

PENGARUH VARIASI WAKTU CELUP 60,75, DAN 90 MENIT PADA BESI COR KELABU TERHADAP KETEBALAN, KEKERASAN, DAN LAJU KOROSI PADA PELAPISAN NI DENGAN METODE ELEKTROPATING

Korniawan; Agus Yulianto
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

Besi cor kelabu memiliki beberapa kelemahan, diantaranya adalah mudah korosi yang dapat mengubah sifat fisik dan mekanik dari besi cor tersebut. Oleh karenanya penelitian ini dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut dengan cara melakukan pelapisan Nikel (Ni) menggunakan metode elektroplating. Elektroplating adalah metode pelapisan logam dengan cara mengalirkan arus listrik ke anoda dan katoda yang berada dalam suatu larutan elektrolit. Pelapisan Nikel (Ni) dipilih karena sifat nikel yang tahan terhadap korosi dan nilai estetika yang baik. Metode yang digunakan adalah efek lama waktu pencelupan elektroplating terhadap ketebalan lapisan, kekerasan, dan laju korosi. Hasil pengujian ketebalan lapisan dengan lama waktu pencelupan 60, 75, dan 90 menit didapatkan hasil ketebalan berurutan sebesar 11,363 μm , 14,681 μm , dan 16,477 μm . Dari pengujian kekerasan dengan metode *Hardness Rockwell B* didapatkan hasil berurutan 84,00, 84,20, dan 85,53 HRB. Pengujian laju korosi dilakukan dengan metode elektrokimia *potensiostat* menggunakan media korosif air laut pada material besi cor kelabu yang dilakukan proses elektroplating nikel (Ni) dengan variasi waktu celup 60, 75, dan 90 menit berurutan mendapatkan hasil laju korosi dengan perhitungan rumus korosi sebesar 0,037824, 0,046978, dan 0,037512 mmpy. Hasil laju korosi pada software CS Studio 5 didapatkan hasil berurutan sebesar 0,037101, 0,04663, dan 0,037399 mmpy.

Kata Kunci : Besi Cor Kelabu, Elektroplating, Nikel (Ni), *Hardness Rockwell*, Laju Korosi

Abstract

Gray cast iron has several weaknesses, including easy corrosion which can change the physical and mechanical properties of the cast iron. Therefore, this research was carried out to overcome this problem by coating Nickel (Ni) using the electroplating method. Electroplating is a method of coating metal by passing an electric current to the anode and cathode which are in an electrolyte solution. Nickel (Ni) plating was chosen because nickel's properties are resistant to corrosion and good aesthetic value. The method used is the effect of the length of electroplating immersion time on layer thickness, hardness and corrosion rate. The results of layer thickness testing with immersion times of 60, 75, and 90 minutes showed sequential thickness results of 11,363 μm , 14,681 μm , and 16,477 μm . From hardness testing using the Rockwell B Hardness method, the results were sequentially 84.00, 84.20, and 85.53 HRB. Corrosion rate testing was carried out using the potentiostat electrochemical method using seawater corrosive media on gray cast iron material which was carried out by a nickel (Ni) electroplating process with varying immersion times of 60, 75 and 90 minutes respectively to obtain corrosion rate results with a corrosion formula calculation of 0.037824, 0.046978, and 0.037512 mmpy. The corrosion rate results in CS Studio 5 software obtained sequential results of 0.037101, 0.04663, and 0.037399 mmpy.

Keywords: Gray Cast Iron, Electroplating, Nickel (Ni), Rockwell Hardness, Corrosion

1. PENDAHULUAN

Besi cor kelabu merupakan material yang umum digunakan dalam dunia industri, selain karena proses pembuatannya yang mudah juga biaya produksi yang kecil, dan proses produksinya dapat dilakukan secara masal. Secara mekanis besi cor kelabu memiliki sifat lemah dan getas, dengan nilai kekerasan 180-302 HB, kekerasan besi cor kelabu tergolong rendah. Dan juga besi cor kelabu memiliki kelemahan mudah korosi yang menyebabkan kerusakan pada sifat fisik dan mekanik material tersebut. Untuk mengatasi kelemahan-kelemahan tersebut maka perlu dilakukan perlakuan pada material besi cor kelabu, salah satunya adalah perlakuan pada pengerjaan akhir produk dengan metode pelapisan elektroplating.

Elektroplating adalah metode pelapisan logam dengan mengalirkan arus listrik ke anoda dan katoda yang berada dalam larutan elektrolit. Ketika menggunakan sumber tegangan dalam elektrolit, kutub positif memancarkan ion yang bergerak dalam larutan menuju katoda, yang disebut kation. Kutub negatif juga memancarkan ion, bergerak ke anoda dan disebut anion. Larutannya yang digunakan disebut elektrolit (Topayung, 2011).

