

**OPTIMASI POTENSIAL, SUHU LARUTAN, DAN PENGARUH PENGADUKAN PADA
ELEKTRODEPOSISI ION LOGAM Ag(I) DALAM LIMBAH CAIR
ELEKTROPLATING DENGAN MENGGUNAKAN
AGEN PEREDUKSI FORMALDEHIDA**

**OPTIMIZED VOLTAGE, SOLUTION TEMPERATURE, AND EFFECT OF STIRRING
ON THE ELECTRODEPOSITION ION SILVER Ag(I) IN
ELECTROPLATING LIQUID WASTE BY USING
FORMALDEHIDE REDUCING AGENTS**

Abdul Fikar Amigato, Siti Marwati, Regina Tutik Padmaningrum

*Jurusan Pendidikan Kimia, FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta
e-mail: watikimuny@yahoo.co.id*

Abstrak

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Penelitian Kimia FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta (UNY). Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan potensial dan suhu larutan optimal, pengaruh pengadukan pada proses elektrodeposisi ion logam Ag(I) dalam limbah cair elektroplating serta pengaruh formaldehida terhadap karakteristik deposit Ag.

Subjek penelitian ini adalah limbah cair elektroplating yang diambil dari sentra kerajinan perak Kotagede Yogyakarta. Objek penelitian adalah efisiensi elektrodeposisi pada variasi potensial dan suhu. Proses elektrodeposisi dilakukan dengan variasi potensial; suhu larutan; dan perlakuan pengadukan. Konsentrasi Ag(I) hasil elektrodeposisi dianalisis dengan metode Spektrofotometri Serapan Atom. Kualitas deposit Ag ditentukan dengan pengamatan secara visual. Struktur kristal hasil elektrodeposisi ditentukan dengan metode Difraksi Sinar-X.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa: 1) potensial optimal sebesar 5 volt dengan efisiensi elektrodeposisi yaitu 40,887%; 2) suhu optimal 50⁰C dengan efisiensi elektrodeposisi yaitu 41,905%; 3) adanya perlakuan pengadukan dapat memperbesar efisiensi elektrodeposisi yaitu 48,556%; dan 4) deposit Ag hasil elektrodeposisi dengan penambahan formaldehida lebih kristalin dengan parameter kisi rata-rata 4,0751 Å dibandingkan dengan tanpa penambahan formaldehida dengan parameter kisi rata-rata 4,0553 Å

Kata kunci: ion logam Ag(I), elektrodeposisi, formaldehida, limbah cair elektroplating

Abstract

This research was done at Chemistry Research Laboratory of FMIPA Yogyakarta State University (UNY). The aims of this research were to determine optimum voltage, solution temperature, effect of stirring electrodeposition process Ag(I) ion in electroplating liquid waste, and the effect of formaldehyde on characteristics of Ag deposit.

The subject of this research was electroplating liquid waste were taken from silver centers at Kotagede Yogyakarta. The object was electrodeposition efficiency by varying the voltage and temperature. Electrodeposition was done with a varying of voltage; solution temperature; and effect of stirring. Ag(I) concentration of the electrodeposition result was analyzed by using Atomic Absorption Spectrophotometry method. The quality of silver deposit was done by visual observation. The crystal structure of the electrodeposition result was determined by the X-Ray Diffraction method.

The result of this research showed that: 1) optimum voltage of 5 volt with the electrodeposition efficiency 40.887%; 2) optimum temperature of 50⁰C with the electrodeposition efficiency 41.905%; 3) the existance of stirring can increase the efficiency of the electrodeposition 48.556%; 4) Ag deposit electrodeposition result with the formaldehyde produced was more crystalline with the lattice parameter on average 4.0751 Å compared with no addition of formaldehyde with the lattice parameter on average 4.0553 Å

Keywords : Ag(I)ion, electrodeposition, formaldehyde, electroplating liquid waste

PENDAHULUAN

Proses elektroplating atau teknik pelapisan logam menggunakan arus listrik searah banyak digunakan dalam industri pelapisan logam pada saat ini. Metode elektroplating merupakan suatu proses pengendapan zat (ion-ion logam) pada suatu logam dasar (katoda) melalui proses elektrolisis. Terjadinya proses pengendapan pada katoda disebabkan oleh adanya perpindahan ion-ion yang bermuatan listrik dari anoda dengan menggunakan perantara larutan elektrolit, yang terjadi secara terus-

menerus pada tegangan konstan hingga akhirnya mengendap dan menempel kuat membentuk lapisan di permukaan benda logam [1].

