

The Analysis of Current Strength and Electrolysis Process Time of Silver (Ag) Plating on Copper Metal

Sarah Sihotang^{1*}, Anggita Leontin Sitorus², Asep Wahyu Nugraha³
FMIPA Universitas Negeri Medan

Corresponding Author: Sarah Sihotang Sarahsihotang989@gmail.com

ARTICLE INFO

Keywords: Copper, Electroplating, Ag Metal, Cu Metal, Plating Thickness

Received : 03, April

Revised : 10, May

Accepted: 15, June

©2023 Sihotang, Sitorus, Nugraha:

This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the effect of adding time and increasing electric current strength to the electrolysis process on the quality of Ag metal coating on Cu metal. In this study, the electrolysis process was given different current variations, namely 4A, 6A and 8A and the electrolysis process time was 30, 45 and 60 minutes and the electrolyte concentration remained 0.6 M. To analyze the coating mass and thickness measurements were carried out while to determine the good quality of the coating process was determined using SEM. The results of the study showed that the best coating quality was 60 minutes of coating time and 8A current with a thickness of 4.85 μm . The SEM results to determine the good quality of the coating process on the surface of Ag metal on Cu metal can be seen in the copper sample (concentration 0.6 M, 60 minutes, 8A) which shows that the surface results on copper are slightly better and neater but there are still lots of copper sides which is not silver plated.

Analisis Kuat Arus dan Waktu Proses Elektrolisis Terhadap Pelapisan Perak (Ag) pada Logam Tembaga

Sarah Sihotang ^{1*}, Anggita Leontin Sitorus ², Asep Wahyu Nugraha³
FMIPA Universitas Negeri Medan

Corresponding Author: Sarah Sihotang Sarahsihotang989@gmail.com

ARTICLE INFO

Kata Kunci: Tembaga, Elektroplating, Logam Ag, Logam Cu, Tebal Pelapisan

Received : 03, April

Revised : 10, Mei

Accepted: 15, Juni

©2023 Sihotang, Sitorus, Nugraha:
This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan pengaruh penambahan waktu dan penambahan kuat arus listrik terhadap proses elektrolisis pada kualitas pelapis logam Ag pada logam Cu. Dalam penelitian ini proses elektrolisis diberikan variasi arus yang berbeda yakni 4A, 6A dan 8A dan waktu proses elektrolisis yakni 30, 45 dan 60 menit serta dengan konsentrasi elektrolitnya tetap 0,6 M . Untuk menganalisis pelapisan dilakukan pengukuran massa dan ketebalan sedangkan untuk menentukan kualitas yang baik dari proses pelapisan ditentukan dengan menggunakan SEM. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa kualitas pelapisan yang paling baik yakni pada waktu pelapisan selama 60 menit dan arus 8A dengan ketebalan 4,85 μm . Hasil SEM untuk menentukan kualitas yang baik dari proses pelapisan pada permukaan logam Ag pada logam Cu terlihat pada sampel tembaga (konsentrasi 0,6 M,60 menit ,8A) yang menunjukkan hasil permukaannya pada tembaga sedikit lebih baik dan rapih tetapi masih banyak terdapat sisi tembaga yang tidak terlapisi perak.

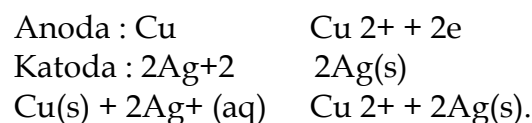
PENDAHULUAN

Pelapisan logam dikalangan industri dan masyarakat dapat dijadikan sebagai suatu usaha dimana logam merupakan salah satu produk yang banyak diminati atau dibeli oleh masyarakat karena logam mulia tidak mengalami penyusutan, memiliki resiko yang rendah dan aman untuk disimpan sehingga berharga. logam dapat membuat orang banyak menggunakannya (Sunda, et al, 2022). Logam yang sering digunakan sebagai pelapis adalah logam perak, nikel dan krom, sehingga logam yang akan dilapisi akan meningkatkan kualitas permukaan dan ketahanan korosinya serta lebih menarik (Widayatno dan Hamid 2016).

