

ANALISIS PENGARUH KUAT ARUS TERHADAP KETEBALAN LAPISAN DAN LAJU KOROSI HASIL ELEKTROPLATING BAJA KARBON RENDAH ST41 DENGAN PELAPIS NIKEL

Brilliano Ergie Arievtya

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: brillianoarievtya16050754077@mhs.unesa.ac.id

Novi Sukma Drastiawati

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: novidrastiawati@unesa.ac.id

Abstrak

Elektroplating merupakan suatu rangkaian dari arus listrik, anoda, larutan elektrolit dan katoda yang membentuk satu kesatuan yang satu sama lain saling berkaitan. Penelitian ini adalah penelitian eksperimen. Pengujian ketebalan dengan menggunakan Coating Thicknes Gauge mengacu standart ST 41. Pengujian laju korosi dengan menggunakan perendaman di dalam medium korosif. Tujuan penelitian ini untuk Mengetahui pengaruh kuat arus pencelupan pada proses electroplating baja ST41 bentuk pipa terhadap ketebalan lapisan permukaan dan laju korosi. Manfaat penelitian ini agar dapat mengetahui kombinasi yang optimal dari variasi kuat arus pencelupan pada proses electroplating baja ST-41 bentuk pipa terhadap ketebalan dan laju korosi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil uji ketebalan yang dilakukan pada variasi kuat arus 6, 8, 10 Ampere dengan lama perendaman 10 menit . Terdapat 3 titik pengujian pada setiap spesimennya. Ketebalan paling tinggi terdapat dengan kuat Arus 10 Ampere dengan nilai rata rata ketebalan 6,59 μm . Nilai ketebalan yang terendah pada proses pencelupan nikel dengan kuat arus 6 Ampere dengan nilai rata rata ketebalan 3,27 μm . data hasil uji laju korosi yang dilakukan pada variasi kuat arus 6, 8, 10 Ampere. Pengujian menggunakan tiga spesimen di setiap variabelnya. pada spesimen dengan perendaman elektroplaing 6 Ampere memiliki laju korosi 0.04 mm/year lebih besar dibandingkan laju korosi dengan lama perendaman 8 Ampere sebesar 0.02 mm/year. Akan tetapi jika dibandingkan dengan laju korosi variasi kuat arus elektroplating nikel lainnya, laju korosi pada proses elektroplating 10 Ampere memiliki laju korosi terendah yaitu 0.016667 mm/year. Diperoleh nilai Sig. Sebesar 0,921>0,005, sehingga “tidak ada perbedaan hasil uji ketebalan terhadap titik uji ketebalan dengan 3 titik pengajuan uji”. Diperoleh nilai sig. Sebesar 0.0000,005, sehingga “Tidak ada Interaksi berdasarkan titik ketebalan spesimen dengan kuat arus yang diajukan”.

Kata Kunci: Kuat Arus, Ketebalan Lapisan, Laju Korosi, Elektroplating, Baja Karbon Rendah ST41, Pelapis Nikel

Abstract

Electroplating is a series of electric currents, anodes, electrolyte solutions and cathodes that form a single unit that is interconnected with one another. This research is an experimental research. Thickness testing using Coating Thickness Gauge refers to ST 41 standard. Corrosion rate testing using immersion in a corrosive medium. The purpose of this study was to determine the effect of strong immersion current on the ST41 steel electroplating process in the shape of a pipe on the thickness of the surface layer and the corrosion rate. The benefit of this research is to be able to find out the optimal combination of variations in the immersion current strength in the ST-41 steel electroplating process in the shape of a pipe on thickness and corrosion rate. The results showed that the results of the thickness test were carried out at varying current strengths of 6, 8, 10 Amperes with 10 minutes of immersion time. There are 3 test points for each specimen. The highest thickness is found with a strong current of 10 Amperes with an average thickness value of 6.59 μm . The lowest thickness value was in the nickel immersion process with a current strength of 6 Ampere with an average thickness value of 3.27 μm . data on the results of the corrosion rate test carried out at various current strengths of 6, 8, 10 Amperes. The test uses three specimens for each variable. on specimens with electroplating immersion of 6 Ampere has a corrosion rate of 0.04 mm/year greater than the corrosion rate with immersion time of 8 Ampere of 0.02 mm/year. However, when compared to the corrosion rates of other nickel electroplating current strength variations, the corrosion rate of the 10 Ampere electroplating process has the lowest corrosion rate of 0.016667 mm/year. Sig value is obtained. Amounting to 0.921> 0.005, so "there is no difference in the results of the thickness test on the thickness test point with the 3 test submission points". The sig value is obtained. It is 0.0000.005, so "There is no interaction based on the thickness point of the specimen with the proposed current".

