

PENGARUH AGEN PEREDUKSI DALAM PROSES ELEKTRODEPOSISI TERHADAP KUALITAS DEPOSIT Cu DAN Ag

Siti Marwati

Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY

siti_marwati@uny.ac.id

Abstrak

Elektrodeposisi merupakan proses pengendapan logam dengan menggunakan arus listrik. Aplikasi elektrodeposisi yang paling banyak digunakan adalah pada proses pelapisan logam (elektroplating) dan *recovery* logam dari air limbah. Tujuan umum dari pelapisan logam adalah untuk melindungi dari korosi dan untuk keperluan dekoratif, sedangkan tujuan *recovery* logam adalah untuk pengambilan kembali logam-logam yang terdapat pada air limbah sehingga dapat digunakan kembali. Logam Cu dan Ag merupakan logam-logam yang paling banyak digunakan pada pelapisan logam. Agar menghasilkan lapisan logam yang berkualitas maka pada prosesnya dilakukan beberapa optimasi kondisi operasional antara lain potensial, waktu elektrodeposisi, suhu, pH, rapat arus, dan lain-lain. Selain itu, pada proses elektrodeposisi diperlukan pula agen pereduksi seperti formaldehid, natrium borohidrida, hidrazin, dimetilamino boran dan natrium hipofosfit. Agen pereduksi ini berperan dalam kestabilan sistem elektrolit di dalam larutan dan mempengaruhi komposisi serta mikrostruktur dari deposit logam yang dielektrodeposisi. Agen pereduksi yang sering digunakan untuk elektrodeposisi logam Cu dan Ag adalah formaldehid dan dimetil amino boran. Berdasarkan hasil kajian ini diperoleh bahwa dengan adanya agen pereduksi dapat meningkatkan efisiensi elektrodeposisi berupa lapisan deposit yang lebih tebal dan permukaan yang halus serta lebih cemerlang. Penggunaan agen pereduksi bersifat kritis dan harus memperhatikan beberapa parameter operasional elektrodeposisi antara lain konsentrasi agen pereduksi, pH dan temperatur.

*Kata Kunci:*agen pereduksi, elektrodeposisi, Cu dan Ag

PENDAHULUAN

Perkembangan industri dengan bahan baku logam saat ini berkembang dengan pesat seiring dengan meningkatnya penggunaan barang-barang yang berbahan logam di masyarakat. Penggunaan barang-barang berbahan logam sangat luas meliputi alat-alat transportasi, mesin produksi, peralatan rumah tangga, bahan konstruksi bangunan, asesoris, perhiasan dan lain-lain. Industri berbahan logam tidak lepas dari proses pelapisan logam yang bertujuan untuk mencegah terjadinya korosi dan untuk tujuan dekoratif. Proses pelapisan logam pada umumnya dilakukan dengan metode elektroplating melalui elektrolisis atau elektrodeposisi logam pelapis pada benda kerja.

Elektrodeposisi, selain diaplikasikan pada industri pelapisan logam dapat diaplikasikan untuk pengolahan limbah khususnya limbah cair yang mengandung ion-ion logam misalnya pada industri pelapisan logam tersebut. Proses elektrodeposisi merupakan proses penengendapan yang menggunakan prinsip elektrokimia dimana suatu ion dapat mengendap dengan pemberian potensial pada elektroda. Menurut Doulakas, et al (2000), metode elektrodeposisi dapat diterapkan untuk *recovery* logam dari air limbah. Metode elektrodeposisi mempunyai keuntungan antara lain prosesnya murah dan dapat dikembangkan dengan mudah untuk cakupan yang lebih luas serta dapat dikerjakan pada suhu kamar (Schliesinger dan Paunovic, 2000: 37).

Aplikasi elektrodeposisi pada *recovery* logam pada air limbah antara lain *recovery* logam Cu dan Ag dalam limbah cair elektroplating. Kedua logam tersebut banyak terkandung dalam limbah cair elektroplating sehingga dapat dilakukan *recovery* untuk memperoleh kembali sehingga dapat digunakan kembali (*reuse*). Agar logam yang telah diperoleh kembali mempunyai kualitas yang baik untuk dapat digunakan kembali maka diperlukan optimasi kondisi operasional pada

proses elektrodeposisi.

