

ANALISIS LAJU KOROSI BAJA A36 DENGAN COATING ZINC ANODE DAN ALUMINIUM ANODE PADA PROSES ELEKTROPLATING

Reza Rusma Wardana¹, Unung Lesmanah², Mochammad Basjir³

Jurusan Teknik Mesin¹, Fakultas Teknik², Universitas Islam Malang³

Jalan MT. Haryono 193 Malang 65145

E-mail : rezarusma@gmail.com, ununglesmanah@unisma.ac.id, m.basjir@unisma.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui laju korosi terhadap logam yang bersifat merugikan dimana terjadinya korosi disebabkan terjadinya reaksi kimia antara logam dengan lingkungan korosifnya. Metode yang digunakan yaitu pelapisan pada baja A36 dengan proses *electroplating* dengan pelapisan anoda zinc dan aluminium, dan perendaman benda uji dalam media air laut dengan waktu perendaman selama 168 jam, 336 jam, 504 jam, dan 720 jam. Dari hasil penelitian ini dihasilkan nilai laju korosi terkecil pada pelapisan anoda zinc pada waktu 168 jam sebesar 0,0004 mpy dengan kehilangan berat 0,0007%, sedangkan laju korosi terbesar pada waktu perendaman 720 jam sebesar 0,0008 mpy dengan kehilangan berat 0,06%. Pada pelapisan aluminium laju korosi terkecil pada waktu perendaman 168 jam sebesar 0,0014 mpy dengan kehilangan berat 0,02%, sedangkan laju korosi terbesar pada waktu perendaman 504 jam sebesar 0,0035 mpy dengan kehilangan berat 0,17%.

Kata Kunci : Laju Korosi, *electroplating*, Zinc Anode, Aluminium Anode, Baja A36.

ABSTRACT

This study aims to determine the rate of corrosion of harmful metals where the occurrence of corrosion is caused by a chemical reaction between the metal and its corrosive environment. The method that used is coating on A36 steel by electroplating process with zinc and aluminum anode coating, and also immersion of the test object in seawater media with immersion times for 168 hours, 336 hours, 504 hours, and 720 hours. From the result of this study, the smallest corrosion rate value for zinc anode coating at 168 hours was 0.0004 mpy with a weight loss of 0.0007%, while the largest corrosion rate the time of 720 hours immersion was 0.0008 mpy with a weight loss of 0.06%. In aluminum plating the smallest corrosion rate immersion time of 168 hours was 0.0014 mpy with a weight loss of 0.02%, while the largest corrosion rate at an immersion time of 504 hours was 0.0035 mpy with a weight loss of 0.17%.

Key word : Corrosion Rate, *electroplating*, Zinc Anode, Aluminum Anode, Steel A36.

I. PENDAHULUAN

Logam merupakan bagian dari unsur kimia yang memiliki sifat kuat, liat serta penghantar listrik dan panas. Logam banyak digunakan kehidupan sehari-hari dimana penggunaannya sangat luas. Sifat pada logam yang kuat, tahan terhadap panas serta dapat dibentuk menjadi bahan utama berbagai barang kebutuhan seperti kapal, mobil, kereta api, sepeda motor serta konstruksi bangunan, dan lain-lain sebagainya. Logam juga sangat mudah mengalami korosi, dimana korosi dikenal

merugikan karena bersifat merusak dan membahayakan [1].

Korosi merupakan suatu peristiwa penurunan kualitas yang terjadi pada suatu logam yang disebabkan karena terjadinya reaksi kimia dengan lingkungan sekitar, kerugian yang ditimbulkan oleh korosi sangat besar, seperti jika sebuah konstruksi yang terbuat dari baja rusak karena peristiwa korosi [1]. Berdasarkan segi konstruksi pada lambung kapal sebagai daerah yang pertama kaliterkena air laut sehingga memiliki resiko tinggi terjadinya

korosi pada air laut. Pelindung korosi yang lazim digunakan adalah proses *electroplating*, yaitu upaya pencegahan pada laju korosi [2].

Baja karbon rendah (*low carbon steel/mild steel*) merupakan baja dengan kandungan unsur karbon 0,008% - 0,3% C. setiap satu ton baja karbon rendah mengandung 10-30 kg karbon. Baja karbon ini biasanya dibuat dalam bentuk plat, baja strip, dan baja batang atau profil. Baja karbon rendah memiliki ketangguhan aus yang rendah. Pada umumnya baja ini digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan lambung kapal, pipa gedung, jembatan, bodi mobil, dan lain-lainnya [3].

