

Pengaruh Konsentrasi Formaldehid sebagai Agen Pereduksi Terhadap Efisiensi Elektrodeposisi Ag^+ dalam Limbah Cair Elektroplating

(The Influence of Formaldehyde as a Reducing Agent Towards Electrodepositing Efficiency of Ag^+ in Electroplating Liquid Waste)

Siti Marwati, Regina Tutik Padmaningrum, Susila Kristianingrum dan Sunarto

Juridik Kimia FMIPA UNY / Telp.(0274) 565411 dan email: watikimuny@yahoo.co.id

Abstrak

penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi formaldehid sebagai agen pereduksi terhadap efisiensi elektrodeposisi ion Ag^+ dalam limbah cair elektroplating dan mengetahui karakter logam Ag hasil elektrodeposisi. Proses elektrodeposisi dengan elektroda platina sebagai anoda dan katoda. Konsentrasi larutan formaldehid divariasikan yaitu 0,4; 0,3; 0,2; 0,1 M dan tanpa penambahan formaldehid. Ion Ag^+ yang masih tersisa dalam limbah cair elektroplating dilakukan analisis konsentrasi ion Ag^+ dengan menggunakan AAS. Untuk mengetahui struktur kristal deposit dilakukan analisis dengan menggunakan XRD. Hasil penelitian ini diperoleh kesimpulan bahwa konsentrasi formaldehid sebagai agen pereduksi berpengaruh terhadap berat deposit yang dihasilkan. Konsentrasi formaldehid sebagai agen pereduksi berpengaruh terhadap efisiensi elektrodeposisi ion Ag^+ dalam limbah cair elektroplating. Efisiensi elektrodeposisi ion Ag^+ paling besar diperoleh pada penambahan formaldehid 0,2 M. Karakter deposit yang dihasilkan menunjukkan bahwa di dalam deposit terdapat logam Ag dan Cu yang terdepositasikan. Adanya formaldehid menyebabkan susunan atom-atom deposit Ag di setiap bidang kisi menjadi tidak teratur dan menurunkan tingkat kekrystalannya.

Kata kunci: formaldehid,agen pereduksi, elektrodeposisi, perak

Abstract

This research aims to know the influence of formaldehyde as a reducing agent towards electrodepositing efficiency of Ag^+ ions in electroplating liquid waste and character of Ag deposits. Electrodeposition process with a platinum electrode as the anode and cathode. The variation of formaldehyde concentration are 0.1, 0.2, 0.3 0.4 M and without addition of formaldehyde. To determine the Ag^+ remaining in electroplating liquid waste AAS analysis was used. To determine the crystal structure of the Ag deposited XRD analysis was used. The result of this research are the concentration of formaldehyde as reducing agent influence the deposits weight. The concentration of formaldehyde as a reducing agent influence the efficiency of Ag^+ ions in electroplating liquid waste. The most efficient Ag deposited obtained in the addition of formaldehyde 0.2 M. The character of the deposited indicated that there were Ag and Cu metals. The presence of formaldehyde cause deposit arrangement of Ag atoms in each lattice surface become irregular and lower levels of crystallinity.

Key words: formaldehyde, reducing agent, electrodeposited, silver

Pendahuluan

Kegiatan elektroplating, selain menghasilkan produk yang berguna juga menghasilkan limbah padat, cair dan emisi gas. Limbah cair elektroplating di sentra industri kerajinan perak Kotagede mengandung anion klorida, bromida, iodida, sianida, tisanat, oksalat, karbonat, nitrit, nitrat, dan fosfat serta kation Ag^+ , Hg_2^{2+} , Pb^{2+} , Hg^{2+} , Bi^{3+} , Cu^{2+} , Co^{2+} , Al^{3+} , Cr^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Ni^{2+} , dan Zn^{2+} [1]. Kadar anion dan kation dalam limbah cair elektroplating masih relatif tinggi sehingga memerlukan pengolahan dan pemanfaatan lebih lanjut.

