

Pengaruh Waktu Pencelupan Proses Electroplating Terhadap Ketebalan Permukaan Mildsteel

Raffi Abdullah Al-Latif Tilfah^{1*}, Heri Kustanto²

1 Sekolah Tinggi Teknologi "Warga" Surakarta ; email : abdullahraffi10@gmail.com

2 Sekolah Tinggi Teknologi "Warga" Surakarta ; email : herikustanto1@gmail.com

*** Penulis : Raffi Abdullah Al-Latif Tilfah**

Abstract: This study aims to determine the effect of the dipping time of the Electroplating process on the surface thickness of mild steel. Where the hardness and thickness of the layer will affect the resistance of the layer from friction, the impact of factors and the environment. Therefore, the factors that most influence the hardness and thickness of the surface layer on mild steel need to be classified with the specified test. The optimal parameter values for hardness and thickness need to be known for maximum results. The analysis used in the study is a descriptive method. Where this study uses an experimental method that is to test the effect of a treatment carried out on an object by comparing it with no treatment. The results of the study obtained that the electroplating process on ASTM A36 steel specimens and nickel-chrome coating materials with variations in dipping time of 5, 10, 15 minutes has been successfully implemented. And also the results of electroplating ASTM A36 Steel with variations in dipping time, the highest thickness value can be at a dipping time of 15 minutes with a thickness value reaching 21.7 μm . While the lowest thickness value can be at a 5-minute dipping to get a thickness value of 9.5 μm . Therefore, the thickness value resulting from the ASTM A36 Steel electroplating process greatly influences the results due to variations in the existing dipping time.

Keywords: Electroplating; Dipping Time; Thickness ASTM A36 Steel.

Abstrak: Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui Pengaruh waktu pencelupan proses Electroplating terhadap ketebalan permukaan mildsteel. Dimana kekerasan dan ketebalan dari pelapisan akan mempengaruhi ketahanan pelapisan dari gesekan, benturan maupun faktor lingkungan. Oleh karena itu, faktor yang paling berpengaruh terhadap kekerasan dan ketebalan lapisan permukaan pada baja lunak untuk perlu diklasifikasikan dengan serangkaian pengujian. Nilai optimal parameter terhadap kekerasan dan ketebalan perlu diketahui untuk hasil yang maksimal. Analisis yang digunakan pada penelitian adalah metode deskriptif. Dimana penelitian ini menggunakan metode eksperimen yaitu menguji pengaruh dari suatu perlakuan yang dilakukan pada objek dengan membandingkannya dengan tanpa adanya perlakuan. Hasil penelitian didapatkan bahwa proses electroplating pada spesimen baja ASTM A36 dan bahan pelapis nickel-chrome dengan variasi waktu pencelupan 5, 10, 15 menit sudah berhasil dilaksanakan. Dan juga hasil electroplating Baja ASTM A36 dengan variasi waktu pencelupan nilai ketebalan tertinggi di dapat pada waktu pencelupan 15 menit dengan nilai ketebalan mencapai 21,7 μm . Sedangkan nilai ketebalan terendah di dapat pada pencelupan 5 menit mendapatkan nilai ketebalan 9,5 μm . Maka dari itu nilai ketebalan yang dihasilkan dari proses electroplating Baja ASTM A36 sangat dipengaruhi hasilnya oleh variasi waktu pencelupan yang ada.

Kata kunci: Electroplating; Waktu Pencelupan; Ketebalan; Baja ASTM A36.

1. Pendahuluan

Baja karbon rendah (mild steel) merupakan material yang banyak digunakan dalam berbagai sektor industri, konstruksi, dan otomotif karena sifatnya yang mudah dibentuk, memiliki kekuatan memadai, dan harganya yang ekonomis [1]. Namun, mild steel memiliki kelemahan utama yaitu ketahanan terhadap korosi yang rendah akibat kandungan karbonnya yang minim [2]. Korosi dapat menyebabkan penurunan umur pakai komponen, kegagalan fungsi, dan peningkatan biaya perawatan.