Keywords: Current Strength, Coating Thickness, Corrosion Rate, Electroplating, St41 Low Carbon Steel, Nickel Coating

PENDAHULUAN

Saluran pipa merupakan teknologi yang mengalirkan seperti minyak, gas atau air dalam jumlah yang sangat besar dan jarak yang jauh melalui darat dan daerah tertentu. *Pipeline* adalah transportasi berfungsi untuk mendistribusikan fluida baik dalam bentuk liquid atau gas. Pada PLTP Energi panas bumi yang keluar tersalurkan menggunakan pipa-pipa panas bumi. Gas yang keluar umumnya mengandung gas-gas korosif yang akan merusak material saluran pipa. Korosi adalah permasalahan yang hampir selalu menyerang ke logam. Korosi mudah terjadi ketika logam berada pada lingkungan yang temperatur tinggi. Kekuatan komposit bisa dipengaruhi dengan beberapa elemen yang berbeda, diantaranya yaitu proses perendaman serat dengan menggunakan NaOH. Komposit yang seratnya tidak dilakukan perendaman NaOH akan berdampak pada kerekatan pada serat dan matrik yang menjadi kurang maksimal karena terhambat oleh kandungan sejenis lilin yang berada pada serat alami. Berdasarkan pada penelitian perlakuan peredaman NaOH, didapatkan data bahwa serat yang dilakukan perendaman dengan waktu tertentu dapat berpengaruh pada kekuatan tarik, dimana nilai uji tarik tertinggi didapat pada komposit dengan peredaman selama dua jam kekuatannya bertambah namun pada waktu perendaman selama delapan jam kekuatannya menurun. Hasil uji juga menunjukkan bahwa semakin tinggi kuat arus yang digunakan maka ketebalan lapisan dan kekerasan yang di dapatkan akan semakin tinggi. Berdasarkan dari hasil penelitian-penelitian tersebut maka penulis beranggapan bahwa masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh kuat arus pada pencelupan 2 baja ST 41 pada proses elektroplating terhadap ketebalan lapisan dan laju korosi yang akan diaplikasikan untuk saluran perpipaan pada PLTP (Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi)..

METODE

Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen yang bertujuan untuk mengetahui ketebalan lapisan dan laju korosi hasil elektroplating nikel material ST 41, dengan :

1. Pengujian ketebalan dengan menggunakan *Coating Thicknes Gauge* mengacu standart *phermascope mp0*.
2. Pengujian laju korosi dengan menggunakan perendaman di dalam medium korosif.

Waktu dan Tempat Penelitian

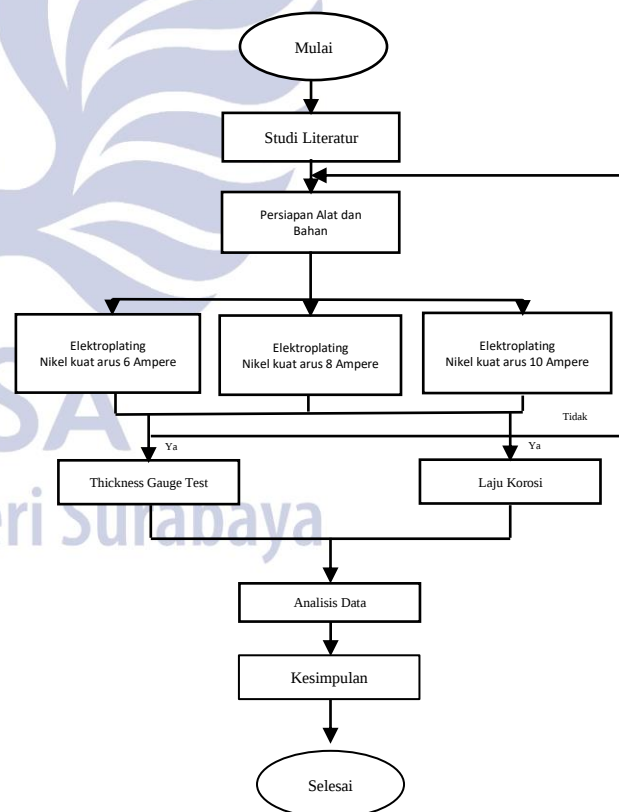
- Waktu
Penelitian telah dilaksanakan pada bulan Juni-Juli 2022
- Tempat
 - Proses Elektroplating dilakukan di Lab Pelapisan Jurusan Teknik Mesin Unesa.
 - Pengujian Ketebalan dilakukan di Lab uji bahan Politeknik Negeri Malang.
 - Pengujian laju Korosi dilakukan di Lab uji bahan Universitas Negeri Surabaya

Objek Penelitian

Penelitian ini memfokuskan tentang pengaruh kuat arus terhadap hasil proses pelapisan elektroplating material ST 41.

