pada permukaan baja. Lapisan seng yang dihasilkan melalui proses *hot-dip*

galvanizing diketahui mampu meningkatkan ketahanan korosi melalui mekanisme perlindungan katodik dan pembentukan lapisan pelindung yang stabil[12].

Selain itu, penelitian terbaru juga menunjukkan bahwa kualitas dan ketebalan lapisan seng yang lebih tinggi berkontribusi terhadap pembentukan lapisan pasivasi yang lebih homogen, sehingga mampu memperlambat laju korosi pada lingkungan yang bersifat agresif[13]. Dengan demikian, hasil yang diperoleh memperkuat bahwa pelapisan galvanis merupakan metode yang paling efektif dalam menghambat korosi baja *mild steel* pada media limbah sawit selama 22 hari.

Tren penurunan massa sejak hari ke-0 hingga ke-22 diperlihatkan pada Gambar 7. Dari Gambar 7 terlihat bahwa perubahan massa spesimen selama perendaman menunjukkan adanya perbedaan perilaku korosi pada empat jenis pelapisan, yaitu galvanis, cat pilox hitam, cat pilox silver, dan cat pilox putih. Spesimen dengan pelapisan galvanis menunjukkan kecenderungan peningkatan massa secara bertahap hingga hari ke-22. Kondisi ini disebabkan oleh terbentuknya produk korosi yang bersifat protektif seperti *zinc oxide* (ZnO) dan *zinc carbonate* (ZnCO<sub>3</sub>) pada permukaan seng, yang membentuk lapisan pasivasi sehingga menghambat kontak langsung antara baja dan lingkungan korosif[14].



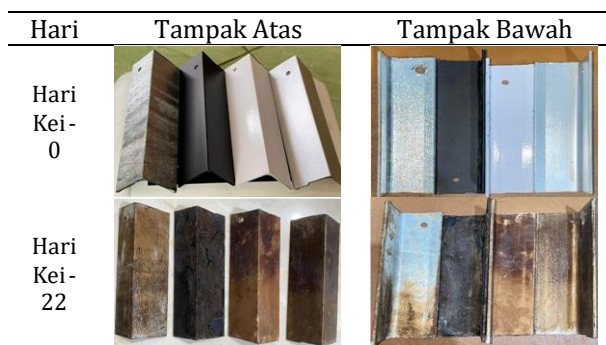
Gambar 7. Tren perubahan massa spesimen selama perendaman

Sebaliknya, spesimen yang dilapisi cat pilox mengalami penurunan massa yang menunjukkan terjadinya degradasi material akibat proses korosi selama perendaman. Penurunan massa paling signifikan terjadi pada cat pilox hitam, yang mengindikasikan bahwa kemampuan perlindungan lapisan cat tersebut lebih rendah dibandingkan pelapisan galvanis. Hal ini disebabkan karena coating berbasis cat

hanya berfungsi sebagai *barrier protection*, sehingga apabila terjadi cacat mikro, media korosif dapat menembus lapisan dan mempercepat proses korosi pada substrat baja.

Hasil ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa pelapisan galvanis mampu memberikan perlindungan ganda, yaitu sebagai penghalang (*barrier*) sekaligus perlindungan katodik, sehingga secara signifikan meningkatkan ketahanan korosi baja karbon rendah pada lingkungan agresif[15]. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pelapisan galvanis memberikan perlindungan yang lebih efektif dibandingkan cat pilox dalam menahan korosi selama proses perendaman.

Gambar 8 menunjukkan bukti visual berupa foto perubahan fisik spesimen dari tampak atas dan tampak bawah antara kondisi awal pengujian (hari ke-0) dan kondisi akhir pengujian (hari ke-22). Pada kondisi awal, seluruh spesimen menunjukkan permukaan yang relatif bersih dan utuh, di mana warna cat pada spesimen pilox hitam, silver, dan putih masih terlihat cerah, sedangkan lapisan galvanis tampak mengkilap dan merata.



Gambar 8. Dokumentasi visual sebelum dan sesudah pencelupan

Setelah proses perendaman selama 22 hari, terlihat adanya perubahan fisik yang cukup signifikan pada hampir seluruh spesimen, seperti perubahan warna menjadi lebih gelap atau kusam, munculnya bercak korosi, serta indikasi retakan pada beberapa bagian permukaan. Pada bagian tampak atas, perubahan tersebut menunjukkan degradasi lapisan pelindung akibat paparan langsung terhadap lingkungan korosif. Sementara itu, pada tampak bawah terlihat beberapa area dengan kerusakan yang lebih jelas, yang diduga disebabkan oleh akumulasi atau pengendapan media korosif sehingga mempercepat proses korosi pada permukaan logam.

