

Karakterisasi Tebal Lapisan Dan Ketahanan Korosi *Mild Steel* SS400 JIS G3101 Dengan Metode Elektroplating Ni-Cr

Adi Aprians Pakanna¹⁾, Hendro Maxwell Sumual²⁾, Moh Fikri Pomalingo³⁾,
Zuldesmi Mansjur⁴⁾

^{1),2),3),4)}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Manado

E-mail: adiaprianspakanna@gmail.com

Abstrak

Mild steel merupakan baja dengan konsentrasi unsur karbon dibawah 0,3%. Dalam penggunaannya sebagai material tangki penyimpanan minyak pada truk transportir BBM terdapat permasalahan yaitu ketahanannya terhadap korosi pada BBM. Senyawa sulfur pada BBM memiliki peran dalam pembentukan korosi. Sekarang ini metode pelapisan elektroplating Ni-Cr sangat banyak digunakan sebagai upaya pengendalian laju korosi baja karbon. Penggunaan Ni-Cr sebagai anoda diandalkan sebagai zat yang tahan terhadap korosi. Maka, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi bagaimana ketebalan lapisan mempengaruhi tingkat korosi pada mild steel SS400 berdasarkan variasi arus dan durasi proses elektroplating. Dalam penelitian ini menggunakan *mild steel* SS400 JIS G3101 dengan metode pelapisan secara listrik (elektroplating) memvariasikan arus listrik 1A, 2A dan 3A, serta waktu elektroplating 10 menit, 20 menit dan 30 menit. Parameter pengujian dari hasil elektroplating yaitu uji ketebalan lapisan aktual, uji ketebalan teoritis dan uji laju korosi. Pengolahan data dianalisis menggunakan analisis varian dua arah. Ketebalan lapisan meningkat seiring bertambahnya arus listrik dan lamanya waktu elektroplating Ni-Cr. Nilai ketebalan tertinggi sebesar 102,34 μm menggunakan mikroskop digital sedangkan untuk pengujian secara teoritis sebesar 98,33 μm , keduanya didapatkan pada variasi arus 3A dan waktu elektroplating 30 menit. Tren nilai laju korosi akan menurun seiring bertambahnya arus listrik dan lamanya waktu elektroplating dengan nilai terendah sebesar 0,003359 mmpy pada variasi arus listrik 3A dan waktu elektroplating 30 menit. Untuk nilai optimal dengan laju korosi terendah pada *mild steel* SS400 JIS G3101 sebagai material tangki penampungan minyak pada truk transportir BBM didapatkan dengan penggunaan arus 3A dan waktu elektroplating Ni-Cr 30 menit.

Kata Kunci: arus dan waktu, elektroplating Ni-Cr, ketebalan, korosi, SS400

Abstract

Mild steel is steel with a concentration of carbon element below 0.3%. In its use as an oil storage tank material on fuel transport trucks, there is a problem, namely its resistance to corrosion in fuel. Sulfur compounds in fuel have a role in the formation of corrosion. Currently, the Ni-Cr electroplating coating method is very widely used as an effort to control the corrosion rate of carbon steel. The use of Ni-Cr as an anode is relied upon as a substance resistant to corrosion. Therefore, the purpose of this study was to identify how layer thickness affects corrosion levels in SS400 mild steel based on current variations and duration of the electroplating process. In this study using mild steel SS400 JIS G3101 with electroplating method (electroplating) varying the electric current 1A, 2A and 3A, as well as electroplating time of 10 minutes, 20 minutes and 30 minutes. The test

parameters of the electroplating results are the actual layer thickness test, theoretical thickness test and corrosion rate test. Data processing was analyzed using two-way variance analysis. The thickness of the layer increases with increasing electric current and the length of time of Ni-Cr electroplating. The highest thickness value of 102.34 μm using a digital microscope while for theoretical testing of 98.33 μm , both were obtained at a current variation of 3A and an electroplating time of 30 minutes. The trend of corrosion rate value will decrease with the increase in electric current and the length of electroplating time with the lowest value of 0.003359 mmpy at a variation of electric current 3A and electroplating time of 30 minutes. For optimal values with the lowest corrosion rate on mild steel SS400 JIS G3101 as an oil storage tank material on fuel transport trucks, it is obtained by using a current of 3A and an electroplating time of 30 minutes Ni-Cr.

