

Rancangan Alat *Elektroplating* Dan Eksperimen Pelapisan Berbahan CuSO_4 Terhadap Ketebalan Lapisan

Mohammad Nurhilal^{1*}, Taufan Ratri Harjanto², Saipul Bahri³, Purwiyanto⁴

¹Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Cilacap

^{2,3}Program Studi Teknik Pengendalian Pencemaran Lingkungan, Politeknik Negeri Cilacap

⁴Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Negeri Cilacap

^{1,2,3,4}Jl. Dr. Soetomo No. 1 Sidakaya, Cilacap, 53212, Indonesia

E-mail: mohammadnurhilal@gmail.com¹, taufantekim2010@gmail.com², saipultekim2010@gmail.com³,
purwi_power@pnc.ac.id

Info Naskah:

Naskah masuk: 30 November 2020

Direvisi: 15 Maret 2021

Diterima: 18 Maret 2021

Abstrak

Pelapisan metode elektroplating memiliki tujuan untuk menghasilkan permukaan yang memiliki karakteristik sesuai dengan logam pelapis. Proses pelapisan membutuhkan alat yang dapat mendeposisikan ion-ion dari bahan pelapis (anoda) ke dalam logam yang dilapisi (katoda) melalui proses deposisi-elektro. Faktor parameter seperti temperatur berpengaruh pada proses elektroplating dan sangat menentukan hasil pelapisan. Tujuan penelitian ini adalah membuat desain dan hasil rancangan alat elektroplating, serta pengujian proses pelapisan menggunakan anoda CuSO_4 . Metode penelitian dengan pendekatan eksperimen melalui pembuatan alat elektroplating dan pengujian pelapisan variasi waktu 20, 26, 32, 38 dan 44 menit dan temperatur 60, 65, 70, 75 dan 80 °C. Hasil desain dan rancangan alat elektroplating terdiri dari komponen-komponen rangka, bak plating dan pembilas, sistem kelistrikan, dan hanger katoda. Sedangkan Hasil pelapisan didapat tebal lapisan paling tinggi pada temperatur 80 °C selama 40 menit yaitu 2,890 μm .

Keywords:

electroplating;
design;
time;
temperature;
thickness

Abstract

The electroplating method has the aim of producing a surface that has characteristics by the coating metal. The coating process requires a device that can place the ions from the coating material (anode) into the coated metal (cathode) through an electro-deposition process. Parameters such as temperature affect the electroplating process and greatly determine the coating result. The purpose of this study was to design the electroplating device, as well as to test the coating process using CuSO_4 anode. The research method was carried out with an experimental approach through the manufacture of electroplating tools and coating testing of time variations of 20, 26, 32, 38, and 44 minutes and temperatures of 60, 65, 70, 75, and 80 °C. The results of the electroplating device design consist of frame components, plating and rinsing tubs, electrical systems, and cathode hanger. The coating results obtained the highest layer thickness 2.890 μm at a temperature of 80 °C for 40 minutes.

*Penulis korespondensi:

Mohammad Nurhilal

E-mail: email_korespondensi@email.com

1. Pendahuluan

Elektroplating secara umum dapat didefinisikan sebagai proses pelapisan material dengan bantuan arus listrik sebagai sumber arus serta unsur kimia yang digunakan sebagai bahan pelapis. Dengan kata lain, elektroplating juga memiliki arti perpindahan ion-ion dari bahan pelapis (anoda) ke dalam logam yang dilapisi (katoda) melalui proses deposisi-elektro. Berdasarkan pengertian di atas, maka elektroplating tidak hanya diterapkan pada proses pencegahan korosi. Hal ini dikarenakan proses deposisi-elektrolit atau pemindahan larutan pelapis tergantung pada larutan pelapis yang digunakan. Untuk itu, pelapisan menjadi sangat penting dalam industri pengerjaan logam untuk menghasilkan hasil akhir produk yang mengkilap pada bagian permukaan, sehingga kegiatan pelapisan ini termasuk pada pengerjaan akhir (*finishing product*).