Diterima: Oktober 20, 2025

Direvisi: Oktober 28, 2025

Diterima: Oktober 29, 2025

Diterbitkan: November 20, 2025

Versi sekarang: November 20, 2025



Hak cipta: © 2025 oleh penulis.

Diserahkan untuk kemungkinan publikasi akses terbuka

berdasarkan syarat dan ketentuan

lisensi Creative Commons

Attribution (CC BY SA) (

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

Salah satu metode yang efektif untuk meningkatkan ketahanan korosi adalah dengan pelapisan permukaan menggunakan teknik electroplating. Proses ini memanfaatkan arus listrik searah (DC) untuk mendeposisikan lapisan logam pelindung, seperti nikel atau krom, pada permukaan baja [3]. Electroplating tidak hanya meningkatkan ketahanan korosi, tetapi juga dapat memperbaiki sifat permukaan seperti kekerasan dan ketahanan aus [4].

Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas hasil pelapisan antara lain konsentrasi larutan elektrolit, suhu, rapat arus, dan waktu pencelupan [5]. Dari berbagai parameter tersebut, waktu pencelupan merupakan variabel kritis yang langsung mempengaruhi ketebalan lapisan. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa waktu pencelupan yang lebih lama cenderung menghasilkan lapisan yang lebih tebal, namun perlu diperhatikan juga potensi terjadinya ketidakteraturan lapisan jika waktu terlalu lama [6].

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh variasi waktu pencelupan selama proses electroplating terhadap ketebalan lapisan pada permukaan mild steel. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam optimasi proses pelapisan logam, khususnya dalam meningkatkan durabilitas material baja karbon rendah yang banyak digunakan di industri.

2. Tinjauan Literatur

2.1. Baja Karbon Rendah dan Permasalahan Korosi

Baja karbon rendah (mild steel) merupakan material yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi industri due to its good mechanical properties and cost-effectiveness. However, its low carbon content (0.05-0.25%) makes it susceptible to corrosion, which can lead to material degradation and failure [1]. Korosi merupakan proses elektrokimia yang terjadi akibat interaksi antara material dengan lingkungannya, dan dapat berbentuk berbagai jenis seperti korosi merata, galvanik, celah, sumuran, erosi, dan tegangan [2].

2.2. Electroplating sebagai Metode Proteksi

Electroplating telah menjadi metode yang efektif untuk meningkatkan ketahanan korosi pada mild steel. Proses ini merupakan deposisi elektrokimia lapisan logam pelindung menggunakan arus searah (DC) dan larutan elektrolit [3]. Menurut penelitian Raharjo (2010), ketebalan lapisan hard chrome meningkat seiring dengan peningkatan tegangan listrik dan waktu pelapisan. Hal ini sesuai dengan prinsip dasar electroplating dimana muatan listrik yang lebih besar akan menghasilkan deposisi ion logam yang lebih banyak pada katoda [4].

2.3. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kualitas Electroplating

Beberapa faktor kritis yang mempengaruhi kualitas hasil electroplating meliputi:

- Rapat arus: Mempengaruhi laju deposisi dan kualitas lapisan [5]
- Temperatur: Mempengaruhi kekasaran dan keseragaman lapisan [6]
- Waktu pencelupan: Berpengaruh signifikan terhadap ketebalan lapisan [7]

Penelitian oleh Paridawati (2013) dan Niam dkk. (2017) mengkonfirmasi bahwa waktu pencelupan yang lebih lama menghasilkan ketebalan lapisan yang lebih besar due to increased opportunity for plating ions to deposit on the substrate.

3. Metode

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian eksperimental ini dilaksanakan di Laboratorium Material Sekolah Tinggi Teknologi Warga Surakarta selama periode April-Mei 2025.