Elektroplating saat ini sangat dibutuhkan di bidang industri dikarenakan proses teknik pelapisan logam yang sering digunakan di industri yaitu proses pelapisan yang menggunakan prinsip pengendapan logam dengan cara elektrokimia (Palupi, 2019). Elektroplating memiliki lapisan logam dalam larutan elektrolit yang diberi energi oleh arus listrik searah. Dalam melakukan proses elektroplating, terjadi reaksi reduksi dan oksidasi dengan menggunakan prinsip sel elektrolisis. Pada proses pelapisan, benda yang akan dilapisi berfungsi sebagai katoda dan benda yang dilapisi menjadi anoda (Yetri et al.,2020).

Logam yang akan dilapisi yaitu logam tembaga, merupakan salah satu unsur kimia yang memiliki lambang Cu dengan nomor atom 29 dan tergolong sebagai logam transisi pada golongan 1B. Tembaga merupakan salah satu jenis logam dari sekian banyak logam yang dimanfaatkan oleh manusia karena jumlahnya yang melimpah di dunia ini. Logam tembaga memiliki karakteristik yang unggul dari logam-logam lainnya yaitu relatif lunak, mudah ditempa, apabila digosok maka akan berkilau, laju korosinya lambat dan memiliki sifat penghantar panas dan listrik yang baik. (Saputra, 2020).

Untuk electroplating Ag-Cu,dimana Cu menjadi logam yang akan dilapisi dan Ag menjadi pelapisnya, sehingga Cu akan bertindak sebagai katoda yang dihubungkan dengan kutub negatif dan Ag akan bertindak sebagai anoda yang dihubungkan dengan kutub positif (Selly et al., 2020). Reaksi elektrolisis yang terjadi, sebagai berikut, Reaksi Elektrolisis yang terjadi :



Proses Electroplating akhir - akhir ini banyak dimanfaatkan pada dunia industri. Electroplating adalah suatu metode pelapisan pada permukaan material yang dalam prosesnya berlangsung didalam larutan elektrolit dengan cara dialiri arus listrik melalui kutub anoda menuju spesimen yang menjadi kutub katoda (Santosa dan Yamsa, 2007). Electroplating juga disebut sebagai salah satu metode pelapisan logam, dimana suatu logam akan dilapisi oleh logam lain dengan memanfaatkan aliran listrik dalam suatu cairan elektrolit dan didasarkan pada reaksi reduksi dan oksidasinya (Sabekti et al., 2018).

Elektroplating disebut juga dengan elektrodeposisi, dimana proses perpindahan logam memerlukan arus listrik melalui elektrolit sehingga ion logam mengendap pada sisi konduktif sehingga membentuk lapisan logam (Riyadi, 2019).

Dalam proses elektroplating arus listrik dan distribusinya merupakan parameter yang sangat penting jika dibandingkan dengan potensial, karena digunakan untuk mengontrol hasil pelapisan. elektroda dalam larutan elektrolit dengan konsentrasi tertentu, tingkat keasaman tertentu dan suhu tertentu (Rasyad dan Budiarto, 2019).

Arus listrik yang mengalir pada proses elektroplating akan mengalir menggunakan larutan elektrolit sebagai medianya. (Kumar et al, 2015), karena larutan elektrolit merupakan larutan yang mengandung zat yang dapat menghantarkan arus listrik. Adanya arus listrik yang mengalir pada proses elektroplating menyebabkan elektron bergerak bersama dengan ion logam yang berasal dari larutan elektrolit membentuk lapisan permukaan logam yang akan dilapisi melalui elektroda positif (kutub anoda) ke negatif (kutub katoda) (S. Sudigdo et al., 2002).

Proses electroplating merupakan elektrodeposisi pelapis atau coating melekat pada elektroda untuk menjaga substrat dengan memberikan permukaan sifat dan dimensi berbeda daripada logam basisnya tersebut, dengan cara melapis logam yang mudah berkarat (korosi) dengan logam yang tahan terhadap korosi dengan teknik listrik dan kimia (Hartomo, 1992). Proses elektroplating memiliki parameter yang mempengaruhi hasil electroplating yang yang ingin dicapai menggunakan perlakuan, antara lain yaitu luas permukaan penampang, kuat arus, dan waktu. Dalam prosesnya ada beberapa factor yang mempengaruhi agar hasil yang diinginkan jauh lebih baik dan menarik, diantaranya yaitu beda potensial, ketebalan proses Electroplating akan memberikan sifat atau dimensi yang berbeda dari logam dasar yang dilapisi karena akan terjadi proses pengendapan elektron lapisan logam pada elektrodanya (Suarsana, 2008).