Pelapisan dengan metode elektroplating banyak digunakan di sektor usaha pengrajin logam. Pemanfaatan proses pelapisan bagi sektor ini lebih menekankan pada sisi untuk menghasilkan permukaan yang memiliki estetika baik dari kehalusan maupun keindahan dari segi penampilan hasil produk. Berdasarkan pemanfaatan proses pelapisan tersebut maka teknik atau metode melapisi logam ini masih sangat dibutuhkan bagi sektor industri maupun pengrajin logam. W. Giurlani dkk., memberikan ulasan umum tentang elektrodeposisi logam dan paduan logam pada aplikasi industri khususnya dalam penerapan dekoratif baik bidang teknik, elektronik, otomotif, aplikasi perencanaan kota dan yang lainnya [1].

Kajian pelapisan yang membahas tentang rancangan alat elektroplating masih sangat minim dalam 5 sampai 10 tahun belakangan ini. Kajian proses pelapisan lebih menekankan pada pembahasan tentang pengujian dengan elektroplating dari sisi karakteristik hasil proses pelapisan dari produk. Adanya kondisi di atas maka pentingnya kajian dalam pembuatan desain dan hasil rancangan alat elektroplating yang dapat digunakan dalam kegiatan pelapisan.

Alat elektroplating secara umum terdiri dari bagian utama seperti bak penampung cairan elektrolit dan bak pembilas yang terbuat dari bahan bukan logam. Bak penampung digunakan untuk menampung larutan elektrolit/logam pelapis proses pelapisan. Sedangkan bak pembilas adalah bak yang digunakan untuk membilas benda kerja hasil setelah proses pelapisan. Alat elektroplating juga dilengkapi dengan sistem eleletrik yang berfungsi sebagai sumber arus baik digunakan untuk memanaskan air dan menghubungkan sirkuit elektroda positif dan negatif. Bagian utama yang lainnya pada alat elektroplating adalah sistem pemanas (*heater*) dan pengontrol waktu. Temperatur pemanasan yang bekerja pada proses pelapisan masih tergolong rendah, yaitu antara 60 – 80 °C atau di bawah temperatur didih air. Suarsana dan komaladewi merancang alat elektroplating untuk penelitian tersebut menggunakan *rectifier* sebagai sumber arus DC, bak plating untuk larutan elektrolit dan bak pembilas, *heater*, termometer, agitator sebagai penghasil gelembung udara [2].

Hasil rancangan alat elektroplating sangat berpengaruh pada hasil pelapisan. Dimana, parameter-

parameter yang ada dalam alat elektroplating perlu dipertimbangkan pada tahap perancangan, parameter tersebut lebih pada sistem kelistrikan, waktu proses, pH, ion logam, dan lain-lain. Faktor yang berpengaruh elektroplating adalah pH, temperatur, kuat arus, waktu, ion logam, konsentrasi, agitasi [3]. Kemudian, Guler menjelaskan parameter elektroplating meliputi kuat arus, pH, temperatur, tipe partikel, ukuran partikel, konsentrasi partikel, penambahan/tipe surfaktan [4]. Lebih lanjut, Guler menguraikan parameter di atas berkaitan dengan *fractional factorial design* atau rancangan yang digunakan untuk mengidentifikasi pengaruh variabel elektrodeposisi terhadap sifat pelapis dijelaskan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Parameter batas ketetapan tinggi dan rendah untuk tingkat *fractional factorial design*.

Karakteristik Elektroplating	Karakteristik Pelapis
Kuat Arus	Koefisien gesek
pH	Ketahanan aus
Temperatur	Ketahanan korosi
Konsentrasi partikel	Karakteristik mekanik
Ukuran partikel	Tegangan dalam
Tipe partikel	Formasi tekstur
Penambahan surfaktan	Kandungan partikel deposisi
	Ukuran butir
	Elektrodeposisi

Adanya parameter-parameter yang berpengaruh pada hasil elektroplating tersebut maka dalam merancang alat elektroplating harus mempertimbangkan komponen-komponen yang dibutuhkan, sehingga kinerja alat nantinya dapat memenuhi syarat kegunaan proses pelapisan.