Proses elektrodeposisi secara umum menggunakan prinsip elektrolisis yang menggunakan larutan elektrolit sebagai tempat terjadinya proses perpindahan ion dalam sistem elektrolisis. Berbagai kondisi operasional yang harus dioptimasi untuk memperoleh kualitas deposit yang baik antara lain optimasi potensial, rapat arus, waktu, suhu dan pH. Selain optimasi kondisi operasional ditambahkan larutan asam atau basa untuk meningkatkan konduktivitas. Dalam pendeposisian logam ditambahkan pula zat lain sebagai bahan aditif untuk tujuan khusus. Tujuan tersebut misalnya untuk meningkatkan stabilitas, mengontrol proses pendeposisian logam, mengatur kecepatan pendeposisian logam dan untuk mengoptimasi sifat kimia, sifat fisika logam deposit (resistensi korosi, kecemerlangan, kekerasan dan reflektivitas)(Kashlan, H. M., 2008)

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 (Purwanto & Syamsul Huda, 2005:17).

Berdasarkan uraian di atas maka artikel kajian ini akan membahas tentang pengaruh agen pereduksi dalam proses elektrodeposisi terhadap kualitas deposit Cu dan Ag. Kajian ini akan dibatasi pada pembahasan tentang macam-macam agen pereduksi, mekanisme agen pereduksi dan kualitas deposit khususnya pada proses elektrodeposisi logam Cu dan Ag. Artikel ini diharapkan dapat memberikan gambaran tentang peranan agen pereduksi untuk meningkatkan kualitas deposit logam Cu dan Ag sehingga dapat diaplikasikan pada *recovery* logam dalam limbah cair dengan hasil deposit yang optimal dan peningkatan kualitas deposit untuk tujuan dekoratif.

PEMBAHASAN

Elektrodeposisi

Elektrodeposisi adalah proses pengendapan suatu zat dengan menggunakan arus listrik searah. Proses elektrodeposisi termasuk proses elektrolisis. Elektrolisis adalah peristiwa penguraian zat elektrolit oleh arus searah. Dalam sel elektrolisis katoda dihubungkan dengan kutub positif(+) sumber arus, sedangkan anoda dihubungkan dengan kutub negatif(-) dari sumber arus. Pada elektrolisis, bahan yang akan dideposisikan ditempatkan pada anoda, sedangkan substrat yang akan dilapisi ditempatkan di katoda. Secara umum, jika arus listrik dialirkan ke dalam larutan elektrolit maka kation akan mengalami reduksi dengan menangkap elektron dan anion akan mengalami oksidasi dengan melepaskan elektron. Oleh karena oksidasi terjadi di anoda dan reduksi terjadi di katoda, maka anion akan menuju anoda dan kation menuju katoda.

Elektrolisis dapat dilakukan pada bahan berbentuk leburan atau lelehan maupun larutan. Pada elektrolisis leburan, ion-ion dalam suatu elektrolit dapat bergerak menuju anoda, melepaskan elektron dan mengalami reaksi oksidasi. Ion positif akan bergerak menuju katoda, menerima elektron dan mengalami reaksi reduksi. Pada umumnya elektrolisis leburan elektrolit menggunakan elektroda inert yaitu platina, karbon, dan emas. Elektroda inert ini tidak terlibat dalam proses redoks.

Elektrolisis larutan elektrolit, di katoda terjadi kompetisi atau persaingan antara kation elektrolit dengan molekul air (pelarut) dalam menangkap elektron. Sumber arus akan mendorong elektron dari anoda ke katoda. Elektron ini ditangkap kation sehingga pada permukaan katoda terjadi reduksi kation dan terendapkan di katoda. Pada saat yang sama anion melepaskan elektron. Melalui anoda, elektron dikembalikan ke sumber arus. Pada permukaan anoda tersebut terjadi reaksi oksidasi anion.

