



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Pengaruh Temperatur dan Tegangan Listrik pada proses Elektroplating Lapisan Seng Terhadap Laju Korosi pada Baja Karbon Rendah A36

Ronaldo Candra¹⁾, Untung Budiarto¹⁾, Hartono Yudo¹⁾

¹⁾)Laboratorium Kapal – Material Kapal

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

^{*})e-mail :ronaldocandra@students.undip.ac.id

Abstrak

Kapal baja sangat rentan terhadap serangan korosi, Jumlah korosi yang diinduksi pada baja struktural ditentukan oleh kehadiran oksigen, garam dan air di lingkungan paparan. Korosi dapat membuat kualitas dari baja menurun. Cara pencegahan korosi pada baja yang sering digunakan adalah dengan cara baja dilapisi dengan lapisan penghalang atau disebut electroplating. Tujuan dari penelitian untuk mengetahui laju korosi dengan variasi tegangan dan suhu pada proses elektroplating pada baja karbon rendah A36. Pada penelitian ini menggunakan tegangan dan suhu yang berbeda yaitu dengan tegangan 7V 9V 11V dan suhu 47°C, 57°C dan 67°C. Pengujian laju korosi ini menggunakan metode elektrokimia. Hasil dari pengujian elektrokimia mendapatkan hasil terkecil dan terbaik pada pelapisan dengan tegangan 11V suhu 57°C yaitu 0.022555 mmpy dengan ketebalan 6.00 µm. Sehingga dapat disimpulkan semakin tebal lapisan belum tentu menghasilkan laju korosi yang rendah. Pada uji ketebalan mendapatkan hasil lapisan terbaik pada pelapisan dengan Tegangan 11V dan Suhu 67°C. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besarnya tegangan dan suhu dapat menghasilkan lapisan yang lebih tebal.

Kata Kunci : Electroplating, Baja A36, Ketebalan, Laju Korosi

1. PENDAHULUAN

Majunya ilmu pengetahuan dan teknologi yang terjadi saat ini mempunyai pengaruh yang besar terhadap konsumsi masyarakat akan kebutuhan barang hasil teknologi. Dan manusia selalu berusaha untuk memperbaharui teknologi yang dihasilkan dengan tujuan semua kebutuhan manusia terpenuhi. Tentunya dalam pemenuhan barang itu manusia berusaha memperoleh barang yang terbaik yaitu mempunyai kualitas, keawetan dan penampilan yang bagus.

Korosi berakibat penurunan mutu dan daya guna serta menimbulkan kerugian dari segi biaya perawatan. Korosi tidak dapat dicegah namun dapat dikendalikan. Salah satu cara pencegahan yaitu dengan memberi lapisan pelindung pada permukaan logam dasar, diantaranya secara elektroplating dengan seng, tembaga, krom, nikel dan sebagainya. Selain tujuan tersebut, elektroplating juga mampu meningkatkan mutu

dan nilai estetika produk. Sifat tembaga yang tahan korosi sementara nikel memiliki kekuatan dan kekerasan yang sedang, keuletannya, daya hantar listrik dan termal yang baik [1].

Salah satu cara untuk mengendalikan korosi pada baja adalah dengan melapisi baja dengan seng. Seng (Zn) merupakan salah satu logam yang sering digunakan untuk melapisi besi atau baja dari serangan korosi, khususnya di lingkungan atmosfer. Hal ini disebabkan di lingkungan atmosfer, permukaan logam seng akan terbentuk lapisan film yang dapat melindungi struktur dari serangan korosi. Selain itu, seng merupakan logam yang relatif lebih murah dibandingkan dengan logam lain yang dapat dipakai untuk melindungi baja dari serangan korosi. Pelapisan baja dengan menggunakan logam seng dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu proses pencelupan panas atau lebih dikenal galvanizing dan proses pencelupan dingin atau dikenal dengan electroplating. Metode pelapisan seng yang

digunakan dalam penelitian ini adalah metode elektroplating. Elektroplating adalah teknologi yang relatif mudah dikerjakan dengan menggunakan peralatan yang sederhana dan membutuhkan pekerja yang relatif sedikit sehingga menarik para wirausahawan untuk bergerak di bidang ini.