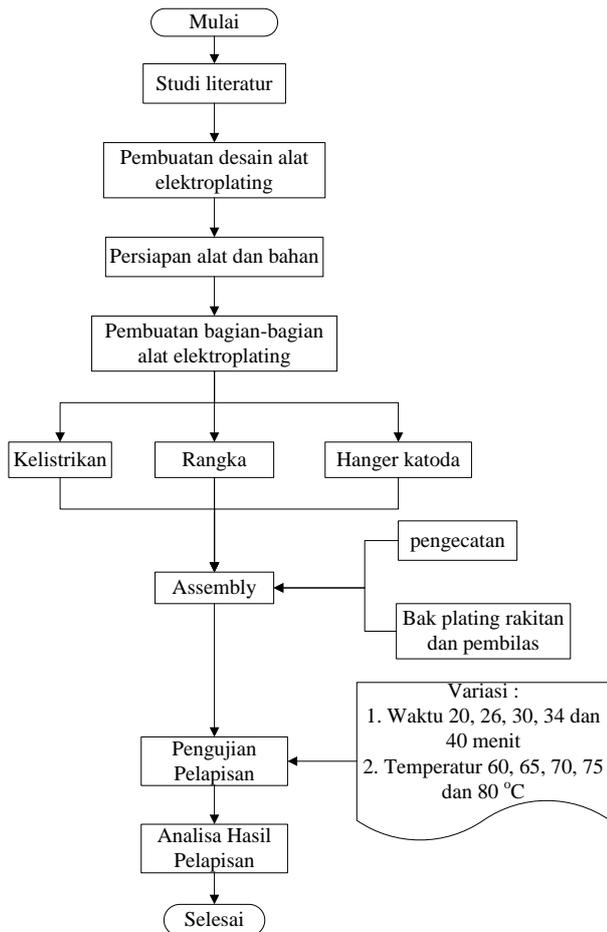
Temperatur pada saat proses pelapisan harus sedapat mungkin dikondisikan stabil, hal ini dimaksudkan agar dihasilkan proses pelapisan yang sempurna. Jika temperatur naik maka dapat mengakibatkan naiknya konduktivitas dan difusitas larutan elektrolit. Kondisi ini juga berpengaruh pada tegangan yang mengalir ke elektrolit akan mengecil, sehingga dapat mempengaruhi ion-ion logam yang direduksi dapat berkurang. Perbedaan temperatur pada saat proses pelapisan mempengaruhi ketebalan lapisan yang menempel pada nikel. Dengan kata lain, temperatur dalam larutan semakin tinggi maka ketebalan lapisan akan meningkat. Pada temperatur 80 °C nilai ketebalan yaitu 0,04 gram, sedangkan pada temperatur masing-masing 60 – 70 °C hanya mendapatkan ketebalan 0,02 gram [5]. Temperatur memiliki pengaruh signifikan pada morfologi permukaan dan kekuatan korosi pelapis paduan NiWP. Peningkatan temperatur menyebabkan meningkatnya ketebalan lapisan dan membentuk lapisan NiWP yang lebih seragam dan padat [6]. Peningkatan temperatur larutan elektrolit pada proses elektroplating akan meningkatkan ketebalan lapisan seng [7].

Berdasarkan dari hasil penelitian di atas maka sangat jelas bahwa rancangan alat elektroplating harus memperhatikan kelistrikan dan alat pemanas yang dapat terkontrol besarnya temperatur proses pemanasan larutan anoda. hal ini dikarenakan temperatur pemanasan larutan mempengaruhi dari ketebalan lapisan anoda yang terikat pada katoda. Untuk itu, dalam kajian ini sangat tepat untuk

membahas rancangan alat elektroplating dan pengujian pelapisan melalui hasil rancangan alat tersebut.

2. Metode

Metode penelitian dengan pendekatan eksperimen melalui pembuatan rancangan dan pembuatan alat elektroplating serta pengujian pelapisan plat strip aluminium dengan pelapis CuSO_4 dengan memvariasikan waktu pelapisan 20, 26, 32, 38 dan 44 menit dan temperatur 60, 65, 70, 75 dan 80 °C terhadap ketebalan lapisan. Adapun tahapan penelitian seperti dijelaskan pada gambar 1.