Berbagai metode pengolahan limbah cair elektroplating telah banyak ditemukan diantaranya metode pengendapan, elektrokimia, penyaringan dan penetralan. Akan tetapi, tidak semua industri menerapkan metode-metode tersebut karena memerlukan biaya yang relatif besar. Salah satu metode yang biasa dilakukan oleh suatu industri dalam menangani limbah cair adalah metode pengambilan kembali (*recovery*) logam-logam berharga yang masih terkandung dalam limbah cair elektroplating. Logam-logam yang biasa diambil kembali adalah logam emas (Au) dan perak (Ag). Berdasarkan hasil penelitian Justina Dura [2], menunjukkan bahwa dalam limbah cair elektroplating mengandung ion logam Ag^+ adalah 186 ppm pada sampel limbah yang dipisahkan menjadi seperlima volume semula. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan ion Ag^+ masih relatif besar dan potensial untuk diambil kembali (*recovery*).

Proses pengambilan perak dalam limbah cair yang biasa dilakukan oleh suatu industri adalah proses elektrodeposisi atau proses pengendapan dengan menggunakan arus listrik. Proses ini masih mengalami kendala karena tidak semua ion Ag^+ terdepositasi secara maksimal. Berdasarkan data kandungan ion Ag^+ sebelum dan sesudah proses elektrodeposisi yang dilakukan oleh para pelaku industri elektroplating tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan [3]. Hal ini disebabkan karena proses elektrodeposisi hanya memperhatikan parameter-parameter tertentu.

Beberapa parameter yang mempengaruhi keberhasilan proses elektrodeposisi khususnya ion Ag^+ adalah suhu larutan, waktu elektrodeposisi, beda potensial yang digunakan dan adanya bahan aditif untuk mengoptimalkan proses elektrodeposisi. Suhu larutan memberikan efek termal yang dapat meningkatkan energi kinetik. Waktu elektrodeposisi mempengaruhi banyaknya ion logam yang terdepositasi. Beda potensial yang digunakan akan mempengaruhi pergerakan elektron [4].

Selain mengoptimalkan beberapa parameter elektrodeposisi ion Ag^+ dilakukan pula penambahan bahan aditif sebagai agen pereduksi untuk meningkatkan kualitas deposit. Bahan aditif biasanya ditambahkan untuk tujuan tertentu, sebagai contoh untuk meningkatkan stabilitas larutan elektrolit atau meningkatkan mutu dan sifat logam yang terdepositasi/ketahanan terhadap korosi, kecemerlangan endapan, kekuatan mekanis dan keawetan. Dalam penambahan bahan aditif pada larutan elektrolit harus memperhatikan konsentrasi penambahan yang efektif agar dapat memberikan pengaruh positif pada proses elektrodeposisi [5].

Salah satu bahan aditif yang digunakan untuk proses elektrodeposisi adalah formaldehid. Formaldehid dapat bertindak sebagai agen pereduksi yang digunakan untuk logam Cu dan Ag. Formaldehid mempunyai potensial reduksi lebih negatif ($E = + -1,11$ Volt) daripada logam Ag ($E = + 0.80$ Volt) sehingga dapat digunakan sebagai agen pereduksi [6].

Berdasarkan uraian tersebut maka penelitian tentang pengaruh formaldehid sebagai agen pereduksi terhadap efisiensi elektrodeposisi ion Ag^+ dalam limbah cair elektroplating telah dilakukan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk memaksimalkan pemanfaatan kembali limbah cair elektroplating khususnya melalui pengambilan kembali (*recovery*) Ag.

Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif eksploratif yang bertujuan untuk

mengetahui pengaruh konsentrasi formaldehid sebagai Agen pereduksi terhadap efisiensi elektrodeposisi ion Ag^+ dalam limbah cair elektroplating.

Alat yang diperlukan adalah Peralatan gelas, elektroda platina, kertas saring, neraca analitik, *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS), XRD, dan satu set alat potensiometer.

Bahan yang diperlukan adalah limbah cair elektroplating, larutan standar AgNO_3 , larutan HNO_3 , formaldehid 37 %, larutan H_2SO_4 , aseton, aquades.

Plat platina sebagai katoda dan anoda dipotong dengan ukuran $1 \times 2,5 \text{ cm}^2$. Plat platina dicuci dengan HNO_3 0,1 M dilanjutkan dengan aquades. Setelah itu, elektroda platina dicuci dengan aseton kemudian dikeringkan. Plat platina ditimbang sebagai berat elektroda awal.

