

OPTIMASI KONDISI ELEKTRODEPOSISI ION Cu^{2+} PADA *ELECTROPLATING* LIMBAH CAIR DENGAN FORMALDEHID SEBAGAI AGEN PEREDUKSI

OPTIMIZATION OF CONDITION ION Cu^{2+} ELECTRODEPOSITION IN ELECTROPLATING LIQUID WASTE WITH FORMALDEHYDE AS REDUCING AGENT

Siti Marwati* dan Regina Tutik Padmaningrum

Jurusan Pendidikan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta

*email: siti_marwati@uny.ac.id

Diterima 2 Desember 2015 disetujui 7 Maret 2016

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi formaldehid, waktu elektrodeposisi dan derajat keasaman larutan optimum pada proses elektrodeposisi ion Cu^{2+} dalam limbah cair elektroplating. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui karakter deposit Cu pada kondisi optimum. Penelitian ini menggunakan sampel limbah cair elektroplating dari Kotagede Yogyakarta. Elektrodeposisi dilakukan dengan variasi konsentrasi formaldehid sebagai agen pereduksi, waktu elektrodeposisi dan derajat keasaman larutan. Kondisi optimum dilihat dari efisiensi elektrodeposisi yang maksimal. Efisiensi elektrodeposisi dapat diperoleh dari analisis larutan setelah elektrodeposisi dengan menggunakan Atomic Absorption Spectrophotometry. Hasil analisis ini diperoleh konsentrasi Cu^{2+} sisa. Karakter deposit dapat dilihat secara visual dan dengan menggunakan X-ray Diffraction. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi formaldehid optimum adalah 0,3 M, waktu optimum adalah 4 jam, dan derajat keasaman larutan optimum sebesar 9. Karakter deposit yang dihasilkan adalah terdapat deposit logam Cu dengan tampilan yang lebih halus jika dibandingkan dengan deposit yang diperoleh dari elektrodeposisi tanpa menggunakan formaldehid sebagai agen pereduksi

Kata kunci: elektrodeposisi, formaldehid, agen pereduksi

Abstract

The aims of this research to determine of the optimum of formaldehyde concentration, the optimum of electrodeposition time and the optimum pH of solution. In addition, this research also aims to determine the character Cu deposit at optimum operational. The sample in this research was used real electroplating liquid waste from Kotagede Yogyakarta. done at various formaldehyde concentration Electrodeposition was done at various formaldehyde concentration, electrodeposition time and various of pH. The optimum conditions could be seen the maximum efficiency. It could be obtained by measuring the final concentration of Cu^{2+} after electrodeposition process by Atomic absorption spectrophotometry. The character of deposit could be seen by visual and X-ray Diffraction. The result of this research showed that the optimum of formaldehyde concentration as reducing agent was 0.3 M. the optimum time was 4 hours and the optimum of pH 9. The character of deposit was contained Cu deposit and more subtle than deposit which electrodeposited without formaldehyde.

Keywords: electrodeposition, formaldehyde, reducing agent

Pendahuluan

Kegiatan industri sering kali menimbulkan permasalahan lingkungan seperti pencemaran logam berat. Salah satunya adalah pencemaran logam berat Cu(II) yang merupakan salah satu logam berat yang dapat menimbulkan efek

berbahaya bila melewati ambang batas yang diizinkan. Permasalahan tersebut harus ditangani dengan baik dan benar agar tidak terjadi pencemaran lingkungan oleh limbah yang dihasilkan oleh industri tersebut. Melihat permasalahan tersebut

perlu dikembangkan suatu metode untuk memperoleh kembali logam Cu sehingga diharapkan bahaya limbah tersebut dapat diperkecil. Pemisahan logam dari limbah cair dapat dilakukan dengan beberapa metode, salah satu metode yang dapat diterapkan adalah elektrodeposisi. Recovery logam Cu dapat dilakukan dengan proses elektrodeposisi. Di dalam proses elektrodeposisi larutan elektrolit berperan penting.

