

PENINGKATAN KETAHANAN KOROSI BAJA AISI 1010 SEBAGAI KOMPONEN MOBIL LISTRIK

Rezky Agustio¹, Nani Mulyaningsih², Catur Pramono³

Universitas Tidar

E-mail : rezky.agustio98@gmail.com, nani_mulyaningsih@untidar.ac.id, caturpramono@untidar.ac.id

Informasi Naskah:

Diterima:

20 November 2021

Diterbitkan:

20 Desember 2021

Abstract: AISI 1010 steel is commonly used as an electric car component, including the body of an electric car, this component is very susceptible to corrosion because it is often exposed to hot and rainy weather continuously. One of the prevention that can be done is by electroplating. Electroplating is the process of electrolytic deposition of protective metal ions (anode) on top of another metal (cathode) which aims to form a surface with different properties or dimensions from the base metal. The type of test used in analyzing the results of electroplating in this study is coating adhesion testing. Corrosion rate, and coating thickness. The purpose of this test is to determine the adhesion of the coating, resistance to corrosion rate, and the level of coating thickness. The voltage variable in the electroplating process uses a voltage variation of 7.5 V, 8 V, and 8.5 V. The results of the test of the highest adhesion value occur at a voltage variation of 8.5 volts of 27.21 MPa. The lowest corrosion rate value occurs at a voltage variation of 8.5 volts of 0.0049 mpy. And the highest thickness value occurs with a voltage variation of 8.5 volts, which is 1.68 m. The higher the voltage used, the lower the corrosion rate that occurs.

Keyword: AISI 1010, electroplating, corrosion

Abstrak: Baja AISI 1010 umum digunakan sebagai komponen mobil listrik tidak terkecuali pada bodi mobil listrik, komponen ini sangat rentan mengalami korosi karena sering terpapar cuaca panas dan hujan secara terus menerus. Salah satu pencegahan yang dapat dilakukan adalah dengan cara elektroplating. Elektroplating adalah proses pengendapan ion – ion logam pelindung (anoda) di atas logam lain (katoda) secara elektrolisis yang bertujuan untuk membentuk permukaan dengan sifat atau dimensi yang berbeda dengan logam dasarnya. Jenis pengujian yang digunakan dalam menganalisa hasil elektroplating pada penelitian ini adalah pengujian adhesi lapisan, laju korosi, dan ketebalan lapisan. Tujuan dari pengujian ini yaitu untuk mengetahui daya adhesi lapisan, ketahanan terhadap laju korosi, dan tingkat ketebalan lapisan. Variabel tegangan pada proses elektroplating menggunakan variasi tegangan 7,5 V, 8 V, dan 8,5 V. Hasil pengujian nilai adhesi tertinggi terjadi pada variasi tegangan 8,5 volt sebesar 27,21 MPa. Nilai laju korosi terendah terjadi pada variasi tegangan 8,5 volt sebesar 0,0049 mpy. Dan nilai ketebalan tertinggi terjadi variasi tegangan 8,5 volt yaitu sebesar 1,68 μ m Berdasarkan hasil penelitian ini didapatkan kesimpulan bahwa semakin tinggi tegangan yang digunakan maka semakin tinggi nilai adhesi lapisan, dan ketebalan lapisan yang terbentuk. Semakin tinggi tegangan yang digunakan juga akan semakin rendah laju korosi yang terjadi.

Kata Kunci: AISI 1010, elektroplating, korosi

PENDAHULUAN

Transportasi adalah media yang cukup dibutuhkan pemakaiannya untuk masa sekarang. Kini perkembangan sarana transportasi cukup baik dengan digunakannya berbagai tenaga alternatif guna menghasilkan daya pada transportasi yang digunakan. Terjadi perkembangan yang pesat bagi transportasi yang menggunakan tenaga listrik terlihat semakin berubahnya transportasi yang memakai tenaga *Ignition Combustion Engine Vehicle (ICEVs)* menjadi transportasi yang memakai tenaga listrik atau *electric vehicle (EVs)*.

