

**Peran Metode *Coating* Limbah *Radiator Coolant* dan Cat Minyak  
Sebagai Uji Laju Korosi Terhadap Logam *Ferro* (Fe) Berbasis  
*Quenching Treatment***

*The Role of Coating Methods for Radiator Coolant Waste and Oil  
Paints as a Corrosion Test for Ferro (Fe) Based Quenching Treatment*

Mochamad Ghazali Al Fharezi<sup>1</sup>, Taufik Hidayat<sup>2</sup>, Lintang Auliya Kurdiati<sup>3</sup>,  
Priti<sup>4</sup>, Liza Hertias Ningrum<sup>5</sup>, Rudi Hermawan<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup>Universitas Sriwijaya, Indralaya, Indonesia

e-mail: [ghazalial1111@gmail.com](mailto:ghazalial1111@gmail.com), [th65020072@gmail.com](mailto:th65020072@gmail.com),  
[lintangauliya033@gmail.com](mailto:lintangauliya033@gmail.com), [pritishihab104@gmail.com](mailto:pritishihab104@gmail.com),  
[liza.ningrum275@gmail.com](mailto:liza.ningrum275@gmail.com), [rudihermawan@fkip.unsri.ac.id](mailto:rudihermawan@fkip.unsri.ac.id)

**Abstrak**

Logam *ferro* (Fe) merupakan material yang memiliki sifat mekanik yang baik dan fisik yang sangat kuat sehingga sering digunakan pada konstruksi bangunan, tapi memiliki kelemahan yaitu mudah mengalami korosi. Sebagai bentuk memelihara keamanan konstruksi bangunan, maka diperlukan suatu perlindungan *coating* agar korosi yang terjadi bisa diperkecil. *Radiator coolant* memiliki sifat yang dingin dan cat minyak sebagai *coating* dalam bentuk upaya mengurangi laju korosi secara pasif dengan memiliki usia pemanfaatan logam *ferro* (Fe) yang jangka panjang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan penelitian atau riset yang bertujuan untuk mengetahui peran dari metode *coating* limbah *radiator coolant* dan cat minyak berbasis *quenching treatment* dapat mengurangi permasalahan laju korosi pada logam *ferro* (Fe). Berdasarkan hasil perhitungan pada pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa metode *coating* dengan media limbah *radiator coolant* dan cat minyak berbasis *quenching treatment* dapat berperan mengurangi permasalahan laju korosi pada logam *ferro* (Fe).

**Kata kunci:** Metode *Coating*, *Radiator Coolant*, Cat Minyak, Laju Korosi, *Quenching Treatment*

**Abstract**

*Ferrous metal* (Fe) is a material that has good mechanical properties and is very strong physically, so it is often used in building construction, but has the disadvantage of being easily corroded. As a form of maintaining the safety of building construction, a coating protection is needed so that corrosion that occurs can be minimized. *Radiator coolant* has cold properties and oil paint as a coating in an effort to passively reduce the corrosion rate by having a long term use of ferrous metal (Fe). The purpose of this research is to conduct research or research that aims to determine the role of the radiator coolant waste coating method and quenching treatment-based oil paint in reducing the problem of corrosion rates in ferrous (Fe) metals. Based on the results of calculations in the tests performed, it shows that the coating method with radiator coolant waste media and oil paint based on quenching treatment can play a role in reducing the problem of corrosion rates in ferrous (Fe) metals.

**Keywords :** Coating Method, Radiator Coolant, Oil Paint, Corrosion Rate, Quenching Treatment

## PENDAHULUAN

Perkembangan era industri saat ini menjadi bagian dari perkembangan ilmu pengetahuan serta teknologi yang sudah melewati era revolusi industri 4.0 dan telah mencapai era *society* 5.0 (Kahar et al., 2021; Teknowijoyo, 2022). Hal tersebut membuat kebutuhan dalam penggunaan material logam yang menjadi kebutuhan utama di kehidupan sehari-hari dengan membuat alat dan suatu konstruksi rancang bangun seperti pembangunan jalan, pembangunan jembatan, dan lain-lain yang dijadikan infrastruktur dalam mendukung kegiatan sehari-hari terutama untuk terus mendukung era yang serba maju saat ini. Salah satu logam yang sering dimanfaatkan dalam merancang alat dan bangunan adalah logam dengan jenis *ferro* (Fe) (Pharamita, 2022; Zuchry & Soemardji, 2018).