3.2. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan meliputi:

- Substrat: Plat baja ASTM A36 (mild steel) dengan dimensi 50 mm × 25 mm × 2 mm
- Bahan pelapis: Larutan elektrolit nikel (komposisi: nickel sulphate 60%, nickel chloride 30%, asam borat 10%)
- Larutan aktivasi: Asam sulfat (H₂SO₄) konsentrasi 10%
- Larutan pemoles: Langsol (*green compound*)

- e. Bahan pendukung: Aquades untuk pembilasan

3.3. Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan terdiri dari:

- Alat preparasi: gergaji logam, gerinda potong, mesin amplas (750 rpm), mesin bor (mata bor Ø3 mm)
- Alat electroplating: power supply DC, wadah PVC tahan korosi, kawat tembaga (Ø2 mm), tang potong.
- Alat ukur: jangka sorong (ketelitian 0,1 mm), inverted metallurgical microscope
- Alat bantu: neraca analitik, thermometer, stopwatch

3.4. Variabel Penelitian

- Variabel bebas: Waktu pencelupan (5, 10, 15 menit)
- Variabel terikat: Ketebalan lapisan hasil electroplating
- Variabel terkontrol: Tegangan (2 V), suhu larutan ($50 \pm 2^\circ\text{C}$), konsentrasi elektrolit, jarak elektroda

3.5. Prosedur Penelitian

- Preparasi Spesimen:
 - Pemotongan plat baja sesuai dimensi
 - Pengamplasan permukaan dengan grit 400-1200
 - Pembersihan dengan aquades dan pelarut organik
- Proses Electroplating:
 - Aktivasi permukaan dengan H_2SO_4 10% selama 30 detik
 - Pencelupan dalam larutan elektrolit nikel dengan variasi waktu
 - Pembilasan dengan aquades dan pengeringan
- Karakterisasi:
 - Preparasi metallografi dengan resin epoxy
 - Pengamatan struktur lapisan menggunakan inverted microscope
 - Pengukuran ketebalan lapisan pada 3 titik berbeda

3.6. Analisis Data

Data ketebalan lapisan dianalisis secara statistik deskriptif dengan menghitung nilai rata-rata dan standar deviasi. Hubungan antara waktu pencelupan dan ketebalan lapisan dianalisis menggunakan regresi linear sederhana. Validasi data dilakukan dengan uji replikasi tiga kali pengulangan.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Pencelupan Proses Electroplating

Proses terjadinya pencelupan pada baja ASTM A36 pada hasil benda kerja dalam proses electroplating yang sudah pencelupan pada bak nickel plating dari waktu mulai selama 5 menit, 10 menit sampai 15 menit bahwa proses electroplating untuk campuran pada bak nickel plating dan bak chrome dalam waktu pencelupan benda kerja selama 5 menit menghasilkan bahwa benda kerja tidak menempel, sedangkan untuk proses electroplating untuk campuran pada bak nickel plating dan bak chrome dalam waktu pencelupan benda kerja selama 10 menit bak chrome coating thickness gauge menempel dan proses electroplating untuk campuran pada bak nickel plating dan bak chrome dalam waktu pencelupan benda kerja selama 15 menit menghasilkan bahwa benda kerja tidak menempel.

Tabel 1. Hasil Electroplating

Bak Nickel Plating Waktu Pencelupan Benda Kerja	Bak Chrome Waktu Pencelupan Benda Kerja	Hasil / Visual
5 menit	5 menit	Nikel dan chrome tidak menempel

10 menit	10 menit	0,28mm	Film/coating
15 menit	15 menit	<i>thicknes gauge</i>	
		Chrome	mengelupas
		(kriting)	

Berdasarkan hasil pengujian proses electroplating pada ketiga variasi waktu pencelupan, dapat disimpulkan bahwa waktu pencelupan berpengaruh signifikan terhadap kualitas lapisan. Pada pencelupan 5 menit, lapisan nikel dan krom tidak dapat menempel dengan baik pada benda kerja. Pencelupan 10 menit menghasilkan lapisan optimal dengan ketebalan 0,28 mm yang menempel sempurna pada kedua jenis bak pelapisan. Namun, pencelupan 15 menit justru menyebabkan lapisan mengelupas (kriting) baik pada bak nikel maupun krom. Hasil ini menunjukkan bahwa waktu pencelupan 10 menit merupakan parameter optimal untuk mendapatkan lapisan electroplating yang berkualitas.