Gambar 1. Flowchart penelitian

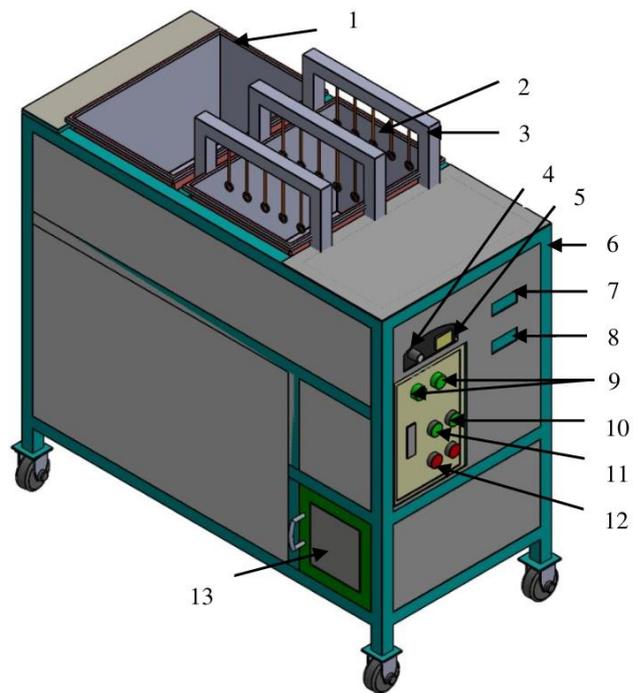
Peralatan yang digunakan dalam pembuatan alat elektroplating adalah mesin gergaji, mesin gerinda, dan las elektroda. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan adalah besi hollow 30x30x1 mm, plat 1,2 mm, container box, dan rangkaian kelistrikan.

Secara garis besar, tahapan metode penelitian ini adalah (1) Pembuatan desain rancangan alat elektroplating mengacu pada kajian pustaka dari sumber-sumber yang relevan; (2) Tahapan pembuatan alat elektroplating mengacu pada desain rancangan yang telah dibuat. Pada tahap ini juga, alat dan bahan yang digunakan perlu dipersiapkan; dan (3) Pengujian pelapisan bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu dan temperatur pelapisan terhadap ketebalan lapisan. Variasi waktu pelapisan 20, 26,

32, 38 dan 44 menit dan temperatur larutan 60, 65, 70, 75, dan 80 °C pada arus 10 ampere.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil rancangan alat elektroplating memiliki komponen-komponen utama pada konstruksi alat tersebut. Adapun komponen-komponen pada rancangan alat elektroplating disesuaikan dengan kebutuhan penggunaan untuk proses pelapisan. Hasil rancangan alat elektroplating dijelaskan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil Rancangan Alat Elektroplating.

Keterangan:

1. Bak pembilas
2. Bak plating
3. Hanger katoda
4. Kontrol arus
5. Indikator arus
6. Rangka
7. Temperatur kontrol indikator
8. *Timmer*
9. Lampu indikator
10. *Switch ON heater*
11. *Switch elektrik*
12. *Switch OFF*
13. *Locker*

Hasil rancangan alat elektroplating secara umum telah memenuhi syarat penggunaan alat untuk pelapisan. Dimana, bagian-bagian alat dalam desain rancangan secara kegunaan telah memenuhi kebutuhan dalam aplikasi pemakaian. Secara umum, alat elektroplating dalam kebutuhan penelitian hanya memanfaatkan bagian inti untuk proses pengujian, biasanya terdiri dari bak plating, sistem kelistrikan, *heater* dan alat bantu lainnya. Ady N., dan Sulistyono dalam pelapisan metode elektroplating

menggunakan alat *power supply*, gelas *beaker* 1L untuk menampung larutan elektrolit, pemanas, dan kawat pegangan anoda dan katoda [8]. Utamaningrat dan Eskani dalam studi pelapisan metode elektroplating hanya menggunakan alat *power supply* (DC), bak plating, gelas beker, *stopwatch*, kawat konduktif, kabel, dan sikat [9]. Kemudian, Arkha, Budiarto dan Sofyan dalam penelitian elektroplating menggunakan peralatan sumber arus searah, bak plating, rak, barel, pemanas, penyaring, dan agitasi [10]. Berdasarkan hasil penelitian di atas dapat dijelaskan bahwa rancangan alat elektroplating lebih mengedepankan pada komponen utama yang digunakan selama proses pelapisan, yaitu pada sistem kelistrikan pada alat elektroplating. Dengan kata lain sistem kelistrikan menjadi komponen penting dalam alat elektroplating yang nantinya parameter dalam sistem kelistrikan tersebut merupakan variabel yang berpengaruh dalam proses pelapisan. Bagian rangka/bed alat merupakan bagian pendukung sebagai penopang dan penempatan komponen-komponen yang ada pada alat elektroplating. Sehingga untuk bagian rangka dan desain/model dapat menyesuaikan kebutuhan tingkat penggunaan alat elektroplating tersebut.