Pelapisan rapat arus, suhu, konsentrasi larutan dan juga waktu pelapisannya. Konsentrasi larutan yang dimaksudkan bisa berkaitan dengan nilai pH dari larutan dan juga konsentrasi massa larutan elektrolit yang digunakan (Sabekti et al., 2018). Pada proses pelapisan, rapat arus yang diperhitungkan yaitu rapat arus katodanya, yaitu banyaknya arus listrik yang diperlukan untuk mendapatkan atom- atom logam pada tiap satuan luas permukaan benda kerja yang dilapis (Rasyad dan Budi, 2018).

Tujuan dari proses elektroplating pada permukaan logam adalah untuk meningkatkan pelapisan sehingga dapat digunakan untuk memperlambat laju kerusakan, serta meningkatkan kekuatan mekanik logam, salah satunya dengan metode elektroplating. dengan metode pelapisan ini bertujuan untuk mendapatkan sifat permukaan material yang lebih baik agar tahan lebih lama (Bayu, dkk, 2021) Elektroplating tidak dapat dicegah tetapi dapat dikendalikan. pencegahannya adalah dengan memberikan lapisan pelindung pada permukaan logam dasar, antara lain dengan cara pelapisan listrik dengan tembaga. Selain tujuan tersebut, elektroplating juga mampu meningkatkan

kualitas dan nilai estetika produk. Tembaga memiliki sifat tahan korosi dan memiliki kekuatan dan kekerasan sedang, keuletan, serta konduktivitas listrik dan termal yang baik (Ispratiwi, 2006).

Berdasarkan penelitian Sabekti et al. (2018), besarnya kuat arus listrik pada proses electroplating berbanding lurus dengan ketebalan hasil proses electroplating, dimana dengan semakin besar kuat arus listrik yang dialirkan maka akan semakin cepat juga proses pelapisan yang menyebabkan lapisan perak lebih tebal. Pada penelitian ini digunakan kuat arus 0,2 A, 0,3 A, dan 0,4 A dan dihasilkan ketebalan lapisan berturut - turut 10,88 μm , 18,83 μm , dan 28,18 μm . Dari data hasil pengamatan dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kuat arus listrik yang dialirkan maka akan semakin tebal lapisan yang menempel pada permukaan logam yang dilapisi.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Elektroplating

Elektroplating atau penyepuhan merupakan salah satu proses pelapisan bahan padat dengan lapisan logam menggunakan arus listrik searah melalui suatu larutan elektrolit. Elektroplating ditujukan untuk berbagai keperluan, baik untuk skala industri maupun rumah tangga (Subekti, 2015). Proses elektroplating atau yang lebih dikenal dengan pelapisan logam ini banyak dilandasi oleh elektrokimia, bidang yang mengkaji perubahan energi listrik ke energy kimia (elektrolisa). Elektroplating memberikan perlindungan pada logam yang diinginkan dengan memanfaatkan logam-logam tertentu sebagai lapisan pelindung, misalnya tembaga, nikel, krom, perak, dan sebagainya.

Pelapisan secara listrik merupakan proses pelapisan suatu logam atau non logam, secara elektrolisa melalui penggunaan arus listrik searah (direct current/DC) dan larutan kimia (elektrolit). Pelapisan bertujuan membentuk permukaan dengan sifat atau dimensi yang berbeda dengan logam dasarnya. Terjadinya endapan pada proses elektrolisa disebabkan adanya ion-ion bermuatan listrik melalui elektrolit. Ion-ion pada elektrolit tersebut akan mengendap pada katoda. Endapan yang terjadi bersifat adhesive terhadap logam dasar. Selama proses pengendapan berlangsung terjadi reaksi kimia pada elektroda dan elektrolit yaitu reaksi reduksi dan oksidasi yang diharapkan berlangsung terus menerus menuju arah tertentu secara tetap. Untuk itu diperlukan arus listrik searah dan tegangan yang konstan (Mustopo, 2011).

