

ANALISIS KONSENTRASI PELARUT DAN KUAT ARUS TERHADAP KUALITAS PELAPISAN LOGAM PERAK (Ag) PADA LOGAM TEMBAGA (Cu)

Anggita Leontin Sitorus ^{*1)}, Sarah Sihotang ²⁾, Asep Wahyu Nugraha ³⁾

^{1,2,3)}Prodi Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Medan

Email: leontinanggita10@gmail.com,

* Corresponding author

Received: May 25th, 2023; Revised: June 22th, 2023; Accepted: July 18th, 2023; Published: January 04th, 2024

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh waktu perendaman dan kuat arus terhadap kualitas lapisan Ag yaitu terhadap massa, ketebalan dan kondisi morfologi permukaan dari hasil pelapisan terbaik. Elektroda yang digunakan adalah tembaga yang berbentuk silinder dengan ukuran 5x0,2 cm dan Larutan elektrolit yang dipakai adalah larutan perak nitrat (AgNO₃). Proses *electroplating* pada penelitian ini dilakukan pada tegangan 12 volt, dengan variasi arus listrik 4A, 6A, 8A selama waktu perendaman 30 menit dan konsentrasi elektrolitnya 0,6 M, 0,3 M dan 0,1 M. Karakterisasi morfologi permukaan tembaga yang telah dilapisi perak menggunakan instrumen SEM. Hasil penelitian didapatkan sampel dengan hasil terbaik dari nilai berat logam Ag yang mengendap, tebal lapisan yang terbentuk yaitu sampel tembaga dengan perlakuan (0,28 M, selama 30 menit). Dari hasil foto SEM pada permukaan Cu/Ag terlihat sampel hasil *electroplating* selama 30 menit sudah terdapat gumpalan gumpalan kecil sampai menengah dan permukaannya tampak halus dan terdapat sedikit pori pada permukaan tembaga hasil *electroplating* perak.

Kata Kunci: *electropating*; AgNO₃; konsentrasi pelarut; waktu pelapisan

ABSTRACT

This study aims to analyze the effect of immersion time and current strength on the quality of the Ag layer, namely the mass, thickness and surface morphology of the best coating results. The electrode used was copper in the shape of a cylinder with a size of 5x0.2 cm and the electrolyte solution used was silver nitrate solution (AgNO₃). The electroplating process in this study was carried out at 12 volts, with variations in electric current 4A, 6A, 8A for 30 minutes of immersion time and electrolyte concentrations of 0.6 M, 0.3 M and 0.1 M. Morphological characterization of the coated copper surface silver using SEM instruments. The results of the study obtained the sample with the best results from the weight value of the precipitated Ag metal, the thickness of the layer formed, namely copper samples treated (0.28 M, for 30 minutes). From the results of the SEM photos on the Cu/Ag surface, it can be seen that the samples electroplated for 30 minutes already contained a collection of small to medium lumps and the surface looked smooth and there were few pores on the copper surface resulting from silver electroplating.

Keywords: *Electropating, AgNO₃, solvent concentration, immersion time*

PENDAHULUAN

Perkembangan industri yang sangat pesat terutama pada industri pelapisan logam yang memanfaatkan teknologi elektro kimia, membuat banyaknya logam yang digunakan baik sebagai alat infrastruktur, otomotif, *accessories*. Kemajuan teknologi ini banyak logam yang divariasikan bentuknya. Sehingga logam yang diinginkan memiliki material yang memiliki tampilan lebih menarik, sifat logamnya kuat, tahan lama, anti korosi/ karat.

Faktor- faktor ini yang menjadi alasan dilaksanakan finishing, baik pengecatan ataupun *electroplating* (Yetri dkk, 2020). Logam-logam yang sering digunakan sebagai pelapis yaitu logam perak, nikel, dan krom, sehingga logam yang akan dilapisi kualitas permukaan dan ketahanan terhadap korosinya akan meningkat dan lebih menarik (Widayatno dan Hamid, 2016).

Kajian mengenai sampel logam tembaga yang akan dilapisi dan logam perak yang akan

melapisi diperlukan untuk ditinjau dikarenakan kita harus mengenal terlebih dahulu bagaimana keadaan logam tersebut, ketentuan-ketentuan apa yang diperlukan untuk melakukan proses pelapisan menggunakan metode *electroplating*. Logam tembaga merupakan salah satu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Cu nomor atom 29 dan tergolong sebagai logam transisi pada golongan 1B. Lambang perak (Ag) berasal dari bahasa latin yaitu *curprum*. Tembaga memiliki masa jenis sebesar $8,94 \text{ gr/cm}^3$, titik didih $2.562 \text{ }^\circ\text{C}$, titik lebur

$1.085 \text{ }^\circ\text{C}$. Tembaga yang berbentuk Kristal memiliki karakteristik dengan tampilan berwarna kemerahan, dapat dijumpai dalam bentuk logam bebas dan persenyawaan padat. Pada struktur atomnya, perak memiliki massa atom $63,546 \text{ sma}$, jari – jari atom sebesar $1,42 \text{ \AA}$ atau setara dengan 128 pm , dengan konduktivitas termalnya sebesar 401 W/(m.K) , dengan nilai keelektronegativitas sebesar $1,90$ dan resistivitas listriknya sebesar $16,78 \text{ n}\Omega\cdot\text{m}$, serta kalor penguapan dan kalor peleburan masing masing berturut yaitu sebesar $300,4 \text{ kJ/mol}$ dan $13,26 \text{ kJ/mol}$, namun tembaga memiliki sifat korosif yang cepat dan reaktifitas kimianya cukup rendah (Sukandarrumidi, 2018). Tembaga merupakan salah satu jenis logam dari sekian banyak logam yang dimanfaatkan oleh manusia karena jumlahnya yang melimpah di alam. Logam tembaga memiliki karakteristik yang unggul dibandingkan 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, serta memiliki harga yang relative murah, sehingga logam tembaga yang digunakan menjadi logam yang dilapisi dengan logam lain yang memiliki tampilan dan sifat yang lebih menarik dan bagus dari yang dilapisi yaitu logam perak (Saputra, 2020).