Kegiatan proses pelapisan elektroplating menghasilkan limbah cair, limbah padat, serta emisi gas. Dalam limbah cair elektroplating yang diambil di daerah pengrajin perak Kotagede Yogyakarta mengandung logam-logam berat diantaranya anion klorida, bromida, iodida, sianida, tisianat, oksalat, karbonat, nitrit, nitrat, dan fosfat serta kation Ag⁺, Hg₂²⁺, Pb²⁺,

Hg^{2+} , Bi^{3+} , Cu^{2+} , Co^{2+} , Al^{3+} , Cr^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Ni^{2+} , dan Zn^{2+} [2].

Diantara logam-logam yang terkandung dalam limbah cair elektroplating, logam perak sangat membahayakan lingkungan hidup, disamping itu harga ekonomis logam perak juga tinggi, sehingga perlunya dilakukan *recovery* logam perak pada limbah cair elektroplating.

Metode yang digunakan untuk *recovery* logam perak yaitu dengan cara elektrodeposisi ion logam pada limbah cair. Metode elektrodeposisi yaitu proses pengambilan kembali ion logam Ag(I) dari limbah cair elektroplating dengan menggunakan arus listrik searah dengan cara pengendapan pada anoda. Parameter yang dapat mempengaruhi kualitas dan kuantitas deposit hasil dari elektrodeposisi khususnya ion logam Ag(I) antara lain temperatur, potensial, jenis agen pereduksi pereduksi serta konsentrasinya, pH larutan, waktu deposisi yang dilakukan, serta pemberian pengadukan pada larutan pada saat deposisi [3].

METODE PENELITIAN

Subjek penelitian ini adalah ion Ag(I) dalam limbah cair elektroplating

dan objeknya adalah efisiensi elektrodeposisi ion Ag(I) dalam limbah cair elektroplating.

Proses elektrodeposisi dilakukan selama 1 jam dengan penambahan 1 mL HNO_3 4 M, 2 mL H_2SO_4 0,1M, dan 0,8 mL formaldehida 37 %. Variasi potensial yang digunakan adalah pada potensial 1; 2; 3; 4; dan 5 volt. Variasi suhu yang digunakan adalah 27°C ; 40°C ; dan 50°C . Diberikan perlakuan pengadukan pada proses elektrodeposisi, serta dilakukan juga proses elektrodeposisi tanpa menggunakan agen pereduksi formaldehida sebagai pembanding untuk karakterisasi deposit Ag.

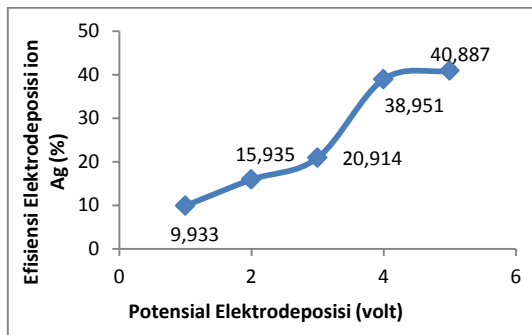
Konsentrasi ion Ag(I) sisa elektrodeposisi ditentukan dengan menggunakan alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Karakterisasi deposit Ag hasil elektrodeposisi ditentukan dengan menggunakan alat Difraksi Sinar-X (XRD).

HASIL DAN DISKUSI

1. Potensial Optimal Elektrodeposisi

Pemberian potensial yang optimal dapat mempengaruhi efisiensi elektrodeposisi ion logam Ag(I) pada limbah cair elektroplating. Kurva pada

gambar 1 menunjukkan kenaikan efisiensi elektrodeposisi ion logam Ag(I) seiring dengan bertambahnya potensial yang diberikan.



Gambar 1. Kurva Hubungan antara Potensial Elektrodeposisi terhadap Efisiensi Elektrodeposisi Ion Ag(I)

Data efisiensi elektrodeposisi menunjukkan bahwa pada potensial rendah efisiensi logam yang terdeposit sangat rendah hal ini dikarenakan potensial yang digunakan lebih kecil daripada potensial elektroda standarnya sehingga pergerakan ion logam bergerak lambat menuju katoda. Sedangkan jika pemberian potensial lebih besar dari potensial elektroda standar maka akan menyebabkan penempatan ion pelapis bergerak sangat cepat menuju katoda [4].

Proses efisiensi elektrodeposisi ion logam Ag(I) potensial optimal yang digunakan adalah pada potensial 5 volt dengan efisiensi deposit 40,887%.