Keywords: current and time, Ni-Cr electroplating, thickness, corrosion, SS400

1. PENDAHULUAN

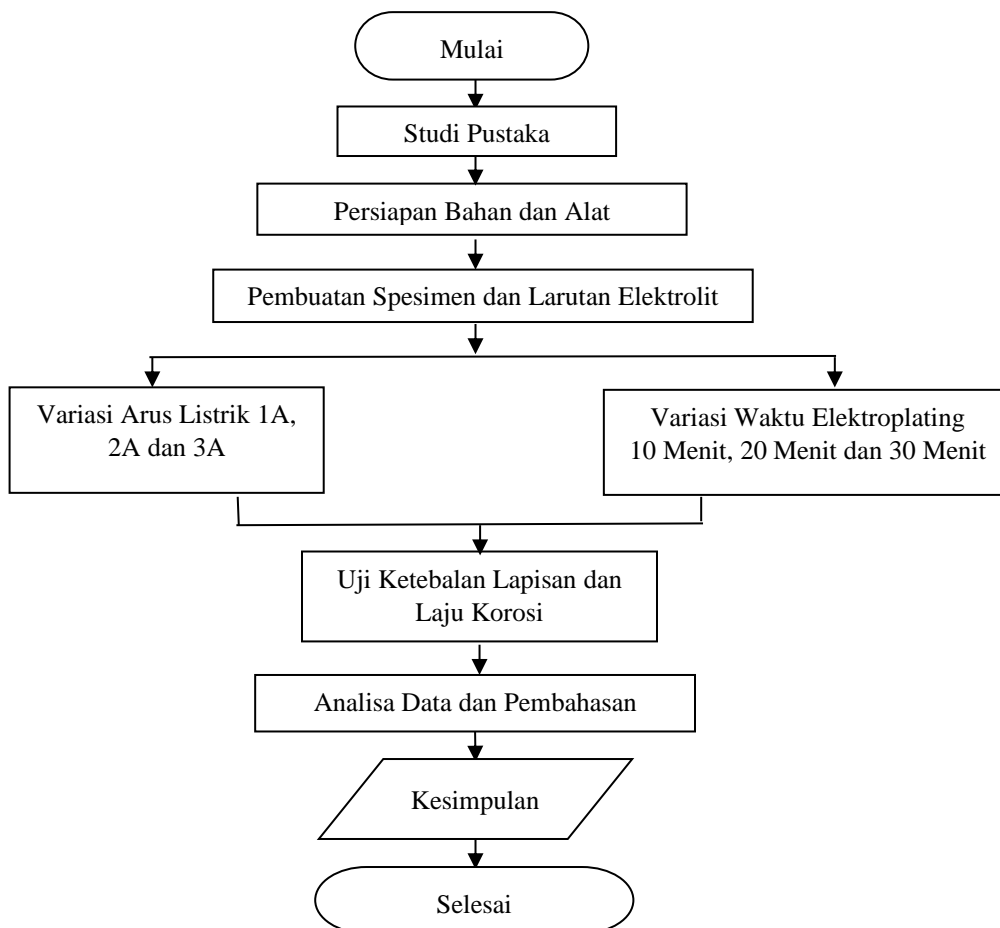
Mild steel merupakan baja dengan konsentrasi unsur karbon dibawah 0,3%. *Mild steel* sering dipakai dalam industri konstruksi karena dianggap sebagai opsi ekonomis dibandingkan dengan paduan yang lebih mahal dan tahan terhadap korosi[1]. Salah satu contoh penggunaan *mild steel* pada konstruksi industri yaitu sebagai material tangki penyimpanan minyak dan gas pada truk transportir BBM. Penggunaannya didukung oleh sifat mekanik dalam hal ini, memiliki ketangguhan dan keuletan yang luar biasa dan juga memiliki sifat mudah ditempa, mudah dimesin dan mudah di las[2]. Dalam penggunaannya sebagai material tangki penyimpanan minyak pada truk transportir BBM terdapat permasalahan yaitu ketahanan nya terhadap korosi pada BBM. Senyawa sulfur yang ada dalam produk minyak bumi memiliki sifat korosif yang mampu mengakibatkan kerusakan pada karakteristik logam[3].