Pengukuran ketebalan lapisan dilakukan menggunakan inverted microscope setelah proses electroplating selesai. Prosedur operasional diawali dengan menempatkan mikroskop pada permukaan stabil dan menyambungkan daya listrik. Preparat spesimen diletakkan pada stage untuk kemudian diamati melalui lensa objektif dengan perbesaran rendah yang difokuskan menggunakan tombol coarse dan fine focus. Intensitas cahaya, diafragma, dan kontras diatur untuk memperoleh kejelasan gambar, sementara perbesaran dapat ditingkatkan dengan memutar revolver ke lensa objektif berikutnya. Setelah pengamatan, mikroskop dikembalikan ke pengaturan awal, dimatikan, dan dibersihkan dengan kertas lensa sebelum ditutup untuk penyimpanan.

4.2. Hasil Foto Makro



Data 1: 5 menit

Data 2: 10 menit

Data 3: 15 menit

Gambar 1. Sebelum Pengukuran

Hasil uji ketebalan electroplating pada Gambar 1 menunjukkan kondisi spesimen baja sebelum pengukuran melalui foto mikro, yang berfungsi untuk mengidentifikasi perbedaan visual antar spesimen sebelum dilakukan pengujian lebih lanjut.



Data 1: 5 menit

Data 2: 10 menit

Data 3: 15 menit

Gambar 2. Sesudah Melakukan Pengukuran

Hasil foto mikro pada Gambar 4.6 menampilkan spesimen baja ASTM A36 (dimensi 5 cm × 1,5 cm × 5 mm) setelah pengukuran ketebalan lapisan electroplating dengan variasi waktu pencelupan. Hasil pengukuran menunjukkan peningkatan ketebalan seiring bertambahnya waktu: 9,5 μm (5 menit), 11,3 μm (10 menit), dan 21,7 μm (15 menit), yang mengindikasikan pengaruh signifikan waktu pencelupan terhadap ketebalan lapisan.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Ketebalan Lapisan Elektroplating

Variasi Waktu	Ampere	Hasil Ketebalan
5 Menit	3V	Length: 9,5 μm
10 Menit	3 V	Length: 11,3 μm
15 Menit	3 V	Length: 21,7 μm

Sesuai data yang dipaparkan pada tabel 2 didapatkan hasil dimana spesimen yang memiliki ketebalan lapisan elektroplating terendah terdapat pada spesimen uji waktu perendaman 5 menit sedangkan spesimen yang memiliki ketebalan lapisan elektroplating tertinggi terdapat pada spesimen uji waktu perendaman 15 menit.

4.3. Pembahasan Hasil Penelitian

a. Pembahasan Proses Elektroplating

Penelitian yang telah dilakukan menunjukkan proses elektroplating berhasil dilakukan dengan variasi waktu (5, 10, 15 menit). Sejalan dengan penelitian Lature (2024) yang meneliti dan menyebutkan pelapisan elektroplating yang paling efektif dengan variasi waktu perendaman 10,15 dan 20 menit dan jarak katoda anoda 10,20 dan 30 cm.