Jika arus diamati pada saat elektrolisis berlangsung maka akan tampak bahwa sejumlah massa akan terendapkan di katoda. Hukum Faraday mengatakan bahwa berat bahan yang terbentuk pada elektroda sebanding dengan arus listrik yang melalui sel. Untuk bahan lain jika arus yang

melalui sel sama dengan sebelumnya maka berat lapisan yang terbentuk pada katoda sebanding dengan berat ekivalennya (Purwanto dan Syamsul Huda, 2005: 8-9).

Agen Pereduksi pada Elektrodeposisi

Bahan aditif sering ditambahkan pada proses elektrodeposisi untuk meningkatkan kualitas deposit. Aditif dapat berupa zat organik maupun anorganik. Menurut Kanani, N., (2004: 80), fungsi bahan aditif dalam proses elektrodeposisi adalah sebagai agen pereduksi, penstabil, agen pengompleks dan untuk mempertahankan pH larutan elektrolit. 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 (Purwanto & Syamsul Huda, 2005: 17).

Secara umum adanya bahan aditif pada elektrodeposisi mempengaruhi pertumbuhan kristal deposit, kecepatan terbentuknya deposit dan morfologi serta mikrostruktur deposit. Pengaruh aditif sebagai agen pereduksi selain memberikan pengaruh pada mikrostruktur deposit dapat meningkatkan jumlah arus sehingga dapat mempercepat terbentuknya deposit dan memberikan lapisan yang lebih tebal. Bahan aditif ini akan mengadsorp ion-ion logam secara fisik dan kimiawi pada permukaan elektroda membentuk lapisan deposit sehingga merubah overpotensial deposisi. Perubahan over potensial ini meliputi overpotensial transfer muatan, overpotensial difusi, overpotensial reaksi redoks dan overpotensial kristalisasi. Oleh karena itu dengan adanya perubahan over potensial akan memberikan pengaruh mikrostruktur dan tekstur kristalografi (Hasegawa, M., 2007:19-21).

Bahan aditif berupa senyawa organik memberikan pengaruh jika bahan tersebut mengadsorp pada permukaan logam dan tidak mempunyai afinitas terhadap air maka akan menghasilkan pengaruh inhibitor yang kuat. Jika bahan aditif organik mengadsorp permukaan logam dan mempunyai afinitas terhadap air maka akan mempercepat proses elektrodeposisi. Oleh karena itu agen pereduksi berupa senyawa organik lebih cenderung memberikan pengaruh dalam hal mempercepat terbentuknya deposit sehingga menghasilkan deposit yang lebih tebal (Hasegawa, M., 2007 : 18).

Bahan aditif berupa senyawa anorganik mempengaruhi mikrostruktur dan tekstur kristalografi. Hal ini terjadi karena bahan aditif berupa senyawa anorganik dapat merubah overpotensial.

Agen pereduksi berperan dalam menentukan stabilitas larutan elektrolit. Komposisi dan mikrostruktur dari logam deposit serta sifatnya ditentukan oleh agen pereduksi. Beberapa agen pereduksi yang umum digunakan dalam proses elektropdeposisi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Agen Pereduksi yang Umum digunakan untuk Elektrodeposisi Logam

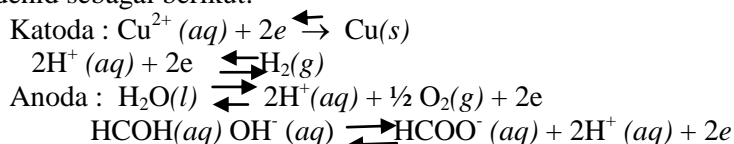
Agen Pereduksi	Rumus Kimia	BM (g/mol)	Σe	E^0 (V)	Logam yang dielektrodeposisi
Natrium hipofosfit	$\text{NaH}_2\text{PO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	106,90	2	-1,57	Ni, Co
Natrium borohidrida	NaBH_4	37,80	8	-1,24	Ni, Co
Formaldehid	HCOH	30,30	2	-1,11	Cu, Ag
Dimetilaminoboran	$(\text{CH}_3)_2\text{NH} \cdot \text{BH}_3$	58,90	6	-1,18	Ni, Cu, Ag
Hidrazin	N_2H_4	32,00	4	-1,16	Ni