Data penampilan permukaan katoda hasil elektrodeposisi dan

penampakan lapisan pada variasi potensial pada Tabel 1.

Penampilan Lapisan Permukaan Katoda Hasil Elektrodeposisi	
1 volt	Lapisan deposit Ag berwarna silver sangat tipis, di seluruh permukaan, dan tidak rata
2 volt	Lapisan deposit Ag berwarna silver, permukaan yang halus, tipis, rata dan mengkilat
3 volt	Lapisan deposit Ag tipis berwarna hitam kecoklatan tipis, permukaan kasar, tidak rata, dan mengkilat
4 volt	Lapisan deposit Ag berwarna hitam tebal, rata, mengkilat dan menggelembung
5 volt	Lapisan deposit Ag berwarna hitam, sangat tebal, mengkilat dan menggelembung

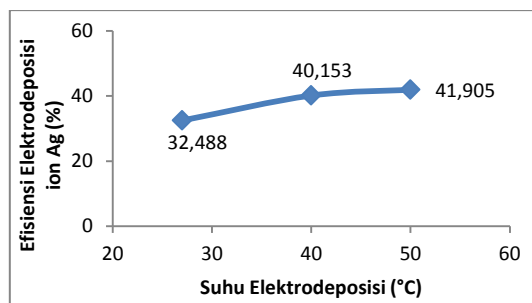
Tabel 1. Penampilan Lapisan Permukaan Katoda Hasil Elektrodeposisi pada Variasi Potensial

2. Suhu Optimal Elektrodeposisi

Parameter yang mempengaruhi proses elektrodeposisi selain potensial adalah suhu larutan pada saat elektrodeposisi.

Pelapisan logam yang dilakukan pada suhu rendah dan rapat arus yang cukup optimum akan mengakibatkan hasil pelapisan menjadi kasar dan kusam. Jika dilakukan dengan suhu yang tinggi dan rapat arus yang optimum maka hasil pelapisan menjadi tidak merata. Pemberian suhu larutan yang optimal akan menghasilkan efisiensi elektrodeposisi meningkat [5].

Berdasarkan gambar 2 efisiensi elektrodeposisi ion Ag(I) mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya suhu larutan pada proses elektrodeposisi.



Gambar 2. Kurva Hubungan antara Suhu Elektrodeposisi terhadap Efisiensi Elektrodeposisi Ion Ag(I)

Gambar 2 menunjukkan adanya kenaikan efisiensi pada suhu optimal yaitu pada suhu 50⁰C yang menghasilkan efisiensi elektrodeposisi sebesar 41,905%, jika dibandingkan dengan besar efisiensi elektrodeposisi pada suhu 27⁰ C dengan efisiensi 32,488%.

Data penampilan permukaan katoda hasil elektrodeposisi dan penampakan lapisan pada variasi suhu pada Tabel 2.

Penampilan Lapisan Permukaan Katoda Hasil Elektrodeposisi	
27 ⁰ C	Lapisan deposit Ag berwarna silver sangat tipis, di seluruh permukaan, dan tidak rata
40 ⁰ C	Lapisan deposit Ag berwarna silver, permukaan yang halus, tipis, rata dan mengkilat
50 ⁰ C	Lapisan deposit Ag tipis berwarna hitam kecoklatan tipis, permukaan kasar, tidak rata, dan mengkilat

Tabel 2. Penampilan Lapisan Permukaan Katoda Hasil Elektrodeposisi pada Variasi Suhu

3. Pengaruh Pengadukan pada Elektrodeposisi

Perlakuan pengadukan pada saat elektrodeposisi juga dapat memberikan pengaruh hasil efisiensi elektrodeposisi. Kerapatan arus yang kecil menyebabkan ion berkecepatan rendah. Pada keadaan ini pertumbuhan kristal akan lebih besar daripada kecepatan pembentukan kristal sehingga endapan yang terbentuk mempunyai struktur kristal yang besar dan kasar. Kenaikan rapat arus akan

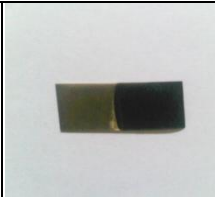

mempercepat ion bermuatan yang membentuk inti kristal sehingga endapan yang terbentuk kecil dan halus. Kerapatan arus yang terlalu tinggi mengakibatkan lapisan terbakar [6]

Berdasarkan data pengamatan uji visual pada katoda yang dihasilkan dari proses elektrodeposisi ion logam Ag(I) menunjukkan bahwa pada perlakuan larutan tanpa pengadukan menghasilkan lapisan deposit Ag yang menempel pada katoda berwarna hitam, lapisan terbentuk tipis dan tidak merata, serta rapuh. Sedangkan pada pemberian perlakuan pengadukan pada larutan terbentuk lapisan deposit Ag pada katoda yang berwarna hitam tebal pekat, permukaan halus, dan lapisan merata. Hal ini disebabkan karena dengan adanya pemberian pengadukan pada proses elektrodeposisi maka ion-ion logam Ag(I) yang ada pada larutan mengalami kenaikan kecepatan reduksi menuju katoda serta menjaga suhu larutan menjadi konstan, sehingga hasil deposit yang menempel pada katoda lebih rata, tebal, dan halus.