Pada dasarnya, pelapisan seng dilakukan dengan maksud memberi perlindungan terhadap bahaya korosi, memperbaiki tampak rupa pada permukaan, dan sebagai lapisan dasar untuk proses selanjutnya. Faktor-faktor yang sangat berpengaruh pada pelapisan antara lain tegangan dan waktu pelapisan. Sedangkan yang mempengaruhi hasil pelapisan yaitu ketebalan dan laju deposit. Ketebalan deposit mempengaruhi lama tidaknya baja terlindung dari korosi. Sedangkan laju deposit berpengaruh pada efisiensi waktu. Penggunaan laju deposit yang tinggi dapat meningkatkan efisiensi waktu sehingga bisa mengurangi ongkos produksi [2].

Elektroplating (Electroplating) merupakan pelapisan dengan menggunakan bantuan arus listrik melalui cairan elektrolit yang terjadi secara terus menerus pada tegangan konstan hingga akhirnya mengendap dan menempel kuat membentuk lapisan permukaan benda logam. Proses Electroplating melindungi logam dasar dengan menggunakan logam-logam tertentu sebagai pelapis dan pelindung, misalnya nikel, krom, tembaga, seng, dan sebagainya. Benda kerajinan akan di elektroplating merupakan konduktor atau benda yang dapat menghantarkan arus listrik. Proses elektroplating logam pada dasarnya dilakukan dengan tujuan untuk mencegah proses korosi yang menyerang pada permukaan baja [3].

Penelitian sebelumnya membahas tentang “Pengaruh Variasi Waktu Dan Temperatur Elektroplating Seng Terhadap Ketebalan, Kekuatan Lekat Dan Ketahanan Korosi Pada Baja” Hasil analisa menunjukkan bahwa Nilai ketebalan paling tinggi sebesar 28,1333 μm dengan variasi temperatur 35°C dan waktu 15 menit. Nilai kekuatan lekat paling tinggi sebesar 15,595 MPa dengan variasi temperatur 25°C dan waktu 9 menit. Nilai laju korosi paling rendah sebesar 0,0097 mmpy dengan variasi temperatur 35°C dan waktu 15 menit [4].

Pada penelitian sebelumnya membahas tentang Pengaruh Kuat Arus Terhadap Ketebalan Lapisan Dan Laju Korosi (Mpy) Hasil Elektroplating Baja Karbon Rendah Dengan Pelapis Nikel. Hasil pengujian menunjukkan hasil lapisan yang paling baik dan paling tebal didapat pada spesimen yang dielektroplating dengan kuat arus 10 Ampere yaitu 4,920 μm , dibanding dengan ketebalan spesimen yang dielektroplating 8

Ampere = 3,670 μm , 6 Ampere = 2,860 μm dan 4 Ampere = 2,050 μm laju korosi terendah terjadi pada spesimen yang dielektroplating dengan kuat arus 10 Ampere dengan tegangan 12 Volt yaitu 0,0098 mpy. laju korositerbesar terjadi pada spesimen yang tidak dielektroplating yang mencapai 1,3376 mpy. Dari hasil pengujian didapat bahwa spesimen yang dielektroplating 10 Ampere lebih baik dalam melindungi spesimen terhadap laju korosi [5].

Hasil penelitian sebelumnya analisa laju korosi pada pelat baja karbon dengan variasi ketebalan coating. Dari hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa semakin tebal lapisan suatu coating tidak menjamin coating tersebut dapat melindungi dengan sempurna. Semakin tebal suatu coating memiliki resiko kegagalan coating lebih besar seperti, berkurangnya fleksibilitas, terjadinya pengerutan, atau pengeringan yang tidak sempurna [6].

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui laju korosi dengan variasi tegangan dan suhu pada proses *elektroplating* pada baja karbon rendah A36.

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah dapat dijadikan sebagai bahan referensi, untuk mendapatkan hasil pelapisan yang paling efektif bagi perusahaan pelapisan logam khususnya untuk pelapisan Zinc pada baja carbon rendah dengan cara mengatur tegangan yang digunakan disesuaikan dengan konsentrasi larutan sehingga didapatkan ketebalan pelapisan sesuai dengan yang diinginkan.