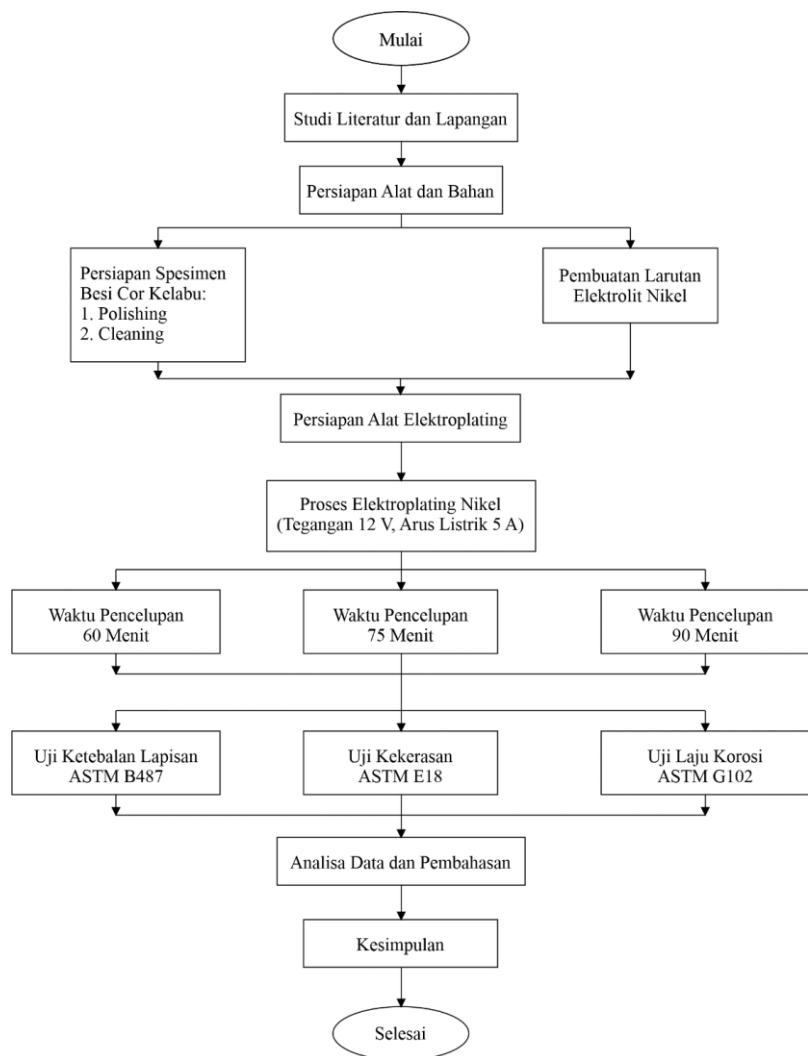
Dalam proses elektroplating, variasi waktu celup yang diperlukan untuk melapisi permukaan besi cor kelabu dengan lapisan nikel dapat memiliki pengaruh yang signifikan terhadap ketebalan, kekerasan, dan laju korosi pelapisan. Waktu celup merupakan parameter penting dalam proses elektroplating karena dapat mempengaruhi laju deposisi nikel pada permukaan besi cor kelabu. Variasi waktu celup yang berbeda dapat mempengaruhi jumlah, ukuran, dan distribusi partikel nikel yang terdeposisi, yang pada gilirannya mempengaruhi ketebalan dan kekerasan permukaan.

Kekerasan dapat diartikan sebagai ukuran ketahanan suatu material terhadap deformasi plastis lokal. Harga kekerasan ditentukan hanya pada tempat terjadinya deformasi plastis lokal akibat pengujian. Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan metode Rockwell. Salah satu tujuan elektroplating ialah Upaya mencegah korosi. Korosi adalah proses yang bersifat alamiah, sehingga korosi tidak dapat dicegah atau dihentikan. Terdapat dua faktor yang mempengaruhi, yaitu berasal dari bahan itu sendiri dan dari lingkungannya. Korosi kimia terjadi karena adanya senyawa kimia yang dapat menyebabkan korosi, seperti asam atau merkuri. Korosi biologi dapat terjadi karena adanya mikroba yang menyebabkan korosi (Natasya et al., 2022).

2. METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen yang bertujuan mengetahui sebab – akibat. Penelitian ini dilakukan dengan mikroskop optik dengan mengacu pada ASTM B487 yang kemudian diukur ketebalannya menggunakan bantuan *software ImageJ*. Pengujian kekerasan dilakukan dengan

metode rockwell dengan standar pengujian ASTM E18, dan juga pengujian laju korosi dilakukan dengan metode elektrokimia potensiostat mengacu pada standar ASTM G102. Adapun prosedur penelitian yang akan dilakukan maka dapat dilihat pada gambar berikut:

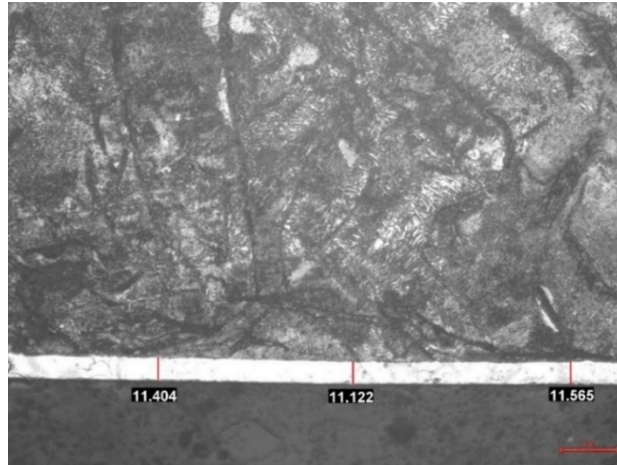


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

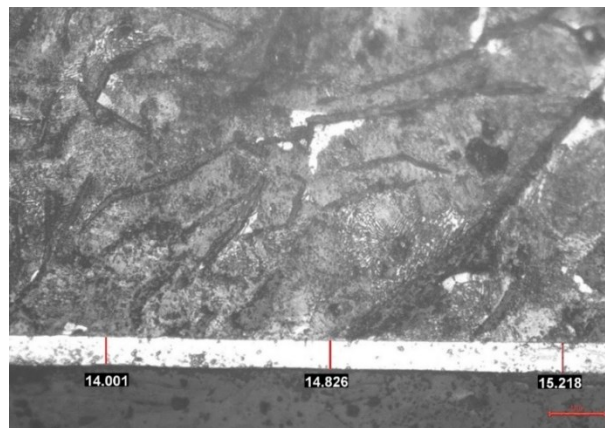
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Ketebalan Lapisan

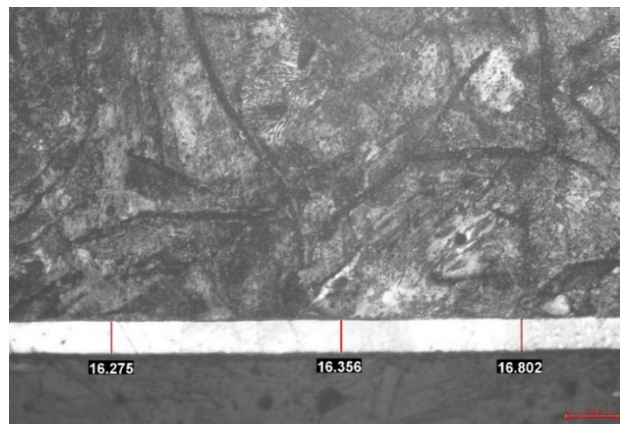
Pengujian ketebalan lapisan ini bertujuan untuk melakukan pengamatan pada material besi cor kelabu (*gray cast iron*), lapisan nikel (Ni), dan ketebalan lapisan setelah proses elektroplating dengan variasi waktu pencelupan 60 menit, 75 menit, dan 90 menit menggunakan tegangan 12 Volt DC dan kuat arus 5 Ampere. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta menggunakan mikroskop optik dengan standar ASTM B487 dan *software Image J*. Dari hasil pengujian ketebalan lapisan pada masing-masing spesimen didapatkan hasil pengukuran ketebalan pada gambar 2, 3, dan 4 serta data yang disajikan pada tabel 1.



Gambar 2. Spesimen Lama Waktu Pencelupan 60 menit



Gambar 3. Spesimen Lama Waktu Pencelupan 75 menit



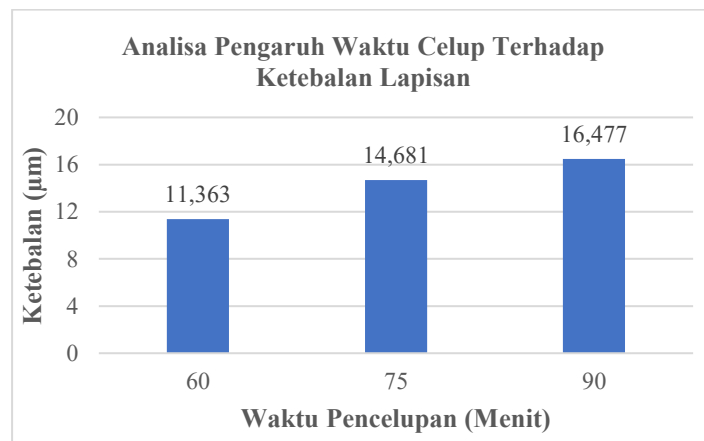
Gambar 4. Spesimen Lama Waktu Pencelupan 90 menit

Tabel 1. Hasil Ketebalan Lapisan Elektroplating Nikel

Variasi Spesimen	Ketebalan Pada Titik Uji (μm)			Ketebalan Rata - rata (μm)
	Titik Uji 1 (μm)	Titik Uji 2 (μm)	Titik Uji 3 (μm)	
60 menit	11,404	11,122	11,565	11,363
75 menit	14,001	14,826	15,218	14,681
90 menit	16,275	16,356	16,802	16,477

Dilihat pada gambar 2 hasil uji ketebalan lapisan material besi cor kelabu yang dilakukan proses elektroplating dengan lama waktu celup 60 menit menunjukkan adanya lapisan nikel (Ni) yang mengendap pada permukaan spesimen besi cor kelabu dengan rata-rata ketebalan 11,363 μm . Pada gambar 5 menunjukkan adanya lapisan nikel yang mengendap pada permukaan besi cor kelabu yang dilakukan proses elektroplating nikel (Ni) dengan lama waktu pencelupan 75 menit, didapatkan ketebalan rata-rata 14,681 μm . Pada gambar 6 menunjukkan spesimen besi cor kelabu yang dilakukan proses elektroplating nikel (Ni) dengan lama waktu pencelupan 90 menit didapatkan rata-rata ketebalan lapisan 16,477 μm .

Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu pencelupan elektroplating nikel (Ni) berpengaruh terhadap ketebalan lapisan yang terbentuk, lama waktu pencelupan elektroplating berbanding lurus terhadap ketebalan lapisan. Semakin lama waktu celup maka lapisan yang terbentuk akan semakin tebal, seperti yang ditampilkan pada gambar 5.



Gambar 5. Histogram Hasil Pengujian Ketebalan Lapisan

3.2 Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell

Pengujian kekerasan ini dilakukan dengan metode Hardness Rockwell B (HRB) yang bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan pada setiap titik yang di uji pada spesimen besi cor kelabu yang telah dilakukan elektroplating nikel (Ni) dengan variasi waktu pencelupan 60, 75, dan 90 menit. Berdasarkan standar

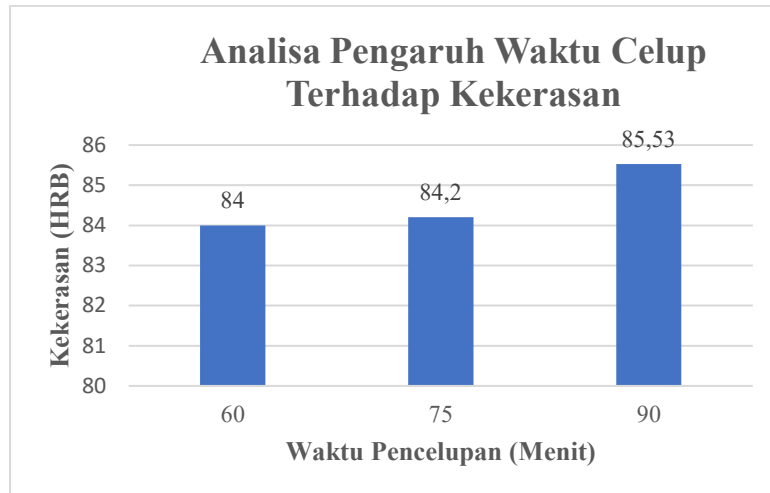
ASTM E18, metode ini dilakukan dengan cara memberikan tekanan pada permukaan material yang siap uji menggunakan indenter bola 1/16 in dengan beban penekanan total 100 kgf. Data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

Tabel 2 Hasil Pengujian Kekerasan *Rockwell*

Variasi Spesimen	Titik Uji	Kekerasan (HRB)	Kekerasan Rata-rata (HRB)
60 Menit	Titik Uji 1	82,3	84,00
	Titik Uji 2	86,2	
	Titik Uji 3	83,5	
75 Menit	Titik Uji 1	85,3	84,20
	Titik Uji 2	83,8	
	Titik Uji 3	83,5	
90 Menit	Titik Uji 1	83,7	85,53
	Titik Uji 2	86,5	
	Titik Uji 3	86,4	

Berdasarkan data hasil pengujian pada tabel 2 menunjukkan nilai rata-rata kekerasan tertinggi terdapat pada material besi cor kelabu yang dilakukan proses elektroplating paling lama yaitu 90 menit dengan nilai kekerasan 85,53 HRB. Nilai rata-rata kekerasan terendah pada material besi cor kelabu yang dilakukan proses pencelupan elektroplating paling singkat yaitu 60 menit dengan nilai kekerasan 84,00 HRB.

Dari tabel 2 dapat diketahui bahwa lama waktu pencelupan elektroplating nikel (Ni) berpengaruh terhadap kekerasan material yang dilapisi. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 8 bahwa nilai kekerasan pada material cenderung mengalami kenaikan. Hal ini disebabkan karena lama waktu pencelupan ketika proses elektroplating, semakin lama waktu celup maka akan semakin banyak logam nikel (Ni) yang terdeposisi ke permukaan material yang dilapisi. Sehingga permukaan material akan semakin tebal dan kekerasan juga seiring akan meningkat. Tingkat kekerasan besi cor kelabu yang dilakukan proses elektroplating dapat dilihat pada gambar 6.



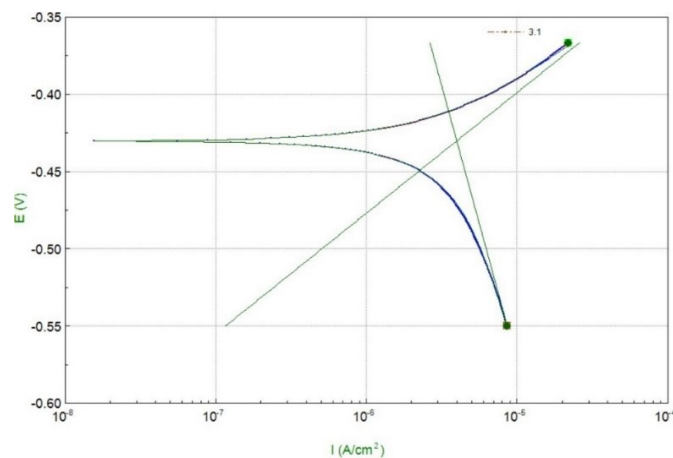
Gambar 6. Histogram Hasil Pengujian Kekerasan *Rockwell*