Electroplating merupakan proses pengendapan zat pada logam dasar (katoda) melalui proses elektrolisa, kemudian dihubungkan dengan arus listrik DC sehingga permukaan anoda melepaskan ion-ion logam yang larut dalam elektrolit dan bermigrasi ke katoda. Faktor yang mempengaruhi kualitas lapisan adalah waktu lapisan, tegangan listrik, besar arus listrik, konsentrasi larutan, dan temperature [4]. Kuat arus memiliki pengaruh yang signifikan dalam peningkatan lapisan yang dihasilkan, semakin tinggi arus listrik maka semakin tebal lapisan yang didapat [5].

Lama waktu yang digunakan maka akan semakin meningkat massa baja serta kadar Zn dan Mn yang mengakibatkan laju korosi semakin menurun. Laju korosi terendah diperoleh pada waktu 50 detik dengan rapat arus 100mA/cm² yaitu sebesar 0,033 mmpy. [6]

Pengaruh jarak antar anoda dan katoda 10 cm, 15 cm, 20 cm, dan dengan dibandingkan pada Al 1100 tanpa proses *electroplating* yang mengalami nilai laju korosi cukup konstan antara ± 0.02 gr - 0.03 gr per 24 jam, pada benda uji dengan proses *electroplating* dengan perendaman 72 jam mengalami kenaikan laju korosi yang signifikan dengan benda uji pada jarak 10 cm ± 0.04 gr - 0.16 gr, pada jarak 15 cm ± 0.02 gr - 0.12 gr, dan pada jarak 20 cm ± 0.03 gr - 0.16 gr. Sedangkan pada 168 jam sampai 264

jam mengalami laju korosi yang konstan antara ± 0.03 gr - 0.04 gr [7].

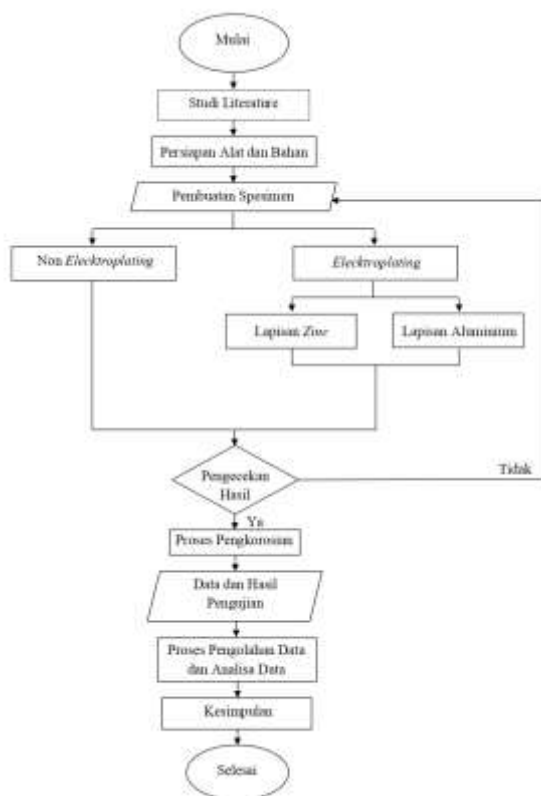
Pengaruh variasi waktu dan tegangan dapat disimpulkan bahwa pada variasi waktu 30 menit dengan tegangan 2 volt yang memiliki nilai laju korosi sebesar 0.01727 mm/y. pada variasi waktu 50 menit dengan tegangan 6 volt memiliki nilai laju korosi paling lambat dibandingkan 30 menit dengan tegangan 2 volt disebabkan tebalnya lapisan yang didapat.

Variasi arus pencelupan terhadap laju korosi pada pelapisan 12 ampere didapat laju korosi terkecil sebesar 37797,99 mpy dibandingkan dengan 3, 6, 9 ampere yang mana masing-masing memiliki laju korosi sebesar 40375,78 mpy pada 3 ampere, 39244,82 mpy pada 6 ampere, dan 38116,55 mpy pada 9 ampere, maka semakin lama pada waktu pencelupan dan kuat arus maka akan semakin kecil nilai laju korosi. [8].

Berdasarkan latar belakang di atas penelitian terdahulu belum ada membahas perbandingan pelapisan zinc anode dan aluminium anode pada penelitian terdahulu, maka dari itu penulis ingin mengetahui bagaimana perbandingan pelapisan zinc anode dan aluminium anode pada baja A36 dengan proses *electroplating*.