Perak merupakan logam transisi lunak, putih dan mengkilap. Perak memiliki konduktivitas listrik dan panas yang tertinggi diantara jenis logam lainnya. Perak (Ag) juga terdapat dalam bentuk bebas di alam (Marwati et al., 2013). Sebagian besar perak dapat digunakan sebagai pembuatan uang logam atau koin, perhiasan, fotografi, peralatan rumah tangga, pelapisan logam, campuran logam (alloy), solder perak, alat – alat listrik, (yaitu sebagai kumparan pengukur, pengaman

lebur, pengaman pada titik kontak). Perak yang banyak dipergunakan dalam kehidupan sehari-hari memiliki tampilan luar dengan warna yang mengkilau, menarik, lebih tahan terhadap korosi, dan kelimpahannya banyak ditemui di alam. Selain itu, dibandingkan dengan logam mulia platina (Pt) dan Emas (Au), perak (Ag) merupakan logam mulia yang memiliki harga yang cukup terjangkau dengan tampilan luar yang tidak kalah menarik bila dibandingkan dengan kedua jenis logam mulia platina dan emas. Logam perak yang juga sering dikenal silver dengan symbol unsur kimia (Ag) merupakan salah satu unsure logam yang masuk dalam golongan transisi dan memiliki manfaat yang cukup luas dalam kehidupan sehari – hari. Perak memiliki sifat fisik seperti Kristal- Kristalnya tersusun sejajar, absorb, menjaring hamper menyerupai seperti sisik dan logamnya mengkilap. Memiliki masa jenis sebesar $10,49 \text{ gr/cm}^3$, titik didih $2.162 \text{ }^\circ\text{C}$, titik lebur $962 \text{ }^\circ\text{C}$ (Istiyono, dkk., 2015).

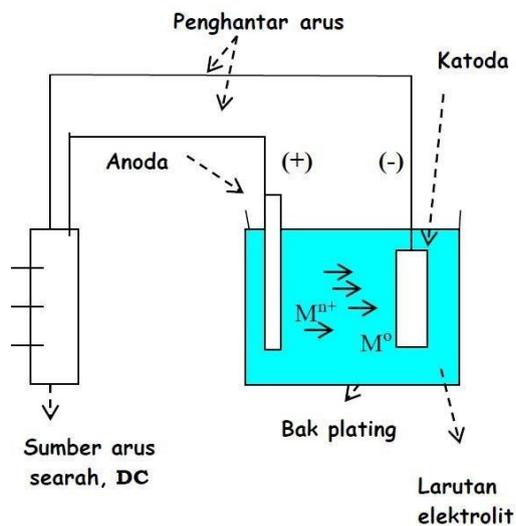
Electroplating merupakan salah satu teknik untuk melapisi logam lain melalui proses elektrolisis sehingga menghasilkan logam yang memiliki kualitas lebih baik, dimana pada prosesnya ion-ion logam akan berpindah dengan bantuan arus listrik melalui elektrolit sehingga ion logamnya akan mengendap pada benda padat konduktif sehingga terbentuk lapisan logam (Yetri, dkk., 2020). Teknologi pelapisan logam dengan metode *electroplating* ini dapat mengubah sifat suatu bahan, baik sifat fisik, optik, elektrik ataupun sifat mekanik. Metode *electroplating* sudah banyak digunakan baik perindustrian ataupun sains, dikarenakan memiliki manfaat yang banyak baik dalam produksinya yang cepat, proses pengaplikasiannya sangat mudah dan polusi atau limbah yang dihasilkan tidak terlalu banyak. Prinsip kerja dari metode *electroplating* ini didasarkan pada dua reaksi yaitu reaksi oksidasi dan reduksi. Dimana selama proses *electroplating* berlangsung digunakan arus listrik searah guna menyebabkan terjadinya proses reduksi pada elektrodanya (Chuang, dkk., 2019).

Pada prinsipnya pelapisan logam dengan cara lapis listrik atau elektroplating merupakan rangkaian dari arus listrik, anoda, larutan elektrolit dan katoda (benda kerja). Keempat gugusan ini disusun sedemikian rupa, sehingga

membentuk suatu sistem lapis listrik dengan rangkaian sebagai berikut:

1. Anoda dihubungkan pada kutub positif dari sumber listrik
2. Katoda dihubungkan pada kutub negatif dari sumber listrik
3. Larutan elektrolit ditampung dalam bak
4. Anoda dan katoda direndamkan dalam larutan elektrolit

Untuk lebih jelasnya rangkaian dan prinsip kerja proses lapis listrik dikemukakan pada Gambar 1.

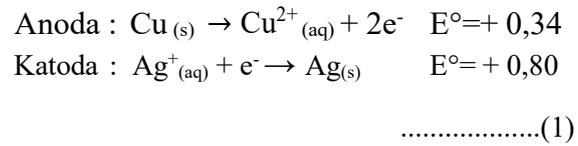


Gambar 1. Design rangkaian *Electroplating*

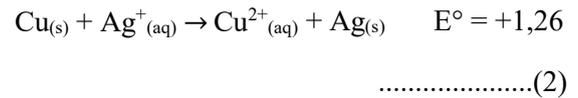
Electroplating akhir – akhir ini banyak dimanfaatkan pada dunia industri. *Electroplating* adalah suatu metode pelapisan pada permukaan material yang dalam prosesnya berlangsung didalam larutan elektrolit dengan cara dialiri arus listrik melalui kutub anoda menuju spesimen yang menjadi kutub katoda (Santosa 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, dkk., 2018).

Untuk *electroplating* Ag-Cu, logam Cu menjadi logam yang akan dilapisi dan Ag menjadi pelapisnya, sehingga Cu akan bertindak sebagai katoda yang dihubungkan dengan kutub negative 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 :



Reaksi yang terjadi pada *electroplating* Ag-Cu secara ringkas dapat dijelaskan sebagai berikut :



Dimana pada katoda ion perak yang bergerak dari anoda akan mengalami reaksi reduksi menjadi logam perak, yang dimana logam ini akan diendapkan pada tembaga di katoda, sedangkan pada anoda terjadi reaksi oksidasi.

Dalam proses *electroplating* ada beberapa parameter-parameter yang penting dalam berlangsungnya proses *electroplating*. Parameter-parameter tersebut, antara lain yaitu luas permukaan penampang, kuat arus (arus listrik), dan waktu. Pengaruh kepadatan dan distribusi arus ini sangat penting untuk menentukan lapisan yang seragam untuk hasil akhirnya, dimana pada saat proses pelapisan berlangsung faktor kerapatan arus katoda harus dijaga pada interval yang tepat hal ini juga berbanding lurus dengan faktor komposisi rendaman dan suhunya. Jika arus yang diberikan selama proses terjadi tidak tercukupi maka akan menghasilkan pelapis yang buruk atau rusak. Namun kelebihan arus juga tidak selalu akan meningkatkan kualitas pelapis, jika berlebihan maka akan menimbulkan kerusakan yang lain. Rapat arus yang diperhitungkan adalah rapat arus katodanya, yaitu banyaknya arus listrik yang diperlukan untuk mendapatkan atom-atom logam pada tiap satuan luas permukaan benda kerja yang dilapis.