Variabel Penelitian

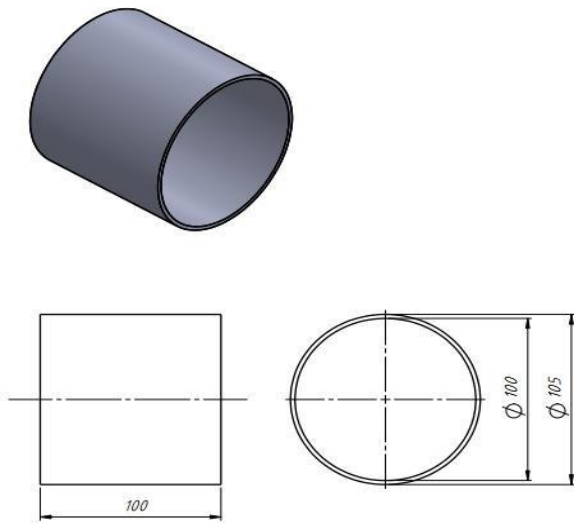
- Variabel Bebas
Variasi kuat arus menggunakan 6A, 8A, 10A (Ampere)
- Variabel Terikat
Variabel terikat dari penelitian ini adalah nilai ketebalan dari hasil pelapisan dan laju korosi elektroplating pada Baja ST 41.
- Variabel Kontrol
 - Material adalah Baja ST41
 - Larutan Pelapis menggunakan Nikel
 - Tegangan 12 V
 - Alat Uji yang digunakan adalah *Coating Thickness Gauge*
- Rancangan Penelitian
Rancangan Penelitian dibuat untuk mengetahui langkah-langkah pengumpulan data dan analisis data. Berikut rancangan penelitian yang dibentuk dalam *flow chart*:



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

Keterangan :

- Pembentukan spesimen uji
 - Persiapan spesimen uji pipa ST 41.
 - Memotong spesimen dengan ukuran panjang 100 mm dengan menggunakan gerinda duduk potong, desain spesimen sebagai berikut di bawah ini.



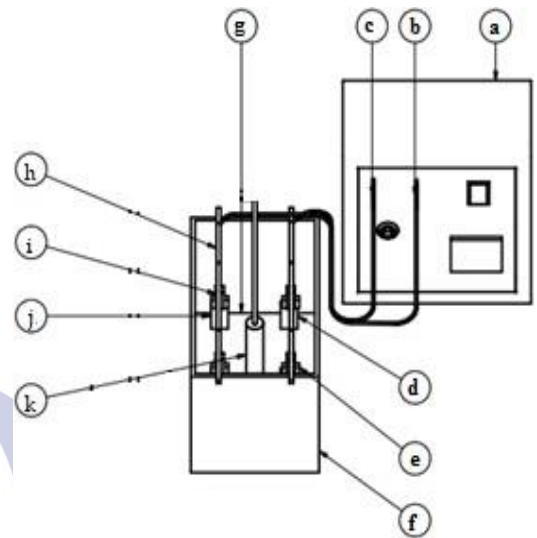
Gambar 2. Desain Spesimen Uji.

- Bahan, Peralatan, dan Instrumen Penelitian

- Spesimen Utama
 - Baja ST41
- Bahan Penelitian
 - Proses Pembersihan Noda Kotor
 - ✓ Air
 - ✓ Detergen
 - ✓ Soda Api
 - ✓ HCL
 - Proses Elektroplating Nikel
 - ✓ Anoda nikel
 - ✓ Larutan nikel
 - ✓ Aquades

- Alat

- Bak Plating
- Power Supply
- Heater
- Gerinda Duduk Potong
- Stopwatch
- Temperature Gun
- Coating Thickness Gauge
- Timbangan Digital



Gambar 3. Deskripsi Letak Alat Elektroplating.

- Proses Elektroplating

Langkah-langkah proses elektroplating sebagai berikut:

- Mempersiapkan alat dan bahan.
- Memasukan larutan kedalam bak yang telah ditentukan
- Bersihkan spesimen dengan air panas suhu 70 °C selama 5 menit.
- Bersihkan dengan soda/detergent selama 5 menit.
- Pembilasan dilakukan dengan air mengalir.
- Spesimen dimasukkan ke dalam larutan soda api selama 1,5 menit agar minyak dan zat pengotor hilang.
- Spesimen dibilas menggunakan air yang mengalir.
- Kemudian masukan ke dalam larutan HCL selama 10 menit.
- Larutan nikel dipanaskan.
- Katoda dipasang pada kutub negatif dan anoda pada kutub positif *power supply*.
- Objek diletakkan kedalam bak plating nikel yang telah disiapkan pada waktu yang telah ditetapkan dan mengatur ampere yang telah divariasikan .
- Memasukan spesimen kedalam larutan HCL.
- Membilas spesimen dengan air .
- Memasukan spesimen kedalam bak berisi larutan nikel selama 2menit.
- Membilas spesimen dengan air.
- Mengkeringkan spesimen dengan temperatur ruangan.