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa biodiesel dapat mempercepat korosi pada baja karbon yang digunakan dalam pembuatan pipa, tangki penyimpanan dan komponen infrastruktur bahan bakar lainnya[4]. Korosi dapat dikendalikan dengan berbagai cara seperti desain yang baik, pemilihan material, proteksi katodik, inhibitor, pengkondisian lingkungan dan pelapisan[5]. Pada saat-saat sekarang ini metode pelapisan elektroplating Ni-Cr sangat banyak digunakan sebagai upaya pengendalian laju korosi pada baja karbon. [6] Nugraha *et al*, (2021) berasumsi bahwa nikel dapat menahan berbagai zat korosif dan juga menambahkan logam

kromium pada baja karbon, baja akan memiliki tingkat ketahanan korosi dan aus yang tinggi. Secara umum ketebalan pelapisan bertambah berbanding lurus dengan waktu dan arus pelapisan[7]. Belum banyak yang meneliti mengenai pengaruh variasi arus listrik dan waktu elektroplating terhadap ketebalan lapisan dan laju korosi *mild steel* SS400 dalam proses elektroplating Ni-Cr sebagai material utama konstruksi tangki penyimpanan BBM pada truk transportir. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan variasi arus dan waktu elektroplating terhadap tebal lapisan dan laju korosi *mild steel* SS400.

2. METODE PENELITIAN

a. Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. diagram alir penelitian

b. Bahan dan Alat yang Digunakan

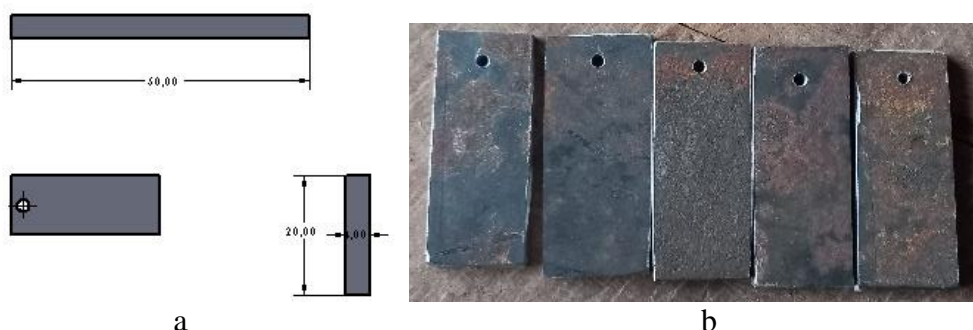
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: plat *mild steel* SS400, aquades, NiSO₄ (nikel sulfat) 250 gr/l, NiCl (nikel klorida) 50 gr/l, H₃BO₃ (asam

borak) 40 gr/l, CrO_3 (asam kromat) 250 gr/l, H_2SO_4 (asam sulfat) 2,5 ml/l, biosolar, anoda nikel, anoda timbal dan amplas (grid 100,200,400,600, 1000 dan 2000).

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: *beaker glass*, *stopwatch*, kabel jepit buaya, *power supply DC*, kamera, neraca analitik, *magnetic stirrer hot plate*, gerinda tangan, sigmat, *thermometer*, dan aerator. Untuk alat pengujian hasil elektroplating yaitu mikroskop digital HRX-01.

c. Preparasi Spesimen

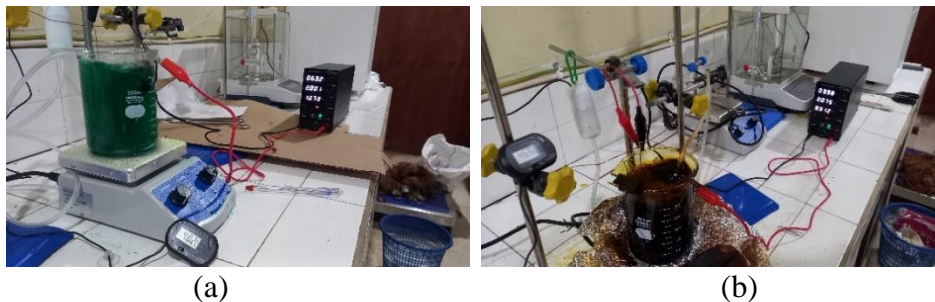
Tahapan preparasi spesimen meliputi; (1) fabrikasi spesimen dengan dimensi 50 mm x 20 mm x 4 mm, (2) setelah itu penghalusan permukaan spesimen yang dilapisi disebut *butting*, dalam tahap penghalusan ini digunakan kertas amplas dengan grid 100, 200, 600, 1000 dan 2000, (3) lalu pembersihan spesimen dari kotoran, minyak, atau lemak disebut *degrading* menggunakan larutan NaOH (air sabun) sebagai *metacleaner* dilakukan dalam wadah yang berisi larutan NaOH yang dipanaskan selama 30-60 menit pada suhu 60-70 °C dengan konsentrasi larutan 20 gr/liter, (4) setelah tahap *degrading*, dilakukan pembilasan dengan aquades, (5) tahap selanjutnya pembukaan pori-pori disebut *etching* menggunakan larutan asam sulfat (H_2SO_4 10%) untuk memaksimalkan proses pelekatan anoda ke permukaan spesimen (katoda) dilakukan selama 3-5 menit. (6) setelah itu dilakukan pembilasan dengan aquades di tiga tempat yang berbeda. Berikut dimensi spesimen yang dipakai dalam penelitian ini.