Pengaruh konsentrasi pelarut akan berdampak terhadap kinerja pelapisan. Dimana jika konsentrasi pelarut meningkat atau semakin besar maka akan meningkatkan laju deposisi pada proses pelapisan (*plating*). Konsentrasi larutan elektrolit harus diperhatikan dalam proses berlangsungnya pelapisan, dikarenakan konsentrasi akan meratakan penyebaran ion massa logam, menyempurnakan butir ion masa logam yang terendapkan dan sebagai pembawa ion masa

logam untuk diendapkan pada permukaan substrat (Schmitz, et al 2016). Larutan elektrolit yang dimaksud pada penelitian ini yaitu media berupa zat-zat yang terlarut yang menjadi media proses berlangsungnya proses *electroplating* (Rasyad, 2018). Dalam pelaksanaan proses pelapisan ini, diduga bahwa konsentrasi yang dipakai berulang-ulang dan diberi pengaruh yang berbeda-beda konsentrasinya akan berkurang seiring banyaknya percobaan yang dilakukan, dengan dugaan tersebut maka dalam percobaan ini dilakukan titrasi Argentometri metode *volhard* setelah sekali percobaan dilakukan, untuk membuktikan apakah konsentrasi larutan yang digunakan benar-benar berkurang. Pada titrasi ini digunakan larutan ammonium ferrisulfat (NH_4FeSO_4) sebagai indikatornya.

Waktu deposisi atau waktu pelapisan juga akan mempengaruhi kuantitas hasil pelapisan yang terjadi pada permukaan substrat atau produk yang dilapisi. Dimana jika semakin lama waktu pelapisannya maka rata-rata hasil lapisan yang terjadi pada permukaan produk yang dilapisi akan semakin tebal, begitu pun sebaliknya. Endapan yang terlapisi pada produk hanya akan terbentuk jika ion-ion yang terdeposisikan masih terdapat didalam larutan elektrolitnya (Schmitz et al., 2016). waktu perendaman didapatkan waktu optimal yaitu pada waktu pelapisan 15 menit. (Afriyani et al., 2017).

Larutan elektrolit yang sering digunakan untuk *electroplating* logam Cu-Ag adalah larutan AgNO_3 atau larutan perak nitrat. Selain faktor konsentrasi, pH, kuat arus, waktu pelapian, faktor temperatur juga mempengaruhi permukaan deposit logam yang dilapisi. Temperature berpengaruh terhadap konduktivitas, dimana jika konduktivitas semakin besar maka hantaran arus listriknya juga akan semakin cepat. Namun jika temperaturnya terlalu tinggi juga akan merusak morfologi permukaan logam yang akan dilapisi (Singgih et al., 2020).

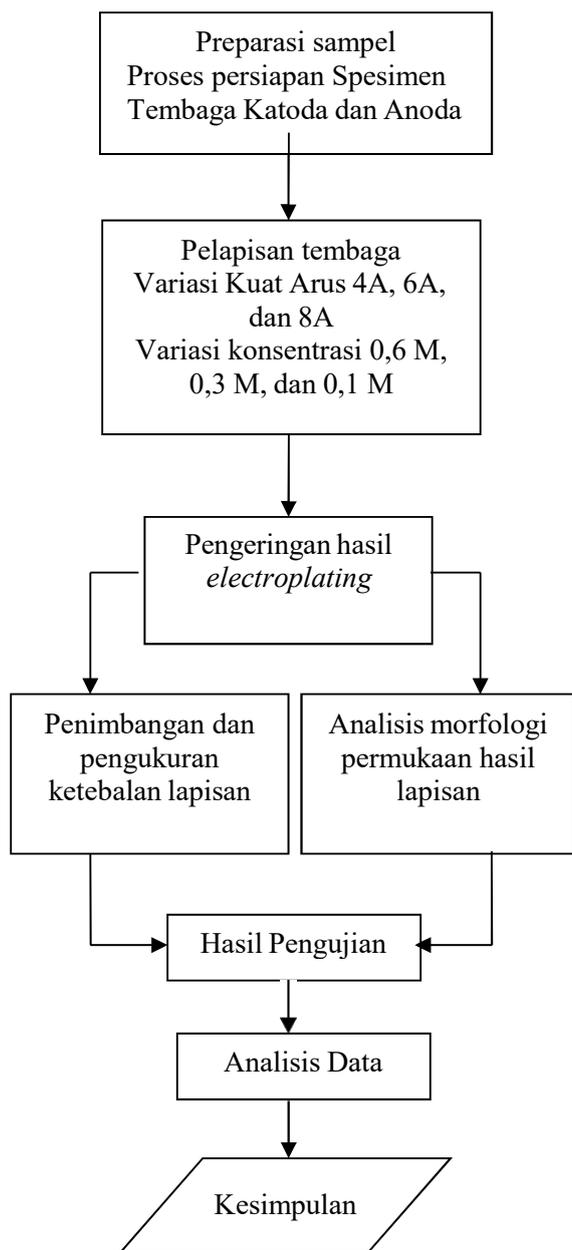
Tujuan utama dilakukan *electroplating* yaitu untuk meningkatkan kualitas logam dengan memperbaiki penampilan atau permukaan logam yang dilapisi baik secara warna maupun tekstur tertentu. Tujuan melakukan proses *electroplating* terhadap permukaan logam yaitu untuk meningkatkan nilai keestetikan logam, melindungi permukaan logam dari kerusakan, dan

memberi lapisan yang mudah untuk pemeliharaan atau perawatan (Adi, 2018). Metode ini memiliki kelebihan dimana akan memberikan ketahanan korosi atau sifat fisik dan mekanik tertentu pada permukaan (misalnya konduktivitas, ketahanan panas atau aus, kemampuan pelumasan atau solder) (Kumar et al., 2015). *Electroplating* memberikan lapisan permukaan yang sangat merata dengan kualitas yang tinggi, karena kontrol yang teliti dapat dilakukan pada semua tingkat. Dan tidak ada perlakuan panas pada material yang akan dilapisi sehingga tidak ada resiko kerusakan sifat mekanik material tersebut. 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).