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan metode eksperimen (*experimental research*), yaitu suatu cara untuk mencari hubungan sebab akibat antara faktor yang sengaja ditimbulkan oleh peneliti dengan mengeliminasi atau menyisihkan faktor-faktor lain yang mengganggu. Dalam penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisis perbedaan anoda zinc dan aluminium terhadap laju korosi pada baja A36 dengan menggunakan metode pengujian yaitu kehilangan berat (*weight loss*).



Gambar 1. Diagram Alir

- Studi literatur adalah serangkaian kegiatan yang berkenaan dengan metode pengumpulan data pustaka, membaca dan mencatat, serta mengelolah bahan penelitian.
- Mempersiapkan alat dan bahan yang di perlukan dalam penelitian guna dapat menunjang selama penelitian berlangsung.
- Proses dimana pembuatan bentuk benda uji yang mulanya masih berbentuk plat, kemudian di potong sesuai ukuran dan bentuk seperti yang telah ditetapkan.
 - *Non Electroplating* yaitu benda uji yang mulanya plat dan dibentuk menjadi benda uji yang tidak di beri perlakuan/ lapisan.
 - *Electroplating* benda uji yang mulanya plat dan dibentuk menjadi benda uji yang akan di beri perlakuan proses *electroplating* dengan menggunakan lapisan zinc dan aluminium (anoda) dan masing-masing pelapisan benda uji (katoda).

- Setelah pembuatan spesimen benda uji yang tidak diberi perlakuan ataupun yang di beri perlakuan dengan proses *electroplating* maka benda uji akan di cek terlebih dahulu guna mengetahui apakah ada kegagalan dalam peroses pembuatan benda uji pada proes *electroplating* itu sendiri, jikapun ada maka benda uji akan di ulang kembali pada pembuatan spesimen kembali.
- Proses pengkorosian itu sendiri menggunakan media air laut guna didapatkannya laju korosi pada benda uji yang di beri perlakuan proses *electroplating* maupun benda uji yang tidak di beri perlakuan proses *electroplating*.
- Proses pengambilan data dan hasil penelitian akan didapat selama 168 jam, 336 jam, 504 jam, dan 720 jam.
- Proses pengolahan data menggunakan metode kehilangan massa benda uji dan menggunakan analisa data statistic.
- Menyimpulkan penelitian ini dan memberi saran untuk peneliti selanjutnya yang akan meneruskan penelitian terdahulu agar dapat mengembangkan dan dapat di implementasikan di dalam kehidupan sosial, pendidikan, dan di industri masal.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil penelitian laju korosi pada baja A36 dengan pelapisan zinc dan aluminium.

Tabel 1. Rata-rata Nilai Laju Korosi (mpy)

Pelapisan	Rata-rata Laju Korosi (mpy)			
	168 jam	336 jam	504 jam	720 jam
Zinc	0,0004	0,0004	0,0007	0,0008
Aluminium	0,0014	0,0029	0,0035	0,0027
Tanpa Pelapisan	0,0262	0,0248	0,0242	0,0230



Gambar 2. Grafik Perbandingan Nilai Laju Korosi (mpy)

Tabel 2. Rata-rata Kehilangan Berat (%)

Pelapisan	Rata-rata Kehilangan Berat (%)			
	168 jam	336 jam	504 jam	720 jam
Zinc	0.007	0.01	0.04	0.06
Aluminium	0.02	0.1	0.17	0.19
Tanpa Pelapisan	0.4	0.8	1.2	1.6



Gambar 3. Grafik Perbandingan Nilai Kehilangan Berat (%)

Hasil penelitian dengan pelapisan zinc memperlihatkan pada waktu 168 jam kehilangan berat sebesar 0,007% dan memiliki nilai laju korosi sebesar 0,0004 mpy, pada 336 jam memperlihatkan kehilangan berat 0,01% dan memiliki nilai laju korosi sebesar 0,0004 mpy, pada 504 jam memperlihatkan kehilangan berat 0,04% dan memiliki nilai laju korosi sebesar 0,0007 mpy, sedangkan pada 720 jam memperlihatkan kehilangan berat 0,06% dan mempunyai nilai laju korosi sebesar 0,0008 mpy. Pelapisan zinc memiliki reaksi dan komposisi yang sederhana. Namun, pada saat zinc tercoating baja karbon keadaanya menjadi lebih kuat karena terbentuk zinc besi [6]