Gambar 2. a. Dimensi Spesimen dan b. Spesimen

d. Proses Elektroplating

Larutan nikel plating yang digunakan dalam penelitian ini jenis larutan *Watt's*[8] sedangkan untuk larutan kromium plating menggunakan jenis *Chromic Acid Sulfuric Acid*[8]. Proses elektroplating meliputi; (1) alat dan bahan yang hendak digunakan dipersiapkan, (2) panaskan aquades dalam wadah elektroplating dengan suhu kisaran 40°C-50°C, (3) campuran larutan elektrolit dimasukkan ke dalam wadah elektroplating yang telah dipanaskan, (3) setelah semua rangkaian kelistrikan dan peralatan dipasang lalu gantungkan spesimen sesuai posisi yang ada, (4) Kemudian anoda (+) pada larutan elektrolit dan katoda (-) pada spesimen dihubungkan ke *power supply*, (5) lalu parameter yang dibutuhkan baik arus, suhu dan juga waktu diatur sesuai dengan variasi yang ada untuk memperoleh data sesuai tujuan penelitian, (6) lalu *power supply DC* dihidupkan.



Gambar 3. Rangkaian Proses Elektroplating, (a) Nikel Plating. (b) Kromium Plating

e. Pengujian Ketebalan Lapisan

Pengujian ketebalan lapisan ini dimaksudkan untuk mengukur tebal lapisan dari spesimen yang telah dilakukan elektroplating. Pengujian dilakukan dengan 2 cara yaitu dengan menggunakan mikroskop digital dan secara teoritis.

Adapun pengujian menggunakan mikroskop digital ialah; (1) tahap awal dilakukan proses *degreding* agar bersih dari kotoran yang melekat pada spesimen, (2) spesimen dipotong sepanjang 5 mm dari ukuran asli 50 mm, (3) kemudian diampelas dibagian yang terpotong dengan grid 100, 200, 600, 1000 dan 2000, (4) lalu spesimen diletakkan diatas meja kerja mikroskop dengan perbesaran lensa 400x dan gambar batas lapisan dengan substrat diambil dan dicatat hasil pengukurannya.

Untuk pengujian ketebalan lapisan secara teoritis digunakan persamaan 1:

$$A = 2\{(p.l) + (l.t) + (p.t)\} \quad (1)$$

Dimana A adalah luas permukaan (cm²) spesimen, p adalah panjang (cm), l

adalah lebar (cm) dan t tebal spesimen (cm). Lalu mencari massa logam yang diendapkan dengan persamaan 2:

$$W = \frac{I t e}{F} \quad (2)$$

Dimana W adalah massa logam yang diendapkan (g), e adalah massa ekuivalen zat pelapis (g/mol), I adalah arus listrik (A), t adalah waktu (detik) dan F adalah bilangan faraday (coulomb). Setelah mendapatkan massa logam yang diendapkan selanjutnya menghitung tebal lapisan dengan persamaan 3:

$$T = \frac{W}{A \times \rho} \quad (3)$$

Dimana T adalah tebal lapisan (μm), W adalah massa logam yang diendapkan (g), A adalah luas permukaan (cm^2) dan ρ adalah massa jenis spesimen (g/cm^3).

f. Pengujian Laju Korosi

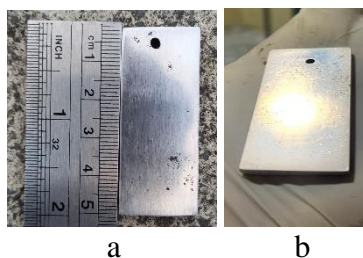
Spesimen yang telah direndam pada biosolar selama 50 hari kemudian dihitung laju korosinya dengan metode kehilangan berat (*Weight Loss*) yang mengacu pada ASTM G31-72 dengan persamaan 4:

$$CR (mmpy) = \frac{W \times K}{D \cdot A \cdot t} \quad (4)$$

Dimana CR adalah *corrosion rate*/ laju korosi (mmpy), W adalah selisih berat awal dan akhir spesimen (g), K adalah konstanta faktor satuan mmpy, D adalah massa jenis/densitas (g/cm^3), A adalah luas permukaan spesimen (cm^2) dan t adalah waktu perendaman (jam).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Tampak Fisik Spesimen