2. METODE

2.1. Baja

Baja adalah logam yang paling banyak digunakan. Seperti yang telah diuraikan di depan bahwa baja pada dasarnya adalah paduan besi dan karbon dengan sedikit unsur lain, ini dinamakan baja karbon (carbon steel). Bila baja itu mengandung juga unsur lain dalam jumlah yang cukup besar sehingga akan merubah sifatnya maka baja itu dinamakan baja paduan (alloy steel) [7].

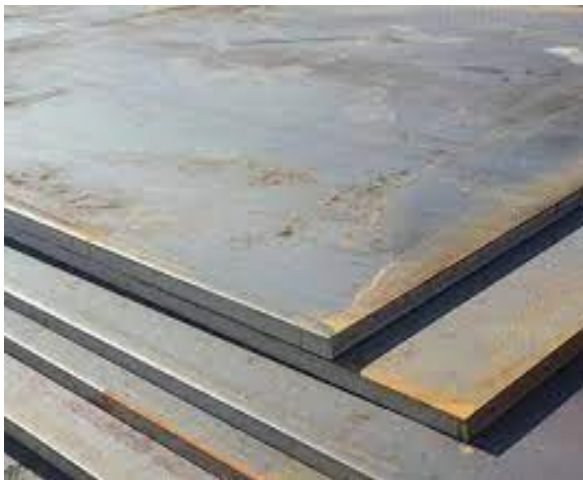
2.2 Baja ASTM A36

Baja ASTM A36 merupakan baja karbon rendah (low carbon), baja ASTM A36 banyak digunakan pada industri perkapalan dan biasa juga pada gerbongkereta api. Baja ini berbeda dengan baja paduan yang di tambahkan paduan lain dalam konsentrasi tertentu untuk menaikkan sifat mekanik dan meningkatkan ketahanan korosi, baja ini mempunyai kepekaan terhadap retak las yang

rendah dibandingkan dengan baja karbon jenis yang lainnya. Baja ASTM A36 mempunyai nilai karbon kurang dari 0,3% , nilai karbon sebesar 0,26%, P 0,04%, S 0,05%, Si 0,4% [8].

Tabel 1. Komposisi Baja ASTM A36

Unsur	Kadar
Karbon (C)	0.25 – 0.290 %
Tembaga (Cu)	0.20 %
Besi (Fe)	98.00 %
Mangan (Mn)	1.03 %
Fosfor (P)	0.04 %
Silicon (Si)	0.38 %
Sulfur (S)	0.050 %



Gambar 1. Plat Baja ASTM A36

2.2. Electroplating

Elektroplating adalah suatu proses pengendapan zat (ion-ion logam) pada elektroda (katoda) dengan cara elektrolisis. Terjadinya suatu endapan pada proses ini adalah karena adanya ion-ion bermuatan listrik berpindah dari suatu elektroda melalui elektrolit, hasil dari elektrolit tersebut akan mengendap pada elektroda yang lain (katoda). Selama proses pengendapan/deposit berlangsung terjadi reaksi kimia pada elektroda dan elektrolit baik reduksi menuju arah tertentu secara tetap, oleh karena itu dibutuhkan arus listrik searah dan tegangan yang konstant.

2.3. Pembuatan spesimen

Spesimen yang akan dilapisi dengan metode elektroplating diambil dari bahan baja karbon rendah yang berdasarkan hasil uji komposisi diketahui memiliki kadar karbon 0,23%. Spesimen dipotong dengan ukuran Panjang 50mm, lebar

50mm dan tebal 6mm , dimana pada bagian tengah salah satu ujungnya dibuat lubang untuk tempat mengikat spesimen sebagai Katoda

Proses electroplating dengan menggunakan metode electroplating dibagi menjadi tiga tahapan, yaitu :

a. Proses Persiapan Pengerjaan (Pre Treatment)

Sebelum proses electroplating dilakukan, permukaan benda kerja yang akan dilapisi harus dalam kondisi benar-benar bersih, bebas dari bermacam macam pengotor.