Prinsip dasar dari proses lapis listrik adalah berdasarkan pada Hukum Faraday yang menyatakan bahwa jumlah zat-zat yang terbentuk dan terbebas pada elektroda selama elektrolisis sebanding dengan jumlah arus listrik yang mengalir dalam larutan elektrolit. Di samping itu jumlah zat yang dihasilkan oleh arus listrik yang sama selama elektrolisis adalah sebanding dengan berat ekuivalen masing-masing zat tersebut.

METODOLOGI

Penelitian ini telah dilakukan dilaboratorium kimia FMIPA, Universitas Negeri Medan.

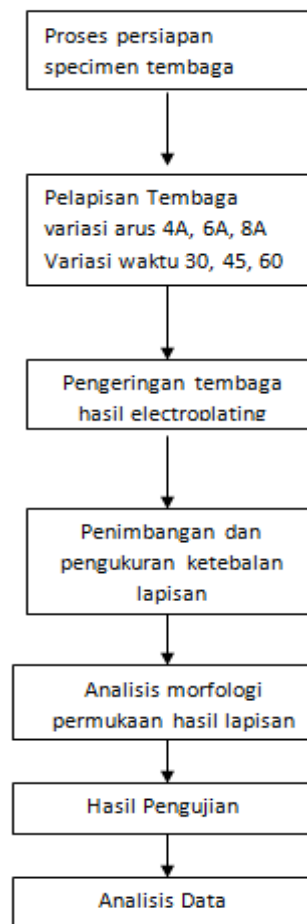
Alat Dan Bahan

Alat yang diperlukan adalah peralatan atau perangkat proses electroplatin, yaitu alat-alat gelas seperti Beaker Glass, Erlenmeyer dan Gelas ukur, labu ukur, pipet tetes, pinset, Batang pengaduk, Baterai kereta (Sumber arus), stopwatch, Neraca analitik, Hot Plate, Buret, Statif Klem dan SEM.

Bahan yang digunakan sebagai larutan elektrolit yaitu larutan perak nitrat (AgNO_3), kertas pasir (kertas amplas), alcohol 70%, H_2SO_4 , KSCN, dan $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$.

Bagan Alir Penelitian

Proses pelapisan logam Dan karakterisasi logam Cu yang telah dilapisi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Alir Pelapisan Logam

Preperasi Sampel

Sebelum melakukan proses Electroplating (pelapisan) logam tembaga yang sudah dipotong sebanyak 9 buah dengan ukuran masing-masing panjang 5 cm dan diameter 2 cm direndam didalam cairan alcohol 70% selama kurang lebih 15 menit untuk memebersihkan tembaga agar sisa- sisa kotoran sebelumnya tidak ada yang menempel pada permukaan tembaga kemudian dikeringkan. Setelah logam tembaga yang dilapisi sudah kering, dilanjutkan

dengan proses pickling dengan cara mencelupkan lempengan tembaga tersebut kedalam larutan H₂SO₄ 15% selama waktu 10-15 detik, proses ini bertujuan untuk daya lekat pada spesimn dan kontur lapisan.

Proses Elektroplating

Proses electroplating dimulai dengan membuat larutan elektrolit perak nitrat (AgNO₃) yang dilarutkan menggunakan aquadest yang suhunya diatur pada suhu 50-70 °C, ditentukan konsentrasi larutan elektrolitnya yang akan digunakan sesuai dengan yang diinginkan, yaitu 0,6 M. Untuk membuat larutan AgNO₃ 0,3 M 50 ml dari konsentrasi 0,6 M, dibutuhkan sebanyak 25 ml AgNO₃ 0,6 M, lalu ditambahkan aquadest sampai tanda batas labu ukur 50 ml. Untuk membuat larutan AgNO₃ 0,1 M sebanyak 50 ml dari konsentrasi 0,6 M, dibutuhkan sebanyak 8,5 ml AgNO₃ 0,6 M, lalu ditambahkan aquadest sampai tanda batas labu ukur 50 ml. Setelah larutan elektrolit sudah selesai, setelah itu ditentukan elektroda yang akan digunakan. Logam tembaga yang akan dilapisi akan bertindak sebagai katoda dan logam perak yang akan melapisi tembaga akan bertindak sebagai anoda. Proses electroplating ini dilakukan pada 3 variasi arus 4A, 6A, 8A dan waktu perendamannya selama 30, 45, dan 60 menit dengan konsentrasi yang tetap yaitu konsntrasi 0,6 M .