Sampel limbah cair sebanyak 50 mL dimasukkan ke dalam gelas beker 100 mL. Ditambahkan larutan formaldehid 37 % sebanyak 0,4 mL untuk menghasilkan konsentrasi formaldehid 0,1 M. Kedua elektroda platina sebagai anoda dan katoda dihubungkan dengan potensiometer. Elektroda katoda dihubungkan dengan kutub negatif dan elektroda anoda dihubungkan dengan kutub positif. Kedua elektroda dicelupkan ke dalam larutan sampel dengan jarak kedua elektroda tertentu. Elektrodeposisi dilakukan selama 1 jam pada potensial 4 Volt. Setelah dilakukan elektrodeposisi, dilakukan pengeringan dan dilanjutkan dengan penimbangan elektroda katoda sebagai berat katoda akhir. Untuk mengetahui ion Ag^+ yang masih tersisa dalam limbah cair elektroplating dilakukan analisis konsentrasi ion Ag^+ dengan menggunakan AAS. Untuk mengetahui struktur kristal deposit dilakukan analisis deposit dengan menggunakan XRD. Pengambilan data dilakukan sebanyak 3 kali dan hasilnya dirata-rata.

Selanjutnya dilakukan proses elektrodeposisi dengan cara yang sama dan konsentrasi larutan formaldehid divariasikan yaitu 0,4; 0,3; 0,2; 0,1 M dan tanpa penambahan formaldehid.

Data berupa berat katoda awal, berat katoda setelah elektrodeposisi pada berbagai variasi formaldehid sebagai agen

pereduksi dan data absorbansi sampel yang telah dielektrodeposisi hasil pengukuran dengan AAS. Berat deposit dihitung dengan persamaan:

Berat deposit = berat katoda akhir – berat katoda awal.

Efisiensi elektrodeposisi dihitung dengan persamaan:

$$\text{Efisiensi}(\%) = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100\%$$

C_1 = konsentrasi ion Ag^+ sebelum elektrodeposisi

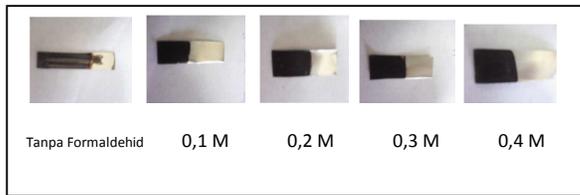
C_2 = konsentrasi ion Ag^+ sesudah elektrodeposisi

Konsentrasi ion Ag^+ diperoleh dari data absorbansi hasil pengukuran dengan AAS. Absorbansi diinterpolasikan pada kurva standar sehingga diperoleh konsentrasi ion Ag^+ sisa dalam sampel. Kualitas deposit diketahui dengan analisis struktur kristalnya dengan menggunakan XRD.

Hasil dan Diskusi

Proses elektrodeposisi ion Ag^+ dilakukan dengan sampel berupa limbah cair elektroplating sebagai larutan elektrolitnya dan merupakan sumber ion Ag^+ . Pada proses ini ditambah dengan larutan HNO_3 4 M sebagai depolarisator yaitu untuk mencegah terjadinya polarisasi yang menyebabkan arus listrik berjalan lebih lambat. Selain itu ditambah larutan H_2SO_4 yang berfungsi sebagai elektrolit pendukung. Sebagai agen pereduksi digunakan larutan formaldehid.

Elektrodeposisi ion Ag^+ dalam penelitian ini dilakukan pada potensial 4 Volt selama 1 jam dengan variasi konsentrasi formaldehid adalah 0,1; 0,2, 0,3; dan 0, 4 M serta dilakukan pula elektrodeposisi ion Ag^+ tanpa penambahan formaldehid. Setelah proses elektrodeposisi selesai elektroda katoda dicuci dengan aquades, dilanjutkan dengan aseton kemudian dikeringkan dan ditimbang serta diamati secara visual. Hasil pengamatan secara visual dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Hasil pengamatan deposit pada berbagai variasi konsentrasi formaldehid.