Perlakuan tanpa pengadukan menghasilkan efisiensi 41,905%, sedangkan pada perlakuan pengadukan

larutan elektrodeposisi menghasilkan efisiensi 48,556%.

Data penampilan permukaan katoda hasil elektrodeposisi dan penampakan lapisan pada perlakuan pengadukan saat elektrodeposisi pada Tabel 3.

Penampilan Lapisan Permukaan Katoda Hasil Elektrodeposisi		
Dengan Pengadukan		Lapisan deposit Ag berwarna hitam pekat tebal, permukaan halus dan lapisan rata
Tanpa Pengadukan		Lapisan deposit Ag berwarna hitam tipis, permukaan kasar, tidak rata, lapisan rapuh

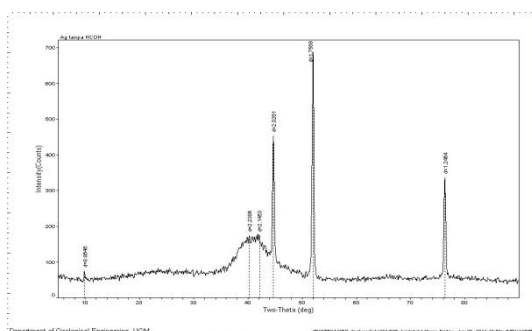
Tabel 3. Penampilan Lapisan Permukaan Katoda Hasil Elektrodeposisi pada Perlakuan Pengadukan Saat elektrodeposisi

4. Difraktogram XRD Deposit Ag

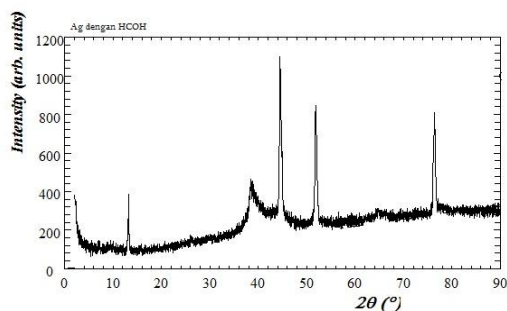
Karakterisasi struktur perak menggunakan XRD menghasilkan puncak-puncak kuat sesuai refleksi perak yaitu (111), (200), (220), (311) dan (222). Refleksi logam perak murni adalah kubus berpusat muka (fcc). Puncak-puncak yang muncul pada difraktogram, kemudian disesuaikan dengan data *Joint Committee on Powder Diffraction Standards* (JCPDS) bahan

perak (Ag) sehingga dapat diketahui struktur kristal bahan tersebut [7].

Deposit Ag dengan XRD dapat dilihat dengan data intensitas relatif XRD pada masing-masing 2θ deposit logam Ag tanpa penambahan formaldehida dan dengan penambahan formaldehida pada potensial 5 volt dan suhu 50°C .



Gambar 3. Difraktogram Deposit Ag Hasil Elektrodeposisi Tanpa Formaldehida



Gambar 4. Difraktogram Deposit Ag Hasil Elektrodeposisi dengan Formaldehida

Difraktogram deposit Ag tanpa penambahan agen pereduksi formaldehida memiliki struktur kubik berpusat muka (FCC) untuk deposit logam Ag dengan parameter kisi sebesar

$4,0553 \text{ \AA}$ dan memiliki bidang kisi (111), (200) dan (311) pada posisi 2θ berturut-turut untuk tiap puncak yaitu $40,252^{\circ}$; $44,69^{\circ}$; dan $76,339^{\circ}$. Pola difraksi sinar-X deposit Ag dengan penambahan agen pereduksi formaldehida memiliki struktur kubik berpusat muka (FCC) dengan parameter kisi sebesar $4,0751 \text{ \AA}$ dan memiliki bidang kisi (111), (200), (220), dan (311) pada posisi 2θ berturut-turut untuk tiap puncak yaitu $38,730^{\circ}$; $44,508^{\circ}$; $64,67^{\circ}$; dan $76,313^{\circ}$.