Pada larutan 0,6 M , tembaga yang dipickling diletakkan dikatoda dan tembaga yang tidak dipickling diletakan dianoda, kemudian dicelupkan pada larutan elektrolit dengan konsentrasi 0,6 M. Proses pelapisan diatur pada temperatur 30°C, kuat arus 12 volt, dimana waktu pelapisan dan arus yang divariasikan pada 30, 45, dan 60 menit, sedangkan arus pada 4A, 6A, dan 8A, Setelah itu dilakukan titrasi untuk melihat perubahan konsentrasi yang terjadi elama proses electroplating dengan pengaruh arus dan waktu yang diberikan.

HASIL PENELITIAN

Pada tahap selanjutnya yakni merupakan tahapan proses electroplating yang dilakukan sebanyak 9 kali yang sama dengan sampel yang telah disiapkan. Hasil pelapisan keseluruhan sampel dapat diketahui dalam data yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Tahapan Proses Electroplating Logam Tembaga

I	Waktu Perendaman		
	30 Menit	45 Menit	60 Menit
4A	0,132 g	0,156 g	0,041 g
6A	0,001 g	0,011 g	0,001 g
8A	0,002 g	0,009 g	0,019 g

Percobaan pada tembaga dilakukan dengan konsentrasi 0,6 M, kuat arus 6A yang menggunakan waktu pelapisan sekitar 60 menit dengan tembaga yang memiliki berat sebelum di plating yakni sebesar 1,023 g. Selama proses berlangsung larutan elektrolit yang awalnya berwarna biru muda berubah warna semakin gelap. Proses tersebut akan terus terjadi sampai ion perak (Ag^+) mengalami reduksi keseluruhan dan membentuk lapisan perak pada tembaga, didalam larutan eletrolit juga terdapat banyak endapan perak yang tertinggal dalam larutan yang disebabkan lapisan tidak menempel dengan sempurna pada tembaga.

Berdasarkan tabel hasil penelitian dari 9 sampel tembaga yang digunakan dalam penelitian dengan arus, konsentrasi dan waktu yang berbeda, dapat disimpulkan bahwa waktu dan kuat arus listrik pada pelapisan tembaga sangat mempengaruhi adanya lapisan yang melekat pada tembaga tersebut. untuk berlapis Berdasarkan pada tabel diatas diketahui dari 9 sampel tembaga yang telah dilakukan proses electroplating terdapat tembaga yang mengalami pelapisan yang cukup tebal yakni pada tembaga 9 dengan ketebalan 4,85 μm .

Ketebalan Lapisan

Ketebalan lapisan pada logam perak yang menempel pada tembaga dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\delta = V / A$$

Informasi

δ = ketebalan lapisan yang terbentuk (μm)

V = Volume Larutan (cm^3)

A = Luas permukaan katoda tembaga setelah pelapisan (cm^2)

Berdasarkan 9 sampel yang telah dilapisi pada tembaga, proses selanjutnya adalah melihat seberapa tebal perak yang menempel pada permukaan tembaga, dimana ukuran masing-masing tembaga adalah panjang 5cm dengan diameter 2cm. Ketebalan lapisan pada 9 sampel dapat dilihat pada tabel dibawah ini yang dapat dijelaskan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Ketebalan Lapisan Perak

T	I	W	$\rho \cdot A$	δ
30 menit	4A	0 g	23,18 cm	0 μm
45 menit	4A	0 g	27,27 cm	0 μm
60 menit	4A	0 g	22,86 cm	0 μm
30 menit	6A	0,001 g	26,01	0,29 μm

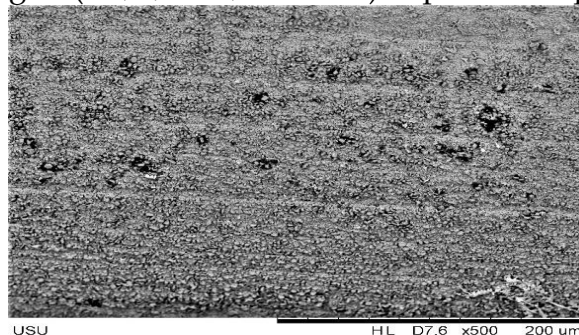
			cm	
45 menit	6A	0,013 g	32,20 cm	3,02 μm
60 menit	6A	0,001 g	29,68 cm	0,292 μm
30 menit	8A	0,002 g	27,27 cm	0,56 μm
45 menit	8A	0,009 g	30,31 cm	2,52 μm
60 menit	8A	0,025 g	46,57 cm	4,85 μm

Berdasarkan pada tabel diatas diketahui dari 9 sampel tembaga yang telah dilakukan proses electroplating terdapat tembaga yang mengalami pelapisan yang cukup tebal yakni pada tembaga 9 dengan ketebalan 4,85 μm .