- Uji Laju Korosi

Proses korosi dilakukan untuk mengetahui laju korosi dari spesimen yang tidak mendapat perlindungan dengan spesimen lain yang mendapat perlindungan yaitu logam pelapis (nikel) dengan kuat arus yang berbeda (6 A, 8 A, 10 A). Sebelum dan sesudah proses korosi dilakukan, spesimen terlebih dahulu ditimbang untuk data awal berupa berat awal. Larutan korosif yang digunakan untuk proses korosi adalah *aquades* dan larutan HNO_3 (Acid Nitric) dengan konsentrasi yang sama pada setiap spesimen yaitu 160 ml *aquades* dan 40 ml HNO_3 (Acid Nitric). Perendaman selama 60 menit, semua spesimen dibersihkan dengan pembilasan pada air mengalir dan dilanjutkan dengan pembilasan dengan alkohol 96% menghilangkan pengaruh bahan kimia.



Gambar 5. Spesimen Uji Ketebalan

Data Hasil Uji Ketebalan Lapisan

Tabel 1. Data Hasil Uji Ketebalan Lapisan

No	Kode Spesimen	Kuat Arus (Ampere)	Titik Uji Ketebalan (μm)			Rata-Rata Nilai Titik (μm)	Rata-Rata Nilai Ketebalan (μm)
			1	2	3		
1	A	6 A	3,30	2,40	2,40	2,70	3,27
			3,40	3,40	3,50	3,43	
			3,60	3,70	3,70	3,67	
2	B	8 A	4,40	4,40	4,60	4,47	4,71
			4,60	4,80	4,80	4,73	
			4,90	4,90	5,00	4,93	
3	C	10 A	5,50	5,70	5,90	5,70	6,59
			6,50	6,70	6,90	6,70	
			7,20	7,40	7,50	7,37	

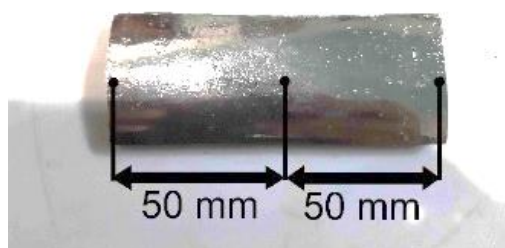
Teknik Analisa Data

Dalam penelitian ini, penggunaan metode eksperimen dapat memberikan data yang valid dan dapat dipertanggung jawabkan. Eksperimen dalam penelitian ini adalah besarnya *ampere* pada proses pelapisan yang diambil nilai ketebalan lapisan dan laju korosi, Data tersebut akan dibuat dengan grafik dan hasil akan dibandingkan tiap variabel. Metode uji statistik adalah suatu metode yang bertujuan menjelaskan hal-hal yang terjadi diantara variabel tertentu melalui upaya manipulasi atau pengontrolan variabel tersebut.

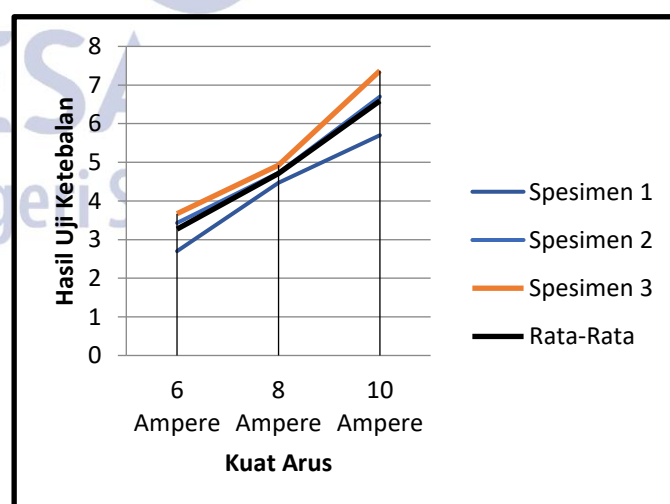
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Ketebalan (*Coating Thickness Gauge*)

Menurut Ananta H.R (2016). Ketebalan adalah salah satu persyaratan penting dari suatu lapisan hasil electroplating. Uji ketebalan menggunakan metode *Coating Thickness Gauge* yang dilakukan di laboratorium Uji Bahan Teknik Mesin Polinema. Data yang didapat dari pengujian tersebut berupa data kuantitatif sesuai dengan tabel dibawah.