Sumber: Kanani, N., 2004:80

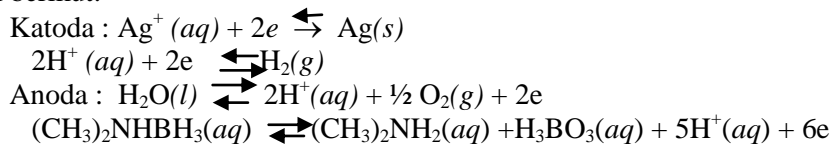
Kemampuan agen pereduksi dinyatakan dengan nilai potensial redoks. Agar reaksi reduksi terjadi, nilai potensial redoksnya harus lebih negatif daripada potensial redoks logam atau pasangan ion logam. Untuk mendapatkan deposit yang baik perbedaan nilai potensial redoksnya seharusnya tidak terlalu jauh. Contoh agen pereduksi yang umum digunakan adalah $\text{NaH}_2\text{PO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, natrium borohidrida, formaldehid, hidrasin dan $(\text{CH}_3)_2\text{NH} \cdot \text{BH}_3$.

Berdasarkan tabel 1 menunjukkan bahwa agen pereduksi untuk logam Cu dan Ag adalah formaldehid dan dimetilaminoboran. Pada elektrodeposisi logam Cu dan Ag dengan agen pereduksi

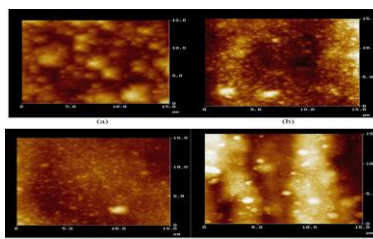
formaldehid memberikan peranan sebagai penstabil sistem (*bath*), komposisi, dan mikrostruktur deposit logam. Kemampuan agen pereduksi dinyatakan pada nilai potensial reduksinya. Nilai potensial reduksi agen pereduksi harus lebih negatif daripada potensial reduksi logam yang akan dideposisikan dan mempunyai selisih yang tidak terlalu jauh. Formaldehid mempunyai potensial reduksi -1,11 V sedangkan logam Cu mempunyai potensial reduksi 0,34 V dan potensial reduksi Ag adalah 0,80 V. Oleh karena itu agen pereduksi yang tepat untuk logam Cu dan Ag adalah formaldehid. Hal ini akan mempengaruhi spontanitas reaksi redoks selama elektrodeposisi (Chou. K., et al, 2005). Reaksi yang terjadi pada elektrodeposisi Cu dengan agen pereduksi berupa formaldehid sebagai berikut:



Selain formaldehid, dimetilaminoboran (DMAB) sering digunakan sebagai agen pereduksi untuk elektrodeposisi logam Cu dan Ag. DMAB merupakan senyawa kovalen. Meskipun DMAB tidak terionisasi tetapi salah satu atom penyusunnya mempunyai afinitas elektron yang tinggi sehingga ikatannya merupakan ikatan kovalen polar (Schliesinger M., dan Paunovic, M., 2000: 131-137). Dalam fungsinya sebagai agen pereduksi, DMAB hanya mempunyai tiga ikatan hidrogen aktif pada atom boron yang digunakan untuk mereduksi ion logam misalnya Cu^{2+} dan Ag^+ . Reaksi yang terjadi pada elektrodeposisi ion Ag^+ dengan menggunakan agen pereduksi DMAB adalah sebagai berikut:



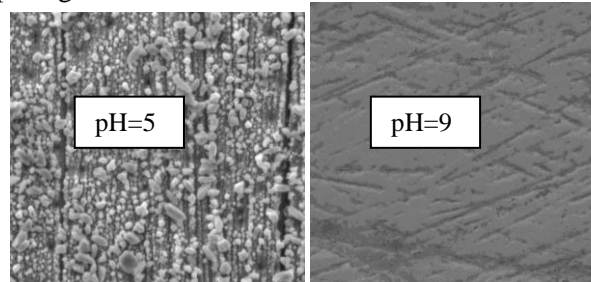
Penggunaan agen pereduksi pada elektrodeposisi logam Cu dan Ag harus memperhatikan beberapa parameter antara lain konsentrasi, pH, waktu elektrodeposisi dan suhu. Konsentrasi agen pereduksi mempengaruhi ketebalan dan tingkat kehalusan deposit yang dihasilkan. Menurut Cardoso, et al (2011), semakin besar penambahan formaldehid pada proses elektrodeposisi dapat menyebabkan berkurangnya rapat arus. Kerapatan arus yang kecil menyebabkan ion berkecepatan rendah. Menurut Purwanto dan Syamsul Huda (2005: 14), jika ion berkecepatan rendah maka pertumbuhan kristal deposit akan lebih besar daripada kecepatan pembentukan kristal sehingga kristal yang terbentuk mempunyai struktur kristal yang kasar. Oleh karena itu dengan memperhatikan pengaruh konsentrasi agen pereduksi terhadap kualitas deposit maka penggunaan agen pereduksi harus tepat jumlahnya. Hal ini karena konsentrasi agen pereduksi bersifat kritis pada rentang konsentrasi tertentu agar menghasilkan deposit yang tebal dan bertekstur halus. Salah satu contoh pengaruh konsentrasi agen pereduksi terhadap tekstur permukaan deposit dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 2. Permukaan Deposit Cu diamati dengan AFM pada Variasi Konsentrasi 2,2'-dipiridil (0, 5, 10, 20 ppm) (Jun Li, 2004)

Parameter pH larutan pada proses elektrodeposisi dengan adanya agen pereduksi juga harus diperhatikan. Hal ini karena pH selama proses elektrodeposisi mempengaruhi konduktivitas elektrolit, kecepatan pendeposisian dan sifat yang dihasilkan (Kanani, N., 2004: 82). Salah satu

contoh pengaruh pH terhadap kualitas deposit Cu pada proses elektrodeposisi dengan agen pereduksi dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh pH terhadap Morfologi Permukaan Deposit Cu dengan adanya Agen Pereduksi (Anik, T., et al, 2012)

Selain parameter konsentrasi dan pH, parameter temperatur juga harus berpengaruh pada elektrodeposisi dengan adanya agen pereduksi. Temperatur berpengaruh terhadap konduktifitas. Konduktifitas semakin besar sehingga mempercepat hantaran arus listrik. Temperatur yang tinggi dapat menghasilkan rapat arus yang besar dan memperbesar tegangan batas polarisasi. Temperatur pun dalam elektrodeposisi juga bersifat kritis pada rentang temperatur tertentu yang berkaitan dengan sifat deposit dan agen pereduksi. Temperatur yang terlalu tinggi menyebabkan deposit terbakar dan berwarna hitam serta terjadi kerusakan agen pereduksi sehingga tidak berperan secara maksimal (Purwanto dan Syamsul Huda, 2005: 16).

Berdasarkan parameter-parameter operasional proses elektrodeposisi dengan adanya agen pereduksi mempengaruhi deposit yang dihasilkan. Agar diperoleh deposit dengan kualitas yang bagus maka penggunaan agen pereduksi dan parameter operasional elektrodeposisi harus tepat. Hal ini karena agen pereduksi mempunyai pengaruh yang cukup signifikan terhadap kualitas deposit khususnya deposit Cu dan Ag.