Logam *ferro* (Fe) merupakan material yang memiliki sifat mekanik yang baik dan fisik yang sangat kuat sehingga sering digunakan pada konstruksi bangunan (Fauzan et al., 2023; Husen et al., 2021). Logam *ferro* (Fe) memiliki kelemahan yaitu mudah mengalami korosi (Rahmaniah et al., 2019; Selly et al., 2020; Sriwardani et al., 2019; et al., 2021). Dapat diketahui bahwa dengan terjadinya korosi bisa menimbulkan kerugian yang besar dari berbagai sektor yakni pada sektor ekonomi, keamanan dan konservasi (Anwar, 2022). Berdasarkan data dari DPU Bina Marga Cipta Karya pada 2020 menyatakan bahwa total jembatan rusak di daerah pulau Jawa sebanyak 50 jembatan dengan 7 diantaranya terbilang rusak berat dan tidak bisa dioperasikan kembali dimana salah satu penyebabnya adalah terjadinya korosi pada bagian fondasi. Selain itu, pada akhir 2022 diperkirakan akan mengalami peningkatan dari kerusakan jembatan yang berbahan dasar logam *ferro* (Fe) (Anggoro & Wijaya, 2021; Kurniasari & Amalia, 2022). Pada 2023 berdasarkan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) akan mengalokasikan pembangunan jembatan 8.255 meter. Hal tersebut perlu memperhatikan aspek pembangunan yang baik agar tidak terjadinya peningkatan kerusakan dari jembatan karena sebagian besar bangunan konstruksi jembatan berbahan dasar logam *ferro* (Fe) rentan korosi.

Permasalahan korosi yang terjadi pada alat dan konstruksi bangunan akan memberikan dampak kerugian yang besar dalam kehidupan sehari-hari terutama pada keselamatan dari aktivitas yang dilakukan masyarakat (Hermansyah, 2019; Ihsan Kadir, 2022; Mulyadi & Walujodjati, 2022; Utomo & Hasan, 2022). Maka dari itu, perlunya pengujian untuk mengatasi korosi yang terjadi pada bahan dasar logam *ferro* (Fe). Salah satu cara untuk mengurangi laju korosi melalui metode *coating* (Ali et al., 2019; Gunawan et al., 2022; Irsa Widiastha Prabowo, Untung Budiarto, 2017; Pamungkas, 2023; Syakuro et al., 2022). Metode pencegahan ini merupakan metode yang sederhana (Setiawan & Dewi, 2019; Sulardi, 2019; Ummah & Munasir, 2015; Yulmansyah et al., 2021). Terdapat beberapa penelitian yang telah dilakukan mengenai solusi permasalahan laju korosi dengan metode *coating* ini. Salah satunya, penelitian yang dilakukan oleh Fadly (2021) menunjukkan hasil bahwa laju korosi sampel menggunakan pH 2 yang dicoating dengan GO mampu mengurangi laju korosi sebesar 0,044 mmpy. Di sisi lain, penelitian yang dilakukan oleh Amzah (2022) menyatakan bahwa untuk mengatasi laju korosi yang maksimal harus memperhatikan variasi *coating* yang dilakukan yakni menggunakan cat dasar tipe epoxy cat dengan dilapisi cat utama yang mencapai persentase kerusakan sebesar 5,95%, pelapisan dengan cat utama tanpa diberikan cat dasar mencapai persentase kerusakan 5,44%, dan spesimen tanpa perlakuan mencapai persentase kerusakan 11,49%. Namun, dari hasil *searching*, *browsing*, kajian serta dari hasil *Systematic Literatur Review* (SLR) belum ditemukan penelitian yang meneliti mengenai mengatasi permasalahan laju korosi yang bersifat jangka panjang dengan menggunakan metode *coating* limbah radiator *coolant* dan cat minyak berbasis *quenching treatment*.

Radiator *coolant* memiliki sifat yang dingin (Riandika et al., 2018) dan cat minyak sebagai *coating* dalam bentuk upaya mengurangi laju korosi secara pasif dengan memiliki usia

pemanfaatan logam *ferro* (Fe) yang jangka panjang (Husodo, 2023; Salim, 2019). Hal tersebut tentunya dapat memberikan akses kemudahan dan keselamatan dari aktivitas masyarakat yang berkaitan dengan alat ataupun bangunan berbahan dasar logam *ferro* (Fe).