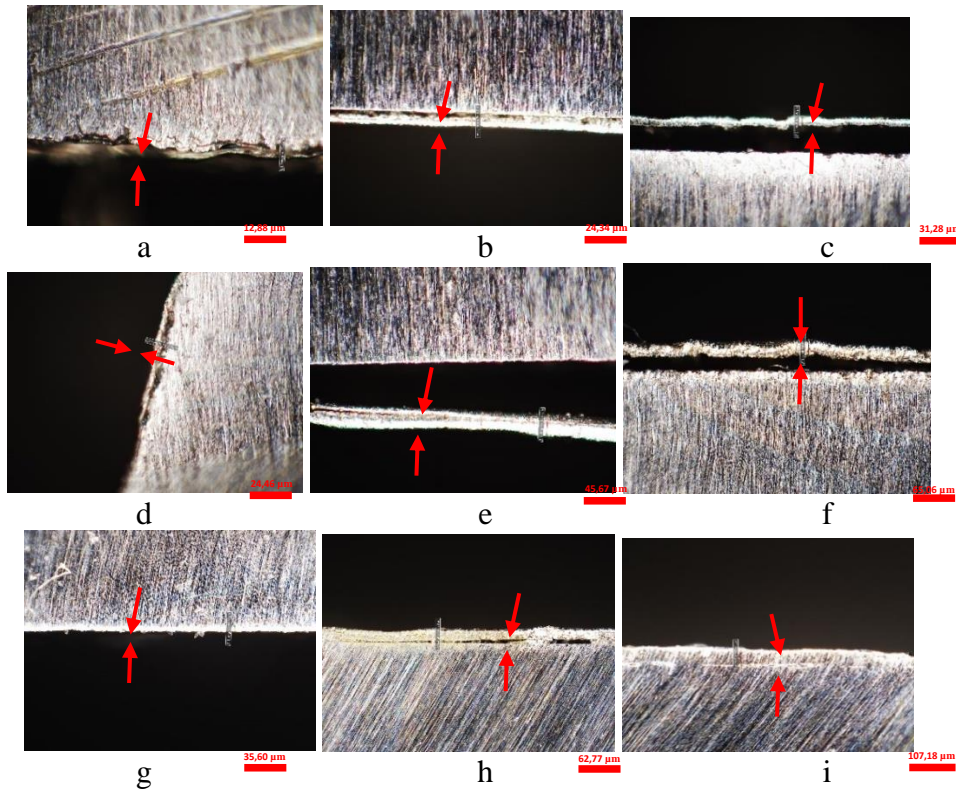


Gambar 4. a. spesimen sebelum elektroplating b. spesimen sesudah elektroplating

Berdasarkan Gambar 4 melalui pengamatan visual terlihat permukaan spesimen telah terlapisi ditandai dengan warna silver yang mengkilap akibat deposit logam nikel dan kromium.

b. Hasil Pengujian Ketebalan Lapisan Aktual

Dari hasil pengamatan menggunakan mikroskop digital didapatkan nilai ketebalan lapisan yang terdeposit dengan batas substrat, untuk hasil dapat dilihat melalui Gambar 5.



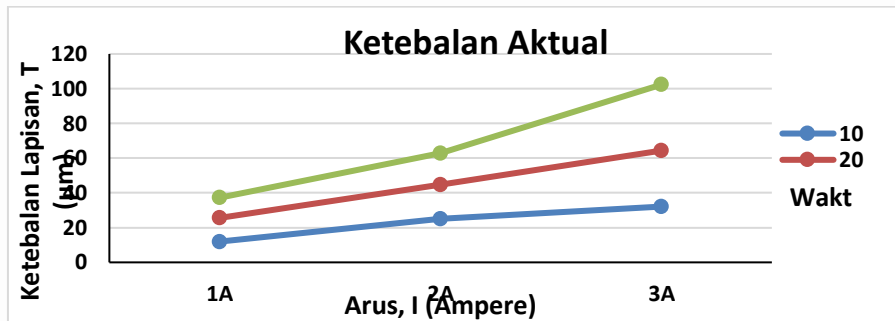
Gambar 5. hasil foto ketebalan lapisan (a) Arus 1A dan waktu 10 menit, (b) Arus 1A dan waktu 20 menit, (c) Arus 1A dan waktu 30 menit, (d) Arus 2A dan waktu 10 menit), (e) Arus 2A dan waktu 20 menit, (f). Arus 2A dan waktu 30 menit, (g) Arus 3A dan waktu 10 menit, (h) Arus 3A dan waktu 20 menit, (i) Arus 3A dan waktu 30 menit.