Berdasarkan faktor-faktor diatas dan perkembangan mengenai kelanjutan tentang *electroplating* maka penelitian tentang proses pelapisan dengan pengaruh kuat arus dan konsentrasi larutan pada proses *electroplating* logam Ag sebagai pelapis untuk logam tembaga perlu dilakukan dengan harapan akan muncul alternatif terbaru untuk mendapatkan lapisan perak yang tampak gemerlap (*bright*) dan menarik sebagai pelapis pada logam (Cu) yang akan nantinya akan diproduksi menjadi perhiasan imitasi lebih menarik, cantik, anti karat (korosi) dan akan memiliki nilai jual tinggi dipasaran. Hasil lapisan terbaik dinilai dari berat massa, dan tebal lapisan yang didapatkan, serta dari hasil terbaik yang didapatkan akan dianalisis morfologi permukaannya dengan menggunakan instrument SEM.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini telah dilakukan dilaboratorium kimia FMIPA, jurusan kimia, Universitas Negeri Medan, Jl. Willem Iskandar pasar V, Medan Estate, pada Tanggal 1 Februari sampai 21 Februari 2023. Design penelitian dikemukakan pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain penelitian

1. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu : tembaga berbentuk silinder dengan ukuran 5 x 0,2 cm, larutan perak nitrat (AgNO_3), alkohol 70 %, H_2SO_4 15 %, Aquades, KSCN, dan $\text{NH}_4(\text{Fe}(\text{SO}_4)_2)$.

2. Alat

Alat-alat yang diperlukan adalah peralatan atau perangkat proses *electroplating*, yaitu alat-alat gelas seperti Beaker Glass, Erlenmeyer dan Gelas ukur, labu ukur, Pipet tetes, Pinset, Batang pengaduk, Baterai sepeda motor

(sumber arus), Stopwatch, Neraca analitik, Hot Plate, Buret, Statif Klem dan SEM.

3. Preparasi sampel

Sebelum melakukan proses *electroplating* (pelapisan) logam tembaga yang sudah dipotong sebanyak 9 buah dengan ukuran masing-masing panjang 5 cm dan diameter 0,2 cm direndam didalam cairan alcohol 70% selama kurang lebih 15 menit untuk membersihkan 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 H_2SO_4 15% selama 10-15 detik, proses ini bertujuan untuk membantu daya lekat pada spesimen dan konturlapisan.

4. Proses Pelapisan

Proses *electroplating* dimulai dengan membuat larutan elektrolit perak nitrat (AgNO_3) dengan konsentrasi larutan elektrolitnya yang akan digunakan sesuai dengan yang diinginkan, yaitu 0,1 M; 0,3 M; 0,6 M. Untuk membuat larutan 50 ml AgNO_3 0,3 M (25 ml AgNO_3 0,6 M, lalu ditambahkan aquades sampai tanda batas labu ukur 50 ml). Untuk larutan 50 ml AgNO_3 0,1 M (sebanyak 8,5 ml AgNO_3 0,6 M, lalu ditambahkan aquades sampai tanda batas labu ukur 50 ml).

Untuk semua jenis larutan dengan konsentrasi yang berbeda-beda, tembaga yang dipickling diletakkan dikatoda dan tembaga yang tidak dipickling diletakkan dianoda, kemudian dicelupkan pada masing-masing larutan elektrolit dengan masing-masing konsentrasi yang digunakan yaitu 0,6, 0,3, 0,1 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, dan pada arus 8A. Setelah itu dilakukan titrasi untuk melihat perubahan konsentrasi yang terjadi selama proses *electroplating* dengan pengaruh arus dan waktu yang diberikan. Untuk menghitung berat logam perak aktual (nyata) yang mengendap pada tembaga katoda diukur dengan menghitung selisih berat tembaga sebelum dengan setelah dilakukan proses *electroplating*.

$$W_{\text{Perak}} = W_2 - W_1 \dots\dots\dots(3)$$

Dengan:

- W = berat logam perak aktual (gr)
 - W₁ = berat spesimen sebelum pelapisan (gr)
 - W₂ = berat spesimen setelah pelapisan (gr)
- (Wibawa, dkk., 2013)

Setelah proses pelapisan telah selesai, dihitung berapa besar ketebalan lapisan perak yang menempel pada permukaan logam tembaga. Pengukuran ketebalan lapisan atau ketebalan logam perak yang menempel pada logam tembaga dapat dihitung secara matematis menggunakan rumus menurut Lowenheim. Pertama setiap sampel tembaga diukur diameter tembaganya setelah proses pelapisan dengan alat mikrometer sekrup. Dimana akan didapatkan diameter tembaga setelah proses *electroplating*. Kemudian ketebalan lapisan dapat diukur secara matematis, menurut Lowenheim dirumuskan sebagai berikut (Bayuseno, dkk., 2012) :

$$\delta = \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

- δ = Tebal lapisan perak yang terbentuk (cm)
- W = Berat logam perak yang diendapkan (gr)
- ρ = Massa jenis pelapisa (gr/cm³)
- A = Luas permukaan katoda setelah dilapis (cm²)

Setelah menghitung ketebalan lapisan perak yang menempel pada permukaan tembaga katoda, selanjutnya dilakukan karakterisasi pada sampel terbaik yang didapatkan setelah penelitian yang bertujuan untuk melihat penampilan atau morfologi permukaan tembaga hasil *electroplating* Ag/Cu menggunakan instrumen SEM.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Berat Tembaga Hasil Pelapisan.

Proses *electroplating* ini dilakukan sebanyak 9 kali sebanyak sampel yang diuji. Sesuai dengan variasi yang digunakan yaitu pengaruh konsentrasi dan Arus dengan waktu pelapisan 30 menit, berat tembaga yang diperoleh setelah *electroplating* dikemukakan pada tabel 1 dan berat lapisan yang terbentuk dikemukakan pada table 2.

Tabel 1. Berat Tembaga dengan Pengaruh Konsentrasi dan Arus pada Waktu 30 menit

Pada Tabel 1 dikemukakan 9 data hasil pengukuran massa tembaga yang diukur dengan menimbang tembaga menggunakan neraca analitik sebelum dan setelah proses *electroplating*.

[M]	Kuat Arus (I)	Berat Sampel	
		Sebelum	Sesudah
0,6 M	4A	0,986 g	0,854 g
0,57 M	6A	1,005 g	1,006 g
0,51 M	8A	1,044 g	1,046g
0,28 M	8A	1,168 g	1,183 g
0,268 M	6A	1,123 g	1,124 g
0,255 M	4A	1,139 g	1,139 g
0,1 M	8A	1,013 g	1,014 g
0,1 M	6A	1,080 g	1,081 g
0,09 M	4A	1,135 g	1,135 g

Tabel 2. Berat Lapisan dengan Pengaruh Konsentraasi dan Arus pada 30 Menit

Pada Tabel 2 dikemukakan data hasil pengukuran massa lapisan perak yang diukur dengan menghitung selisih berat tembaga sebelum dengan setelah dilakukan proses *electroplating*, secara matematis dihitung dengan rumus dikemukakan pada *persamaan 3*.