Deposit hasil elektrodeposisi tanpa formaldehida yaitu (111), (200), dan (311) dengan intensitas 2,9%, 54%, 76,339%. Sedangkan untuk deposit hasil elektrodeposisi tanpa formaldehida yaitu (111), (200), (220), (311) dengan intensitas 17,10%, 100%, 2,7%, 57,4%. Intensitas tertinggi terdapat pada bidang (200) dengan intensitas 100% terdapat kandungan Ni sekitar 38,0 – 46,0% pada lapisan pelat. Hal ini dikarenakan pada elektroda nikel yang digunakan adalah pelat nikel alloy produk *Sandmeyer Steel Company* [8].

Adanya penambahan agen pereduksi formaldehida terjadi perubahan pada struktur kristal deposit Ag yang ditunjukkan dengan semakin

besarnya nilai parameter kisi sebesar 4,0553 Å untuk tanpa penambahan agen pereduksi formaldehida dan nilai parameter kisi sebesar 4,0751 Å untuk penambahan agen pereduksi formaldehida. Secara keseluruhan menunjukkan bahwa adanya formaldehida dalam proses elektrodeposisi mempengaruhi tekstur deposit yang dihasilkan.

SIMPULAN

1. Potensial elektrodeposisi optimal pada 5 volt dengan efisiensi elektrodeposisi 40,887% .
2. Suhu elektrodeposisi optimal adalah 50°C dengan efisiensi elektrodeposisi 41,905%.
3. Pemberian perlakuan pengadukan pada larutan elektrodeposisi sangat berpengaruh dengan efisiensi elektrodeposisi 48,556%.
4. Deposit yang dihasilkan pada proses elektrodeposisi ion logam Ag(I) dengan penambahan agen pereduksi formaldehida terdapat logam Ag yang lebih kristalin daripada deposit yang dihasilkan tanpa formaldehida.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini tergabung dalam penelitian Payung an. Siti Marwati, dkk.,

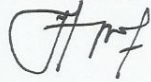
atas bantuan dana DIPA FMIPA UNY untuk itu diucapkan terimakasih.

DAFTAR PUSTAKA

1. Edi Istiyono., R.Y.A. Sari., Banu, S.A. (2008). Pengelolaan Limbah Industri Penyepuhan Logam Perak (Elektroplating) di Lingkungan Pengrajin Perak Kecamatan Kotagede. 12(2): 186-187.
2. Siti Marwati., Regina Tutik, P., dan Marfuatun. (2007). Karakterisasi Sifat Fisika-Kimia Limbah Cair Elektroplating. *Laporan Penelitian*. Yogyakarta: FMIPA UNY.
3. Kim., J.Y., Yu, J., Lee, J.H, and Lee, T.Y. (2004). The Effect of Electroplating Parameters on the Composition and Morphology of Sn-Ag Solder. *Journal of Electronic Materials*. 33(12): 145-1464.
4. Schliesinger, M. dan Paunovic, M. (2000). *Modern Electroplating. Fourth Edition*. Toronto. John Wiley and Sons, Inc.
5. Basmal. (2012). Pengaruh Suhu Larutan Elektrolit dan Waktu Pelapisan Tembaga Pada Plat Baja Lunak Terhadap Nilai Ketebalan. *Jurnal Penelitian Sains POLTEKNOSAINS Volume XI Nomer 1*.
6. Setyowati, Y. Iriani, A.H. Ramelan. (2012). Pengaruh Rapat Arus Terhadap Ketebalan Struktur Kristal Lapisan Nikel pada Tembaga. *Indonesian Journal of Applied Physics*. Vol 2. No 2. ISSN: 2089-0133.

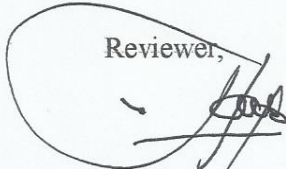
7. Theivasanthi, T., dan Alagar M. (2011). Electrolytic Synthesis and Characterizations of Silver Nanopowder. *International Journal of Physical Sciences*. 1(4): 58-65
8. <http://SandmeyerSteel.com/Spesificati on/ alloy 825>, download 2-12-2013

Yogyakarta, 20 Oktober 2015
Telah Disetujui oleh
Pembimbing,



Siti Marwati, M.Si
NIP. 19770103 200604 2 001

Reviewer,



Dr. Suyarta
NIP. 19660508 199203 1 002