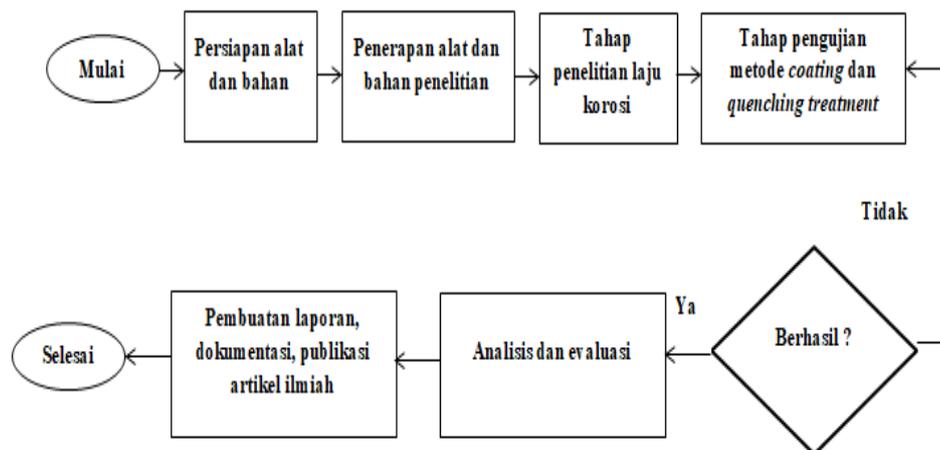
Berdasarkan uraian di atas dan juga merujuk pada hasil temuan-temuan dan hasil studi yang telah dilakukan, maka menurut peneliti dipandang penting sekali untuk melakukan penelitian atau riset yang bertujuan untuk mengetahui peran dari metode *coating* limbah radiator *coolant* dan cat minyak berbasis *quenching treatment* dapat mengurangi permasalahan laju korosi pada logam *ferro* (Fe). Harapan dari hasil pengujian ini bisa memberikan dampak baik bagi kehidupan sehari-hari yang selalu memanfaatkan logam pada konstruksi bangunan seperti pembangunan jembatan dan sebagainya.

### 1. METODE

Riset ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif. Melalui metode tersebut, peneliti melakukan eksperimen terlebih dahulu kemudian menganalisis data sehingga menghasilkan kesimpulan tentang peran dari metode *coating* limbah radiator *coolant* dan cat minyak berbasis *quenching treatment* dapat mengurangi permasalahan laju korosi pada logam *ferro* (Fe). Riset ini terbagi 3 tahap yakni tahap persiapan, tahap eksperimen, dan tahap akhir. Pelaksanaan riset dilakukan secara *offline* di Laboratorium Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Sriwijaya.

Bahan-bahan yang digunakan adalah amplas halus, amplas kasar, mata gerinda poles, dempul, radiator *coolant*, cat minyak, spesimen logam *ferro* paduan ukuran diameter 10 cm × 10 cm (rendah, sedang, tinggi), tiner, kuas, cat semprot, garam, air 200 mL, asam asetat 100 mL, pemutih 100 mL, cuka makanan 100 mL, batu pemoles mata gerinda, mata gerinda potong, kaleng bekas, ATK, dan protokol kesehatan. Alat-alat yang digunakan adalah gerinda tangan, mikroskop digital, timbangan digital, gelas ukur, *stopwatch*, sendok ukur, wadah uji coba, lap/majun, tungku induksi, tang penjepit, jangka sorong, dan kabel panjang.

Pada tahapan awal mempersiapkan besi yang seharusnya telah di potong sesuai ketentuan yang akan diuji cobakan dengan masing-masing logam *ferro* paduan ukuran panjang 10 cm x 10 cm (logam *ferro* paduan rendah 3 buah, logam *ferro* paduan sedang 3 buah dan logam *ferro* paduan tinggi 3 buah) disertai dengan pengumpulan alat dan bahan yang tertera untuk melakukan proses pengerjaan. *Flowchart* prosedur penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. *Flowchart* Prosedur Riset

Data selanjutnya akan diolah dan ditampilkan dalam bentuk tabel dan juga grafik. Hasil yang diperoleh dianalisis secara kuantitatif dengan membandingkan *output* dengan artikel-artikel terbaru.

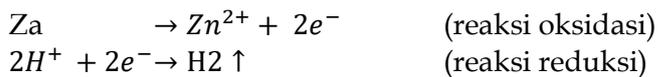
1) Uji Berat Spesimen Logam

Menurut Trethewey (1991) tahapan kerja uji berat spesimen yakni:

- a. Masing-masing spesimen ditimbang berat kemudian dicatat .
- b. Spesimen yang sudah ditimbang beratnya, di masukkan ke gelas pengujian dengan kurun waktu yang sudah ditentukan.
- c. Jika selesai timbang kembali hasil akhir setelah melalui tahapan eksperimen riset.

2) Uji Laju Korosi

Uji laju korosi umumnya terjadi pada logam merupakan reaksi elektrokimia yang terjadi dengan lingkungan. Reaksi elektrokimia merupakan suatu reaksi yang melibatkan perpindahan yang meliputi reaksi oksidasi dan reaksi reduksi. Contohnya adalah sebagai berikut:



Reaksi yang terjadi pada reaksi oksidasi disebut reaksi yang terjadi penambahan muatan positif (anodik), sedangkan reaksi yang terjadi pada reaksi reduksi disebut reaksi yang terjadi pengurangan muatan positif (katodik).