Konsentrasi [M]	Kuat Arus		
	4A	6A	8A
0,1 M	0 g	0,001 g	0,001 g
0,3 M	0 g	0,001 g	0,015 g
0,6 M	0 g	0,001 g	0,002 g

Keterangan:

0,1 M (0,09-0,1) = konsentrasi mengalami perubahan dari 0,1 menjadi 0,09 M

0,3 M (0,25-0,3) = konsentrasi mengalami perubahan dari 0,3 menjadi 0,25 M

0,6 M (0,51-0,6) = konsentrasi mengalami perubahan dari 0,6 menjadi 0,51 M

Pada Tabel. 2 dapat dilihat bahwa semakin besar arus yang dialirkan selama 30 menit waktu pelapisan, maka ketebalan lapisan yang terbentuk juga semakin meningkat pada masing-masing konsentrasi yang digunakan. Hal ini terjadi dikarenakan semakin besar arus yang dialirkan maka proses elektrolisis atau proses Bergeraknya ion-ion perak ke permukaan katoda semakin dipercepat, sehingga kemungkinan banyaknya perak yang menempel akan semakin banyak dan tebal. Hal ini mengartikan bahwa nilai kuat arus akan berbanding lurus dengan ketebalan lapisan yang dihasilkan.

Dari data penelitian untuk konsentrasi 0,6 M, berat lapisan meningkat dari arus terendah ke arus yang tertinggi dengan variasi arus 4A, 6A, dan 8A, lama waktu pelapisan 30 menit, dan temperatur 30 °C, hasil berat lapisan yang diperoleh secara berturut-turut adalah 0 g, 0,001 g, 0,002 g. Untuk konsentrasi 0,3 M, berat lapisan juga meningkat dari arus terendah ke arus yang tertinggi dengan variasi arus 4A, 6A, dan 8A, lama waktu pelapisan 30 menit, dan temperature 30 °C, hasil berat lapisan yang diperoleh secara berturut-turut adalah 0 g, 0,001 g, 0,015 g. Untuk konsentrasi 0,6 M, ketebalan meningkat dari arus terendah ke arus yang tertinggi dengan variasi arus 4A, 6A, dan 8A, lama waktu pelapisan 30 menit,

dan temperature 30 °C, hasil berat lapisan yang diperoleh secara berturut-turut adalah 0 g, 0,001 g, 0,002 g.

Selama proses pelapisan berlangsung untuk semua perlakuan warna larutan elektrolit terlihat semakin gelap dari warna sebelumnya dan terdapat endapan berwarna hitam pada dasar bak plating, hal ini dapat disebabkan oleh reaksi redoks yang terjadi selama proses elektrolisis, dimana larutan elektrolit AgNO₃ logam perak mengalami reaksi oksidasi menjadi ion perak (Ag⁺). Ion Ag⁺ akan terlepas didalam larutan AgNO₃ dan bergerak kekatoda, pada katoda terjadi proses reduksi dimana ion Ag⁺ yang berada pada katoda akan diubah menjadi logam perak yang diendapkan pada katoda tembaga, proses ini akan terjadi secara terus menerus sampai ion perak Ion Ag⁺ tereduksi secara keseluruhan dan membentuk lapisan perak pada tembaga di katoda. Persamaan reaksi redoks dikemukakan pada persamaan (1). Endapan ini merupakan logam perak yang meluruh karena tidak menempel sempurna pada permukaan tembaga katoda.

Dari percobaan pertama sampai yang percobaan terakhir konsentrasi larutannya mengalami perubahan yaitu semakin menurun seiring semakin banyak percobaan yang diberikan pada larutan tersebut, hal ini terbukti dengan dilakukannya titrasi argentometri pada larutan AgNO₃ disetiap sekali percobaan *electroplating* selesai dijalankan. Untuk mengetahui besar konsentrasi larutan yang dititrasi diketahui setelah wana larutannya berubah menjadi merah kecoklatan seperti dikemukakan pada Gambar 2, setelah itu dihitung menggunakan rumus yang dirujuk pada persamaan (5). Dari hasil penelitian yang sudah dipaparkan, konsentrasi dan waktu pelapisan sangat berpengaruh terhadap berat endapan perak yang menempel pada permukaan tembaga. Dimana hal ini sesuai dengan hukum faraday, yaitu jumlah zat yang mengendap pada katoda semakin meningkat seiring dengan kenaikan waktu perendaman dan konsentrasi elektrolit yang digunakan pada proses *electroplating*.



Gambar 2. Contoh larutan elektrolit yang dititrasi dengan Metode Volhard

2. Ketebalan Lapisan

Setelah proses pelapisan selesai, agar tembaga hasil pelapisan masih terjaga kebersihannya, selanjutnya dilakukan pengukuran ketebalan lapisan yang menempel pada permukaan tembaga. Pengukuran ketebalan lapisan atau ketebalan logam perak yang menempel pada logam tembaga dapat dihitung secara manual dengan mengukur diameter setiap sampel tembaga hasil *electroplating* dengan alat mikrometer sekrup. Dimana akan didapatkan diameter tembaga setelah proses *electroplating*. setelah itu maka ketebalan lapisan dapat dihitung menggunakan rumus menurut lowenheim yang dirujuk pada persamaan (4). Ke-9 sampel yang sudah melalui proses (*electroplating*), selanjutnya akan dilihat berapa besar ketebalan perak yang menempel pada permukaan tembaga, data hasil pengukuran tembaga dikemukakan pada Tabel 3.

Table 3. Hasil pengukuran ketebalan lapisan dengan pengaruh konsentrasi dan arus

Konsentrasi [M]	Kuat Arus (I)		
	4A	6A	8A
0,1 M	0	0,029	0,030
0,3 M	0	0,027	0,397
0,6 M	0	0,030	0,057

Dari data Tabel 3. Dapat dilihat bahwa ketebalan lapisan pada setiap perlakuan konsentrasi mengalami peningkatan ketebalan seiring dengan semakin besarnya arus yang dialirkan pada saat proses *electroplating* berlangsung. Dari data penelitian untuk konsentrasi 0,6 M, ketebalan meningkat dari arus terendah ke arus yang tertinggi dengan variasi arus 4A, 6A, dan 8A, lama waktu pelapisan 30 menit, dan temperature 30 °C, hasil ketebalan lapisan yang diperoleh secara beturut-turut adalah 0, 0,030, 0,057. Untuk konsentrasi 0,3 M, ketebalan lapisan juga meningkat dari arus terendah ke arus yang tertinggi dengan variasi arus 4A, 6A, dan 8A, lama waktu pelapisan 30 menit, dan temperature 30 °C, hasil ketebalan lapisan yang diperoleh secara beturut-turut adalah 0, 0,027, 0,397. Untuk konsentrasi 0,1 M, ketebalan meningkat dari arus terendah ke arus yang tertinggi dengan variasi arus 4A, 6A, dan 8A, lama waktu pelapisan 30 menit, dan temperature 30 °C, hasil ketebalan lapisan yang diperoleh secara beturut-turut adalah 0, 0,029, 0,030.