3.3. Hasil Pengujian Laju Korosi

Pengujian laju korosi dilakukan dengan metode elektrokimia potensiostat tiga sel elektroda yang dilakukan di Laboratorium Material Departemen Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang. Pengujian laju korosi ini menggunakan media korosif (elektrolit) air laut dengan menggunakan standar ASTM G102 (*Standard Practice For Calculation of Corrosion Rates And Related Information From Electrochemical Measurements*) dan ASTM G59-97 (2009) (*Standard Test Method for Conduction Potentiodynamic Polarization Resistance Measurements*), dengan hasil pengujian dijelaskan dibawah ini.

3.3.1 Spesimen Waktu Pencelupan Elektroplating 60 Menit

Hasil pengujian laju korosi dengan elektrolit air laut terhadap spesimen uji yang telah dilakukan elektroplating menggunakan tegangan 12 Volt dan arus 5 A dengan variasi waktu pencelupan 60 menit pada besi cor kelabu, didapatkan nilai I_{cor} (arus korosi) sebesar $3,9837 \mu A/cm^2$ yang dapat dilihat pada kurva polarisasi pada gambar 7 dan tabel 3.



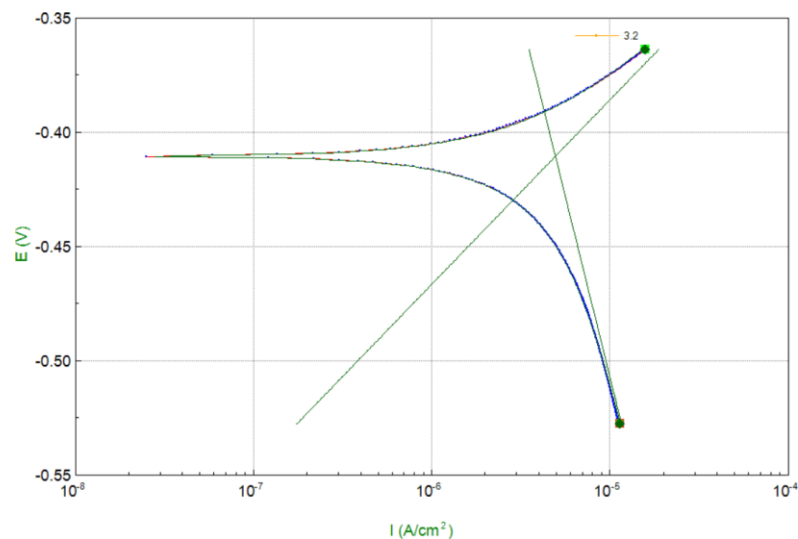
Gambar 7. Kurva Polarisasi Spesimen Uji Elektroplating Nikel (Ni) Waktu Pencelupan 60 Menit

Tabel 3. Hasil Pengujian Laju Korosi pada Spesimen Uji Waktu Pencelupan Elektroplating Nikel (Ni) 60 Menit

Variasi Spesimen	Potensial (mV)	Arus Korosi ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	Laju Korosi Perhitungan Rumus (mmpy)	Laju Korosi CS Studio 5 (mmpy)
60 Menit	430,32	3,9837	0,037824	0,037101

3.3.2 Spesimen Waktu Pencelupan Elektroplating 75 Menit

Hasil pengujian laju korosi dengan elektrolit air laut terhadap spesimen uji yang telah dilakukan elektroplating menggunakan tegangan 12 Volt dan arus 5 A dengan variasi waktu pencelupan 75 menit pada besi cor kelabu, didapatkan nilai I_{cor} (arus korosi) sebesar $4,9478 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ yang dapat dilihat pada kurva polarisasi pada gambar 8 dan tabel 4.



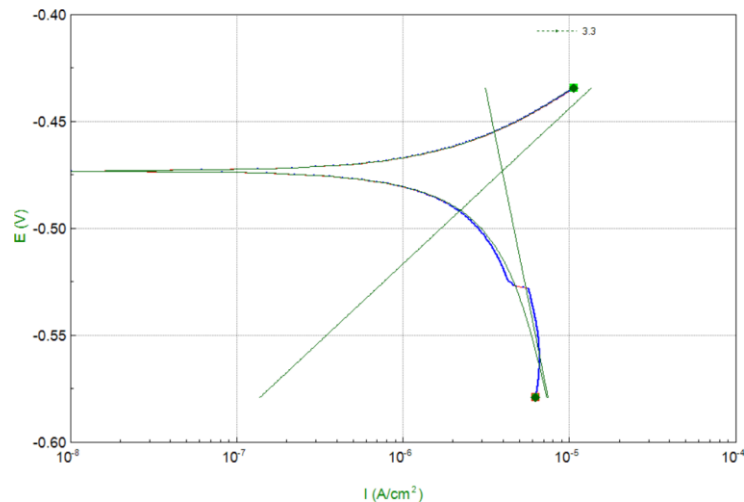
Gambar 8. Kurva Polarisasi Spesimen Uji Elektroplating Nikel (Ni) Waktu Pencelupan 75 Menit