1. Pembersihan secara mekanik

Pekerjaan ini bertujuan untuk menghaluskan permukaan dan menghilangkan goresan-goresan serta geram-geram yang masih melekat pada benda kerja

2. Pembersihan dengan pelarut (*solvent*)

Proses ini bertujuan untuk membersihkan specimen dari debu, lemak, minyak, garam dan kotoran udara/mengalami korosi sebelum proses plating dengan pelarut organik, alkali, dan celup asam, pembersihan dilakukan dengan cara :

- Pembersihan dengan vapour degreasin.
- Pembersihan dengan cara alkali (*alkaline cleaning*).
- Pembersihan secara elektro (*elektrolitik degreasing*).
- Pembersihan dengan asam (*acid dipping*)



Gambar 2. Pembersihan baja

b. Proses Pelapisan

Setelah benda kerja betul-betul bebas dari pengotor, maka benda kerja tersebut sudah siap untuk dilapisi.

Dalam operasi pelapisan, kondisi operasi perlu/penting sekali untuk diperhatikan. Karena kondisi tersebut menentukan berhasil atau tidaknya proses pelapisan serta mutu pelapisan yang

dihasilkan. Kondisi operasi yang perlu diperhatikan tersebut antara lain :

- Tegangan Listrik (*Voltage*)
- pH Larutan
- Rapat arus (*Current density*)
- Tempereatur (suhu larutan)

Proses pelapisan specimen yang telah dibersihkan dari kotoran dapat kita lihat pada gambar berikut :



Gambar 3. Proses Pelapisan

c. Proses Pengerjaan Akhir (*Post Treatment*)

Benda kerja yang telah dilakukan proses pelapisan (*electroplating*) biasanya dicuci dengan air dan kemudian dikeringkan, dan dari fungsi air perlu diketahui tentang kualitas air yang dibutuhkan sebagai contoh air ledeng dipakai untuk pembilasan dan pendinginan sedangkan air bebas mineral (*aquades*) khusus dipakai untuk pembuatan larutan, analisa dan untuk penambahan unsur kalsium dan magnesium karena mudah bereaksi dengan cupper cyanid, silver cyanid dan cadmium cyanid. Pada umumnya unsur-unsur yang terdapat dalam air adalah kandungan garam-garam seperti : bicarbonate, sulfat, chloride dan nitrat serta untuk unsur logam alkali tidak begitu mempengaruhi konsentrasi larutan.



Gambar 3. Proses Pemberian warna

2.4. Uji Ketebalan

Thickness Tester adalah untuk mengukur ketebalan suatu material dengan teknologi modern sehingga tidak merusak benda yang akan di uji (*Non-Destructive Test*). Alat ini dapat mengukur ketebalan dari suatu meterial atau benda dengan ukuran ketebalan relatif. Teknik pengujian dengan alat ini yang paling mudah, dengan cara mendekatkan ujung probe ke benda yang akan hendak diuji ketebalannya dan akan terlihat hasil dari ketebalan benda tersebut secara langsung dilayar display pada perangkat ini selanjutnya dilakukan uji ketahanan terhadap korosi dengan Salt Spray Test (*SST*) [9].

2.5 Uji Laju Korosi

Laju korosi adalah kecepatan rambatan atau kecepatan penurunan kualitas bahan terhadap waktu. Dalam perhitungan laju korosi, satuan yang biasa digunakan adalah mm/th (standar internasional) atau mill/year (*mpy*, standar British). Tingkat ketahanan suatu material terhadap korosi umumnya memiliki nilai laju korosi antara 1 – 200 *mpy*. Tabel di bawah ini adalah penggolongan tingkat ketahanan material berdasarkan laju korosinya.

Tabel 2. Laju korosi

Relative Corrothion Resistance	Approximate Metric Equivalent				
	mpy	mm/year	µm/yr	nm/yr	pm/sec
Outstanding	<1	<0,02	<25	<2	<1
Excellent	1-5	0,02-0,1	25-100	2-10	1-5
Good	5-20	0,1-0,5	100-500	10-50	5-20
Fair	20-50	0,5-1	500-1000	50-100	20-50
Poor	50-200	42125	1000-5000	150-500	50-200
Unexceptable	200+	5+	5000+	500+	200+