Hasil nilai ketebalan lapisan spesimen yang dilakukan elektroplating Ni-Cr berdasarkan variasi arus listrik dan waktu elektroplating seperti melalui Tabel 1.

Tabel 1. hasil pengujian ketebalan lapisan aktual menggunakan mikroskop digital

Spesimen	Rata-rata Ketebalan Lapisan (µm)	Standar Deviasi
A (A1,A2,A3)	11,97	0,77
B (B1,B2,B3)	24,95	0,31
C (C1,C2,C3)	32,12	0,15
D (D1,D2,D3)	25,6	1,23

E (E1,E2,E3)	44,85	0,6
F (F1,F2,F3)	64,34	1,43
G (G1,G2,G3)	37,25	1,3
H (H1,H2,H3)	62,9	1,08
I (I1,I2,I3)	102,34	3,88



Gambar 6. grafik hubungan antara variasi arus listrik dan variasi waktu elektroplating terhadap ketebalan lapisan dengan pengujian menggunakan mikroskop digital.

Dari Gambar 6 dilihat bahwa variasi arus listrik dan waktu elektroplating mempengaruhi ketebalan lapisan. Dari tebal lapisan aktual didapatkan pada arus 1A dengan waktu 10 menit pencelupan ketebalan sebesar 11,97 μm , kemudian ketebalan meningkat menjadi 24,95 μm ketika diwaktu elektroplating 20 menit dengan arus yang sama dan sama halnya yang terjadi pada waktu 30 menit dengan arus yang sama ketebalan meningkat sebesar 32,12 μm . Sedangkan pada arus 2A dan berturut-turut di waktu elektroplating 10 menit, 20 menit dan 30 menit ketebalan lapisan yang dihasilkan yaitu 25,60 μm , 44,85 μm dan 64,34 μm . Serta pada variasi arus 3A dan waktu 10 menit, 20 menit dan 30 menit ketebalan lapisan juga meningkat secara signifikan dengan nilai 37,25 μm , 62,90 μm dan 102,34 μm .

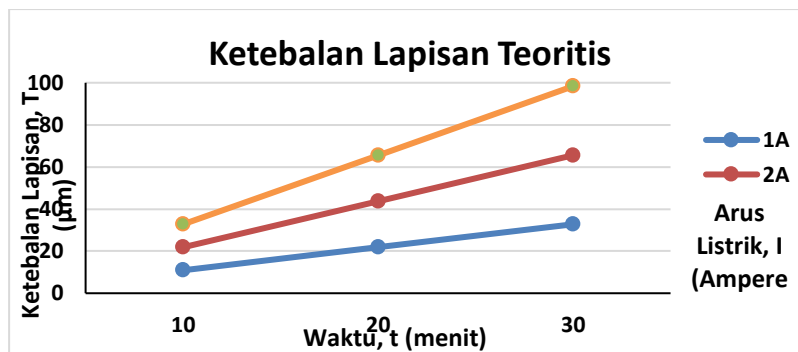
Dari hasil pengamatan grafik Gambar 6 menunjukkan bahwa pemakaian arus listrik yang tinggi dan lama waktu elektroplating berpengaruh pada pelepasan ion pada anoda. Dengan meningkatnya arus listrik yang diterapkan dan durasi elektroplating yang lebih lama maka ketebalan lapisan juga akan semakin meningkat, seiring dengan penambahan massa zat pelapis pada katoda[9][10].

c. Hasil Pengujian Ketebalan Lapisan Secara Teoritis

Dari hasil pengujian dengan menggunakan persamaan 1, 2 dan 3 maka didapatkan hasil ketebalan lapisan secara teoritis ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Ketebalan Lapisan Secara Teoritis.

Spesimen	Tebal Teoritis (µm)
A	10,91
B	21,84
C	32,77
D	21,84
E	43,69
F	65,55
G	32,77
H	65,55
I	98,33



Gambar 7. grafik hubungan antara variasi waktu elektroplating dan variasi kuat arus listrik terhadap ketebalan lapisan dengan pengujian secara teoritis.