Adapun rumus laju korosi menurut Fontana (1987) yaitu :

$$CR = \frac{W \cdot K}{D \cdot \Delta s \cdot T} \quad (1)$$

Keterangan:

- CR = Laju korosi (MPY)
- W = Berat akhir spesimen (gram)
- K = Konstanta
- D = Densitas (gram/cm<sup>3</sup>)
- Δs = Luas penampang (cm<sup>2</sup>)
- T = Waktu (jam)

3) Uji Perbandingan Teknik Pelapisan

Uji perbandingan teknik pelapisan yaitu dengan memperhatikan hasil uji coba dari eksperimen yang dilakukan melalui penggunaan teknik pelapisan yang lazim digunakan seperti hanya melapisi dengan cat lalu mempertahankannya pada kondisi ekstrim cuaca alam, atau dengan menggunakan metode plastik dan karet, dengan perbandingan teknik pelapisan baru antara pengaplikasian *coating* metode lama dengan metode *coating* antara limbah radiator *coolant*, cat minyak, dan *quenching threatment* (Whidarto, 2004).

4) Uji Permukaan Spesimen

Spesimen logam setelah melalui proses uji coba dapat dilakukan pengujian permukaan spesimen dengan tahapan sebagai berikut

- a. Mencatat hasil pengukuran permukaan spesimen baik secara vertikal ataupun horizontal. Ukur dengan vernier caliper.
- b. Menimbang berat awal spesimen.
- c. Lakukan eksperimen pengujian pada gelas pengujian yang sudah disiapkan. Setelah prosesnya selesai, masukkanlah rumus menghitung permukaan spesimen dengan cara : jika luas permukaan benda tersebut adalah persegi panjang

$$LP = \frac{1}{2} \times p \times l. \quad (2)$$

## 5) Ketahanan Logam Terhadap Korosi

Menurut Whidarto (2004), uji ketahanan logam dapat dilakukan dengan cara spesimen logam setelah melalui proses uji coba dapat dilakukan pengujian permukaan spesimen dengan tahapan sebagai berikut:

- Mencatat hasil pengamatan saat sebelum pengamatan dengan bantuan alat mikroskop.
- Mencatat hasil pengamatan saat sesudah pengamatan dengan bantuan alat mikroskop.
- Lakukan perbandingan pada logam saat sebelum dan sesudah proses korosi.

## 2. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini pengujian melakukan proses perendaman specimen di larytan uji coba selama 7 hari, serta memakan waktu 2 hari dalam proses perlakuannya yakni proses perlakuan teknik *quenching*, perendaman di air pendingin yakni selama 10 menit di dalam sebuah wadah, dan juga proses *coating* yakni proses pelapisan dan juga pengecatan pada spesimen.

Sampel yang dipergunakan dalam proses penelitian ini yakni, baja karbon rendah, sedang, dan tinggi dengan ukuran 10 cm x 10 cm x (tinggi benda kerja yang berbeda) sebanyak 5 sampel utama dan 1 sampel tanpa proses perlakuan panas. Data tinggi benda kerja dapat dilihat di tabel 1.

Tabel 1. Data Tinggi Benda Kerja

Jenis Besi	Ukuran
Baja Karbon Rendah	2 mm - 2,3 mm
Baja Karbon Sedang	3 mm - 3,3 mm
Baja Karbon Tinggi	6 mm - 6,3 mm

Metode yang digunakan adalah metode *weight loss* atau kehilangan berat benda dan menggunakan proses pengamatan perbandingan struktur mikro dengan cara pengerasan inti baja karbon menggunakan proses *quenching* dengan melakukan proses perendaman atau pendinginan menggunakan air limbah radiator kendaraan sebagai sebuah langkah inovasi dalam pengurangan sampah atau limbah air radiator khususnya kendaraan bermotor.