Tabel 4. Hasil Pengujian Laju Korosi pada Spesimen Uji Waktu Pencelupan Elektroplating Nikel (Ni) 75 Menit

Variasi Spesimen	Potensial (mV)	Arus Korosi ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	Laju Korosi Perhitungan Rumus (mmpy)	Laju Korosi CS Studio 5 (mmpy)
60 Menit	410,6	4,9478	0,046978	0,04663

3.3.3 Spesimen Waktu Pencelupan Elektroplating 90 Menit

Hasil pengujian laju korosi dengan elektrolit air laut terhadap spesimen uji yang telah dilakukan elektroplating menggunakan tegangan 12 Volt dan arus 5 A dengan variasi waktu pencelupan 90 menit pada besi cor kelabu, didapatkan nilai I_{cor} (arus korosi) sebesar $3,9508 \mu A/cm^2$ yang dapat dilihat pada kurva polarisasi pada gambar 9 dan tabel 5.



Gambar 9. Kurva Polarisasi Spesimen Uji Elektroplating Nikel (Ni) Waktu Pencelupan 90 Menit

Tabel 5. Hasil Pengujian Laju Korosi pada Spesimen Uji Waktu Pencelupan Elektroplating Nikel (Ni) 90 Menit

Variasi Spesimen	Potensial (mV)	Arus Korosi ($\mu A/cm^2$)	Laju Korosi Perhitungan Rumus (mmpy)	Laju Korosi CS Studio 5 (mmpy)
60 Menit	473,31	3,9508	0,037512	0,037399

Pengujian laju korosi pada besi cor kelabu yang telah melalui proses elektroplating nikel (Ni) dilakukan dalam medium elektrolit yang berupa larutan air laut. Dari hasil pengujian ini didapat tabel yang menunjukkan potensial (E) dengan satuan mV, kerapatan arus (I) dalam satuan $\mu A/cm^2$, serta nilai laju korosi dalam satuan mmpy (*milimeter per year*) pada setiap variasi spesimen yang di uji. Data hasil pengujian laju korosi dapat dilihat pada tabel 6 berikut.

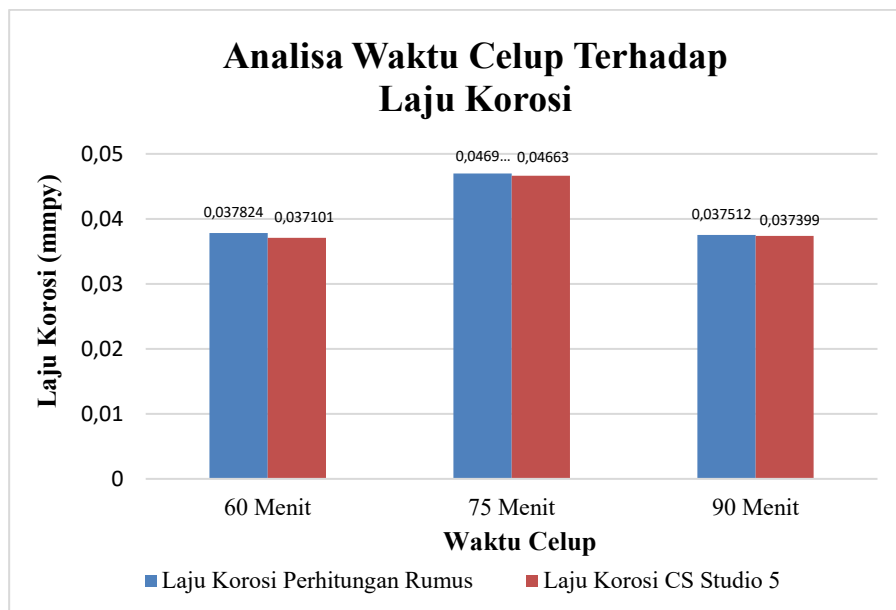
Tabel 6 Hasil Pengujian Laju Korosi pada Spesimen Uji Elektroplating Nikel (Ni)

Variasi Spesimen	Potensial (mV)	Arus Korosi ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	Laju Korosi Perhitungan Rumus (mmpy)	Laju Korosi CS Studio 5 (mmpy)
60 Menit	430,32	3,9837	0,037824	0,037101
75 Menit	410,6	4,9478	0,046978	0,04663
90 Menit	473,31	3,9508	0,037512	0,037399

Berdasarkan pengujian korosi ini dapat disimpulkan dari kurva polarisasi ketiga spesimen bahwasannya didapatkan nilai laju korosi yang berbeda, tetapi tidak begitu signifikan. Tabel 6 dan gambar 10 merupakan perbandingan antara spesimen besi cor kelabu yang dilakukan proses elektroplating nikel (Ni) dengan lama waktu pencelupan 60 menit, 75 menit, dan 90 menit