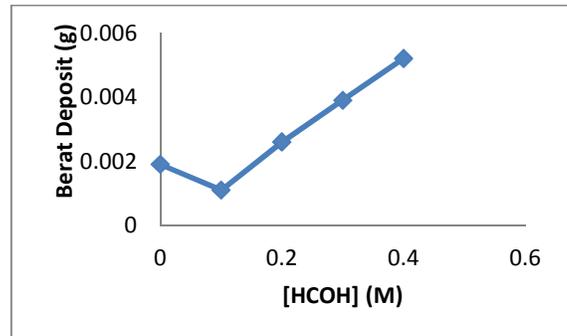
Berdasarkan Gambar 1 menunjukkan bahwa elektrodposisi dengan berbagai variasi konsentrasi formaldehid mempengaruhi deposit yang dihasilkan. Untuk elektrodposisi tanpa penambahan formaldehid menunjukkan permukaan deposit yang tidak rata dan deposit yang menempel pada permukaan elektroda katoda lebih tipis dibandingkan dengan deposit pada penambahan formaldehid.

Gambar 1 menunjukkan bahwa secara umum semakin besar konsentrasi formaldehid yang ditambahkan pada proses elektrodposisi maka semakin tebal dan warna deposit semakin pekat. Hasil deposit pada penambahan formaldehid 0,1 M permukaan yang lebih halus meskipun deposit yang menempel pada elektroda katoda lebih tipis daripada yang lainnya. Hasil deposit untuk penambahan formaldehid 0,2 M menunjukkan bahwa permukaan halus dan lebih mengkilat daripada deposit yang lain. Hasil deposit yang ditambahkan formaldehid 0,3 dan 0,4 M mulai terlihat adanya pelapisan deposit yang kasar dan menggelembung.

Kenaikan konsentrasi dapat mengakibatkan peningkatan pendeposisian logam sehingga semakin tinggi konsentrasi formaldehid maka semakin tebal deposit yang dihasilkan. Selain itu, menurut Cardoso, *et. al.* [7] mengatakan bahwa semakin besar penambahan formaldehid dapat menyebabkan berkurangnya rapat arus. Kerapatan arus yang kecil menyebabkan ion berkecepatan rendah. Pada keadaan ini pertumbuhan kristal deposit akan lebih besar daripada kecepatan pembentukan kristal sehingga deposit yang terbentuk mempunyai struktur kristal yang kasar [5].

Jika ditinjau dari pengaruh penambahan formaldehid terhadap berat

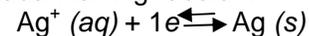
deposit yang diperoleh maka adanya penambahan formaldehid pada berbagai variasi konsentrasi mempengaruhi berat deposit yang dihasilkan. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.



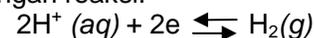
Gambar 2. Kurva [HCOH](M) Vs Berat Deposit (g)

Berdasarkan Gambar 2 menunjukkan bahwa secara umum konsentrasi formaldehid yang ditambahkan pada proses elektrodposisi mempengaruhi berat deposit yang dihasilkan. Semakin besar konsentrasi formaldehid yang ditambahkan maka semakin besar deposit yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena semakin besar konsentrasi formaldehid yang ditambahkan maka semakin banyak ion-ion yang tereduksi pada katoda. Jika dilihat pada deposit tanpa penambahan formaldehid dibandingkan dengan deposit yang ditambahkan formaldehid sebesar 0,1 M maka elektrodposisi tanpa penambahan formaldehid menghasilkan deposit yang lebih besar. Hal ini karena tanpa penambahan formaldehid proses elektrodposisi tetap berlangsung dan pengaruh penambahan formaldehid dapat terlihat pada konsentrasi lebih besar dari 0,1 M.

Jika ditinjau dari reaksi yang terjadi pada proses elektrodposisi dalam penelitian ini dan hanya dibatasi pada peninjauan ion Ag^+ adalah:

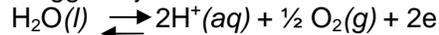


Ion Ag^+ tereduksi menjadi logam Ag dan terdepositasi pada katoda. Ion H^+ dari larutan asam mengalami reduksi membentuk gas H_2 dengan reaksi:



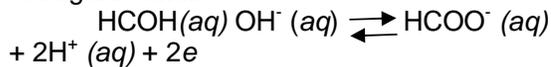
Anion SO_4^{2-} dan NO_3^- mengalami reaksi pada anoda. Spesies yang bertindak

sebagai anoda adalah platina yang bersifat inert sehingga terjadi reaksi:

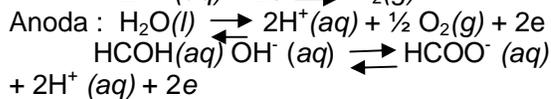
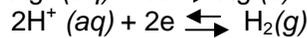
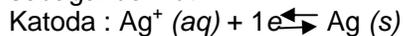


Adanya gas-gas yang terbentuk pada anoda terlihat adanya gelembung-gelembung gas yang timbul pada permukaan elektroda anoda. Karena sampel yang digunakan dalam penelitian ini berupa limbah cair yang mengandung berbagai macam ion pada elektroda anoda juga terbentuk endapan berwarna hijau kekuningan yang dimungkinkan terjadinya endapan sulfur (S) dari ion S^{2-} .

Jika ditinjau dari peranan formaldehid sebagai agen pereduksi maka formaldehid ini mengalami oksidasi dengan reaksi sebagai berikut:

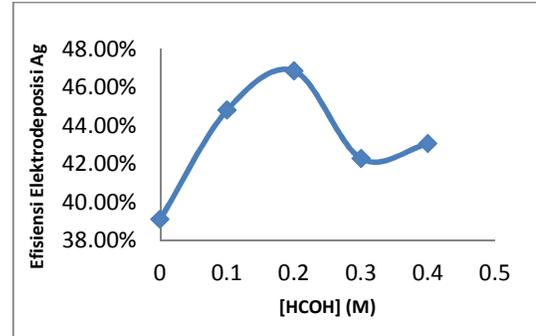


Reaksi yang terjadi pada anoda dan katoda secara keseluruhan dapat dituliskan sebagai berikut:



Meskipun hanya tertulis beberapa reaksi yang terjadi di anoda dan katoda bukan berarti hanya reaksi-reaksi tersebut yang terjadi tetapi masih terdapat beberapa reaksi yang terjadi jika ditinjau dari beragamnya kandungan ion yang terdapat pada sampel limbah cair elektroplating yang digunakan dalam penelitian ini.

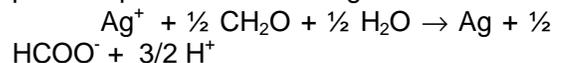
Pengaruh konsentrasi formaldehid terhadap efisiensi deposisi ion Ag^+ diketahui dengan melakukan elektrodeposisi limbah cair elektroplating dengan penambahan formaldehid pada variasi konsentrasi yaitu 0,1; 0,2; 0,3 dan 0,4 serta tanpa penambahan formaldehid. Ion Ag^+ yang terdepositasi di katoda dapat diketahui dengan menganalisis konsentrasi ion Ag^+ dengan menggunakan AAS sebagai ion Ag^+ sisa yang tidak terdepositasi pada katoda. Berdasarkan data ion Ag^+ sisa akan diketahui ion Ag^+ yang terdepositasi pada katoda sehingga efisiensi deposisi dapat diketahui. Kurva hubungan antara konsentrasi formaldehid dengan efisiensi elektrodeposisi Ag^+ dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kurva [HCOH](M) Vs Efisiensi Elektrodeposisi Ion Ag^+

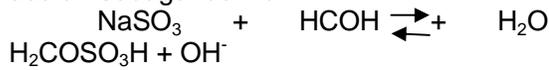
Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan bahwa konsentrasi formaldehid berpengaruh terhadap efisiensi elektrodeposisi ion Ag^+ . Berdasarkan kurva tersebut terlihat adanya titik optimum yaitu pada penambahan formaldehid dengan konsentrasi 0,2 M menghasilkan efisiensi elektrodeposisi ion Ag^+ maksimal yaitu 46,86 %. Jika dibandingkan dengan efisiensi elektrodeposisi tanpa penambahan formaldehid maka adanya formaldehid ini cukup efektif meningkatkan efisiensi elektrodeposisi ion Ag^+ dalam limbah cair elektroplating yaitu dari 39,10 % menjadi 46,86 % untuk penambahan formaldehid 0,2 M.