Perubahan visual ini menunjukkan terjadinya degradasi lapisan pelindung serta pembentukan produk korosi selama proses perendaman, yang ditandai dengan perubahan warna, munculnya retakan, dan terbentuknya lapisan oksida pada permukaan logam dalam lingkungan agresif[16]. Hasil pengamatan visual ini juga konsisten dengan data kuantitatif laju korosi, di mana spesimen dengan tingkat kerusakan visual yang lebih besar cenderung memiliki nilai laju korosi yang lebih tinggi.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, diantaranya parameter kimia limbah seperti Chemical Oxygen Demand (COD), kandungan ion klorida, serta komposisi senyawa organik tidak dianalisis secara rinci. Padahal, faktor-faktor tersebut dapat berpotensi mempengaruhi laju korosi material. Oleh karena itu, variabel-variabel tersebut menjadi keterbatasan dalam penelitian ini dan dapat dipertimbangkan pada penelitian selanjutnya untuk memperoleh hasil yang lebih komprehensif. Selain itu, variasi kondisi lingkungan seperti pH dan suhu selama pengujian juga dapat mempengaruhi hasil yang diperoleh.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, jenis pelapisan terbukti memberikan pengaruh signifikan terhadap laju korosi baja *mild steel* dalam lingkungan limbah kelapa sawit. Perhitungan menggunakan metode *weight loss* berdasarkan standar ASTM G31 menunjukkan bahwa pelapisan galvanis memiliki ketahanan korosi terbaik dengan laju korosi mendekati 0 mm/tahun. Sementara itu, pelapisan cat pilox hitam menunjukkan laju korosi tertinggi sebesar 0,77 mm/tahun, diikuti oleh cat pilox silver dan putih masing-masing sebesar 0,26 mm/tahun.

Hasil ini menunjukkan bahwa pelapisan galvanis lebih efektif dibandingkan coating berbasis cat karena mampu memberikan perlindungan katodik selain sebagai penghalang. Sebaliknya, pelapisan cat hanya berfungsi sebagai *barrier protection* yang rentan terhadap kerusakan pada lingkungan korosif. Dengan demikian, galvanisasi direkomendasikan sebagai metode perlindungan yang paling optimal untuk baja *mild steel* pada lingkungan limbah sawit yang bersifat agresif.

#### Daftar Pustaka

- [1] Revie, R. W., 2011. *Uhlig's corrosion handbook*. John Wiley & Sons.
- [2] Poh, P. E., Yong, W.-J., & Chong, M. F., 2010. *Palm oil mill effluent (pome) characteristic in high crop season and the applicability of high-rate anaerobic bioreactors for the treatment of pome*. Industrial & Engineering Chemistry Research, Vol. 49, No. 22, pp. 11732-11740.
- [3] Septian, N. A., Firmansyah, H. N., & Safriana, E., 2025. *Corrosion and wear rate analysis of SS304 stainless steel with composite coating variations: Aluminum/silicon carbide/epoxy and titanium dioxide/silicon carbide/epoxy*. Jurnal Rekayasa Mesin, Vol. 20, No. 2, pp. 329-340.
- [4] Silaban, T. O. J. et al., 2026. *Types, mechanisms, and efficiency rate of galvanized steel as corrosion protection in atmospheric corrosion: A systematic review*. in *Journal of the Civil Engineering Forum*.
- [5] Knudsen, O. Ø. & Forsgren, A., 2017. *Corrosion control through organic coatings*. CRC press.
- [6] Internasional, A., 2004. *ASTM G31-72: Standard practice for laboratory immersion corrosion testing of metals*. United State.
- [7] Kumar, K., Dubau, L., Jaouen, F., & Maillard, F., 2023. *Review on the degradation mechanisms of metal-nc catalysts for the oxygen reduction reaction in acid electrolyte: Current understanding and mitigation approaches*. Chemical reviews, Vol. 123, No. 15, pp. 9265-9326.
- [8] Ginting, H., 2024. *Analisis laju korosi pada seng menggunakan metode weight loss pada media air asin*. JURNAL HADRON, Vol. 6, No. 2, pp. 45-49.
- [9] Rasyid, A. H. A., Santoso, D. I., & Utama, F. Y., 2017. *Pemilihan parameter pengecatan untuk mendapatkan ketebalan lapisan cat yang tepat untuk permukaan tidak merata*. Otopro, pp. 82-87.
- [10] Tornero, A. F., Blasco, M. G., Azqueta, M. C., Acevedo, C. F., Castro, C. S., & López, S. R., 2018. *Antimicrobial ecological waterborne paint based on novel hybrid nanoparticles of zinc oxide partially coated with silver*. Progress in Organic Coatings, Vol. 121, pp. 130-141.

- [11] Azwar, A., Boihaqi, B., & Yuniati, Y., 2020. *Analisa korosi pada sambungan repair body mobil menggunakan pengelasan oxy-acetylene*. *Journal of Welding Technology*, Vol. 2, No. 2, pp. 57-64.
- [12] Liu, Y., Gao, H., Wang, H., Tao, X., & Zhou, W., 2024. *Study on the corrosion behavior of hot-dip galvanized steel in simulated industrial atmospheric environments*. *International Journal of Electrochemical Science*, Vol. 19, No. 1, p. 100445.
- [13] Bockelmann, M., Becker, M., Reining, L., Kunz, U., & Turek, T., 2018. *Passivation of zinc anodes in alkaline electrolyte: Part I. Determination of the starting point of passive film formation*. *Journal of The Electrochemical Society*, Vol. 165, No. 13, pp. A3048-A3055.
- [14] Ogunsanya, I. & Hansson, C., 2018. *The influence of coating thickness and composition on the corrosion propagation rates of galvanized rebar in cracked concrete*. *Corrosion*, Vol. 74, No. 1, pp. 134-143.
- [15] Tan, X., Xing, J., Chen, H., & Zhang, T., 2020. *Corrosion and protection of galvanized steel in power grid*. in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 508, No. 1: IOP Publishing.
- [16] Lamak, E. C., Nabutaek, M. G., Bagha, L., Lelaona, P. P., & Manesi, D., 2025. *Pengaruh lingkungan terhadap laju korosi pada baja karbon dalam kondisi berbeda*. in *Seminar Nasional Kontribusi Vokasi*, Vol. 2, No. 1.