Gambar 4. Titik Uji Ketebalan

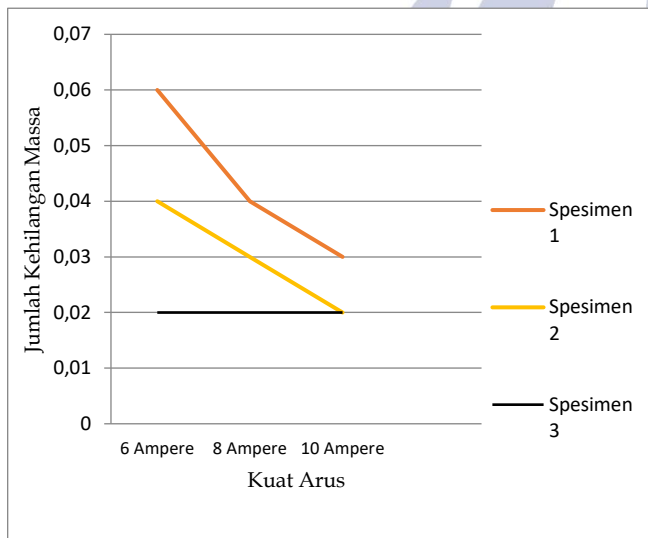


Gambar 6. Grafik Ketebalan Lapisan

Data Hasil Uji Laju Korosi

Tabel 2. Data Hasil Uji Laju Korosi

No	Kuat Arus (Ampere)	Lama Perendaman (menit)	Berat Awal	Berat Akhir	Kehilangan Berat	Laju Korosi
1	6 A	60	1.57	1.51	0.06	0.04
			1.57	1.53	0.04	
			1.58	1.56	0.02	
2	8 A		1.64	1.60	0.04	0.02
			1.64	1.61	0.03	
			1.65	1.63	0.02	
3	10 A		1.65	1.62	0.03	0.016667
			1.66	1.64	0.02	
			1.66	1.64	0.02	



Gambar 7. Diagram Kehilangan Massa

Analisa Statistik

Analisa data menggunakan teknik anova rangkap (*Two Way Anova*) dengan bantuan aplikasi SPSS 20. Data terlebih dahulu harus diverifikasi terdistribusi normal dan homogen sebelum uji anova dapat dilakukan. Maka dari itu, uji normalitas dan homogenitas dilaksanakan pada tahap awal.

• Uji Normalitas

Berikut ini adalah hasil uji normalitas yang dihasilkan oleh aplikasi SPSS 20 dengan metode *anova two way* untuk mengetahui apakah masing masing variabel berdistribusi normal atau tidak. Pedoman Pengambilan keputusan sebagai berikut:

- Jika nilai sig. kurang dari 0.05 maka data dinyatakan memiliki distribusi tidak normal.
- Jika nilai sig. lebih dari 0.05 maka data dinyatakan memiliki distribusi normal.

Tabel 3. Uji Normalitas Variabel Kuat Arus Pada Uji Ketebalan

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Standardized Residual for ketebalan	0,140	27	0,186	0,926	27	0,54

Tabel 4. Uji Normalitas Variabel Kuat Arus Pada Uji Laju Korosi

F	df1	df3	Sig.
2,009	8	18	0,104

• Uji Homogenitas

Tabel 5. Uji Homogenitas Ketebalan Lapisan Levene's Test of Equality of Error Variances

F	df1	df3	Sig.
1,817	8	18	0,139

Design: Intercept + X1 + X2 + X1*X2

Tabel 6. Hasil Uji Homogenitas Laju Korosi Levene's Test of Equality of Error Variances

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Standardized Residual for Korosi	0,160	27	0,75	0,967	27	0,519

Design: Intercept + X1 + X2 + X1*X2

• Uji Anova

Analisa data menggunakan teknik anova ganda harus memiliki hipotesa sebelum menarik sebuah simpulan, hipotesa yang diajukan adalah:

- Tidak terdapat perbedaan yang signifikan ketebalan lapisan dan laju korosi pada spesimen electroplating nikel dengan variasi kuat arus proses elektroplating.
- Terdapat perbedaan yang signifikan ketebalan lapisan dan laju korosi pada spesimen electroplating nikel dengan variasi kuat arus proses elektroplating.