Jika ditinjau dari peranan penambahan formaldehid pada berbagai konsentrasi yang berfungsi sebagai agen pereduksi terhadap ion Ag^+ karena mempunyai potensial reduksi lebih negatif daripada potensial reduksi ion Ag^+ . Potensial reduksi ion Ag^+ adalah +0,80 sedangkan potensial reduksi dari formaldehid adalah -1,11. Hal ini akan mempengaruhi spontanitas proses reaksi redoks selama elektrodeposisi [8]. Peranan formaldehid sebagai agen pereduksi ion perak dapat dituliskan sebagai berikut:



Jika ditinjau dari sampel yang digunakan dalam penelitian ini berupa limbah cair yang mengandung beberapa anion, konsentrasi formaldehid yang semakin besar dapat menyebabkan terbentuknya kompleks yang stabil. Contoh reaksi terbentuknya kompleks antara formaldehid dengan ion SO_3^- yang

terkandung dalam limbah cair elektroplating adalah sebagai berikut:

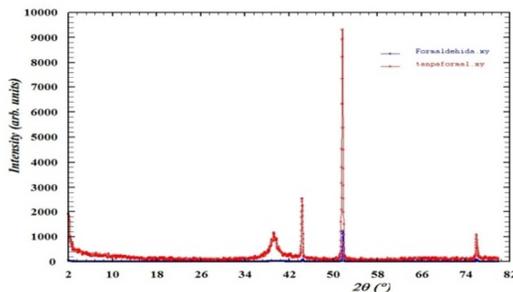


Menurut Kashlan, H. M [9] adanya reaksi yang membentuk kompleks yang stabil dapat menurunkan efisiensi elektrodeposisi ion Ag^+ pada penambahan formaldehid dengan konsentrasi semakin besar.

Oleh karena itu seperti yang dikatakan oleh Purwanto dan Syamsul Huda [5] bahwa penambahan agen pereduksi bersifat kritis pada kondisi konsentrasi tertentu. Penambahan aditif akan efektif bila berada pada rentang konsentrasi yang ditetapkan. Penambahan aditif dengan konsentrasi yang tidak tepat akan menimbulkan masalah terhadap proses pendeposisian atau sifat deposit yang dihasilkan. Hal ini juga didukung oleh data pengamatan secara visual yang menunjukkan bahwa pada penambahan formaldehid 0,2 M menghasilkan deposit yang paling mengkilat daripada deposit yang lain. Dengan demikian formaldehid dapat berperan sebagai agen pereduksi secara optimal untuk elektrodeposisi ion Ag^+ dengan penambahan formaldehid dengan konsentrasi 0,2 M.

Karakterisasi deposit Ag dengan XRD bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan formaldehid terhadap mikrostruktur deposit Ag. Karakterisasi dilakukan pada deposit Ag yang menghasilkan efisiensi deposisi maksimal dan deposit Ag hasil elektrodeposisi tanpa penambahan formaldehid. Karakterisasi dilakukan dengan membandingkan kedua difraktogram yang diperoleh.

Hasil karakterisasi deposit Ag dengan XRD dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Difraktogram deposit dengan penambahan formaldehid 0,2 M dan tanpa penambahan formaldehid.

Berdasarkan gambar 4 deposit yang dihasilkan didominasi deposit logam Cu daripada logam Ag. Hal ini ditunjukkan oleh harga 2θ pada kedua difraktogram. Difraktogram deposit Ag tanpa penambahan agen pereduksi formaldehida memiliki struktur kubik berpusat muka (FCC) untuk deposit logam Ag dengan parameter kisi sebesar 4,0340 Å dan memiliki bidang kisi (111), (111), (200) dan (311) pada posisi 2θ berturut-turut untuk tiap puncak yaitu 39,241°, 39,681°, 44,36°, dan 75,96° [10]. Puncak dengan harga $2\theta = 51,676^\circ$, menunjukkan adanya deposit Cu [11] dengan intensitas yang tinggi (100 %). Hal ini berarti bahwa selain logam Ag terdapat kandungan logam Cu di dalam limbah cair elektroplating.

Pola difraksi sinar-X deposit Ag dengan penambahan agen pereduksi formaldehida 0,2 M memiliki struktur kubik berpusat muka (FCC) dengan parameter kisi sebesar 4,0676 Å dan memiliki bidang kisi (111), (200), dan (311) pada posisi 2θ berturut-turut untuk tiap puncak yaitu 39,84°, 44,5°, 76,021°, dan 76, 256°. Puncak dengan harga $2\theta = 51,76^\circ$ menunjukkan adanya deposit Cu dengan intensitas yang tinggi (100 %).