PEMBAHASAN

Tampilan Luar Permukaan

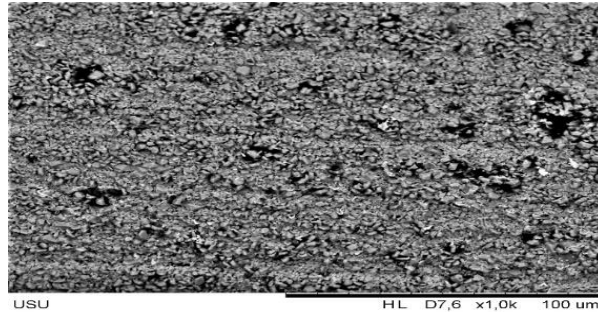
Pengamatan pada tampilan permukaan tembaga melalui hasil proses electroplating atau pada tampilan fisik dilakukan setelah semua permukaan sampel pada tembaga kering kemudian langkah selanjutnya dilakukan pengamatan tampilan fisik tembaga secara visual. Untuk melihat tampilan fisik secara visual tersebut maka digunakan bantuan instrumen SEM diambil 1 sampel yang memiliki pelapisan terbaik yakni pada tembaga 9 . Hasil visual instrument pada tembaga 9 (8A, 0,53 M, 60 Menit) dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 2. Tembaga 9 (8A, 60 Menit) x500k

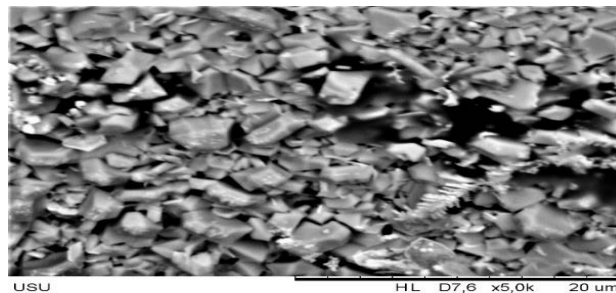
Berdasarkan pada gambar diatas sampel tembaga 9 dengan kuat arus 8A dengan waktu perendaman selama 60 menit diperoleh hasil SEM dengan perbesaran x500 permukaannya sangat halus dan sangat sedikit permukaan yang tidak terisi. gumpalan pada permukaan tembaga yang terlihat halus dan cukup rapi disebabkan oleh endapan Ag yang meningkat dan juga disebabkan oleh

waktu perendaman dan variasi arus yang digunakan sehingga membentuk gumpalan besar yang terlihat cukup rapi.



Gambar 3. Tembaga 9 (8A, 60 Menit)x1000k

Berdasarkan pada gambar diatas sampel tembaga 9 dengan kuat arus 8A dengan waktu perendaman selama 60 menit diperoleh hasil SEM dengan perbesaran x1000 diperoleh hasil permukaannya halus dan sangat sedikit permukaan yang tidak terisi atau masih terdapat permukaan tembaga yang belum terlapisi dengan sempurna oleh perak. gumpalan pada permukaan tembaga yang terlihat halus dan cukup rapi walaupun belum terlapisi dengan sempurna oleh perak disebabkan oleh endapan Ag yang meningkat serta disebabkan oleh waktu perendaman dan variasi arus yang digunakan dalam penelitian.