Dari hasil analisis yang dikemukakan pada Tabel 3, sampel yang memiliki hasil terbaik, dari ketiga variasi arus dan konsentrasi yang diberikan, terdapat satu sampel yang menjadi hasil terbaik pelapisan *Ag/Cu*. Sampel ini didapatkan dengan menggunakan arus yang besar yaitu 8A, yaitu pada konsentrasi 0,28 dengan kuat arus 8A dan diproses selama 30 menit. Dari hasil tebal lapisan didapatkan, rata-rata tebal lapisan terburuk terdapat pada arus 4A, pada arus 4A hambatan yang digunakan paling besar diantara arus 8A dan 6A yaitu sebesar 3 Ω, sedangkan untuk 8A dan

6A hambatan yang digunakan berturut-turut sebesar 1,5 dan 2 Ω . Sehingga arus yang dialirkan tidak digunakan untuk proses elektrolisis ion Ag^+ yang akan bergerak kekatoda, namun ion ini akan mengikat oksigen sehingga yang terjadi yaitu elektrolisis air yang menyebabkan timbulnya gelembung-gelembung gas pada sisi katoda dan hasil pelapisan akan berwarna hitam atau terbakar, inilah yang menyebabkan tidak ada logam perak yang menempel pada tembaga katoda yang dialiri arus 4A.

Ketebalan lapisan yang menempel sangat dipengaruhi oleh konduktansi elektrolitnya, karena konduktansi elektrolit menentukan besarnya jumlah ion dan cepatnya pergerakan ion dalam larutan elektrolitnya, dimana bila hambatan besar, maka konduktansinya semakin kecil, begitu pula sebaliknya. Dari hasil tebal lapisan yang dikemukakan pada table 3, rata-rata tebal lapisan terburuk terdapat pada arus 4A, karena hambatan yang digunakan adalah hambatan yang paling besar diantara arus 8A dan 6A yaitu sebesar 3 Ω , sedangkan untuk 8A dan 6A hambatan yang digunakan berturut-turut sebesar 1,5 dan 2 Ω . Sehingga pada arus 4A ketebalan lapisan sangat kecil bahkan ada tembaga yang tidak terlapisi oleh perak. Hal lain yang mempengaruhi ketebalan lapisan yaitu faktor waktu, dimana semakin lama waktu perendaman mengakibatkan dampak terhadap pengendapan ion di permukaan katoda semakin bertambah. Pengendapan ion yang meningkat pada permukaan katoda akan berdampak terhadap ketebalan katoda dan pernyataan ini sesuai dengan hukum faraday, yaitu kenaikan waktu pelapian sebanding dengan kenaikan jumlah zat mengendap pada katoda atau ketebalan deposit yang menempel pada permukaan katoda. Besarnya hambatan ini akan mengakibatkan terjadinya proses elektrolisis air bukan elektrolisis ion Ag^+ menjadi logam Ag yang akan diendapkan pada tembaga katoda. Elektrolisis air yang terjadi ditandai dengan timbulnya gelembung-gelembung gas pada sisi katoda, yang mengakibatkan permukaan tembaga berwarna hitam seperti logam yang terbakar. Sehingga pada arus 4A ketebalan lapisan sangat kecil bahkan ada tembaga yang tidak terlapisi oleh perak.

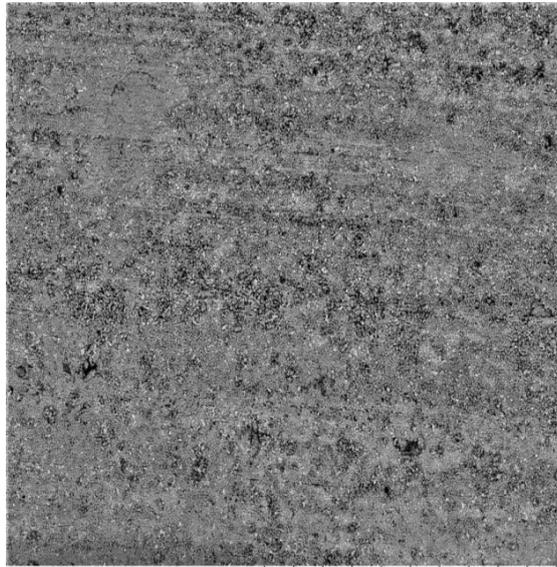
Faktor efisiensi katoda yang juga menjadi penentu kualitas hasil pelapisan. Bila ditinjau dari konsentrasi terendah ketertinggi hasil

terbaik didapatkan pada konsentrasi 0,3 M teatnya 0,28 M. Kenaikan tebal perak yang tidak signifikan seiring dengan kenaikan konsentrasi dapat disebabkan oleh efisiensi katoda yang menurun, dimana jumlah perak yang terlarut dari anoda tidak semua menempel pada katoda seiring dengan lamanya waktu pelapisan. Nilai efisiensi katoda dihitung dengan rumus yang dirujuk pada persamaan (6). Data nilai efisiensi yang didapatkan pada penelitian ini sesuai dengan ketentuan efisiensi katoda, yang menyatakan dimana efisiensi katoda berbanding terbalik dengan waktu perendaman atau waktu kontak, sehingga efisiensi katoda akan menurun seiring dengan lamanya waktu perendaman. Efisiensi katoda menunjukan apakah semua arus yang dialirkan sewaktu proses *electroplating* berlangsung terpakai untuk mengendapkan ion logam perak pada tembaga katoda, sehingga didapat efisiensi plating 100% atau lebih kecil dari 100%. Pada penelitian ini didapatkan titik efisiensi katoda tertinggi pada sampel konsentrasi 0,28 M dengan besar efisiensi mencapai 0,09 % yang direndam selama 30 menit dan titik terendah terdapat konsentrasi 0,1 M yang direndam selama 60 menit, dengan efisiensi katodanya 0 %. Rendahnya nilai efisiensi disebabkan oleh ketidakstabilan jarak anoda dan katoda atau kedudukan elektroda pada bak perendaman *electroplating*, hal ini dapat dibuktikan dengan timbulnya gelembung udara atau timbulnya gas hidrogen pada katoda dan gas oksigen pada anoda dalam larutan selama proses pelapisan berlangsung, hal inilah yang mempengaruhi aliran arus listrik yang masuk pada saat berlangsungnya proses elektrolisis tidak merata