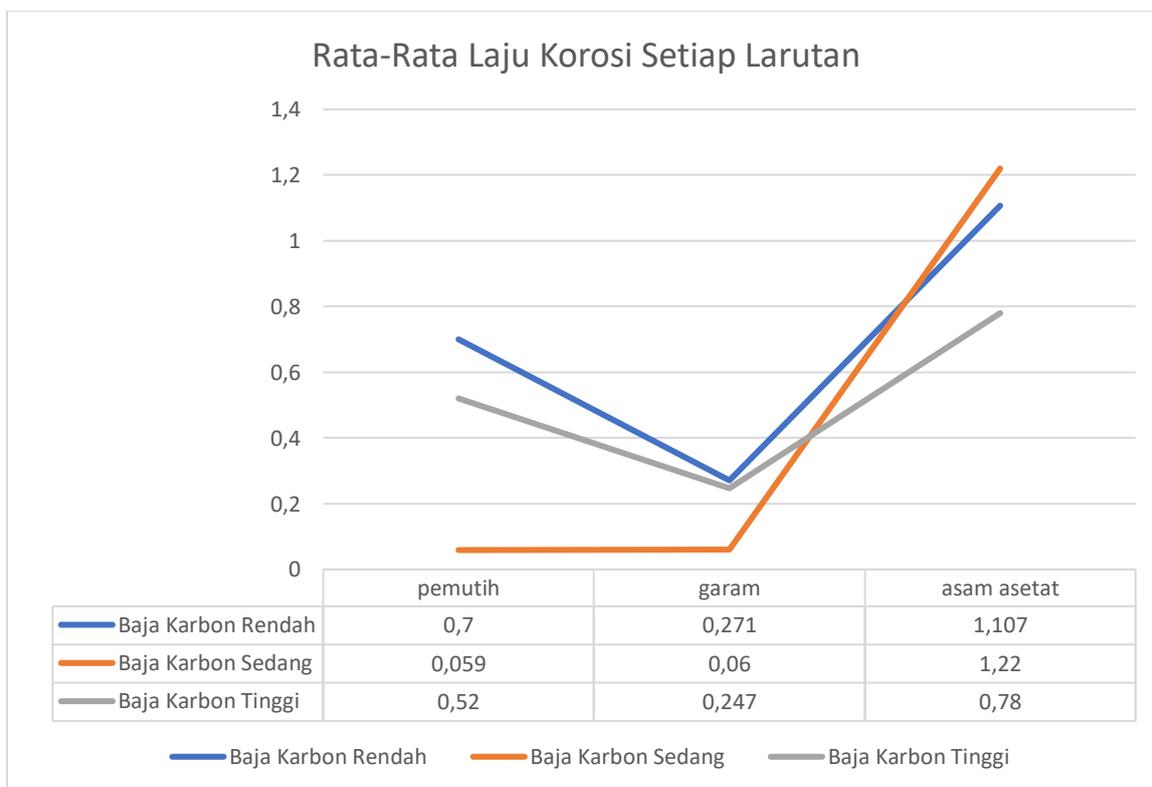
Tabel 2. Data Eksperimen

Tipe Baja	Luas Permukaan ( $cm^2$ )	Berat (g)	Density ( $gr/cm^3$ )	Kehilangan Berat	Laju Korosi (mpy)
<b>Baja Karbon Rendah</b>					
1 (pemutih)	403,45	50,37	7,85	5,82	0,037
2 (pemutih)	404,2	51,9	7,85	3,65	0,236
3 (air garam)	404,4	59,1	7,85	8,33	0,538
4 (air garam)	403,75	55,86	7,85	0,02	0,0012
5 (asam asetat)	404,75	59,75	7,85	16,75	1,102
6 (asam asetat)	404,6	59,55	7,85	16,92	1,113
<b>Baja Karbon Sedang</b>					
1 (pemutih)	404,1	33,89	7,95	2,35	0,05
2 (pemutih)	402,8	35	7,95	2,78	0,069
3 (air garam)	402,9	36,15	7,95	4,41	0,007
4 (air garam)	404	35,39	7,95	2,29	0,02
5 (asam asetat)	404,2	33,89	7,95	3,45	1,02

6 (asam asetat)	404,1	33.39	7,95	3,22	1,497
Baja Karbon Tinggi					
1 (pemutih)	430,3	67,19	7,97	2,36	0,141
2 (pemutih)	430,4	66,15	7,97	2,78	0,166
3 (air garam)	430,9	68,76	7,97	4,42	0,36
4 (air garam)	430,5	68.95	7,97	2,29	0,137
5 (asam asetat)	430	69.69	7,97	6,17	0,368
6 (asam asetat)	430,2	69.87	7,97	14,69	0,88

Dari data tabel diatas menunjukkan hasil penelitian yang menggunakan metode *coating* dan melakukan proses *quenching* dengan yang tidak menggunakan metode *coating* dan melakukan proses *quenching*. Dalam perendaman 7 hari didapatkan *loss weight* tertinggi di setiap baja karbon, yang awalnya baja karbon rendah memiliki berat (59,55 gram) maka didapatkan *loss wight* sekitar (16,92 gram), lalu baja karbon sedang memiliki berat (36,15 gram) maka didapatkan *loss wight* sekitar (4,41 gram) dan baja karbon tinggi memiliki berat (69,87 gram) maka didapatkan *loss wight* sekitar (14,69 gram).