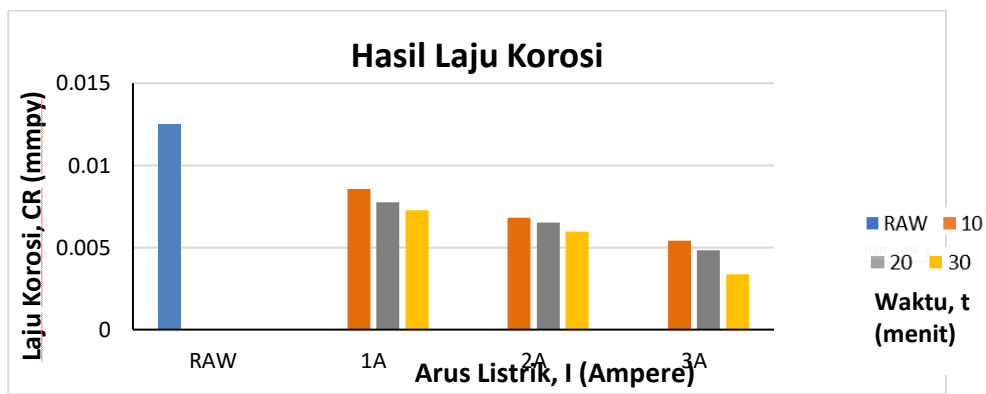
Dari gambar 7 memperlihatkan pengaruh variasi arus listrik dan waktu elektroplating mempengaruhi ketebalan lapisan yang dimana sesuai dengan basis pemahaman elektroplating yaitu hukum faraday[8]. Dengan hasil yang didapatkan melalui persamaan 1, 2 dan 3, maka dapat disimpulkan hasil pengujian ketebalan lapisan aktual pada Tabel 1 dan pengujian ketebalan teoritis Tabel 2 sejalan berbanding lurus.

d. Hasil Pengujian Laju Korosi

Pengujian laju korosi pada penelitian ini menggunakan metode weight loss dengan mencari selisih berat spesimen sebelum dan sesudah perendaman dengan persamaan 4, dan hasil yang didapatkan ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Laju Korosi

Spesimen	Rata-rata Laju Korosi (mmpy)	Standar Deviasi
Raw	0,012507	-
A (A1,A2,A3)	0,008565	0,0004560
B (B1,B2,B3)	0,007740	0,0002044
C (C1,C2,C3)	0,007256	0,0003171
D (D1,D2,D3)	0,006815	0,0000205
E (E1,E2,E3)	0,006505	0,0002705
F (F1,F2,F3)	0,005957	0,0001094
G (G1,G2,G3)	0,005399	0,0000832
H (H1,H2,H3)	0,004817	0,0003412
I (I1,I2,I3)	0,003359	0,0006517



Gambar 8. grafik hubungan kuat arus listrik dan waktu elektroplating terhadap laju korosi baja SS400.

Pada spesimen mentah (RAW) nilai laju korosi didapatkan 0,012507 mmpy, sedangkan spesimen dengan variasi arus 1A dan waktu 10 menit, 20 menit dan 30 menit terlihat perubahan nilai laju korosi yang cukup signifikan dengan nilai laju korosi sebesar 0,0085665 mmpy, 0,00774 mmpy dan 0,007256 mmpy. Sedangkan pada arus 2A dan berturut-turut di waktu elektroplating 10 menit, 20 menit dan 30 menit laju korosi yang dihasilkan yaitu 0,006814 mmpy, 0,006504 mmpy dan 0,005956 mmpy. Serta pada variasi arus 3A dan waktu 10 menit, 20 menit dan 30 menit laju korosi juga menurun secara signifikan dengan nilai 0,005398 mmpy, 0,004817 mmpy dan 0,003358 mmpy.

Dari grafik juga dapat diperhatikan bahwa semakin besar kuat arus listrik yang diberikan dan semakin lama waktu elektroplating akan mempengaruhi nilai laju korosi dari logam yang diberi perlakuan elektroplating.

Sama halnya dengan penelitian yang dilakukan Mustopa *et al.*, (2022) mereka menemukan semakin tinggi kuat arus dan semakin lama proses pencelupan, nilai laju korosi akan menurun[11].

e. Tingkat Ketahanan Korosi

Berikut merupakan tabel tingkat ketahanan korosi berdasarkan laju korosi suatu material.

Tabel 4. tingkat ketahanan korosi berdasarkan laju korosi

Ketahanan Korosi Relatif	Laju Korosi				
	m/yr	mm/yr	$\mu\text{m/yr}$	mm/d	pm/s
Sangat Baik	<1	<0,02	<25	<2	<1
Baik	1-5	0,02-0,1	25-100	2-10	1-5
Cukup	5-20	0,1-0,5	100-500	10-50	5-20
Kurang	20-50	0,5-1	500-1000	50-100	20-50
Buruk	50-200	1-5	1000-5000	150-500	50-200
Sangat Buruk	200+	5+	5000+	500+	200+