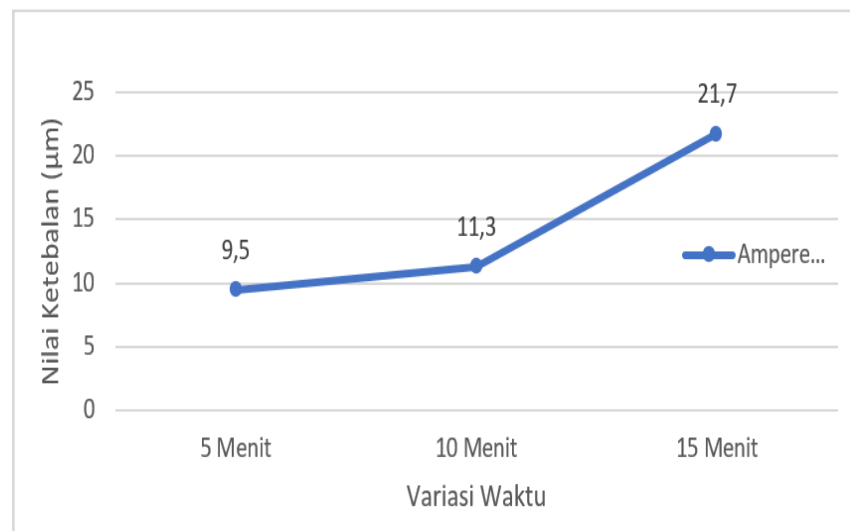
Specimen uji pada penelitian ini menggunakan baja ASTM A36 dipotong, diampelas, dibersihkan, lalu direndam asam sulfat untuk membuka pori-pori. Sejalan dengan penelitian terdahulu oleh Yani (2025) yang meneliti variasi waktu perendaman terhadap laju korosi Baja ASTM A36 menggunakan asam sulfat yaitu didapatkan hasil adanya senyawa H_2SO_4 dapat mempercepat laju korosi dengan tingkat rendah, sesuai dengan tujuan peneliti yaitu untuk membuka pori-pori baja sebelum diteliti.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan larutan elektrolit berupa larutan nikel, chrome, dan tambahan langsol. Serupa dengan penelitian oleh Baskoro (2019) yang meneliti Electroplating Nickel-Chrome Pada metode restorasi klem rem proses ini meliputi pencelupan spesimen dengan larutan nikel selama 30 dan 60 menit, sedangkan proses pencelupan pada bak krom selama 30 detik.

Penelitian yang dilakukan untuk mengukur ketebalan dengan menggunakan milimeter sekrup. Serupa dengan penelitian Atras (2024) proses ini memanfaatkan alat invertet microscope untuk mengukur seberapa jauh spesimen memiliki dimensi tegak lurus terhadap permukaannya. Dalam tahap ini, standar yang diacu adalah BKI bagian 1 Vol X mengenai "Pelaksanaan Standar untuk Pengukuran Ketebalan Konstruksi Lambung". Kriteria ketebalan maksimum sesuai peraturan adalah 250 μm .

b. Pembahasan Proses Pengujian Ketebalan Lapisan Proses Electroplating

Hasil peneltian seperti pada Gambar 3 grafik hasil pengujian ketebalan lapisan menunjukkan ketebalan lapisan meningkat seiring bertambahnya waktu pencelupan. Jarak anoda-katoda yang lebih dekat menghasilkan lapisan lebih tebal. Rentang ketebalan: sekitar 2793–2830 μm . Sejalan dengan penelitian oleh Wijayanto (2022) ketebalan lapisan pada waktu 1 menit sebesar 45,80 μm , 3 menit sebesar 100,23 μm , dan waktu 5 menit sebesar 161,82 μm . Jadi semakin lama waktu pencelupan maka semakin meningkat ketebalan lapisan yang terbentuk. Serupa dengan penelitian terdahulu oleh Lature (2024) Semakin dekat jarak anoda katoda dan semakin lama waktu pelapisan, maka permukaan lapisan semakin tebal. Ini dikarenakan semakin dekat jarak dan semakin lama waktu pelapisan maka akan semakin banyak deposit yang menempel pada permukaan material.