Metode elektrokimia adalah metodemengukur laju korosi dengan mengukur beda potensial objek hingga didapat laju korosi yang terjadi, metode ini mengukur laju

korosi pada saat diukur saja dimana memperkirakan laju tersebut dengan waktu yang panjang. Kelebihan metode ini adalah kita langsung dapat mengetahui laju korosi pada saat di ukur, hingga waktu pengukuran tidak memakan waktu yang lama [10].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

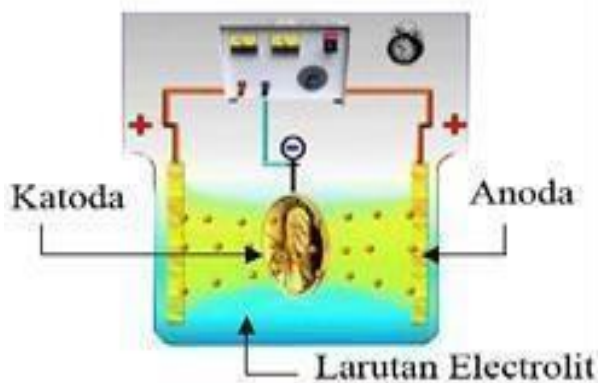
3.1. Proses Elektroplating

Proses elektroplating dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut

- Pembersihan secara mekanik Proses ini bertujuan untuk menghaluskan permukaan dan menghilangkan goresan-goresan serta geram-geram yang masih melekat pada spesimen. Untuk menghilangkan goresan-goresan dan geram-geram dilakukan dengan mesin poles. sedangkan untuk menghaluskan dilakukan dengan proses buffing.

- Pencucian dengan asam Pencucian dengan asam bertujuan untuk membersihkan permukaan benda kerja dari oksida atau karat dan sejenisnya secara kimia melalui perendaman. Larutan asam ini terbuat dari pencampuran air bersih dengan asam chlorida (HCL). Dan setelah itu dilakukan proses pembilasan dengan menggunakan air mengalir selanjutnya dengan Alkohol 96% untuk menghilangkan sisa reaksi bahan kimia dan kemudian dikeringkan.

- Proses elektroplating Spesimen yang telah bebas dari kotoran dipersiapkan untuk dilapis dan pelaksanaannya dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3. Proses Elektroplating

Sebelum spesimen dimasukkan kedalam larutan, terlebih dahulu larutan dipanaskan pada temperature 47°C, 57°C dan 67°C .setelah temperatur tercapai maka spesimen dimasukkan ke dalam larutan dan arus listrik dari rectifier dihubungkan ke spesimen. Arus listrik dari kutub positif dihubungkan ke yang Seng berfungsi sebagai bahan pelapis (anoda), sedangkan kutub negatif dihubungkan ke spesimen baja karbon rendah sebagai katoda.

Variabel tegangan diatur dengan kuat arus 12 A dan tegangan sebesar 7 V, dan setelah itu rectifier dinyalakan dan dihitung waktu pelapisan selama 10 menit. Setelah waktu pelapisan tercapai, rectifier dimatikan dan spesimen diangkat dari

larutan untuk dilakukan pembersihan. Dengan cara yang sama dilakukan untuk variabel tegangan yang lainnya yaitu 9 dan 11 Volt.

3.2. Hasil Pengujian Ketebalan

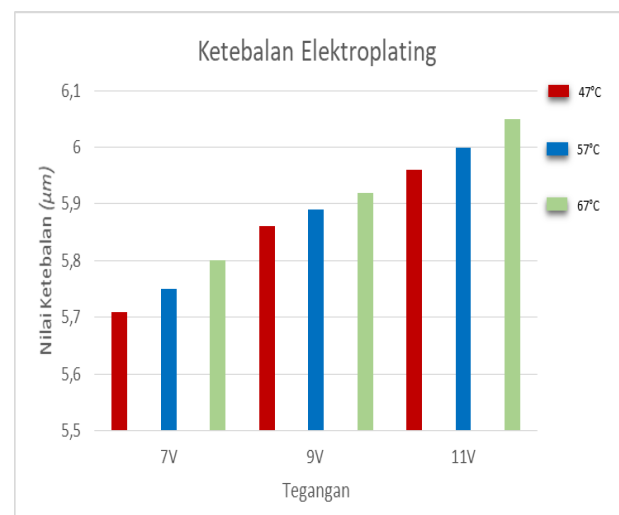
Uji ketebalan plating dilakukan untuk mengukur ketebalan suatu material dengan teknologi modern sehingga tidak merusak benda yang akan di uji (Non-Destructive Test). Alat ini dapat mengukur ketebalan dari suatu meterial atau benda dengan ukuran ketebalan relatif. Teknik pengujian dengan alat ini yang paling mudah, dengan cara mendekatkan ujung probe ke benda yang akan hendak diuji ketebalannya dan akan terlihat hasil dari ketebalan benda tersebut secara langsung dilayar display pada perangkat ini.