Berdasarkan Tingkat ketahanan korosi menurut Fontana, (1986) pada Tabel 4, maka hasil perlakuan elektroplating dengan memvariasikan arus listrik dan waktu elektroplating masuk dalam kategori sangat baik (<0,02 mm/yr) dan memperpanjang *life time* material. Fenomena diatas terjadi dikarenakan lapisan pelindung (Ni-Cr) yang terbentuk setelah proses elektroplating berfungsi sebagai penghalang antara material baja karbon rendah dengan lingkungan yang menyebabkan laju korosi. Ini mengurangi kontak langsung antara logam dasar dan agen korosif seperti *case* yang diangkat yaitu BBM jenis biosolar. Oleh karena itu perlu nya perlakuan tambahan pada material yang memiliki ketahanan korosi rendah. Material dengan laju korosi rendah pada data diatas ditunjukkan pada spesimen I dan H.

4. SIMPULAN

Semakin tinggi variasi arus yang digunakan pada proses elektroplating Ni-Cr pada *mild steel* SS400 JIS G3101 maka ketebalan lapisan akan semakin meningkat dan laju korosi akan semakin rendah. Demikian juga penggunaan variasi waktu elektroplating Ni-Cr pada *mild steel* SS400 JIS G3101, semakin lama waktu elektroplating maka tren ketebalan lapisan yang dihasilkan akan semakin meningkat dan laju korosi akan semakin rendah. Untuk nilai optimal dengan laju

korosi terendah pada *mild steel* SS400 JIS G3101 yang digunakan sebagai material tangki penampungan minyak pada truk transportir bbm didapatkan pada penggunaan arus 3A dan waktu elektroplating Ni-Cr 30 menit.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] 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.
- [2] Y. K. Afandi and I. S. Arief, "Analisa Laju Korosi pada Pelat Baja Karbon dengan Variasi Ketebalan Coating," *J. Korosi*, vol. 4, no. 1, pp. 1–5, 2015.
- [3] R. Magga, M. Zuchry, Y. Arifin, and B. Tatong, "Analisis Laju/Ketahanan Korosi Pada Baja Karbon Rendah Akibat Tegangan Dalam Menggunakan Metode C-Ring," *Pros. Snitt*, 2018.
- [4] S. Malarvizhi and S. R. Krishnamurthy, "Microbiologically Influenced Corrosion of Carbon Steel Exposed to Biodiesel," *Int. J. Corros.*, vol. 2016, 2016, doi: 10.1155/2016/4308487.
- [5] Z. Mansjur, Arrijani, and M. F. Suharto, "Effect of coating time and protective current on thickness of paint layer of Steel ST-37 by continuous painting," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 602, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/602/1/012092.
- [6] I. S. Nugraha, N. Mulyaningsih, and X. Salahudin, "Penentuan Parameter Laju Korosi Lapisan Nikel-Krom Pada Roda Gigi Kendaraan Bermotor," *Desember J. TEKNOSIA*, vol. 15, no. 2, pp. 52–59, 2021, [Online]. Available: <https://ejournal.unib.ac.id/index.php/teknosia>
- [7] S. Kumar, S. Pande, and P. Verma, "Factor Effecting Electro-Deposition Process," *Int. J. Curr. Eng. Technol.*, vol. 5, no. 2, pp. 700–703, 2015.
- [8] A. A. Saleh, *Teknik Pelapisan Logam dengan Cara Listrik*. Yrama Widya, 2014.
- [9] Fauzan Fikrat Winata, Agus Fikri, and M Mujirudin, "Pengaruh Electroplating Krom Terhadap Ketebalan Dan Kekerasan Lapisan Pada Jari-Jari Sepeda Motor Yang Telah Di-Electroplating Nikel," *Met. J. Manufaktur, Energi, Mater. Tek.*, vol. 1, no. 1, pp. 22–30, 2022, doi: 10.22236/metalik.v1i1.8459.
- [10] Y. Yetri, "Analisa Kekerasan dan Ketebalan Permukaan Lapisan Hasil Elektroplating Kuningan Pada Baja," *JST (Jurnal Sains Ter.)*, vol. 7, no. 1, 2021, doi: 10.32487/jst.v7i1.1114.
- [11] K. Mustopa, A. Hadi, and E. Nuraliansyah, "Efek Kuat Arus dan Waktu Proses Elektroplating pada Material Baja," *Sultra J. Mech. Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 48–56, 2022, doi: 10.54297/sjme.v1i1.308.
- [12] M. G. Fontana, "Mars Fontana Corrosion Engineering Mcgraw-Hill International Editions.pdf," 1986. 1987.