Gambar 3. Grafik Hasil Pengujian Ketebalan Lapisan

Ditinjau dari grafik nilai ketebalan lapisan dengan menggunakan variasi lama waktu 10, 15, dan 5 menit pencelupan electroplating nickel maka bisa disimpulkan bahwa semakin lama waktu pencelupan maka akan semakin tebal lapisan electroplating. Dari data yang di peroleh nilai ketebalan tertinggi terdapat pada 15 menit lama waktu pencelupan dengan nilai kekerasan 17,5 μm sedangkan nilai ketebalan terendah terdapat pada 5 menit lama waktu pencelupan dengan nilai ketebalan 9,5 μm .

c. Pembahasan Hasil Visual Pelapisan

Penelitian yang telah dilakukan menunjukkan hasil visual sebelum pelapisan permukaan baja terlihat berkarat, kasar, dan tidak rata. Setelah pelapisan permukaan tampak mengkilap dan lebih halus. Serupa dengan penelitian oleh Hamid (2025) yang menyebutkan electroplating mengubah struktur permukaan yang terbentuk menjadi lebih padat dan teratur, serta kandungan unsur pelapis meningkat, seperti Disajikan oleh dominasi unsur Zn dan Ni pada hasil EDS. Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap optimalisasi proses electroplating dalam menghasilkan permukaan logam dengan sifat hidrofobik tinggi untuk aplikasi teknik dan industri.

d. Pembahasan Hasil Uji Pengaruh Waktu Pencelupan Proses Electroplating terhadap Ketebalan Permukaan Mildsteel

Penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa ada pengaruh waktu pencelupan pada proses electroplating terhadap ketebalan permukaan mildsteel. Waktu pencelupan 5 menit menunjukkan ketebalan rata-rata $\pm 9,5 \mu\text{m}$. Waktu pencelupan 10 menit menunjukkan ketebalan rata-rata $\pm 11,3 \mu\text{m}$. Waktu pencelupan 15 menit menunjukkan ketebalan rata-rata $\pm 21,7 \mu\text{m}$. Jadi semakin lama waktu pencelupan maka semakin meningkat ketebalan lapisan yang terbentuk.

5. Perbandingan

Penelitian ini berfokus pada optimasi proses hardchrome electroplating dengan mengisolasi pengaruh kuat arus listrik (4, 5, dan 6 A) terhadap ketebalan lapisan pada baja ST 37. Hasilnya mengonfirmasi Hukum Faraday melalui hubungan linear antara arus dan ketebalan, dengan persamaan regresi $y = 0,356x - 0,988$ ($R^2 = 64,4\%$). Temuan kunci menunjukkan bahwa peningkatan arus mempertebal lapisan, namun diikuti dengan gejala penenuhan deposisi pada 6 A. Pendekatan ini menawarkan model prediktif sederhana untuk aplikasi industri guna meningkatkan efisiensi dan konsistensi kualitas pelapisan.

6. Kesimpulan

Proses electroplating pada spesimen baja ASTM A36 dan bahan pelapis nickel- chrome dengan variasi waktu pencelupan 5, 10, 15 menit sudah berhasil dilaksanakan. Hasil electroplating Baja ASTM A36 dengan variasi waktu pencelupan nilai ketebalan tertinggi di dapat pada waktu pencelupan 15 menit dengan nilai ketebalan mencapai 21,7 μm . Sedangkan nilai ketebalan terendah di dapat pada pencelupan 5 menit mendapatkan nilai ketebalan 9,5 μm . Maka dari itu nilai ketebalan yang di hasilkan dari proses electroplating Baja ASTM A36 sangat di pengaruhi hasilnya oleh variasi waktu pencelupan yang ada.