Gambar 4. Tembaga 9 (8A, 60Menit)x5000k

Berdasarkan pada gambar diatas sampel tembaga 9 dengan kuat arus 8A dengan waktu perendaman selama 60 menit diperoleh hasil SEM dengan perbesaran x5000 dapat dilihat sampel pada tembaga 9 permukaannya terlihat lebih banyak dan juga besar walaupun masih terdapat permukaan yang tidak terisi atau masih terdapat permukaan tembaga yang belum terlapisi dengan sempurna oleh perak yang disebabkan oleh endapan Ag yang meningkat dan waktu perendaman juga variasi arus yang digunakan dalam penelitian.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan pada hasil dan penelitian pada bab sebelumnya yang telah dibahas, maka peneliti dapat menarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Pada proses elektrolisis kuat arus optimum dalam proses elektrolisis yang digunakan adalah 8A.
- 2) Dalam proses elektrolisis tebal pelapisan yang optimum adalah pada tembaga 9 dengan dengan kuat arus 8A, dan waktu pencelupan selama 60 Menit. menghasilkan ketebalan 4,85 μm

3) Dalam proses elektrolisis tampilan karakteristik pada logam memiliki variasi yang berbeda-beda pada tembaga 9.

Hasil SEM menunjukkan 3 kali tampilan perbesaran yang juga berbeda. pada tampilan perbesaran 500x permukaannya sangat halus dan sangat sedikit permukaan yang tidak terisi, pada tampilan perbesaran 1000x permukaan pada tembaga dapat terlihat sedikit lebih jelas ternyata masih terdapat gumpalan perak yang belum menutup sempurna pada permukaan tembaga dan sedangkan pada tampilan perbesaran 5000x dapat terlihat sangat jelas gumpalan perak pada permukaan tembaga masih terdapat permukaan pada sisi tembaga yang belum terlapisi dengan sempurna oleh perak.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, F. W. (2018). Studi Eksperimen Finishing Perhiasan Kuningan dengan Perpaduan Elektroplating dan Patinasi. *Corak: Jurnal Seni Kriya*, 7(1), 54-61.
- Bayu, B., Waskito, W., Jasman, J., & Mulianti, M. (2021). kaji eksperimental pelapisan krom menggunakan metode elektroplating. *Jurnal Vokasi Mekanika (VoMek)*, 3(1), 92-98.
- Budiyanto, E., Setiawan, D. A., Supriadi, H., & Ridhuan, K. (2017). Pengaruh jarak anoda-katoda pada proses elektroplating tembaga terhadap ketebalan lapisan dan efisiensi katoda baja AISI 1020. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 5(1). Elektrokoagulasi Dengan Sel Al-Al. Jurusan Teknik Kimia. Yogyakarta: Universitas Jenderal Achmad Yani.
- Ispratiwi, A. W. 2006. Optimasi Waktu Proses Elektrokoagulasi Larutan Yang Mengandung Cu^{2+} , Zn^{2+} dan Cr
- Palupi, A. E. (2019). Pengaruh Temperatur Dan Waktu Proses Elektroplating Terhadap Struktur Mikro, Ketebalan Dan Kekerasan Lapisan Nikel Baja St41. *Jurnal Teknik Mesin*, 7(2).
- 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. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 9(3), 173-182.
- Riyadi, T. W. B. (2019). Elektroplating Ni/Cu Pada Baja Karbon. *Proceeding of The URECOL*, 45-50.

- S, Sudiglo, R., Suma, H, E., dan Solehudin, A. 2002. Optimasi Kondisi Proses Pada Pelapisan Logam Nikel Dekoratif (Elektroplating) Untuk Meningkatkan Kualitas Produk Industri Keil Pelapisan Logam, Media Komunikasi Dan Informasi Pengabdian Kepada Masyarakat,. 2 (2) : 1-3.
- Sunda, S. S., Wenas, R. S., & Poluan, J. G. (2022). Pengaruh Citra Merek Dan Harga Terhadap Loyalitas Nasabah Produk Logam Mulia Pada Pt. Pegadaian (Persero) Cabang Manado Utara. *Jurnal EMBA: Jurnal Riset Ekonomi, Manajemen, Bisnis dan Akuntansi*, 10(1), 320-329.
- Widayatno, T dan Hamid, 2016. Meningkatkan Efisiensi proses Elektroplating Perak Dekoratif Menuju UMKM Yang Ramah Lingkungan. *Simposium Nasional*. 10 (5) : 31-36
- Yetri, Y., Ultra, M., dan Desmarita, L. 2020. Pengaruh Waktu Temperatur Larutan Terhadap Ketebalan Dan Kekerasan Permukaan Lapisan Hasil Elektroplating Kuningan Pada Baja. *Jurnal Teknologi manufaktur*. 12 (1) : 55-63