Hasil penelitian dengan pelapisan aluminium memperlihatkan pada waktu 168 jam kehilangan berat 0,02% dan memiliki nilai laju korosi 0,0014 mpy, pada

336 jam memperlihatkan kehilangan berat 0,1% dan memiliki nilai laju korosi sebesar 0,0029 mpy, pada 504 jam memperlihatkan kehilangan berat 0,17% dan memiliki nilai laju korosi sebesar 0,0035 mpy, sedangkan pada 720 jam memperlihatkan kehilangan berat 0,19% dan mempunyai nilai laju korosi 0,0027 mpy. Pelapisan aluminium memiliki senyawa *amina alifatik* dan *aromatic* yang cenderung menarik ke permukaan logam, sehingga mencegah pelarutan pada logam dan oksidasi pada logam [9].

Dari hasil penelitian dengan tanpa pelapisan memperlihatkan pada waktu 168 jam memiliki kehilangan berat 0,4% dan memiliki nilai laju korosi 0,0262 mpy, pada 336 jam memperlihatkan kehilangan berat 0,8% dan memiliki nilai laju korosi 0,0248 mpy, pada 504 jam memperlihatkan kehilangan berat 1,2% dan memiliki nilai laju korosi 0,0242 mpy, sedangkan pada 720 jam memperlihatkan kehilangan berat 1,6% dan mempunyai nilai laju korosi 0,0230 mpy. Dengan semakin bertambahnya waktu perendaman maka laju korosi cenderung menurun akibat adanya pasivasi pembentukan produk korosi di permukaan [10].

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat dibandingkan nilai laju korosi pada waktu 168 jam paling baik dari penelitian ini adalah pelapisan zinc yaitu 0,0004 mpy dengan kehilangan berat akhir sebesar 0,007%, pada pelapisan aluminium laju korosi sebesar 0,0014 mpy dengan kehilangan berat akhir sebesar 0,02%, sedangkan tanpa pelapisan laju korosi sebesar 0,0262 mpy dengan kenaikan berat akhir sebesar 0,4%. Pada waktu 336 jam pelapisan zinc memiliki nilai laju korosi sebesar 0,0004 mpy dengan kehilangan berat akhir sebesar 0,01%, pada pelapisan aluminium laju korosi sebesar 0,0029 mpy dengan kehilangan berat akhir sebesar 0,1%, sedangkan tanpa pelapisan laju korosi sebesar 0,0248 mpy dengan kehilangan berat akhir sebesar 0,8%. Pada waktu 504 jam pelapisan zinc memiliki nilai laju korosi sebesar 0,0007 mpy dengan kehilangan berat akhir sebesar 0,04%, pada pelapisan

aluminium laju korosi sebesar 0,0035 mpy dengan kehilangan berat akhir sebesar 0,17%, sedangkan tanpa lapisan laju korosi sebesar 0,0242 dengan kehilangan berat akhir 1,2%. Sedangkan pada pelapisan 720 jam pelapisan zinc memiliki nilai laju korosi sebesar 0,0008 mpy dengan kehilangan berat akhir sebesar 0,06%, pelapisan aluminium laju korosi sebesar 0,0027 mpy dengan kehilangan berat akhir sebesar 0,19%, sedangkan tanpa lapisan laju korosi sebesar 0,0230 mpy dengan kehilangan berat akhir sebesar 1,6%.

IV. ANALISIS DATA

Untuk mengetahui perbandingan nilai laju korosi pada pelapisan zinc dan aluminium pada baja A36 setelah proses *electroplating*, maka data hasil pengujian di analisis dengan uji t sebagai berikut :

Tabel 3. Nilai Laju Korosi (mpy)

Pelapisan \ Waktu	Waktu			
	168 jam	336 jam	504 jam	720 jam
Zinc	0,0000	0,0003	0,0006	0,0010
	0,0012	0,0006	0,0008	0,0007
	0,0000	0,0003	0,0008	0,0007
Aluminium	0,0018	0,0030	0,0046	0,0027
	0,0024	0,0027	0,0036	0,0030
	0,0000	0,0030	0,0022	0,0025

Tabel 4. Hasil Data Laju Korosi 168 jam dengan 336 jam

Pelapisan	Jenis	Rata-rata	t hitung	t tabel
Zinc	168 jam	0,0004	0	2,132
	336 jam	0,0004		
Aluminium	168 jam	0,0014	-3,947,39	2,132
	336 jam	0,0029		