Secara teoritis nikel memiliki sifat tahan korosi yang baik dan semakin lama pencelupan akan semakin tebal permukaan nikel yang terbentuk pada spesimen, maka laju korosi akan semakin lambat. Pada tabel 6 dan gambar 10 hasil pengujian laju korosi terhadap material besi cor kelabu yang dilakukan proses elektroplating dapat diketahui adanya perbedaan besaran nilai laju korosi pada setiap spesimen. Dari hasil pengujian laju korosi yang dihitung menggunakan persamaan 2.9 didapatkan nilai laju korosi paling lambat pada spesimen yang dilakukan proses elektroplating dengan waktu pencelupan paling lama yaitu 90 menit dengan nilai laju korosi sebesar 0,037512 mmpy. Laju korosi paling cepat pada spesimen dengan lama waktu pencelupan elektroplating 75 menit dengan nilai laju korosi sebesar 0,046978 mmpy. Spesimen dengan lama waktu pencelupan 75 menit didapatkan nilai laju korosi lebih tinggi dari spesimen lama waktu pencelupan 60 menit, hal ini bisa terjadi dikarenakan nikel (Ni) yang menjadi anoda tidak terdepositasi dengan baik ke permukaan spesimen, sehingga menyebabkan lapisan yang terbentuk pada spesimen tidak merata.

Analisa perbedaan hasil laju korosi yang didapatkan antara perhitungan rumus dengan software CS Studio 5 disebabkan karena adanya kesalahan dalam *input* data pada software CS Studio 5, sehingga nilai laju korosi yang didapatkan pada software tidak sinkron dengan hasil laju korosi yang dihitung dengan persamaan laju korosi. Histogram hasil pengukuran laju korosi disajikan dalam gambar 10.



Gambar 10 Histogram Hasil Pengujian Laju Korosi

4. PENUTUP

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

(1) Setelah dilakukan pengujian ketebalan lapisan menggunakan mikroskop optik dan bantuan *software ImageJ*, didapatkan nilai ketebalan terendah pada proses elektroplating lama waktu celup 60 menit dengan rata-rata ketebalan 11,363 μm . Lama waktu celup elektroplating 75 menit mendapatkan nilai rata-rata ketebalan 14,681 μm , dan ketebalan tertinggi didapatkan pada proses elektroplating dengan waktu celup paling lama yaitu 90 menit dengan ketebalan 16,477 μm . Dapat disimpulkan semakin lama waktu pencelupan elektroplating maka akan semakin tebal lapisan yang terbentuk. (2) Berdasarkan pengujian kekerasan yang dilakukan dengan metode *rockwell*, diketahui bahwa nilai kekerasan terendah didapatkan pada material besi cor kelabu yang dilakukan proses elektroplating nikel (Ni) dengan lama waktu celup 60 menit, yaitu rata-rata kekerasan 84,00 HRB. Lama waktu pencelupan elektroplating nikel (Ni) 75 menit mendapatkan nilai kekerasan 84,20 HRB, dan nilai kekerasan tertinggi didapatkan pada material besi cor kelabu lama waktu pencelupan elektroplating nikel (Ni) 90 menit dengan rata-rata nilai kekerasan 85,53 HRB. Semakin lama waktu pencelupan elektroplating, maka akan semakin keras material besi cor kelabu. (3) Pengujian laju korosi dilakukan dengan metode elektrokimia *potensiostat* tiga sel elektroda dengan media korosif air laut pada material besi cor kelabu yang dilakukan proses elektroplating nikel (Ni) dengan variasi waktu celup 60, 75, dan 90 menit. Hasil pengujian yang dihitung menggunakan rumus korosi berturut-turut mendapatkan hasil laju korosi 0,037824 mmpy, 0,046978 mmpy, dan 0,037512 mmpy. Dan Hasil pengujian yang didapatkan dari *software CS Studio 5* berturut – turut mendapatkan hasil laju korosi 0,037101 mmpy, 0,04663 mmpy, dan 0,037399.