Tabel 7. Hasil Uji Anova Pengujian Ketebalan Lapisan

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Uji Ketebalan (Coating Thickness Gauge)					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	50,320 ^a	8	6,290	17,347	,000
Intercept	636,563	1	636,563	1755,588	,000
X1	,060	2	,030	,083	,921
X2	49,949	2	24,974	68,877	,000
X1 * X2	,311	4	,078	,215	,927
Error	6,527	18	,363		
Total	693,410	27			
Corrected Total	56,847	26			

a. R Squared = ,885 (Adjusted R Squared = ,834)

Tabel 8. Hasil Uji Anova Pengujian Laju Korosi

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Laju Korosi

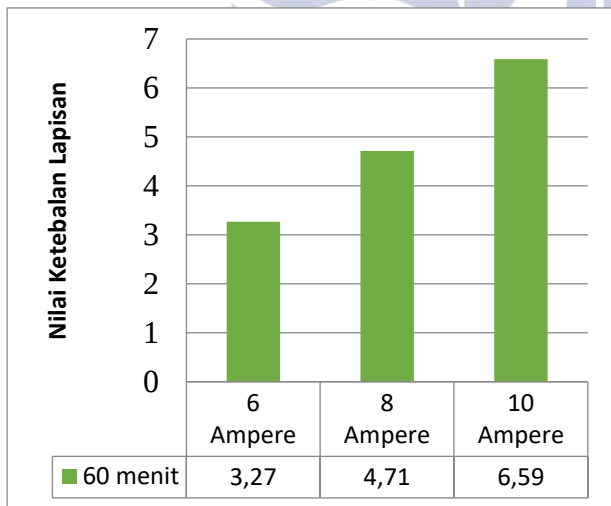
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	15,054 ^a	8	1,882	10584,802	,000
Intercept	31,579	1	31,579	177633,333	,000
X1	15,024	2	7,512	42254,333	,000
X2	,015	2	,008	42,583	,000
X1 * X2	,015	4	,004	21,146	,000
Error	,003	18	,000		
Total	46,636	27			
Corrected Total	15,057	26			

a. R Squared = 1,000 (Adjusted R Squared = 1,000)

Diperoleh nilai Sig. Sebesar 0,000>0,005, sehingga dapat disimpulkan bahwa “Terdapat perbedaan hasil uji ketebalan terhadap titik ujilaju korosi dengan weight loss”. Diperoleh nilai sig. Sebesar 0,000>0,005, sehingga dapat disimpulkan “Terdapat perbedaan hasil uji ketebalan terhadap nilai laju korosi dengan pengajuan nilai arus (6A, 8A dan 10A)”. Diperoleh nilai sig. Sebesar 0,000>0,005, sehingga dapat disimpulkan “Ada Interaksi berdasarkan Weight loss spesimen dengan kuat arus yang diajukan”.

• **Analisa Pengaruh Variasi Kuat Arus Terhadap Uji Ketebalan (*Coating Thickness Gauge*)**

Menurut Ananta H.R (2016). Ketebalan adalah salah satu persyaratan penting dari suatu lapisan hasil elektroplating. Proses pengujian menggunakan metode *Coating Thickness gauge* yang mengacu pada standart ST41 dengan data yang diperoleh berupa data kuantitatif.



Gambar 8. Hubungan Kuat Arus Terhadap Ketebalan Lapisan.

Disajikan data hasil pengujian ketebalan lapisan, dimana pada setiap kenaikan kuat arus elektroplating nilai ketebalan spesimen yang dapat juga berbeda. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan nilai ketebalan dengan kuat arus 6 Ampere lama perendaman 60 menit didapat nilai rata rata sebesar 3,27 μm, kuat arus 8 Ampere sebesar 4,71 μm, dan kuat arus 10 Ampere sebesar 6,59 μm. Ketebalan Lapisan yang terbentuk menurut Lowenheim dapat dirumuskan:

$$\delta = \frac{W}{P.A}$$

Berdasarkan rumus diatas masa jenis dan berat lapisan Ni yang dihasilkan dapat mempengaruhi luas permukaan spesimen sehingga dapat meningkatkan ketebalan lapisan yang dihasilkan. Berat lapisan yang terbentuk disebabkan pada arus listrik yang konstan dan kuat arus yang meningkat, pada pelapis nikel elektrolit dapat meningkatkan ion $Ni^{2+} + 2e^-$ yang tereduksi sehingga menghasilkan Ni pada permukaan katoda, dan katoda semakin banyak melepas O_2 ke elektrolit.