Untuk kebutuhan hanya untuk pengujian yang sifatnya sesaat, maka rancangan alat elektroplating hanya membutuhkan peralatan utama seperti sistem kelistrikan, bak/gelas *plating*, pemanas/*heater*, dan pengatur waktu/*timmer*. Sedangkan jika kebutuhan alat elektroplating untuk pemakaian secara kontinyu, maka rancangan alat perlu mempertimbangkan dimensi dari bed alat yang difungsikan untuk menempatkan komponen-komponen peralatan elektroplating serta pertimbangan efisiensi dalam pengaturan/penempatan susunan/rangkaian peralatan satu dengan yang lainnya agar memudahkan dalam pengoperasian.

Hasil rancangan alat elektroplating ini terdiri dari komponen-komponen yang meliputi:

- Kelistrikan, sistem kelistrikan alat elektroplating memiliki 2 rangkaian, dimana pada rangkaian pertama adalah rangkaian searah (DC) yang terhubung pada temperatur kontrol indikator. Rangkaian kedua arus bolak-balik (AC) yang digunakan untuk menghidupkan *heater*.
- Rangka alat elektroplating terbuat dari bahan besi hollow 30 x 30 x 1 mm. Rangka alat elektroplating memiliki dimensi ukuran 1000 x 475 x 870 mm. Desain rancangan rangka ini dilengkapi dengan *locker* yang difungsikan sebagai tempat penyimpanan bahan/peralatan pelapisan.
- Hanger katoda dirancang memiliki bentuk profil U menggunakan bahan besi hollow ukuran 30 x 30 x 1 mm. Bagian dalam pada *hollow* untuk tempat rangkaian elektroda negatif (benda kerja) yang dihubungkan dengan kabel tembaga.
- Bak plating dan bak pembilas, Bak *plating* dari bahan *container box* dengan kapasitas 30 liter. Rancangan bak plating dilengkapi dengan 2 buah elemen *heater* dan satu buah temperatur indikator. Sedangkan bak pembilas dalam rancangan alat ini di desain lebih praktis dari segi proses pemindahan/pengangkatan air hasil proses pembilasan material hasil pelapisan.

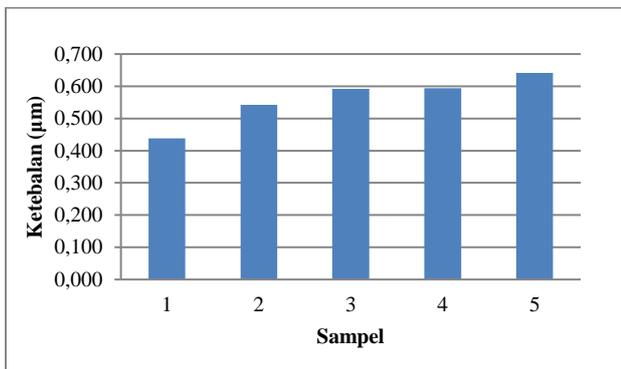
Hasil pengujian pelapisan plat strip aluminium dengan anoda CuSO_4 didapat hasil pengujian seperti dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian pelapisan.