Tabel 5. Hasil Data Laju Korosi 168 jam dengan 504 jam

Pelapisan	Jenis	Rata-rata	t hitung	t tabel
Zinc	168 jam	0,0004	-1,764,71	2,132
	504 jam	0,0007		
Aluminium	168 jam	0,0014	-612,24	2,132
	504 jam	0,0035		

Tabel 6. Hasil Data Laju Korosi 168 jam dengan 720 jam

Pelapisan	Jenis	Rata-rata	t hitung	t tabel
Zinc	168 jam	0,0004	-2,352,94	2,132
	720 jam	0,0008		
Aluminium	168 jam	0,0014	-4,814,81	2,132
	720 jam	0,0027		

Tabel 7. Hasil Laju Korosi 336 jam dengan 504 jam

Pelapisan	Jenis	Rata-rata	t hitung	t tabel
Zinc	336 jam	0,0004	-20,000	2,132
	720 jam	0,0008		
Aluminium	336 jam	0,0029	-43,333,33	2,132
	720 jam	0,0027		

Tabel 8. Hasil Laju Korosi 336 jam dengan 720 jam

Pelapisan	Jenis	Rata-rata	t hitung	t tabel
Zinc	336 jam	0,0004	-5,000	2,132
	504 jam	0,0007		
Aluminium	336 jam	0,0029	-4,285,71	2,132
	504 jam	0,0035		

Tabel 9. Hasil Laju Korosi 504 jam dengan 720 jam

Pelapisan	Jenis	Rata-rata	t hitung	t tabel
Zinc	504 jam	0,0007	-106,38	2,132
	720 jam	0,0008		
Aluminium	504 jam	0,0035	1,111,11	2,132
	720 jam	0,0027		

Untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan rata-rata antara pelapisan zinc dan aluminium dan variasi waktu pengkorosian pada baja A36 setelah proses *electroplating*, maka data hasil pengujian di uji dengan anova dua arah sebagai berikut :

Tabel 10. Nilai Rata-rata Laju Korosi Anova Dua Arah

Pelapisan \ Waktu	Waktu				Jumlah
	168 jam	336 jam	504 jam	720 jam	
Zinc	0,0000	0,0003	0,0006	0,0010	T ₁ 0,0070
	0,0012	0,0006	0,0008	0,0007	
	0,0000	0,0003	0,0008	0,0007	
Aluminium	0,0018	0,0030	0,0046	0,0027	T ₂ 0,0315
	0,0024	0,0027	0,0036	0,0030	
	0,0000	0,0030	0,0022	0,0025	
Jumlah	T ₁ 0,0054	T ₂ 0,0099	T ₃ 0,0126	T ₄ 0,0086	T 0,0750

Tabel 10. Hasil Data Uji Anova Dua Arah

Sumber variasi	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Rata-rata kuadrat	F Ratio
Baris SSR	-14,700	J-1 2-1= (1)	$\frac{-14,700}{1} = -14,700$	$\frac{-17,7}{36,18} = -0,30$
Kolom SSC	-17,400	K-1 4-1= (3)	$\frac{-17,400}{3} = -5,8$	$\frac{-5,8}{36,18} = -0,97$
Interaksi SS1	-17,630	(J-1)(K-1) (1 x 3) = (3)	$\frac{-17,630}{3} = -5,88$	$\frac{-5,88}{36,18} = -0,10$
Error SSE	-930,900	JK(n-1) 8 (3-1) = (16)	$\frac{-930,900}{16} = -58,18$	
Total T		N-1 (23)		

Untuk mengetahui perbedaan rata-rata nilai laju korosi pada material penujian, maka data pengujian dianalisis dengan anova satu arah [11], yaitu :

Tabel 11. Nilai rata-rata laju korosi pada Baja A36 dengan proses electroplating

Pelapisan Senda Uji	Zinc	Aluminium	Tanpa Pelapisan
1	0,0019	0,0027	0,1146
2	0,0033	0,0117	0,0795
3	0,0018	0,0077	0,1003
$\bar{x}$	0,0070	0,0221	0,2944
$\bar{p}_j$	0,0023	0,0074	0,0981
$\bar{R}$	0,0359		

Tabel 12. Hasil Analisis Anova satu arah

	Df	Mean Square	F _{hitung}	Sig
Between Groups	2	0,003957255	35,7	,05
Within Groups	6	0,000110855		
Total	8			