Tabel 3. Hasil Uji Ketebalan

Tegangan (V)	Suhu (°C)	Ketebalan Elektroplating
7V	47	5.71 μm
	57	5.75 μm
	67	5.80 μm
9V	47	5.86 μm
	57	5.89 μm
	67	5.92 μm
11V	47	5.96 μm
	57	6.00 μm
	67	6.05 μm

Pada hasil uji ketebalan elektroplating sesuai dengan HES D 2003-17 yaitu minimal 8 μm . Pada penelitian ini, berdasarkan variabel tegangan dan Suhu diperoleh hasil uji ketebalan lapisan elektroplating 7 V : 47°C = 5.71 μm , 57°C = 5.75 μm , 67°C = 5.80 μm , 9 V : 47°C = 5.86 μm , 57°C = 5.89 μm , 67°C = 5.92 μm , 11 V : 47°C = 5.96 μm , 57°C = 6.00 μm , 67°C = 6.05 μm .

Berikut grafik hasil uji ketebalan :



Gambar 5. Hasil Uji Ketebalan

3.3. Hasil Pengujian Laju Korosi

Penelitian ini mendapatkan data dari pengujian sel tiga elektroda dan secara otomatis mendapatkan hasil laju korosi, potensi arus dan tabel antar spesimen. Proses pengujian ini dilakukan di Laboratorium korosi dan kegagalan material, Teknik Metalurgi, Institut Teknologi Sepuluh November. Hasil dari proses pengujian laju korosi adalah grafik tabel yang terdapat informasi seperti icorr.

Pada tabel 4 menunjukkan hasil laju korosi dari material yang dilapisi dengan tegangan dan suhu yang berbeda serta material yang tidak diberlakukan apa apa.

Tabel 4. Hasil Laju Korosi

Perlakuan	Suhu (°C)	Icorr (μA/cm ²)	Laju Korosi (mm/year)
RAW		0.0001E-7	1.1256
7V	47	1.0362E-05	0.12122
	57	1.5024E-05	0.17577
	67	5.0783E-05	0.59411
9V	47	6.4534E-05	0.0755
	57	6.474E-06	0.075741
	67	8.6197E-06	0.10084
11V	47	2.126E-06	0.024875
	57	1.9279E-06	0.022555
	67	3.7606E-06	0.043995

Pada tabel 4 menunjukkan hasil laju korosi material yang tidak di berikan perlakuan yang mendapatkan hasil laju korosi 1.1256 mmpy. Dari hasil tersebut mendapat kategori yaitu “fair”.

Dapat diketahui potensial pada kerapatan arus dan laju korosi memiliki hasil yang berbeda setiap spesimen. Dikarenakan faktor human error seperti tempat penyimpanan material, material terkena larutan korosi. Namun nilainya tidak berbeda terlalu signifikan dengan nilai yang lain.

Berdasarkan grafik laju korosi pada variasi 7V dengan suhu 47°C menunjukkan laju korosi 0.12122 mmpy, suhu 57°C menunjukkan laju korosi 0.17577 mmpy dan pada suhu 67°C menunjukkan laju korosi 0.59411 mmpy.