Baja merupakan material teknik yang banyak dipakai pada bidang otomotif sebagai material produksi bagian mobil listrik misalnya bodi atap, panel pintu, rantai, serta rangka mobil. Baja memiliki karakteristik mekanik yang hampir sempurna, tetapi tidak memiliki kekuatan pada hantaman korosi ketika bertemu pada keadaan basah, lembab serta terdapat lumpur yang membuat terjadinya keropos.

Elektroplating adalah suatu metode yang mampu menahan korosi dalam baja yang memiliki karbon rendah. Terdapat berbagai logam yang dipakai menjadi pelapis yaitu kromium, tembaga, seng, nikel, kuningan, perak, emas dan sebagainya. Pemberian nikel-krom dianggap sesuai jika dipergunakan dalam pelapisan plat baja dengan karbon rendah. Nikel yakni komponen logam yang memiliki warna putih dengan sedikit perak serta bisa memberikan ketangguhan bagi logam, karena dapat menimbulkan tersusunnya austenit yang cukup kokoh serta stabil dalam temperatur yang tinggi, membuat kekuatan terhadap thermal fatigue (kelelahan panas), nitridasi, oksidasi, karburisasi serta meningkatkan keuletan. krom mampu memberikan kekuatan pada oksidasi di temperatur yang tinggi serta tahan pada sulfur yang karakternya korosif. Terdapatnya senyawa CrC mampu menaikkan suhu creep serta rupture strength, dan menambah nilai UTS

(*Ultimate Tensile Strength*) dalam suhu tinggi. Penelitian ini dilakukan dengan metode pelapisan elektroplating nikel-krom memakai jenis tegangan yakni 7,5 volt, 8 volt, serta 8,5 volt dengan tujuan untuk meningkatkan nilai ketebalan dari baja AISI 1010 dan juga meningkatkan nilai ketahanan laju korosi.

TINJUAN PUSTAKA

Elektroplating

Menurut Deri subayu (2018), Elektroplating atau tahap pelapisan listrik adalah suatu tahap pelapisan material padat memakai lapisan logam dengan didorong aliran listrik pada sebuah elektrolit. Barang yang digunakan dalam pelapisan harus jenis konduktor atau mampu mengalirkan aliran listrik.

Tahap pelapisan menggunakan elektroplating tersebut dilaksanakan dengan melakukan pencelupan material yang hendak dilapisi pada larutan yang terkandung ion-ion logam. Komponen yang hendak dilapisi tersebut adalah katoda yang dikaitkan pada bagian negatif, sementara anoda dimasukkan pada larutan serta dikaitkan pada bagian positif. Arus listrik yang dipakai yaitu arus listrik DC. Dalam tahapan tersebut ada parameter-parameter yang memberi dampak pada mutu hasil pelapisan, misalnya konsentrasi larutan, rapat arus, suhu, waktu pelapisan, dan tegangan (Saleh, 2014).

Prinsip Kerja Elektroplating

Anoda adalah terminal positif yang dikaitkan pada kutub positif dari sumber listrik satu arah (Direct Current), sementara katoda adalah terminal negatif dikaitkan pada elektroda negatif pada asal listrik satu arah. Dalam cara kerja tersebut, terdapat anoda yang terlarut namun ada juga yang tak larut, anoda yang tak larut mampu berguna menjadi perantara aliran listrik saja, sementara anoda yang larut bisa berguna menjadi komposisi pelapis. material yang hendak dilapisi (katoda) semestinya memiliki karakteristik konduktif ataupun mampu menjadi penghantar listrik. Tahap elektroplating

tersebut dilaksanakan dalam sebuah larutan elektrolit yang memiliki senyawa logam. Pada larutan elektrolit tersebut, ion logam yang memiliki muatan positif menuju komposisi yang memiliki muatan negatif, selanjutnya ion logam akan tereduksi menjadi logam baru serta terdapat endapan pada katoda membentuk lapisan logam (deposit). Dapat dikatakan, anoda adalah material pelapis, sementara katoda adalah material yang hendak dilapisi (Supriadi, 2010).