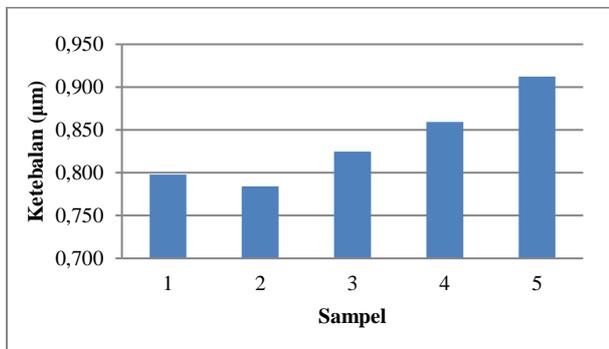
T = 60 (°C)	m ₁ (gr)	m ₂ (gr)	W (gr)	Luas (cm ²)	T (µm)	T _{rata-rata} (µm)
t = 20 (menit)	5,69	5,77	0,08	50,6551	0,438	0,438
	5,75	5,85	0,10	51,1888	0,542	
	5,76	5,87	0,11	51,5782	0,592	
	5,79	5,9	0,11	51,43	0,594	
T = 65 (°C)	5,82	5,94	0,12	51,92	0,641	0,798
	5,56	5,7	0,14	48,705	0,798	
	5,68	5,82	0,14	49,5673	0,784	
	5,72	5,87	0,15	50,4784	0,825	
t = 26 (menit)	5,75	5,91	0,16	51,678	0,859	0,798
	5,79	5,96	0,17	51,7276	0,912	
	5,70	5,98	0,28	50,296	1,545	
	5,73	6,04	0,31	50,68435	1,698	
T = 70 (°C)	5,74	6,1	0,36	50,8976	1,963	1,545
	5,75	6,12	0,37	51,1224	2,009	
	5,77	6,17	0,40	51,6312	2,150	
	5,71	6,12	0,41	50,4784	2,254	
T = 75 (°C)	5,73	6,17	0,44	50,5162	2,417	2,254
	5,74	6,19	0,45	51,3168	2,434	
	5,76	6,26	0,50	51,5091	2,694	
	5,76	6,27	0,51	51,8262	2,731	
T = 80 (°C)	5,78	6,28	0,50	51,6183	2,688	2,688
	5,79	6,31	0,52	51,837	2,784	
	5,80	6,32	0,52	51,87905	2,782	
	5,82	6,36	0,54	52,3747	2,862	
t = 44 (menit)	5,83	6,38	0,55	52,8226	2,890	

Hasil uji pelapisan didapat tebal lapisan paling tinggi pada temperatur 80 °C selama 40 menit yaitu 2,890 µm, dengan rata-rata ketebalan lapisan dari lima sampel sebesar 2,688µm. Sedangkan ketebalan paling rendah yaitu pada temperatur 60 °C dan waktu pelapisan 20 menit dengan rata-rata ketebalan lima sampel sebesar 0,438 µm. Maka, kenaikan temperatur dan lama waktu pelapisan dapat menambah ketebalan lapisan CuSO_4 pada pelat strip aluminium. Hasil ini sejalan dengan penelitian Riyadi et al, (2018) dalam penelitian pelapisan pada baja karbon dengan lapisan paling dasar menggunakan nikel dengan variasi waktu proses 30, 60, 90, 120, dan 150 menit dihasilkan

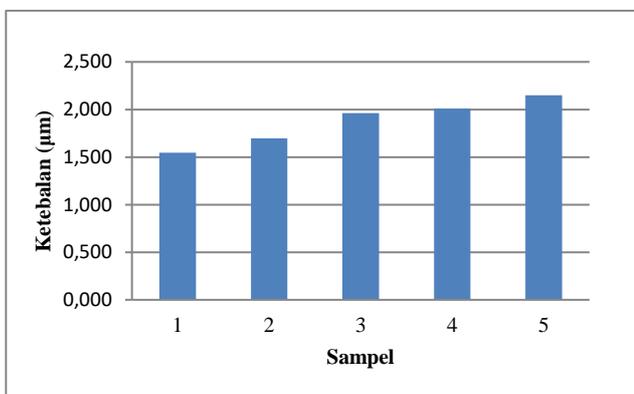
ketebalan lapisan nikel pada baja karbon berturut-turut sebesar 19,9 μm ; 48,4 μm ; 50,1 μm ; 62,1 μm ; dan 64,9 μm [11]. Kemudian hasil penelitian yang lain menjelaskan bahwa pelapisan paling baik didapat pada temperatur 60 °C pada tegangan 7,5 volt, dan waktu 1200 detik dengan penambahan lapisan massa 0,33 gram [12]. Peningkatan ketebalan sebesar 1,97 μm pada arus 1,5 ampere dan lama waktu 20 proses 20 menit dari variasi waktu 10, 15, dan 20 menit [13]. Proses elektroplating pada variasi temperatur 55°C, 65°C, dan 75 °C menghasilkan ketebalan lapisan paling tinggi sebesar 21,53 μm [14]. Hasil penelitian selanjutnya oleh Cahyanto dan Anis (2020) menghasilkan ketebalan lapisan pada temperatur 45 °C, 50 °C, dan 55 °C serta lama waktu pelapisan 10, 20, dan 30 menit menghasilkan tebal lapisan berturut-turut sebesar 8,9 μm ; 9,1 μm ; dan 9,2 μm [15].