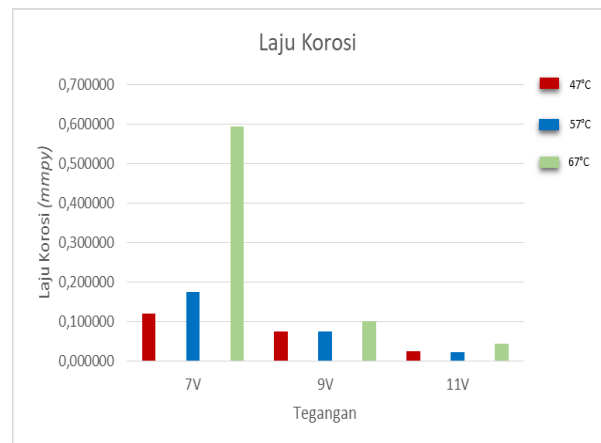
Selanjutnya pada tegangan 9V dengan suhu 47°C menunjukkan laju korosi 0.0755, suhu 57°C menunjukkan hasil laju korosi 0.075741, pada suhu 67°C menunjukkan hasil dengan laju korosi 0.10084.

Pada tegangan 11V dengan suhu 47°C menunjukkan hasil laju korosi 0.024875, pada suhu 57°C menunjukkan hasil laju korosi 0.022555, pada suhu 67°C menunjukkan hasil laju korosi 0.043995.

Pada penelitian ini didapatkan hasil dengan laju korosi paling rendah yaitu pada variasi tegangan 11V dengan suhu 57°C

Dapat disimpulkan bahwa semakin besarnya tegangan dan suhu belum menentukan lajunya korosi namun tergantung rapatnya arus dan beberapa faktor seperti human error.

Berikut grafik hasil pengujian laju korosi :



Gambar 6. Hasil Laju Korosi

4. KESIMPULAN

Hasil dari penelitian kali ini ketebalan elektroplating sangat berpengaruh terhadap laju korosi. Pada pengujian laju korosi mendapatkan hasil terkecil dan terbaik pada pelapisan dengan tegangan 11V suhu 57°C yaitu 0.022555 mmpy dengan ketebalan 6.00 μm. Sehingga dapat disimpulkan semakin tebal lapisan belum tentu menghasilkan laju korosi yang rendah.

Pada uji ketebalan mendapatkan hasil lapisan terbaik pada pelapisan dengan Tegangan 11V dan Suhu 67°C. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besarnya tegangan dan suhu dapat menghasilkan lapisan yang lebih tebal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Dan S. Basmal ,Nugroho, “No Titlepengaruh Suhu Dan Waktupelapisan Tembaga-Nikel Pada Baja Karbon Rendah Secara Elektroplating Terhadap Nilai Ketebalan Dan kekasaran,” Magister Tek. Mesin, Vol. 14, Pp. 23–28, 2012.
- [2] W. P. R. Lasinta Ari Nendra Wibawa And B. Kusharjanta, “Pengaruhvariasi Tegangan Dan Waktu Pelapisan Pada Proses Elektroplating Baja Karbon Rendah Dengan Pelapisseng Terhadap Ketebalan Dan Laju Deposit,” Tek. Mesinuniv. Sebel. Maret, Pp. 1–7, 2013.

- [3] J. A. O. Bamidele. & Olugbuyiro, Effect of Some Plating Variables on ZincCoated Low Carbon Steel Substrates,. Nigeria: Department of Chemistryof Covenant University, 2011.
- [4] E. A. Setyarso et al., “ANALISIS STRESS CORROSION CRACKING (SCC) TEMBAGA DENGAN,” vol. 2, no. 4, pp. 463– 469, 2014.
- [5] E. Seng et al., “Pengaruh Variasi Waktu dan Temperatur Kekuatan Lekatdan Ketahanan Korosi pada Baja,” vol. 8, no. 2, pp. 218–223, 2019.
- [6] ASTM G50-76. 1994. Standart Practice for Conducting Atmospheric Corrosion Test on Metal. ASTM Internasional, Annual Book of ASTM Standard, USA,1994.
- [7] Y. K. Afandi, I. S. Arief, J. Teknik, S. Perkapalan, and F. T. Kelautan, “Analisa Laju Korosi pada Pelat Baja Karbon dengan Variasi KetebalanCoating,” vol. 4, no. 1, pp. 1–5, 2015.
- [8] D. S. Eva Arifi, Perancangan Struktur Baja. Malang: UB Press, 2020.
- [9] S. R. Limbong, “Analisa Material ASTM A36 Akibat Pengaruh Suhu danQuenching terhadap Nilai Ketangguhannya,” 2016.
- [10] N. D. Fontana, M G; Greene, corrosion engineering. singapore, 1967.