Kontribusi Penulis: Penulis merancang dan melaksanakan seluruh penelitian, mulai dari preparasi spesimen baja ASTM A36, proses electroplating dengan variasi waktu pencelupan (5, 10, 15 menit), hingga pengukuran ketebalan lapisan menggunakan inverted microscope. Hasil penelitian mengidentifikasi waktu optimal 10 menit yang menghasilkan ketebalan lapisan 11,3 μm tanpa defek, memberikan rekomendasi praktis untuk aplikasi industri.

Pendanaan: Penelitian ini dilakukan tanpa menggunakan dana dari sumber eksternal. Seluruh biaya penelitian, termasuk pengadaan bahan, penggunaan alat, dan analisis data, ditanggung secara mandiri oleh penulis. Tidak terdapat konflik kepentingan keuangan yang terkait dengan pelaksanaan atau hasil penelitian ini.

Pernyataan Ketersediaan Data: Data yang mendukung hasil penelitian ini tersedia dari penulis yang bersangkutan atas permintaan yang wajar. Data mentah dari pengujian kekerasan dan pengukuran ketebalan lapisan disimpan secara terorganisir dan dapat diakses untuk tujuan verifikasi atau penelitian lebih lanjut.

Ucapan Terima Kasih: Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Material Sekolah Tinggi Teknologi "Warga" Surakarta yang telah menyediakan fasilitas dan akses untuk Electroplating dan pengujian material. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada rekan-rekan kelompok penelitian yang telah memberikan masukan berharga selama pelaksanaan studi ini.

Konflik Kepentingan: Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan apa pun yang dapat mempengaruhi validitas atau objektivitas hasil penelitian yang dilaporkan dalam karya ilmiah ini. Tidak ada hubungan keuangan, profesional, atau pribadi dengan pihak mana pun yang dapat dianggap sebagai konflik kepentingan dalam pelaksanaan maupun pelaporan penelitian ini.

Referensi

- [1] Aditiya, G. (2021). Pengaruh Variasi Tekanan Kompresor Pada Proses Shot Peening Dan Post Weld Heat Treatment Terhadap Laju Korosi Sambungan Las Pada Baja Karbon Rendah. Repository Ub.
- [2] Anwar, (2023). Analisis Perbandingan Penggunaan Elektroda Rb-26, Dan Lion-26 Terhadap Kekuatan Tarik Baja Lunak St 37," Universitas Negeri Makassar
- [3] Arifin, Jaenal, Helmy Purwanto, And Imam Syafa'at. (2021). Pengaruh Jenis Elektroda Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Smaw Baja Astm A36." Jurnal Momentum Unwahas 13.1 : 114517.
- [4] A. W. Atmojo, (2023) "Pengaruh Waktu Pelapisan Dengan Electroplating Zinc Pada Baja St-41 Terhadap Ketebalan Lapisan," Politeknik Harapan Bersama, 2023. [Online]. Available: [https://Eprints.Poltektegal.Ac.Id/2842/1/Laporan Ta Acc Perpus Aditio Wira Atmojo Baja Ketebalan Lapisan.Pdf](https://Eprints.Poltektegal.Ac.Id/2842/1/Laporan%20Ta%20Acc%20Perpus%20Aditio%20Wira%20Atmojo%20Baja%20Ketebalan%20Lapisan.Pdf)
- [5] Atras, M. Haikal Auzan. (2024). Analisis Pengaruh Coating Polyurethane Dan Electroplating Zinc Terhadap Laju Korosi Baja A36. Jurnal Teknik Perkapalan, 12(4), 1–12.
- [6] Baskoro, B. A. (2019). Analisa Proses Electroplating Nickel-Chrome Pada Metode Restorasi Klem Rem Sepeda Onthel Merk Phoenix Dengan Dua Variasi Waktu. Jurnal Material Dan Proses Manufaktur Vol.Xx, Xxx, 1–12.
- [7] Bki. (2022). Peraturan Untuk Pengelasan. Vol.Vi. Biro Klasifikasi Indonesia.Jakarta.
- [8] Hamid, U. A. (2025). Pengaruh Variasi Waktu Celup Pada Baja Aisi 316 Terhadap Sudut Kontak Hidrofobik Pelapisan Ni-Zn Dan Zn-Ni Dengan Metode Elektroplating. Ums Library, 1–24.
- [9] Lature, E. K. (2024). Pengaruh Variasi Waktu Dan Jarak Katoda Dan Anoda Proses Elektroplating Pelapis Seng Terhadap Baja Karbon Rendah A36. Jurnal Teknik Perkapalan, 13(2), 1–6.
- [10] Prabowo, Alexander Eldo; Rarindo; Hadi, S. S. (2021). Jurnal Ilmiah Teknologi Fst Undana Vol. 15, No. 2, Edisi Nopember 2021 Pengaruh Tegangan Dan Waktu Elektroplating Tembaga Dan Nikel Terhadap Laju Korosi Pada Baja Karbon Rendah. 15(2).
- [11] Sandi, A. P., Ginting Suka, E., & Iman Supriyatna, Y. (2017). Pengaruh Waktu Elektroplating Terhadap Laju Korosi Baja Aisi 1020 Dalam Medium Korosif Nacl 3%. Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika, 05(02), 205–212. <https://Jtaf.Fmipa.Unila.Ac.Id/Index.Php/Jtaf/Article/View/158>