Baja

Baja adalah suatu logam yang umum dipakai bersama unsur karbon menjadi sebuah komposisi utama suatu campuran. Selain itu, baja pula memiliki unsur-unsur mangan, fosfor, silikon, sulfur, serta yang lain. Karakteristik baja bergantung pada tingkat karbon serta susunan mikronya. Susunan mikro dalam baja bergantung oleh pemberian kalor serta material baja. Karbon yang mempunyai suatu campuran lain pada baja yang menjadi karbid sehingga mampu meningkatkan ketangguhan, ketahanan gores, serta ketahanan temperatur baja (Nanulaitta, 2012). Dari komposisinya, baja terbagi dalam 2 jenis yakni baja karbon (carbon steel) serta baja campuran (alloy steel).

1. Baja Karbon

Menurut Nanulaitta (2012), terdapat 3 klasifikasi baja jika dilihat pada total karbon yang ada pada strukturnya, yakni:

- a. Baja dengan karbon tinggi merupakan baja yang terdapat kandungan karbon 0,70% - 1,70%.
- b. Baja dengan karbon menengah merupakan baja yang terdapat kandungan karbon 0,31% - 0,70%.
- c. Baja dengan karbon rendah merupakan baja yang terdapat kandungan karbon 0,04% - 0,30%.

Kandungan karbon pada susunan baja baja dapat mempengaruhi karakteristik mampu keras. Karakter tersebut diperlukan bagi komponen mesin yang sering bersinggungan atau bergesekan.

2. Baja Campuran

Baja campuran atau alloy steel merupakan baja karbon yang memiliki campuran unsur lain dimana dapat mengganti karakter baja itu. Karakteristik baja diantaranya liat, cepat memadat, keras, serta yang lainnya yang mana bertujuan guna membentuk baja lebih bermutu tinggi. Adanya pengotor yang mengurangi kemurnian baja tersebut. Ada 2 jenis baja campuran yaitu :

a. Baja Rendah Alloy

Jenis baja rendah alloy yang terkenal yang sering digunakan adalah HSLA.

b. Baja Tinggi Alloy (high alloy steel) (> 8% alloying element)

Tujuan pemanfaatan high alloy steel yaitu untuk meningkatkan karakteristik baja, diantaranya agar korosi bisa terkendali, lebih kuat terhadap panas serta lebih kuat pada aus dibandingkan baja rendah alloy (Putri & Suryani, 2019).

Korosi

Korosi merupakan kerusakan suatu logam yang disebabkan aktivitas redoks pada sebuah logam bersama beberapa unsur di sekitarnya sehingga menimbulkan senyawa yang tidak diharapkan. Pada umumnya, korosi bisa dikatakan sebagai karat. Dalam kejadian korosi dapat terjadi pada logam yang mengalami sebuah aktivitas oksidasi, sementara oksigen (udara) mengalami sebuah aktivitas reduksi. Korosi logam biasanya dalam bentuk oksida maupun karbonat, korosi bisa pula disebut menjadi ancaman yang bisa merusak logam sebab logam bereaksi kimia bersama lingkungan. Terdapat makna lain yang menyebutkan jika korosi merupakan kebalikan dari tahap ekstraksi logam pada bijih mineralnya (Sutrisno, 2012).

Laju Korosi

Laju korosi merupakan sebuah tolak ukur yang menggambarkan ukuran penetrasi korosi yang dialami oleh sebuah material. Laju korosi merupakan ukuran yang banyak dipakai dalam pengujian korosi disebabkan cukup memberi dampak pada nilai ekonomis serta teknis

material. Ada dua cara dalam menghitung laju korosi, yaitu memakai cara kehilangan berat (weight loss) serta cara elektrolisis.

a. Metode Kehilangan Berat

Metode kehilangan berat yaitu metode yang penghitungan laju korosi menggunakan pengukuran turunnya beban dikarenakan korosi yang dialaminya. Cara tersebut memakai lamanya waktu penelitian sampai memperoleh total hilangnya beban sebab korosi yang dialami. Pengujian dengan cara tersebut bila dilakukan pada jangka panjang serta sustainable bisa sebagai patokan pada keadaan posisi objek diletakkan (bisa diketahui seberapa korosif wilayah itu) pula bisa menjadi acuan dalam treatment yang sebaiknya dilakukan di wilayah serta keadaan tempat objek itu.

b. Metode Elektrolisis

Metode elektrokimia yaitu cara menghitung laju korosi dengan menghitung beda potensial benda sampai diperoleh laju korosi yang dialami, cara tersebut menghitung laju korosi ketika diukur saja yang mana ditaksir laju itu pada masa yang lama. Keunggulan cara ini yaitu kita langsung bisa mengetahui laju korosi ketika diukur, hingga masa pengukuran tak menghabiskan waktu yang panjang. Cara tersebut memakai pembandingan melalui cara peletakkan suatu komposisi yang sifatnya korosif yang sempurna serta komponen yang hendak dibuat pengujian sampai beda potensial yang dialami bisa dilihat dengan terdapatnya pembandingan itu (Wendy laksono, 2018).