V. KESIMPULAN

Didapatkannya nilai laju korosi pada zinc dengan waktu 168 jam sebesar 0,0004 mpy dengan kehilangan berat 0,007%, pada pelapisan aluminium mengalami laju korosi sebesar 0,0014 mpy dengan kehilangan berat 0,02%. Pada pelapisan zinc memiliki kenaikan laju korosi tertinggi pada waktu 720 jam dengan laju korosi 0,0008 mpy dengan kehilangan berat 0,06%, sedangkan pada pelapisan aluminium pada waktu 504 jam laju korosi tertinggi yang di dapatkan sebesar 0,0035 mpy dengan kehilangan berat 0,17%.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Miranda, "Analisis Laju Korosi Pada Logam Melalui Proses Dipcoating Larutan Elektrolit," *J. Hadron*, vol. 2,

no. 01, pp. 29–33, 2020.

- [2] S. Prasetyo, U. Budiarto, and W. Amiruddin, "Analisa Laju Korosi Pada Material Aluminium 5083 Menggunakan Media Air Laut Sebagai Aplikasi Bahan Lambung Kapal," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 7, no. 4, pp. 161–167, 2019, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval/article/view/24482>.
- [3] W. K. Sabyantoro, H. Purwanto, and M. Dzulfikar, "Analisis Laju Korosi Dengan Aliran Media Korosi Hcl 10% Pada Material Baja Astm a36 Dengan Sudut Bending," *J. Ilm. Momentum*, vol. 15, no. 1, pp. 51–57, 2019, doi: 10.36499/jim.v15i1.2661.
- [4] J. Jayanudin, A. Suhendi, J. Uyun, and A. H. Supriatna, "Pengaruh Suhu Pirolisis Dan Ukuran Tempurung Kelapa Terhadap Rendemen Dan Karakteristik Asap Cair Sebagai Pengawet Alami," *Tek. J. Sains dan Teknol.*, vol. 8, no. 1, p. 46, 2012, doi: 10.36055/tjst.v9i1.6686.
- [5] S. E. Susilowati and J. M. Simbolon, "Analisa Laju Korosi Plat a36 Untuk Deck Floatin G Dock Venture 3 Dengan Perlindungan Zinc Anode Dan Arus Dc Serta Zinc Anode Tanpa Menggunakan Arus Dc," *J. Kaji. Tek. Mesin*, vol. 4, no. 2, pp. 108–115, 2019, doi: 10.52447/jktm.v4i2.1814.
- [6] A. Setiawan and A. K. Dewi, "Korosi Baja Karbon Tercoating Zinc Fosfat Pada Media Asam Sulfat," *J. Teknol.*, vol. 11, no. 1, pp. 57–66, 2019.
- [7] R. Djunaidi, S. Zahara, and H. Yakub, "Analisa Pengaruh Jarak Katoda Dan Anoda Dalam Proses Elektroplating Aluminium Terhadap Laju Korosi," *Tek. J. Tek.*, vol. 4, no. 2, p. 145, 2018, doi: 10.35449/teknika.v4i2.70.
- [8] M. S. Fadly, M. Iqbal, and R. Magga., "Efek Variasi Arus Dan Waktu Pencelupan Pada Proses Electroplating Plat Baja Komersil Terhadap Ketebalan Lapisan Dan Laju Korosi," vol. 10, no. 1, pp. 906–917, 2019.
- [9] A. S. Sanjaya, H. L. Novianti, and O. A. Fadilah, "Penurunan Laju Korosi

- Logam Aluminium Menggunakan Inhibitor Alami Decreasing the Corrosion Rate of Aluminum Metals Using Natural Inhibitors,” vol. 02, no. 1, pp. 30–35, 2018.
- [10] E. Febriyanti, A. Suhadi, and J. Wahyuady, “Pengaruh Waktu Perendaman dan Penambahan Konsentrasi NaCl (PPM) terhadap Laju Korosi Baja Laterit,” *SINTEK J. J. ...*, vol. 11, no. 2, pp. 79–87, 2017, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/sintek/article/view/2092>.
- [11] U. Lesmanah, E. Marsyahyo, and P. Vitasari, “Optimasi Sifat Mekanis Kekuatan Tarik Baja St 50 Dengan Perlakuan Gas Carburizing Variasi Holding Time Untuk Peningkatan Mutu Baja,” *J. Mek.*, vol. 4, no. 2, pp. 366–375, 2013.