3. Morfologi Permukaan Tembaga Lapisan.

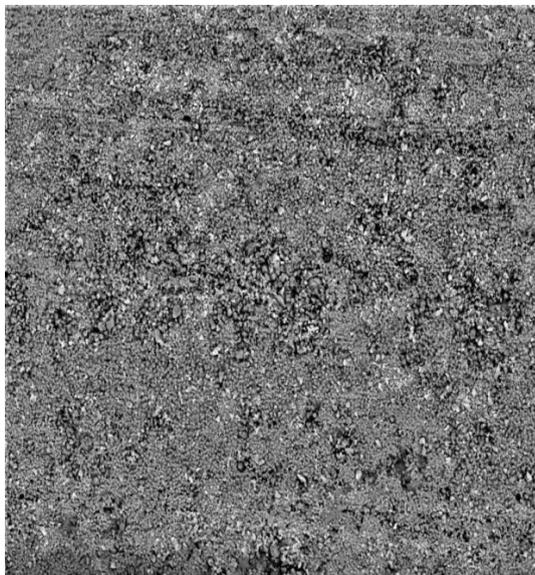
Untuk melihat morfologi permukaan tembaga hasil *electroplating* digunakan instrument SEM dan ke 9 sampel diambil sampel yang memiliki hasil pelapisan terbaik. Tembaga dengan hasil terbaik didapatkan pada tembaga dengan konsentrasi 0,28 M, 30 Menit. Scanning Electron Microscopy (SEM) yang dapat menunjukkan kehalusan, kekompakan, kecerahan dan adanya pori pada sampel yang dianalisis. Morfologi permukaan tembaga yang diuji dengan SEM adalah tembaga dengan hasil pelapisan terbaik, pada Gambar 3a

dikemukakan hasil morfologi permukaan dengan perbesaran 500 kali (x500).



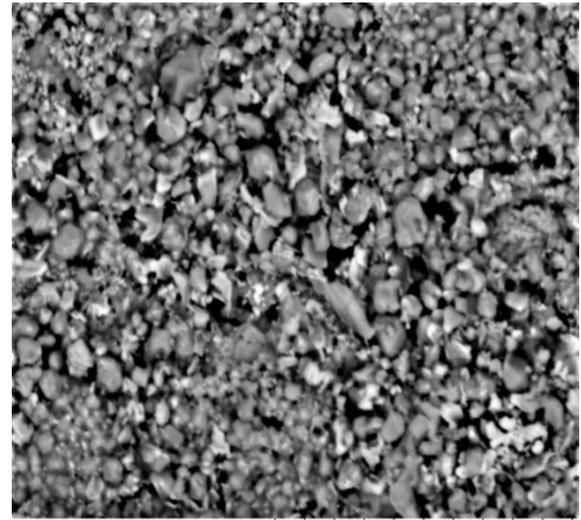
3a

Sedangkan pada Gambar 3b, dikemukakan hasil SEM uji morfologi permukaan tembaga dengan perbesaran 1000 kali (x1,0k) hasil pelapisan selama 30 menit dengan pengaruh konsentrasi dan kuat arus listrik.



3b

Pada Gambar 3b, dikemukakan hasil SEM uji morfologi permukaan tembaga dengan perbesaran 5000 kali (x5,0k) hasil pelapisan selama 30 menit dengan pengaruh konsentrasi dan kuat arus listrik



3c

Gambar 3. Morfologi permukaan Cu/Ag dengan pengaruh 0,28 M, 8A, 30 menit, a) perbesaran x500, b). Perbesaran x1,0k, c). Perbesaran x5,0k

Gambar diatas menunjukkan morfologi permukaan tembaga yang sudah diberikan perlakuan electroplating dengan pengaruh konsentrasi sebesar 0,28 M, kuat arus 8 A dan waktu pelapisan 30 menit. Gambar (3a) merupakan hasil SEM dengan x500 perbesaran, jika dilihat pada perbesaran x500 permukaan tembaga terdapat gumpalan-gumpala kecil yang menandakan bahwa endapan tersebut merupakan endapan perak yang menempel pada permukaan tembaga dan juga terlihat cukup halus pada beberapa bagian tembaganya. Pada Gambar (3b) dikemukakan hasil SEM dengan perbesaran x1,0k, dengan perbesaran ini terlihat banyak sekali gumpalan gumpalan dengan ukuran yang sedang, namun juga terlihat dengan jelas permukaannya tidak terlalu halus seperti terlihat pada hasil SEM perbesaranx500 dan banyak permukaan tembaga yang kosong atau berlubang yang menandakan bahwa tidak ada perak yang menempel dengan sempurna bagian tersebut atau proses penyebaran ion-ion perak yang bergerak dari anoda tidak rata menempel atau terdistribusi dengan rapi pada permukaan tembaga katoda, terakhir dengan hasil SEM perbesaran x5,0k yang dikemukakan pada Gambar (3c), semakin terlihat dengan jelas gumpalan gumpalan perak yang terlihat seperti gumpalan gumpala yang warna gumpalannya ada yang perak gelap dan silver terang, yang sebelumnya pada perbesaran x1,0k permukaan