Kekuatan Adhesi

Pengujian kekuatan adhesi memiliki tujuan untuk mendapat hasil tentang dampak pemberian lapisan nikel dan krom terhadap daya adhesi pada sampel baja AISI 1010. Standard yang dipakai pada pengujian tersebut yaitu ASTM

D4541 "Standard Test Method for Pull-Off Strength of Elektroplatings Using Portable Adhesion testers". Metode yang dipakai pada pengujian tersebut yaitu pull off test. Metode tersebut memakai portable adhesion testers serta dolly menjadi alat bantu pada pengujian (M.Sulton ali dkk, 2019).

Ketebalan Lapisan

Pengujian tersebut bertujuan dalam mengetahui ketebalan deposit dari hasil lapisan elektroplating yang terbentuk di spesimen sampel pengujian sesudah tahap elektroplating. Proses pengujian dilaksanakan memakai alat ukur ketebalan lapisan Thickness (Dual Scope – Fisher) yang mengacu pada ASTM B 499.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut :

- Bahan baja AISI 1010
- Satu perangkat alat elektroplating
- Alat uji kekuatan adhesi
- Alat uji korosi
- Alat uji ketebalan lapisan

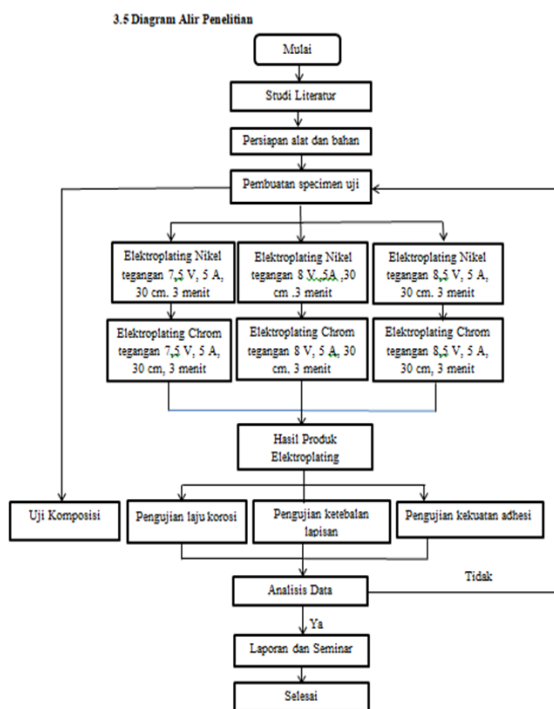
Bahan yang dipakai dalam penelitian ini yakni pelat baja karbon AISI 1010 material dipotong sesuai standar uji yang digunakan. Material selanjutnya dilaksanakan pengujian komposisi kimia dahulu guna mengetahui komposisi dari baja karbon AISI 1010.

Langkah berikutnya dilaksanakan tahap pelapisan menggunakan cara elektroplating pada baja karbon AISI 1010 memakai 2 unsur pelapis yakni nikel serta krom. Setiap unsur pelapis menggunakan 3 variasi tegangan yaitu 7,5 volt, 8 volt, serta 8,5 volt karbon AISI 1010.

Langkah terakhir dilaksanakan pengujian laju korosi dengan metode potensiometri. Setelah itu, dilakukan uji kekuatan adhesi lapisan elektroplating memakai alat PosiTest AT-M Adhesion Tester. Dan yang terakhir dilaksanakan pengujian tebalnya lapisan guna mengetahui tebalnya lapisan elektroplating setelah dilakukan elektroplating.