- [12] Wijayanto, T. M. (2022). Studi Pengaruh Waktu Pencelupan Proses Hot Dip Galvanizing Bahan Pelapis Zinc (Zn) Pada Baja Karbon Rendah Terhadap Ketebalan Lapisan, Struktur Mikro, Uji Kekerasan, Dan Laju Korosi.
- [13] Yani, A. (2025). Analisis Korosi Baja Astm A 36 Pengaruh Asam Sulfat Dengan Variasi Waktu Perendaman Di Lingkungan Laut. *Jurnal Teknik Sipil Pertahanan*, 12(1).
- [14] M. S. Chandrasekar and M. Pushpavanam, "Electroplating and Electroless Plating," in *Electrochemical Techniques in Corrosion Engineering*, New York: Springer, 2011, pp. 89-120.
- [15] N. V. Mandich and H. Geduld, "Electroplating," in *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, vol. 9, 5th ed., Hoboken: John Wiley & Sons, 2004, pp. 793-832.
- [16] T. B. Massalski, H. Okamoto, and L. Kacprzak, *Binary Alloy Phase Diagrams*, 2nd ed., Materials Park: ASM International, 1990.
- [17] J. K. Dennis and T. E. Such, *Nickel and Chromium Plating*, 3rd ed., Cambridge: Woodhead Publishing, 1993.
- [18] A. K. Sharma, "Electroplating of Mild Steel: A Review," *Journal of Materials Science & Surface Engineering*, vol. 5, no. 2, pp. 501-508, 2017.
- [19] R. K. Gupta and R. S. Kumar, "Effect of Plating Time on Thickness and Corrosion Resistance of Electrodeposited Nickel Coatings," *International Journal of Electrochemical Science*, vol. 14, pp. 4567-4578, 2019.
- [20] S. H. Lee and Y. H. Kim, "Optimization of Electroplating Parameters for Improved Coating Thickness on Low Carbon Steel," *Materials Today: Proceedings*, vol. 22, pp. 112-118, 2020.
- [21] P. R. Singh and D. K. Basu, "Metallographic Preparation and Thickness Measurement of Electroplated Coatings," *Practical Metallography*, vol. 55, no. 4, pp. 234-245, 2018.
- [22] B. A. Müller and V. A. Oliveira, "Influence of Immersion Time on the Microstructure of Chrome-Plated Mild Steel," *Surface and Coatings Technology*, vol. 385, p. 125432, 2020.
- [23] ASTM B487, "Standard Test Method for Measurement of Metal and Oxide Coating Thickness by Microscopic Examination of a Cross Section," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2020.