Jika ditinjau dari kedua difraktogram menunjukkan bahwa pada harga 2θ yang menunjukkan adanya ciri khas logam Ag maka terlihat adanya perubahan intensitas yang cenderung lebih kecil pada difraktogram untuk deposit dengan adanya penambahan formaldehid. Intensitas difraksi pada difraktogram memberikan informasi tentang susunan atom-atom pada kisi [4]. Ketinggian intensitas menunjukkan keteraturan dan ketebalan logam yang telah dideposisikan [4]. Dengan demikian adanya penambahan formaldehid menunjukkan pengaruh adanya keteraturan susunan atom dan tingkat kekristalan deposit Ag menjadi lebih kecil. Akan tetapi jika dilihat harga 2θ yang menunjukkan ciri khas logam Cu menunjukkan bahwa intensitasnya maksimum dan terjadi perubahan luas area puncak. Hal ini menunjukkan bahwa logam Cu terdeposit dengan bagus dan mempunyai tingkat kekristalan yang tinggi serta adanya formaldehid memberikan pengaruh menyebabkan ukuran kristal

menjadi lebih lembut sehingga tekstur deposit terlihat lebih rata.

Secara umum adanya formaldehid pada elektrodeposisi ion Ag^+ pada limbah cair elektroplating memberikan pengaruh positif terhadap efisiensi deposisi. Adanya formaldehid tidak memberikan pengaruh positif pada tekstur deposit jika ditinjau dari deposit Ag yang dideposisikan tetapi memberikan pengaruh positif terhadap tekstur deposit jika ditinjau dari logam Cu yang dideposisikan.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa konsentrasi formaldehid sebagai agen pereduksi berpengaruh terhadap berat deposit yang dihasilkan. Semakin besar konsentrasi formaldehid sebagai agen pereduksi maka semakin berat deposit yang dihasilkan. Konsentrasi formaldehid sebagai agen pereduksi berpengaruh terhadap efisiensi elektrodeposisi ion Ag^+ dalam limbah cair elektroplating. Efisiensi elektrodeposisi ion Ag^+ paling besar diperoleh pada penambahan formaldehid 0,2 M. Karakter deposit yang dihasilkan menunjukkan bahwa di dalam deposit terdapat logam Ag dan Cu yang terdeposisikan. Adanya formaldehid menyebabkan susunan atom-atom deposit Ag di setiap bidang kisi menjadi tidak teratur dan menurunkan tingkat kekristalannya.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih diberikan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta sebagai penyandang dana pelaksanaan penelitian ini.

Pustaka

[1]. Siti Marwati, Regina Tutik Padmaningrum, Marfuatun, Laporan

Penelitian FMIPA UNY, tidak dipublikasikan, 2007.

- [2]. Justina Dura, Laporan Penelitian FMIPA UNY, tidak dipublikasikan, 2009.
- [3]. Andi Bastian, Laporan Penelitian FMIPA UNY, tidak dipublikasikan, 2008.
- [4]. Luluk Khotimah, Laporan Penelitian SMK 2 Lamongan, tidak dipublikasikan, 2007.
- [5]. Purwanto, Syamsul Huda, Teknologi Industri Elektroplating, Cetakan ke 1, Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang, 2007, hal. 13-17.
- [6]. N. Kanani, Electroplating Basic Principles, Process and Practice, Oxford: Elsevier Advance Technology, New York, 2004, 336-339.
- [7]. L. Cardoso, G. Sebastiao, D.S. Filho, Quim. Nova, Vol 34, No. 4, (2011), 641-645.
- [8]. K. Chou, Yu-Chieh Lu, H.H. Lee, Journal of Materials Chemistry and Physics 94, (2005), 429-433.
- [9]. H.M. Kashlan, American Journal of Applied Sciences 5(3), (2008), 234-241, ISSN 1546-9239.
- [10]. T. Theivasanthi, M. Alagar, Centre for Research and Post Graduate Departmen of Physics, Ayya Nadar Janaki Ammal College, India, 2011.
- [11]. T. Anik, M. Ebn Touhami, K. Him, S. Schireen, R.A. Belkhmima, M. Abouchane, M. Cisse, International Journal Electrochemical Science, 7, (2012), 2009-2018.