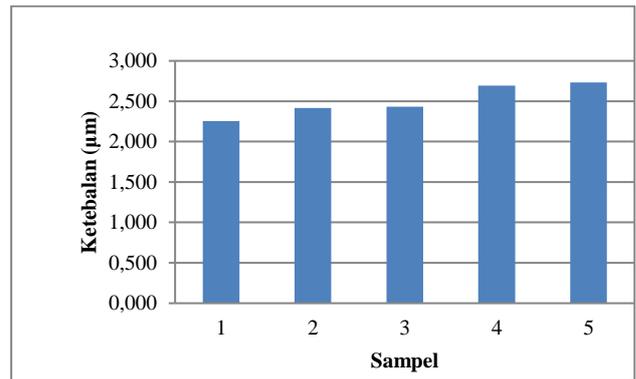
Gambar 3. Hasil pengujian pelapisan temperatur 60 °C pada waktu 20 menit



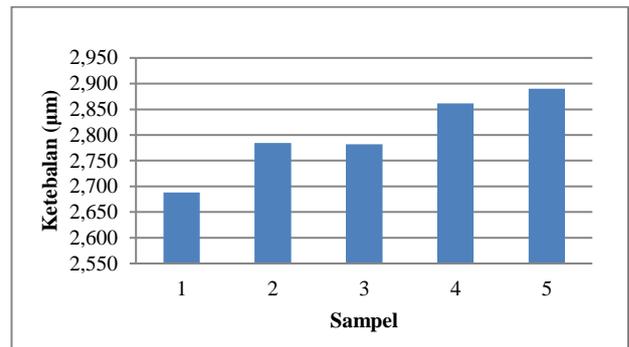
Gambar 4. Hasil pengujian pelapisan temperatur 65 °C pada waktu 26 menit



Gambar 5. Hasil pengujian pelapisan temperatur 70 °C pada waktu 32 menit



Gambar 6. Hasil pengujian pelapisan temperatur 75°C pada waktu 38 menit



Gambar 7. Hasil pengujian pelapisan temperatur 80°C pada waktu 44 menit

Dari beberapa penjelasan hasil penelitian tersebut di atas dapat memberikan interpretasi bahwa lama waktu proses pelapisan dan temperatur pemanasan larutan mempengaruhi hasil pelapisan. Dengan kata lain semakin lama waktu proses pelapisan dan semakin tinggi temperatur larutan dapat meningkatkan ketebalan lapisan pada material yang dilapisi.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa rancangan alat elektroplating memiliki bagian-bagian utama seperti rangka, kelistrikan, bak *plating* dan pembilas, serta hanger katoda. Hasil uji pelapisan didapat tebal lapisan paling tinggi pada temperatur 80 °C dengan lama waktu pelapisan 44 menit didapat tebal lapisan sebesar 2,890 μm , dengan rata-rata ketebalan lapisan dari lima sampel sebesar 2,688 μm .

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih dipersembahkan kepada pihak-pihak yang telah membantu pelaksanaan penelitian tahun 2020 terutama kepada Direktur Politeknik Negeri Cilacap atas izin penelitiannya, dan Kepala Pusat Penelitian Pengabdian Masyarakat yang telah menjembatani pelaksanaan penelitian, serta anggota peneliti atas kerjasamanya.