Sejalan dengan hasil pengujian ini pengujian ketebalan yang dilakukan oleh Iman Saefuloh dkk (2017), hasil uji menunjukan bahwa semakin tinggi kuat arus yang digunakan maka ketebalan lapisan yang di dapatkan akan semakin tinggi

• **Analisa Pengaruh Variasi Kuat Arus Terhadap Uji Laju Korosi (*Weight Loss*)**

Menurut Afandi K.Y (2015), Laju korosi didefinisikan sebagai banyaknya logam yang dilepas tiap satuan waktu pada permukaan tertentu. Perhitungan laju korosi menggunakan metode *weight loss* yang mengacu pada ASTM G 31-72, yaitu menghitung kehilangan berat setelah perendaman spesimen kedalam larutan korosif. Pengkorosian dilakukan dengan waktu yang sama selama 168 jam. Dengan perhitungan selisih antara berat awal dan berat akhir, kemudian dihitung laju korosinya dalam satuan *mils per year* dengan persamaan dibawah ini. (Sumber: Afandi K.Y. 2015)

$$CR = \frac{W.K}{D.A.T}$$

Dimana :

CR = Laju Korosi (mm/year)

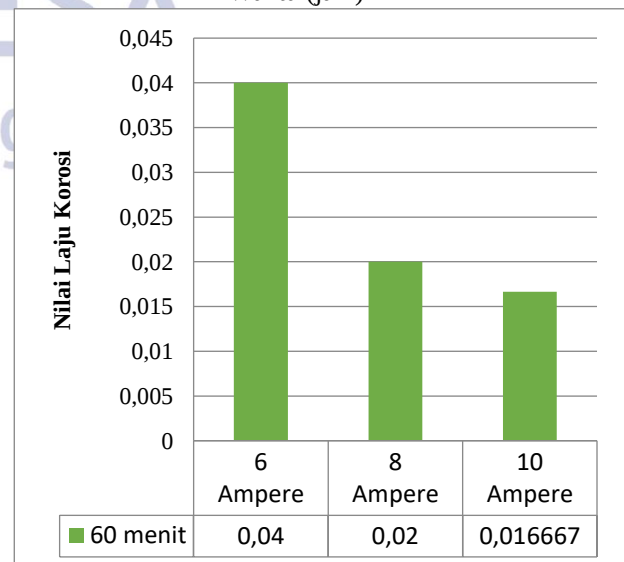
W = Kehilangan Massa (gram)

K = Konstanta Faktor (mm/year = 87,6)

D = Densitas (gram/cm³)

A = Luas Permukaan (cm²)

T = Waktu (jam)



Gambar 9. Hubungan Kuat Arus Terhadap Laju Korosi.

Spesimen uji yang memiliki bahan pelapis juga dapat mengalami laju korosi, akan tetapi laju korosi semakin menurun seiring bertambahnya kuat arus pada waktu pelapisan yang dapat dibuktikan dengan kuat arus 6 Ampere lama perendaman 60 menit didapat nilai laju korosinya sebesar 0,04 mm/year, kuat arus 8 Ampere sebesar 0,02 mm/year, dan kuat arus 10 Ampere sebesar 0,016667 mm/year.

PENUTUP

Simpulan

Hasil uji ketebalan yang diperoleh dari data hasil uji yang telah dikumpulkan oleh peneliti dapat disimpulkan dalam beberapa poin, antara lain :

- Terdapat Pengaruh kuat arus pencelupan pada proses *electroplating* baja ST41 bentuk pipa terhadap ketebalan lapisan permukaan, dihasilkan nilai ketebalan dengan kuat arus 6 Ampere lama perendaman 60 menit didapat nilai rata rata sebesar 3,27 μm , kuat arus 8 Ampere sebesar 4,71 μm , dan kuat arus 10 Ampere sebesar 6,59 μm . Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kuat arus yang digunakan maka ketebalan lapisan yang di dapatkan akan semakin tinggi.
- Terdapat pengaruh kuat arus pencelupan pada proses *electroplating* baja ST41 bentuk pipa terhadap laju korosi, dihasilkan dengan kuat arus 6 Ampere lama perendaman 60 menit didapat nilai laju korosinya sebesar 0,04 mm/year, kuat arus 8 Ampere sebesar 0,02 mm/year, dan kuat arus 10 Ampere sebesar 0,016667 mm/year. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kuat arus pada proses elektroplating maka nilai laju korosi yang dihasilkan menurun.