Penelitian ini akan dilakukan di laboratorium PT Itokoh Ceperindo untuk uji

komposisi kimia, untuk elektroplating di bengkel chrome bina chrome solo. Uji adhesi lapisan elektroplating dilaksanakan di PT. Cipta Agung, Surabaya. Untuk pengujian laju korosi bertempat pada Laboratorium korosi dan kegagalan material Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Dan untuk uji ketebalan lapisan dilakukan di Material Testing Lab, Universitas Gadjah Mada.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Komposisi Kimia

Hasil pengujian Komposisi kimia material ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Baja AISI 1010

NO	Unsur	Kandungan (%)
1	Fe	0,988283
2	S	0,000150
3	Al	0,000415
4	C	0,001921
5	Ni	0,0000107
6	Nb	0,000009
7	Si	0,000104
8	Cr	0,000205
9	V	0,0000002
10	Mn	0,008512
11	Mo	0,000011
12	W	0,000001
13	P	0,000125
14	Cu	0,00016

15	Ti	0,000013
16	N	0,000001
17	B	0,000001
18	Pb	0,000001
19	Sb	0,000004
20	Ca	0,000001
NO	Unsur	Kandungan (%)
21	Mg	0,000001
22	Zn	0,000011
23	Co	0,000033

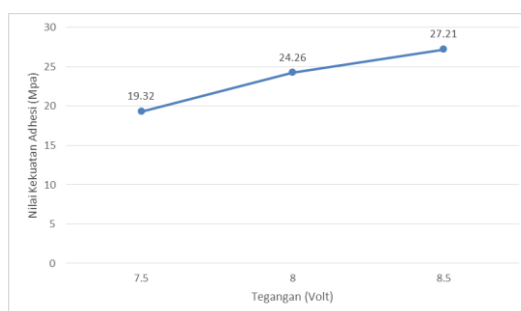
Sumber: Pt. Itokoh Ceperindo Klaten

Hasil Pengujian Kekuatan Adhesi

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Kekuatan Adhesi

Tegangan (Volt)	Nilai Kekuatan Adhesi (MPa)	Rata – Rata Nilai Kekuatan Adhesi (MPa)
7,5	19,96	19,32
	18,88	
	19,13	
8	23,99	24,26
	24,55	
	24,25	
8,5	26,56	27,21
	28,99	
	26,10	

Sumber: CV. Cipta Agung



Grafik 1. Pengaruh variasi tegangan terhadap kekuatan adhesi

Pada tabel 2 serta gambar grafik 1 diatas diperoleh hasil angka adhesi paling tinggi pada specimen yang di elektroplating dengan menggunakan tegangan 8,5 Volt yang bernilai 27,21 MPa. Sementara nilai adhesi terkecil diperoleh pada specimen yang di elektroplating dengan menggunakan tegangan 7,5 Volt yang bernilai 19,32 MPa. Dapat disimpulkan bahwa nilai daya lekat lapisan sebanding pada variasi tegangan. Bisa kita lihat jika tren yang diperoleh yaitu meningkat sejalan pada peningkatan tegangan (volt).

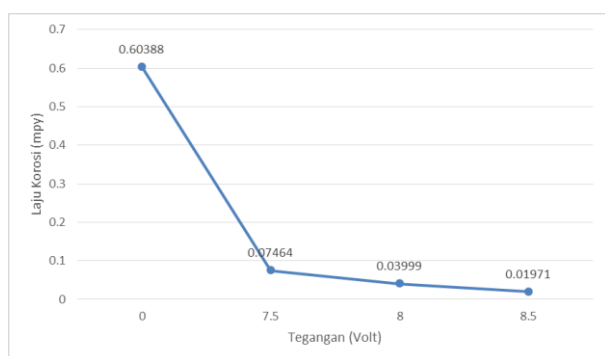
Perolehan nilai kekuatan adhesi ini dipengaruhi berbagai faktor yang mempengaruhi nya. Salah satu aspek itu yakni dampak pada preparasi yang dilaksanakan sebelum melaksanakan tahap eletroplating yakni tahap pengasaran. Sebab kekasaran permukaan dari substrat bisa didapatkan pada tahap pengasaran memakai alat semacam gerinda ataupun pemakaian kertas amplas yang memiliki suatu grade. Dalam penelitian ini, proses pengasaran menggunakan kertas amplas grade 80 terlebih dahulu selanjutnya menggunakan amplas grade 240 dan terakhir menggunakan amplas dengan grade 400.