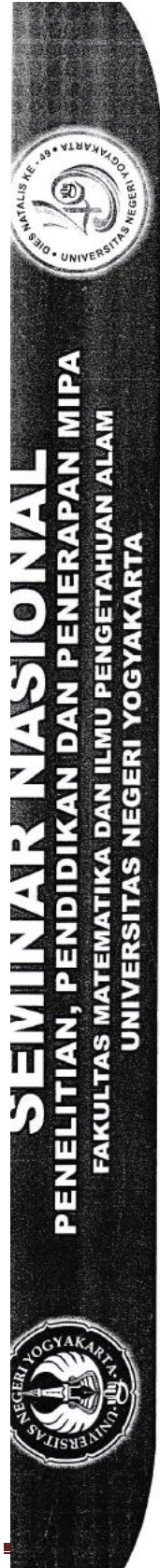
KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian ini maka dapat disimpulkan bahwa agen pereduksi pada proses elektrodeposisi mempengaruhi kualitas deposit Cu dan Ag. dengan adanya agen pereduksi dapat meningkatkan efisiensi elektrodeposisi berupa lapisan deposit yang lebih tebal dan permukaan yang halus serta lebih cemerlang. Penggunaan agen pereduksi bersifat kritis dan harus memperhatikan beberapa parameter operasional elektrodeposisi antara lain konsentrasi agen pereduksi, pH dan temperatur.

DAFTAR PUSTAKA

- Anik, T., Ebn Touhami, M., Himm, K., Schireen, S., Belkhmima, R.A., Abouchane, M., Cisse, M., (2012), Influence of pH Solution on Electroless Copper Plating Using Sodium Hypophosphite as Reducing Agen, *Int. Journal. Electrochem. Sci.*, 7 (2012) 2009-2018
- Cardoso, L., Sebastiao, G., Filho, D, S., (2011), Electrodeposition of Gold from Formaldehyde-Sulfite Bath: Bath Stability and Deposits Characterization, *Quim. Nova, Vol 34, No. 4*, 641-645
- Chou, K., Yu-Chieh Lu, Lee, H, H., (2005), Effect of Alkaline Ion on the Mechanism and Kinetics of Chemical Reduction Silver, *Journal of Materials Chemistry and Physics* 94, 429-433
- Doulakas, L., Novy, K., Stucki, S., Comminellis, Ch., (2000), Recovery of Cu, Pb, Cd and Zn from Synthetic Mixture by Selective Electrodeposition in Chloride Solution, *Electrochimia Acta* 46: 349-356
- Hasegawa, M., (2007), *Fundamental Analysis of Electrochemical Copper Deposition for Fabrication Submicrometer Interconnect*, Thesis, Waseda University, Jepang: 18

- Jun Li, Hayden, H., Kohl, P., (2004), The Influence of 2,2-ipyriyl on non Formaldehyde Elektroless Copper Plating, *Electrochimica Acta* 49: 1789-1795
- Kanani., N, (2004), *Electroplating Basic Principles, Process and Practice*, Oxford: Elsevier Advance Technology : 80,82
- Kashlan. H.M., (2008), Kinetic Study of The Effect of Benzioc Acid Derivatives on Copper Electrodeposition, *American Journal of Applied Sciences* 5(3): 234-241, ISSN 1546-9239
- Purwanto dan Syamsul Huda, (2005). *Teknologi Industri Electroplating*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang : 8-9, 14-17
- Schlisinger, M., dan Paunovic, M., (2000), *Modern Electroplating*, Fourth Edition, Toronto, John Willey and Sons Inc: 37, 131-137



Sertifikat

No : 1923 / UN34.13 / PS / 2013

diberikan kepada :

Siti Marwati, M. Si

atas partisipasi sebagai : **P e m a k a l a h**

dengan judul :

*Pengaruh Agen Pereduksi dalam Proses Elektrodposisi terhadap Kualitas Deposit
Cu dan Ag*

Diselenggarakan dalam rangka Dies Natalis UNY ke-49
pada tanggal 18 Mei 2013 dengan tema

“ MIPA dan Pendidikan MIPA Untuk Kemandirian Bangsa “

Yogyakarta, 18 Mei 2013

Mengetahui
Dekan
FMIPA UNY



Dr. Hartono

NIP. 19620329 198702 1 002

Ketua Panitia



Dr. Hari Sutrisno

NIP. 19670407 199203 1 002