Saran

- Untuk menciptakan baja yang tebal agar produk semakin baik maka perlu menggunakan proses elektroplating baja ST41 bentuk pipa dengan arus 10 Amper karena akan menghasilkan produk baja yang lebih tebal.
- Pada proses selanjutnya pada kegiatan elektroplating baja ST41 bentuk pipa supaya korosinya semakin lemah atau sedikit maka perlu menggunakan arus 10 Amper sehingga hasil produk lebih tahan lama dan kuat.
- Untuk penerus peneliti selanjutnya diharapkan bisa mendapatkan dan melengkapi data – data yang kurang dalam penelitian penguat arus tersebut, dan diharapkan bisa menunjukkan hasil analisis yang lebih baik nantinya

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, Y. K., Arief, I. S., & Amiadji, A. (2015). Analisa Laju Korosi pada pelat baja Karbon dengan Variasi ketebalan coating. *Jurnal Teknik ITS*, 4(1), G1-G5.
- Ananta, R. H. (2016). Pengaruh Variasi Waktu Celup dan Kuat Arus Terhadap Ketebalan Permukaan dan Struktur Mikro Baja ST41 Pada Proses Pelapisan Nikel. *Jurnal Teknik Mesin*, 4(03).
- Arianto, I., & Hardjono, I. I. (2016). Analisis Spasial Tingkat Kerawanan Jalur Pipa Panasbumi Di Area Kamojang, Kabupaten Bandung, Jawa Barat Tahun 2016 (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Darmawan, A. S., Okariawan, I. D. K., & Sari, N. H. (2015). Pengaruh Variasi Kuat Arus Listrik Dan Waktu Proses Electroplating Terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan Dan Ketebalan Lapisan Pada Baja Karbon Rendah Dengan Krom. *Dinamika Teknik Mesin*, 5(2), 66-71.
- Deviana, R. (2014). Pengaruh Waktu Pencelupan dan Temperatur Proses Elektroplating Terhadap Ketebalan dan Kekerasan Permukaan Baja ST 42. *Jurnal Teknik Mesin*, 3(01).
- Malau, V., & Luppia, N. S. (2011). Pengaruh variasi waktu dan konsentrasi larutan NaCl terhadap kekerasan dan laju korosi dari lapisan nikel elektroplating pada permukaan baja karbon sedang. *Prosiding SNST Fakultas Teknik*, 1(1).
- Manurung, C. (2014). Pengaruh Kuat Arus Terhadap Ketebalan Lapisan dan Laju Korosi (MPY) Hasil Elektroplating Baja Karbon Rendah dengan Pelapis Nikel.
- Mustofa, A., Jokosisworo, S., & Santosa, A. W. B. (2018). Analisa Kekuatan Tarik, Kekuatan Lentur Putar dan Kekuatan Puntir Baja ST 41 sebagai Bahan Poros Baling-baling Kapal (Propeller Shaft) setelah Proses *Quenching*. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 6(1).
- Nanulaita, L. (2012). NJM, "Analisa sifat kekerasan baja St-42 dengan pengaruh besarnya butiran media katalisator tulang sapi (CaCo3) melalui proses pengarbonan padat (*Pack Carburizing*).", *J. Teknol*, 9.
- Nugroho, Y. S. A., & Sulisty, S. (2017). Pelapisan Stainless Steel Aisi 304 Menggunakan Nikel (Ni) Melalui Proses Elektroplating. *Jurnal Teknik Mesin*, 5(1), 16-24.
- Rasyad, A., & Budiarto, B. (2019). Analisis Pengaruh Temperatur, Waktu, dan Kuat Arus Proses Elektroplating terhadap Kekuatan Tarik, Kekuatan Tekuk dan Kekerasan pada Baja Karbon Rendah. *Rekayasa Mesin*, 9(3), 173-182.
- Saefuloh, I., Pramono, A., Jamaludin, W., Rosyadi, I., & Haryadi, H. (2017). Studi karakterisasi sifat mekanik dan struktur mikro material piston aluminium-silikon alloy. *FLYWHEEL: Jurnal Teknik Mesin Untirta*, 2(1), 56-62.
- Sudiro, T., -, K., „Izzudin, H., & Zaini Thosin, K. (2012). ANALISIS STRUKTUR MIKRO LAPISAN BOND COAT NIAL THERMAL BARRIER COATING (TBC) PADA PADUAN LOGAM BERBASIS CO. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, . Retrieved from,
- Pattireuw, K. J., Rauf, F. A., & Lumintang, R. C. A. (2013). Analisis laju korosi pada baja karbon dengan Menggunakan air laut dan H2SO4. *JURNAL ONLINE POROS TEKNIK MESIN UNSRAT*, 2(1).

- Prasetyo, Y. D. (2016). Pengaruh Variasi Tegangan Dalam Proses Elektroplating Seng Pada Baja Api 5l Grade B Terhadap Ketahanan Korosi, Kekuatan Adhesi, Dan Ketebalan 35 Lapisan (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Yudha Kurniawan Afandi, (2015). Analisa Laju Korosi pada pelat baja Karbon dengan Variasi ketebalan coating. Jurnal Teknik ITS, 4(1), G1-G5