Hasil Pengujian Laju Korosi

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Laju Korosi

No sampel	Tegangan (V)	Waktu (s)	I_{corr} ($\mu A/cm^2$)	Laju korosi (mmpy)	Laju korosi (mpy)	Rata-rata laju korosi (mpy)
1	0	0	0,56761	0,015298	0,60388	0,60388
2	7,5	180	0,16704	0,0004502	0,01777	0,05139
3			0,16662	0,00044362	0,01772	
4			0,14954	0,00040328	0,01590	
5	8	180	0,15337	0,00041361	0,01631	0,04432
6			0,13231	0,0003568	0,01407	
7			0,13105	0,00035342	0,01394	
8	8,5	180	0,01581	0,00004664	0,00168	0,0049
9			0,01464	0,00003947	0,00155	
10			0,01571	0,00004931	0,00167	

Sumber: Institut Teknologi Sepuluh Nopember



Grafik 2. Pengaruh variasi tegangan terhadap laju korosi

Dari gambar grafik 2 dan tabel 3 dapat disimpulkan jika semakin naiknya tegangan yang dipakai pada saat elektroplating menunjukkan makin rendah laju korosi yang dialami pada sampel baja AISI 1010, tingkat laju korosi tertinggi

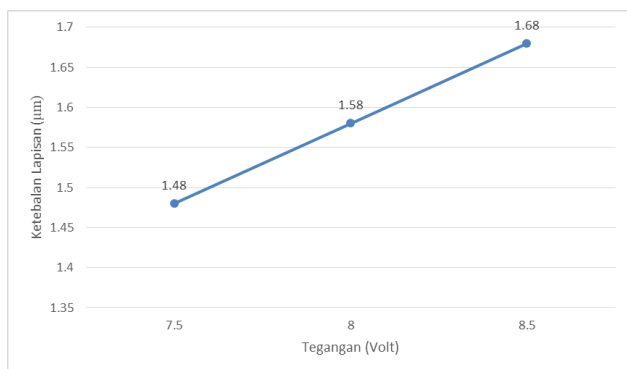
diapatkan pada sampel yang tidak di elektroplating yaitu sebanyak 0,60388 mpy. Serta nilai laju korosi paling rendah didapatkan pada sampel yang di elektroplating dengan menggunakan tegangan 8,5 volt. Hal ini disebabkan karena tegangan mempengaruhi proses pelepasan ion logam pelapis pada anoda dan pengendapan ion logam pelapis pada katoda. Semakin tinggi tegangan, maka pelepasan ion pada anoda semakin cepat, serta pengendapan ion logam pelapis pada spesimen pun lebih cepat. Elektroplating dengan menggunakan tegangan yang tinggi juga akan mempengaruhi ketebalan lapisan pada spesimen uji. Semakin tinggi tegangan yang digunakan pada saat elektroplating maka ketebalan lapisan permukaan sampel baja AISI 1010 akan semakin tinggi, semakin tinggi ketebalan lapisan permukaan maka semakin tebal pula lapisan pelindung pada permukaan sehingga memiliki ketahanan korosi yang semakin baik.

Hasil Pengujian Ketebalan Lapisan

Tabel 4. Data Hasil Pengujian Ketebalan Lapisan

No	Variasi Tegangan	Titik Uji	Ketebalan Lapisan (μm)	Ketebalan Lapisan Rata-Rata (μm)	Ketebalan Lapisan Rata – Rata (μm)
1	7,5 V	1	1.60	1.53	1.48
		2	1.50		
		3	1.50		
2	7,5 V	1	1.50	1.43	
		2	1.50		
		3	1.30		
3	8 V	1	1.50	1.57	1.58
		2	1.60		
		3	1.60		
4	8 V	1	1.50	1.60	
		2	1.60		
		3	1.70		
5	8,5 V	1	1.80	1.77	1.68
		2	1.70		
		3	1.80		
6	8,5 V	1	1.70	1.60	
		2	1.60		
		3	1.50		