Pada data di tabel diatas juga terdapat laju korosi terendah berada di baja karbon rendah pada larutan air garam dengan nilai 0,0012 mpy. Kemudian laju korosi tertinggi ada pada spesimen baca karbon rendah pada larutan asam asetat dengan nilai 1,497 mpy. Berikut ini rata-rata laju korosi di setiap larutan:



Gambar 2. Grafik Laju Korosi Setiap Larutan

Adapun struktur micro dapat dilihat dalam tabel ini:

Sebelum Dibersihkan		
Baja Karbon Rendah	Baja Karbon Sedang	Baja Karbon Tinggi
		
Setelah Dibersihkan		
Baja Karbon Rendah	Baja Karbon Sedang	Baja Karbon Tinggi
		

Berdasarkan hasil penelitian yang telah disajikan di atas, maka dapat diketahui bahwa metode *coating* dengan media limbah radiator *coolant* dan cat minyak berbasis *quenching treatment* dapat berperan mengurangi permasalahan laju korosi pada logam ferro (Fe). Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian terdahulu, salah satunya yaitu penelitian yang dilakukan oleh Afandi et al., (2015) yang juga melakukan metode *coating* dalam menguji korosi yang menunjukkan hasil yaitu semakin tebal lapisan suatu *coating* tidak menjamin *coating* tersebut dapat melindungi dengan sempurna. Semakin tebal suatu *coating* memiliki risiko kegagalan *coating* lebih besar seperti, berkurangnya fleksibilitas, terjadinya pengerutan, atau pengeringan yang tidak sempurna. Rekomendasi manufaktur untuk ketebalan lapisan suatu *coating* harus selalu diikuti. Selanjutnya, Rochmat et al., (2019) yang pada penelitiannya memanfaatkan tanin untuk material *coating* sebagai inhibisi korosi pada baja *mild steel* dalam *pipeline* menunjukkan hasil bahwa pengaruh penambahan formula tanin sebagai bio inhibitor korosi dapat menghambat laju korosi yang cukup signifikan.

Di sisi lain, Sunardi (2021) pada hasil penelitiannya menunjukkan bahwa semakin meningkat waktu yang digunakan pada proses pelapisan logam besi oleh nikel (Ni) akan memperlambat proses lajunya korosinya dimana logam besi yang telah dilapisi Nikel (Ni) dengan waktu pelapisan 1200 detik memiliki nilai laju reaksi terendah yaitu sebesar 0.001 mpy dan laju korosi terhadap logam besi yang tidak dilapisi sebesar 0,193 mpy. Namun, jika dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya, hasil penelitian ini memiliki kebaruan dalam inovasi yang ada terutama pada pemecahan masalah limbah *radiator coolant* dan cat minyak sebagai material *coating* dan hasil yang ditunjukkan lebih akurat karena data disajikan lebih detail.

### 3. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan dari data hasil pengujian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan, yaitu metode *coating* dengan media limbah *radiator coolant* dan cat minyak berbasis *quenching treatment* dapat berperan mengurangi permasalahan laju korosi pada logam ferro (Fe) ditunjukkan dengan hasil penelitian yang menggunakan metode *coating* dan melakukan proses *quenching* dengan yang tidak menggunakan metode *coating* dan melakukan proses *quenching* dalam perendaman 7 hari didapatkan *loss weight* tertinggi di setiap baja

karbon, yang awalnya baja karbon rendah memiliki berat (59,55 gram) maka didapatkan *loss wight* sekitar (16,92 gram), lalu baja karbon sedang memiliki berat (36,15 gram) maka didapatkan *loss wight* sekitar (4,41 gram) dan baja karbon tinggi memiliki berat (69,87 gram) maka didapatkan *loss wight* sekitar (14,69 gram). Laju korosi terendah berada di baja karbon rendah pada larutan air garam dengan nilai 0,0012 mpy. Kemudian laju korosi tertinggi ada pada spesimen baja karbon rendah pada larutan asam asetat dengan nilai 1,497 mpy.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Tim penulis mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi (Ditjen Dikristek) melalui Direktorat Pembelajaran dan Kemahasiswaan (Belmawa) yang telah memberikan pendanaan penelitian pada Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) dengan skema Riset Eksakta tahun 2023 ini. Kemudian tim penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih juga kepada dosen pendamping yang telah membimbing dan mendampingi selama proses penelitian berlangsung serta mendukung dan membantu penyelesaian artikel ilmiah ini.