Daftar Pustaka

- [1] I. G. N. N. S. I. G. Ari Palentinus, I. K. Suarsana, "Peningkatan Sifat Mekanik Baja ST 60 Dengan Pelapisan Krom Keras (Electroplating) Terhadap Ketebalan Lapisan Bahan Poros," *J. Ilm. Tek. Desain Mek.*, vol. 6, no. 4, pp. 344–348, 2017.
- [2] W. Giurlani et al, *Electroplating for decorative application: Recent tends in research and development*, *Coatings*, vol. 8 no. 8, pp. 1-25, 2018, doi: 10.3390/coatings8080260.
- [3] S. Kumar, S. Pande, and P. Verma, "Factor Effecting Electro-Deposition Process", *Int. J.Curr.Eng. Technol.*, vol. 5, no. 2, pp. 700-703, 2015
- [4] E. S. Guler, "Effects of Electroplating Characteristics on the Coating Properties", *Electrodepos Compos Mater*, 2016, doi: 10.5772/61745.
- [5] M. Andhi Pamungkas, "pengaruh Variasi Temperatur Elektroplating Terhadap Ketebalan Lapisan Nikel Baja ST37", *Jurnal Mer-C*, vol. 1, no. 2, pp. 3-5, 2018.
- [6] M. Q. Yu et al, "Effect of temperature on stucture and corrosion resistance for electroless NiWP coating", *Bull. Matter. Sci.*, vol. 39, no.2, pp. 519-523, 2016, doi: 10.1007/s1234-016-1179-x.
- [7] V. M. Pratiwi, Sulistijono, I. P. Hidayat, and H. Zuniandra, "Pengaruh Variasi Waktu dan Temperatur Kekuatan Lekat dan Ketahanan Korosi pada Baja," *J. Tek. ITS*, vol. 8, no. 2, pp. 218–223, 2019.
- [8] Y. S. Andy, dan Sulisty, "Pelapisan Stainless Stell AISI 304 Menggunakan Nikel (Ni) Melalui Proses Elektroplating", *J. Tek. Mesin Undip*, vol. 5, no. 1, pp. 16-24, 2017.
- [9] I. M. A. Utamaningrat, dan I. N. Eskani, " Studi Pelapisan Tembaga Pada Bahan Non-Logam untuk Aplikasi Produk Kerajinan dengan Metode Electroforming", *Jurnal Dinamika Kerajinan dan Batik*, vol35, no. 1, pp. 45-52, 2018, doi: 10.22322/dkb.v35i1.994.
- [10] A. Arkha, U. Budiarto, dan A. Sofyan, " Pengaruh Tegangan Listrik Terhadap Ketebalan Lapisan dan Laju Korosi (MPY) Hasil Elektroplating", *Jurnal Rekayasa Teknologi dan Sains*, vol. 2, no. 1, pp. 49-56, 2018.
- [11] T. W. B. Riyadi, et al, "Effect of Ni Underlayer Thickness on the Hardness and Specific Wear Rate of Cu in the Laminated Ni/Cu Coatings Produced by Electroplating", *AIP Conference Proceodings*, vol. 1977. pp. 030050-1 - 030050-6, 2018, doi: 10.1063/1.5042970.
- [12] D. Mahadhika, R. A. Maulana, S. Udjiana, and J. T. Kimia, "Studi Pengaruh *Electroplating* Pada Sepesimen Keramik Dengan Pelapis Tembaga," *Distilat J. Teknol. Separasi*, vol. 5, no. 2, pp. 169–177, 2019, doi: 10.33795/distilat.v5i2.23.
- [13] Hb. Sukarjo, dan S. Pani, "Pengaruh Variasi Kuat Arus Listrik dan Waktu *Electroplating Nickle-Chhrome* Terhadap Ketebalan Lapisan pada Permukaan Baja Karbon Rendah", *J. ENGINE*, vol. 2, no. 1, pp. 18-25. 2016.
- [14] M. B. Nur Rahman, B. Riyanta, dan D. Agusman, "Pengaruh Temperatur dan Arus Listrik Proses Pelapisan Krom Pada Plastik ABS Dengan Metode Elektroplating", *Jurnal Material dan Proses Manufaktur*, vol. 4, no. 1, pp. 58-66, 2020, doi: 10.18196/jmpm.4154.
- [15] B.T. Cahyanto, dan S. Anis, " Pengaruh Suhu dan Waktu Proses *Hard Chrome* pada Pelat Baja ST37 Terhadap Kekerasan dan Ketebalan Lapisan", *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, vol. 5, no. 2, pp. 124-128, 2020, doi: 10.21831/dinamika.v5i2.34786.