Sumber: Universitas Gadjah Mada



Grafik 3. Pengaruh variasi tegangan terhadap ketebalan lapisan

Dari tabel 4 dan grafik 3 didapatkan hasil ketebalan lapisan tertinggi yaitu pada tegangan 8,5 volt dengan nilai 1,68 µm dan hasil ketebalan lapisan terendah yaitu pada tegangan 7,5 volt dengan nilai 1,48 µm. Hal tersebut dikarenakan tegangan listrik memberikan dampak signifikan pada total beban yang mengalir dari anoda menuju katoda. Makin tinggi tegangan listrik yang dimasukkan dalam proses elektroplating maka total ion-ion yang mengalir menuju katoda dapat makin banyak serta makin cepat melekat pada katoda. Hal tersebut pula menggambarkan jika tegangan adalah suatu aspek penting guna memperoleh tingkat tebal yang sempurna.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, pengujian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengujian laju korosi baja AISI 1010. Laju korosi paling rendah dan paling optimal didapatkan pada variasi tegangan 8,5 volt dengan nilai 0,0049 mpy.
2. Berdasarkan hasil pengujian kekuatan adhesi lapisan coating Ni-Cr pada baja AISI 1010 didapatkan hasil bahwa daya lekat paling kuat dan paling optimal didapatkan pada variasi tegangan 8,5 volt dengan nilai 27,21 MPa.
3. Berdasarkan hasil pengujian ketebalan lapisan baja AISI 1010 di dapatkan hasil bahwa ketebalan paling tinggi dan paling optimal

didapatkan pada variasi tegangan 8,5 volt dengan nilai 1,68 µm.

Saran yang didapat dari penelitian ini yaitu proses preparasi spesimen hendaknya di perhatikan seperti spesimen dalam keadaan bersih, halus dan rata karena sangat berpengaruh terhadap hasil pengujian yang dilakukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penulisan hasil penelitian ini, penulis menyadari bahwa hal ini tidak dapat diwujudkan tanpa adanya bantuan dari pihak-pihak lain. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada Tuhan Yang Maha Esa dan semua pihak yang sudah membantu penulis dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M. S., Praktikno, H., & Dhanistha, W. L. (2019). Analisis Pengaruh Variasi Sudut Blasting Dengan Elektroplating Campuran Epoxy dan Aluminium Serbuk terhadap Kekuatan Adhesi, Prediksi Laju Korosi, dan Morfologi pada Plat Baja ASTM A36. *Jurnal Teknik ITS*, 8(1), G64-G70.
- ASTM B 499. (2003). Standard Test Method for Measurement of Elektroplating Thicknesses by the Magnetic Method : Nonmagnetic Elektroplatings on Magnetic Basis Metals. Washington DC : Author.
- ASTM International. (2006). *ASTM D4541 Standart Test Methode of Pull off strength of Elektroplating Using Portable Adhesion Tester*.
- ASTM. (1989). *ASTM G102-89 Standard Practice for Calculation of Corrosion Rates and Related Information from Electrochemical Measurements*. Washington: ASTM Publishing.
- Deri Subayu, Rhomdan., & Mahendra Sakti, Arya. (2018). Pengaruh Variasi Kuat Arus Dan Tegangan Pada Proses Elektroplating Nikel Terhadap Ketebalan Permukaan Dan Mampu Bending Knalpot Sepeda Motor. *Jurnal Teknik Mesin*, 6(1).

- Laksono, W. (2018). Analisis Prediksi Laju Korosi Dan Sifat Mekanis Pada Sambungan Baja A36 Dan Baja A53 Menggunakan Pengelasan SMAW Pada Wet Underwater Welding. *Doctoral dissertation*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Putri, F. A., Amri, H., & Suryani, L. (2019). *Review Industri Baja*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
- Saleh, A. A. (2014). *Electroplating teknik pelapisan logam dengan cara listrik*. Cetakan1. Bandung: Yrama Widya.
- Supriadi, H. (2010). Studi Eksperimental Tentang Pengaruh Variasi Rapat Arus Pada Hard Chrome Electroplating Terhadap Karakteristik Permukaan Baja Karbon Rendah. *MECHANICAL*, 1(1).
- Sutrisno, E. (2012). *Laju Korosi Lapisan Krom Pada Knalpot Berkomposisi Baja Karbon AISI 1010*.