PERSANTUNAN

Selama penyusunan penelitian tugas akhir ini, penulis mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, baik langsung maupun tidak langsung. Maka dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada bapak Dr. Agus Yulianto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing dan keluarga serta rekan-rekan semua yang sudah membantu dan mendukung penuh hingga selesai. Penulis berharap semoga penelitian ini dapat bermanfaat untuk diaplikasikan secara nyata dan digunakan sebagai tinjauan pustaka.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, Y. K., Arief, I. S., & Amiadji. (2015). Analisa Laju Korosi pada Pelat Baja Karbon dengan Variasi Ketebalan Coating. *Jurnal Teknik Its*, 4(1), 1–5.
- Ananta, R. H., & Sakti, A. M. (2016). Pengaruh Variasi Waktu Celup Dan Kuat Arus Terhadap Ketebalan Permukaan Dan Struktur Mikro Baja ST 41 Pada Proses Pelapisan Nikel. *Jtm*, 04(03), 479–488.
- Andinata, F., Destyorini, F., Sugiarti, E., Munasir, & Zaini, K. A. (2012). PENGARUH pH LARUTAN ELEKTROLIT TERHADAP TEBAL LAPISAN ELEKTROPLATING NIKEL PADA BAJA ST 37. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Aplikasinya (JPFA)*, 2(2), 48–52.
- Callister Jr, W. D., & Rethwisch, D. G. (2017). Characteristics, Application, and Processing of Polymers. In *Materials Science and Engineering - An Introduction*.
- Darmawan, A. S., & Masyrukan. (2019). Struktur dan Sifat Material. Surakarta: Muhammadiyah University Press.
- Darmawi. (2018). *Buku Pendukung Perkuliahan Pengendalian Korosi dan Perlakuan Permukaan: Pelapisan Logam*. 1–103. <https://123dok.com/document/zl93446z-welcome-eprints-sriwijaya-university-unsri-online-repository.html>
- Groover, M. P. (2010). Part II Engineering Materials. *FUNDAMENTALS OF MODERN MANUFACTURING Materials, Processes, And Systems*, 4th editio, 510–526.
- Hardiyanti, F., & Santoso, M. Y. (2018). Analisis Pelapisan Tembaga Terhadap Laju Korosi Dan Struktur Mikro Grey Cast Iron. *Jurnal Teknologi Maritim*, 1(1), 37–42. <https://doi.org/10.35991/jtm.v1i1.423>
- Hartomo, A. J., & Kaneko, T., (1992) Mengenal Pelapisan Logam (Elektroplating). Yogyakarta: Andi Offset Yogyakarta.
- Huda, P. S. (2005). *Teknologi Industri Elektroplating* (Issue August).
- Magga, R., Zuchry, M., & Arifin, Y. (2017). ANALISIS LAJU KOROSI BAJA KARBON RENDAH DALAM MEDIA BAHAN BAKAR (PREMIUM dan PERTALITE). *Prosiding Seminar Hasil*

Penelitian, 2017, 223–228.

- Maulana, I., Nurdin, Yuniati, & Amalia, I. (2022). KAJIAN PENGARUH RAPAT ARUS PADA PELAPISAN HARD CHROME TERHADAP KEKERASAN PERMUKAAN BAJA KARBON RENDAH (ST 37). *Jurnal Teknologi, 22*, 50–54.
- Natasya, T., Khairafah, M. E., Semburing, M. S. B., & Hutabarat, L. N. (2022). Corrosion Factors on Nail Titania. *Indonesian Journal of Chemical Science and Techonology, 05*(1), 31–41.
- Permadi, B. (2019). Proses elektroplating nikel dengan variasi jarak anoda katoda dan tegangan listrik pada baja ST-41. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin, 8*(2), 226–230. <https://doi.org/10.24127/trb.v8i2.1080>
- Rasyad, A., & Budiarto, B. (2018). Analisis Pengaruh Temperatur, Waktu, dan Kuat Arus Proses Elektroplating terhadap Kekuatan Tarik, Kekuatan Tekuk dan Kekerasan pada Baja Karbon Rendah. *Jurnal Rekayasa Mesin, 9*(3), 173–182. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2018.009.03.4>
- Sakti, A. R., Riandadari, D., Zakiyya, H., & Prapanca, A. (2019). The Effect of Process Variables on Work Piece Thickness and Glossiness from Metal Coating in Nickel-Chrome Metal Coating Process. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 494*(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/494/1/012057>
- Sebastyantito, A. (2019). *WAKTU PROSES ELEKTROPLATING KUNINGAN PADA BAJA KARBON RENDAH TERHADAP DAYA LEKAT, KETEBALAN, DAN KEKILAUAN HASIL PELAPISAN*. Institut Teknologi Sepuluh November.
- Sholikhin, M. A., Suprihanto, A., & Umardani, Y. (2021). Analisis Pengaruh Perlakuan Panas (Heat Treatment) Terhadap Laju Korosi Pada Material Baja Karbon Menengah Aisi 1045 Pada Air Laut. *Jurnal Teknik Mesin S-1, 9*(1), 163–170.
- Suarsana, I. K. (2008). Pengaruh waktu pelapisan nikel pada tembaga dalam pelapisan khrom dekoratif terhadap tingkat kecerahan dan ketebalan lapisan. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM, 2*(1), 48–60.
- Sudana, I. M., Arsani, I. A. A., & Waisnawa, I. G. . S. (2014). Alat Simulasi Pelapisan Logam dengan Metode Elektroplating. *Jurnal Logic, 14*(3), 190–198.
- Supriyono. (2017). *Material Teknik*. Surakarta: Muhammadiyah University Press.
- Topayung, D. (2011). Pengaruh Arus Listrik Dan Waktu Proses Terhadap Ketebalan Dan Massa Lapisan Yang Terbentuk Pada Proses Elektroplating Pelat Baja Effect of Electric Current and Process Time the Thickness and Mass Layer Formed on Electroplating Process Steel Plates. *Jurnal Ilmiah Sains, 11*(1), 97–101.

Zhang, C., Li, Y., Xu, X., Zhang, M., Leng, H., & Sun, B. (2023). Optimization of Plating Process on Inner Wall of Metal Pipe and Research on Coating Performance. *Materials*, 16(7).
<https://doi.org/10.3390/ma16072800>