tembaga katoda yang sudah terlapisi jika dilihat pada perbesaran x5,0k ternyata masih terdapat lubang-lubang kecil, hal ini menandakan perak yang menempel tidak beraturan sehingga hasilnya tidak rata.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan dengan judul “Analisis Konsentrasi Pelarut Dan Kuat Arus Terhadap Kualitas Pelapisan Logam Perak (Ag) Pada Logam Tembaga (Cu)” dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Konsentrasi larutan AgNO_3 optimum untuk mendapatkan hasil massa lapisan yang paling besar terdapat pada konsentrasi 0,3 M, yaitu dengan berat lapisan yang diperoleh yaitu sebesar 0,015 g.
2. Konsentrasi larutan AgNO_3 optimum untuk mendapatkan hasil ketebalan lapisan yang paling besar juga terdapat pada konsentrasi 0,3 M, yaitu dengan ketebalan lapisan yang diperoleh yaitu sebesar 0,397 mm.
3. Kuat Arus paling optimum yang dialirkan pada proses *electroplating* untuk mendapatkan hasil massa lapisan yang terbesar atau yang terbaik yaitu kuat Arus 8A ($1,5 \Omega$) dengan konsentrasi 0,3 M
4. Kuat Arus paling optimum yang dialirkan pada proses *electroplating* untuk mendapatkan hasil ketebalan lapisan yang terbaik juga diperoleh dengan kuat Arus 8A ($1,5 \Omega$) dengan nilai ketebalannya 0,397 M.
5. Konsentrasi AgNO_3 dan kuat arus yang dialirkan selama proses *electroplating* sangat berpengaruh terhadap massa dan ketebalan lapisan yang diperoleh selama proses *electroplating* berlangsung. Sehingga didapatkan ketebalan terbaik yaitu sebesar 0,397 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriany, R, Kusmono, R. Soekrisno. 2012. Pengaruh Konsentrasi Larutan dan Waktu Pelapisan Nikel Pada Aluminium Terhadap Kekerasan. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi sains dan Teknologi* : 374-378.
- Niam,A,M,Y et al. 2017. Pengaruh Waktu Pelapisan Elektro Nikel-Khrom Dekoratif Terhadap Ketebalan, Kekerasan, dan Kekasaran Lapisan. *Momentum*. 13 (1) :7-10.
- Chuang, Ho-Chiao., Hao-chih Su., dan Jorge, Sanchez. 2019. Ultrasonic-Sonochemistry The Characteristics Of Nickel Fi Lm Produced By Supercritical Dioxide Electroplating With Ultrasonic Agitation. *Ultrasonics- Sonochemistry*: 48-56.
- Diyanto, Himawan, D, N. 2011. Pengaruh Parameter Kuat Arus dan Temperatur pelapisan Terhadap Ketebalan dan Adhesivitas Lapisan Pada Baja Karbon Rendag dengan Proseses Elektroplating Tembga. SKRIPSI : Surakarta.
- Fahmi, M, H dan Windi, Z. 2021. Studi Literatur Pengaruh Kuat Arus, Tegangan, Suhu, Waktu Terhadap Pelapisan Logam Dengan Metode Electroplating. *Jurnal Teknologi Separasi (Distilat)* . 7(2) : 406-413.
- Liang, D., Wenbo, S., dan Giovanni, Z. 2016. Selection Of Phase Formation In Electroplated Ag-Cu Alloys. *Journal of the Electrochemical Society*. 163(2) : D40-D48.
- Le, N, et al. 2015. Optimization of copper electroplating process applied formicrofabrication on flexible polyethylene terephthalate substrate. *Advances in natural science: nanoscience and nanotechnology*. 6 : 1-6.
- Noviyana, R., Ediman, G, S., Yayat, I, S. 2017. Pengaruh Waktu Elektroplating Cu- Mn Terhadap Laju Korosi Baja AISI Dalam Medium Korofis Nacl 3 %. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*. 5(2) : 213-220

- Marwati, S. 2012. Pengaruh Agen Pereduksi dalam Pose Elektrodeposisi Terhadap Kualitas Deposit Cu dan Ag. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan, dan Penerapan* : 1-6.
- Istiyono, E., et al. 2015. Pengelolaan Limbah Industri Penyepuhan Logam Perak Dilingkungan Pengrajin Perak kecamatan Kota Gede. *Inotek*. 12 (2) : 184- 192.
- Pangestu, R, W., et al. 2021. Strategi Poteni Desa Ekowisata dan Kerajinan Perak Di Desa Pampang. *Jurnal Atma Inovasia*. 1 (3) : 258-264.
- Purwanto dan syamsul, H. 2005. Teknologi Industri Electroplating. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Rasyad, A dan Budi, A. 2018. Analisis Pengaruh Temperatur, Waktu, dan Kuat Arus Proses Electroplating Terhadap Kuat Tarik, Kuat Tekuk, dan Kekerasan Pada Baja Karbon Rendah. *Jurnal Rekayasa Mesin*. 9 (3) : 173-182
- Rakiman., Hanif., Menhendry., Maimuzar., dan Yetri, Y. 2021. Analisa Kekerasan Dan Ketebalan Permukaan Lapisan Hasil Electroplating Kuningan Pada Baja. *Jurnal Sains terapan*. 7(1) : 43-48.
- Mohammad A., Lukman N., dan Haniffudin, N. 2018. Pengaruh Variasi Waktu Pencelupan Terhadap Ketebalan , Kekerasan Dan Ketahanan Korips Hasil Electroplating Nikel-Hard Krom Pada Baja AISI 4340. *Jurnal teknik ITS*. 7(2): 2301-9271
- Sabekti, K., et al. 2018. Analisis Pengaruh Kuat Arus Listrik Terhadap ketebalan Pelapisn Perak Pada Aluminium A6063 Dengan Proses Electroplating. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*. 6 (1) : 20-29.
- Santosa, B. Dan Syamsa, M. 2007. Pengaruh Parameter Proses Pelapisan Nikel Terhadap Ketebalan Lapisan, *Jurnal Teknik Mesin*, 9 (1) : 25-30.
- Saputra, J., et al. 2020. Pengaruh Waktu Deposisi Pada Electroplating Cu/Ni Berbatuan Medan Magnet Sejajar. Yogyakarta : Universitas Ahmad Dahlan.
- Schmitz, Edinéia P. S., Sueli P. Quinaia, Jarem R. Garcia, and Camila K. De Andrade. 2016. "Influence of Commercial Organic Additives on the Nickel Electroplating." 11:983–97.
- Selly, R., Rahmah, S., Nasution, HI, Syahputra, RA, & Zubir, M. (2020). Metode Electroplating Pada Substrat Tembaga (Cu) Dilapisi Perak (Ag). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kimia Indonesia (IJCST)*, 3(2): 38–41.
- Sukandarrumidi. 2018. *Geologi Mineral Logam*. Yogyakarta; Gajah Mada
- Suarsana, I, K. 2008. Pengaruh Waktu Pelapisan Nikel Pada Tembaga Dalam Pelapisan Khrom Dekoratif Terhadap Tingkat Kecerahan Dan Ketebalan Lapisan. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakram*. 2(1) : 48-60.
- Sungkowo, A et al. 2021. Material Test Comparison Of Pure Aluminium (Al) And Pure Aluminium-Coated (Al) With Silver (Ag) Substrat Using Electroplating Method. *ARRUS Journal Of Engineering And Technology*. 1(2) : 40-46.
- Syamsuir et al. 2019. Efek Pengadukan Pelapisan Tembaga pada Aluminium Terhadap Laju Korosi. *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur*. 1(1) : 44-48
- Widayatno, T dan Hamid, 2016. Meningkatkan Efisiensi proses Electroplating 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 Electroplating Kuningan Pada Baja. *Jurnal Teknologi manufaktur*. 12 (1) : 55-63.