### DAFTAR RUJUKAN

- Afandi, Y. K., Arief, I. S., Teknik, J., Perkapalan, S., & Kelautan, F. T. (2015). Analisa Laju Korosi pada Pelat Baja Karbon dengan Variasi Ketebalan Coating. *Jurnal Korosi*, 4(1), 1-5.
- Ali, M. S., Praktikno, H., & Dhanistha, W. L. (2019). Analisis Pengaruh Variasi Sudut Blasting Dengan Coating Campuran Epoxy dan Aluminium Serbuk terhadap Kekuatan Adhesi, Prediksi Laju Korosi, dan Morfologi pada Plat Baja ASTM A36. *Jurnal Teknik ITS*, 8(1). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v8i1.39068>
- Amzah, M. (2022). *Pengaruh Variasi Coating Cat Terhadap Laju Korosi Pada Baja Karbon ST 37*. Universitas Sriwijaya.
- Anggoro, L., & Wijaya, W. (2021). Menurut Tingkat Pemanfaatan Dan Standar Bina Marga Dan Cipta Karya. *Science And Engineering National Seminar 6 (SENS 6)*, 6(Sens 6), 517-529.
- Anwar, M. (2022). Green Economy Sebagai Strategi Dalam Menangani Masalah Ekonomi Dan Multilateral. *Jurnal Pajak Dan Keuangan Negara (PKN)*, 4(1S), 343-356. <https://doi.org/10.31092/jpkn.v4i1s.1905>
- Fadly, M. (2021). *Sintesis Graphene Oxide Dengan Metode Liquid Phase Exfoliation Untuk Pemanfaatan Dalam Muhammad Fadly Program Studi Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau*. Universitas Islam Riau.
- Fauzan, F. N., Anjani, R. D., & Hanifi, R. (2023). ANALISIS PENGARUH PROSES VARIASI TEMPERATUR PACK CARBURIZING ARANG SEKAM PADI TERHADAP KEKERASAN , carburizing ada beberapa faktor yang digunakan adalah metode penelitian menjadi acuan pada suatu penelitian . Dalam. *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, 8(1).
- Gunawan, S. A. P., Moralista, E., & Zaenal. (2022). Penentuan Sisa Umur Pakai Conveyor G pada Tambang Batubara PT GHI di Kabupaten Tapin, Provinsi Kalimantan Selatan. *Bandung Conference Series: Mining Engineering*, 2(2), 275-282. <https://doi.org/10.29313/bcsme.v2i2.2605>
- Hermansyah. (2019). Kajian Kerusakan Pada Konstruksi Bangunan Basement Cooling Water Pump (CWP) PLTU Pembangunan Sumatera Utara Bagian Utara Sektor Pembangunan Belawan. *Jurnal Teknik*, 2019, 13-21.
- Husen, A., Foto, A., & Nursidik. (2021). ANALISA SIFAT MEKANIS BAJA PADA BAHAN SPCC-HD DENGAN PROSES DEEP CURLING DALAM PEMBUATAN DRUM. *PRESISI : JURNAL TEKNIK MESIN*, 23(1), 60.
- Husodo, A. (2023). PENGOPTIMALAN PROSES PENGECATAN PADA DECK KAPAL UNTUK MEMPERLAMBAT TERJADINYA KOROSI. *JURNAL PATRIA BAHARI*, 3(1), 53-57.

- Ihsan Kadir. (2022). Uji Laju Korosi Material Besi Tulang Struktur Bangunan Dengan Media Air Hujan. *Jurnal Sains Fisika*, 2(1), 42–52. <http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/sainfis>
- Irsa Widiastha Prabowo, Untung Budiarto, I. P. M. (2017). Analisa Pengaruh Variasi Ukuran Steel Grit Pada Proses Blasting Baja ASTM A36 Terhadap Laju Korosi, Daya Rekat Adhesi, dan Impak Coating. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 5(4), 785. <http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- Kahar, M. I., Cika, H., Nur Afni, & Nur Eka Wahyuningsih. (2021). Pendidikan Era Revolusi Industri 4.0 Menuju Era Society 5.0 Di Masa Pandemi Covid 19. *Moderasi: Jurnal Studi Ilmu Pengetahuan Sosial*, 2(1), 58–78. <https://doi.org/10.24239/moderasi.vol2.iss1.40>
- Kurniasari, A. P., & Amalia, Y. (2022). Pengaruh Korosi Terhadap Kegagalan Logam pada Jembatan: Literature Review. *Jurnal Mekanik Terapan*, 3(2), 65–69. <https://doi.org/10.32722/jmt.v3i2.4597>
- Mulyadi, A. A., & Walujodjati, E. (2022). Pengaruh Korosi Tulangan Secara Alami pada Balok Beton Bertulang Terhadap Kuat Lentur dan Geser. *Jurnal Konstruksi*, 20(2), 299–310. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.20-2.1213>
- Nurahman, T., Suka, E. G., & Rumiyantri, L. (2021). PENGARUH KONSENTRASI INHIBITOR KOROSI EKSTRAK KULIT PISANG KEPOK (Musa paradisiaca L) TERHADAP LAJU KOROSI BAJA KARBON API 5L PADA SUHU PERENDAMAN 40OC DAN 80OC. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 9(2), 133–142. <https://doi.org/10.23960/jtaf.v9i2.2719>
- Pamungkas, W. (2023). Pengaruh Jarak Nozzle Sandblasting Baja Ss400 Terhadap Ketebalan Coating Dan Laju Korosi. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 15(2), 116. <https://doi.org/10.24843/jem.2022.v15.i02.p08>
- Pharamita, D. K. (2022). Kebutuhan Manusia Terhadap Besi , Emas , Dan Mutiara Menurut Ajaran Agama Islam. *Ulil Albab: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 1(8), 2476–2486.
- Rahmaniah, R., Amalia, N., & Ihsan, I. (2019). Analisis Laju Korosi Besi Beton Dengan Medium Tanah Rawa. *JFT: Jurnal Fisika Dan Terapannya*, 6(2), 121. <https://doi.org/10.24252/jft.v6i2.11724>
- Riandika, P., Wigraha, N. A., & Nugraha, I. N. P. (2018). Pengaruh Kecepatan Aliran Fluida Terhadap Capaian Suhu Optimal Hasil Rancangan Coolbox Zero Pollution. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 6(3), 160. <https://doi.org/10.23887/jjtm.v6i3.14989>
- Rochmat, A., Liantony, G., & Septiananda, Y. D. (2019). Uji Kemampuan Tanin Daun Ketapang Sebagai Inhibisi Korosi Pada Baja Mild Steel Dalam Pipeline. *Jurnal Integrasi Proses*, 8(1), 45. <https://doi.org/10.36055/jip.v8i1.5601>
- Salim, S. (2019). Pencegahan Korosi Kapal Dengan Metode Pengecatan. *Majalah Ilmiah Bahari Jogja*, 17(2), 93–99. <https://doi.org/10.33489/mibj.v17i2.213>
- Selly, R., Rahmah, S., Nasution, H. I., Syahputra, R. A., & Zubir, M. (2020). Electroplating Method on Copper (Cu) Substrate with Silver (Ag) Coating Applied. *Indonesian Journal of Chemical Science and Technology (IJCST)*, 3(2), 38. <https://doi.org/10.24114/ijcst.v3i2.19524>
- Setiawan, A., & Dewi, A. K. (2019). Korosi Baja Karbon Tercoating Zinc Fosfat Pada Media Asam Sulfat. *J. Teknologi*, 11(1), 57–66.
- Sriwardani, N., Ranto, Rohman, N., & Basori. (2019). PENGARUH INHIBITOR BLIMBING WULUH TERHADAP PENGENDALIAN KOROSI BAJA KARBON DALAM LARUTAN NaCl. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Kejuruan*, 101(2), <https://jurnal.uns.ac.id/jptk>.
- Sulardi, S. (2019). Pengurangan Korosi di Bawah Fire Proofing dengan Metode Primer Coating. *Media Ilmiah Teknik Sipil*, 7(2), 71–77. <https://doi.org/10.33084/mits.v7i2.839>
- Sunardi, N. N. A. (2021). Analisis Laju Korosi Pelapisan Logam Besi oleh Nikel di Lingkungan Air Laut Ninik Nigusti Ayu Sunardi Institut Teknologi dan Sains Nahdlatul Ulama Pasuruan

*Abstrak Logam besi adalah logam yang sering ditemukan dalam berbagai komponen kendaraan dan mesin . July 2021.*

- Syakuro, A., Rudiantama, M. R., Ramadhan, F. I., Kusumo, P. I., Ricardo, D., Tambun, M., Mustofa, D., Maksun, A., Mesin, J. T., & Jakarta, P. N. (2022). Aplikasi Liquid Smoke sebagai Penghambat Laju Korosi Mild Steel. *SEMINAR NASIONAL INOVASI VOKASI*, 1(1), 239–243.
- Teknowijoyo, F. (2022). Relevansi Industri 4.0 dan Society 5.0 Terhadap Pendidikan Di Indonesia. *Educatio*, 16(2), 173–184. <https://doi.org/10.29408/edc.v16i2.4492>
- Ummah, H., & Munasir. (2015). STUDI SIFAT ANTI-KOROSI MATERIAL COATING CAT-PANi / SiO<sub>2</sub>. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*, 04(03), 133–137.
- Utomo, W. B., & Hasan, B. (2022). Penentuan laju korosi baja konstruksi menggunakan metode tafel analisis. *Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat 2022*, 19–24.
- Whidarto, S. (2004). *Karat dan Pencegahannya*. Pradnya Paramita.
- Yulmansyah, R., Moralista, E., & Isniarno, N. F. (2021). Kajian Korosi Struktur Conveyer B Pada Tambang Batubara PT XYZ Di Kabupaten Merangin Provinsi Jambi. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 1(1), 54–61. <https://doi.org/10.29313/jrtp.v1i1.143>
- Zuchry, M., & Soemardji, L. (2018). Laju Korosi Stainless Steel Dalam Media Air Laut. *Jurnal Mekanikal*, 9(2), 1–6.