Beberapa parameter yang mempengaruhi keberhasilan proses elektrodeposisi khususnya ion Cu^{2+} adalah pH, suhu larutan, waktu deposisi, 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 terdeposit. Beda potensial yang digunakan akan mempengaruhi pergerakan elektron [1]. pH dan adanya agen pereduksi mempengaruhi kualitas deposit [2].

Bahan aditif biasanya ditambahkan untuk tujuan tertentu, sebagai contoh untuk meningkatkan stabilitas larutan elektrolit atau meningkatkan mutu dan sifat logam yang terdeposit khususnya untuk meningkatkan 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 [3]. 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 Cu ($E = + 0,34$ Volt) sehingga dapat digunakan sebagai agen pereduksi [4].

Berdasarkan uraian tersebut maka penelitian tentang optimasi kondisi elektrodeposisi ion Cu^{2+} dalam limbah cair elektroplating dengan formaldehid sebagai agen pereduksinya perlu dilakukan. Parameter yang dioptimasi dalam penelitian ini adalah konsentrasi formaldehid sebagai agen pereduksi, waktu elektrodeposisi dan derajat keasaman larutan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang kondisi elektrodeposisi ion Cu^{2+} khususnya penambahan formaldehid, pH dan waktu yang optimum sehingga diperoleh deposit Cu yang berkualitas dan dapat dimanfaatkan kembali.

Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif eksploratif yang bertujuan untuk mengetahui konsentrasi formaldehid optimum sebagai agen pereduksi, waktu elektrodeposisi dan pH optimum pada proses elektrodeposisi ion Cu^{2+} dalam limbah cair elektroplating. Tujuan lain dalam penelitian ini adalah mengetahui karakter deposit pada potensial dan konsentrasi formaldehid optimum.

Subjek penelitian ini adalah limbah cair elektroplating dengan ditambah formaldehid sebagai agen pereduksi. Objek penelitian ini adalah kualitas deposit dari segi kecerahan dan tampilan secara visual, efisiensi elektrodeposisi ion logam Cu^{2+} yang dielektrodeposisi limbah cair elektroplating dengan berbagai variasi konsentrasi formaldehid sebagai agen pereduksi, Waktu elektrodeposisi dan pH. Selain itu objek penelitian yang lain adalah karakter deposit Cu hasil elektrodeposisi pada kondisi optimum.

Variabel dalam penelitian ini meliputi variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah konsentrasi formaldehid, waktu elektrodeposisi dan pH sedangkan variabel terikat dalam penelitian ini adalah kualitas deposit dan efisiensi deposit Cu. Sampel limbah cair elektroplating diambil di sentra kerajinan perak Kotagede. Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia Analisis Jurusan Pendidikan Kimia UNY.

Bahan yang diperlukan: Limbah cair elektroplating, Larutan standar Cu(II) 1000 ppm, Formaldehid 37 %, Aseton, H_2SO_4 pekat, HNO_3 pekat, Aquades. Alat yang diperlukan: Peralatan gelas, Elektroda platina, Kertas saring, Neraca Analitik, Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS), XRD, Rangkaian alat adaptor sebagai sumber arus listrik, botol-botol sampel.

Data penelitian meliputi efisiensi deposit dan konsentrasi ion Cu^{2+} sisa yang tidak terendapkan. Data tersebut diperoleh melalui percobaan di laboratorium mengikuti prosedur berikut:

1. Persiapan elektroda. 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 akuades. Setelah itu, elektroda platina dicuci dengan aseton kemudian dikeringkan. Plat platina ditimbang sebagai berat elektroda awal.
2. Optimasi konsentrasi formaldehid sebagai agen pereduksi. Sampel limbah cair sebanyak 25 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 sumber arus. 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 3 Volt. Setelah dilakukan elektrodeposisi, dilakukan pengeringan dan dilanjutkan dengan penimbangan elektroda katoda. Setelah itu dilakukan pengamatan kualitas deposit secara visual dari segi kecemerlangan dan tampilan. Untuk mengetahui ion Cu^{2+} yang masih tersisa dalam limbah cair elektroplating dilakukan analisis konsentrasi ion Cu^{2+} dengan menggunakan AAS. Setelah diperoleh konsentrasi Cu^{2+} sisa kemudian dilakukan perhitungan efisiensi elektrodeposisi.
- Proses elektrodeposisi dilakukan dengan cara yang sama dan konsentrasi larutan formaldehid divariasikan yaitu 0,4; 0,3; 0,2; 0,1 M dan tanpa penambahan formaldehid. Dengan cara yang sama diperoleh data efisiensi elektrodeposisi ion Cu^{2+} pada berbagai variasi konsentrasi formaldehid. Konsentrasi formaldehid optimum diperoleh dari konsentrasi formaldehid yang menghasilkan kualitas deposit yang maksimal dari segi kecemerlangan dan tampilan secara visual.
 - Optimasi waktu elektrodeposisi. Proses elektrodeposisi pada berbagai variasi waktu dilakukan dengan cara yang sama pada proses elektrodeposisi ion Cu^{2+} pada berbagai variasi konsentrasi formaldehid. Pada prosedur ini, variasi waktu yang digunakan adalah 1, 2, 3, dan 4 jam. Penambahan formaldehid pada proses ini dilakukan pada konsentrasi formaldehid optimum. Langkah selanjutnya seperti pada prosedur penentuan efisiensi elektrodeposisi ion Cu^{2+} pada berbagai konsentrasi formaldehid. Pada prosedur ini akan diperoleh data berupa efisiensi elektrodeposisi ion Cu^{2+} pada berbagai variasi potensial dan kualitas deposit dari segi kecemerlangan dan tampilan secara visual. Waktu optimum diperoleh dari waktu elektrodeposisi yang menghasilkan kualitas deposit maksimal.
 - Optimasi derajat keasaman larutan. Proses elektrodeposisi pada berbagai variasi derajat keasaman larutan dilakukan dengan cara yang

sama pada proses optimasi konsentrasi formaldehid dan waktu elektrodeposisi. Pada prosedur ini, variasi derajat keasaman larutan menggunakan variasi derajat keasaman asam, netral dan basa. Pada prosedur ini akan diperoleh data berupa efisiensi elektrodeposisi ion Cu^{2+} pada berbagai variasi pH dan kualitas deposit dari segi kecemerlangan dan tampilan secara visual. pH optimum diperoleh dari elektrodeposisi yang dilakukan pada pH tertentu yang menghasilkan efisiensi elektrodeposisi dan kualitas deposit maksimal.

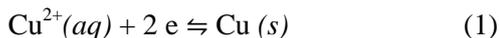
- Karakterisasi deposit Cu pada Katoda dengan XRD. Karakterisasi deposit Cu dengan XRD dilakukan untuk mengetahui adanya deposit Cu. Sampel yang dianalisis adalah deposit yang diperoleh dari hasil elektrodeposisi pada kondisi optimum serta deposit dari elektrodeposisi ion Cu^{2+} tanpa penambahan formaldehid.

Hasil dan Pembahasan

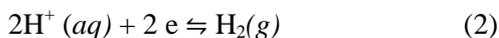
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi optimum pada elektrodeposisi ion Cu^{2+} dalam limbah cair elektroplating dengan formaldehid sebagai agen pereduksi. Kondisi optimum yang dioptimasi dalam penelitian ini adalah konsentrasi formaldehid sebagai agen pereduksi, waktu, dan derajat keasaman. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair elektroplating dari sentra industri kerajinan perak di daerah Kotagede Yogyakarta. Sampel tersebut merupakan limbah dari proses pencucian benda-benda hasil dari proses elektroplating. Limbah tersebut memiliki ciri fisik berwujud cair, berwarna biru jernih, dan berbau menyengat. Berdasarkan hasil analisis dengan AAS kadar logam Cu dalam limbah cair elektroplating sebesar 5384,219 ppm.

Optimasi konsentrasi formaldehid dilakukan pada potensial 3 volt selama 1 jam dengan konsentrasi 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5 M serta dilakukan pula elektrodeposisi tanpa penambahan agen pereduksi Formaldehid. Adapun formaldehid yang digunakan adalah formaldehid 37% sehingga perlu dilakukan pengenceran pada konsentrasi 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5 M secara berturut-turut ditambahkan formaldehid sebanyak 2,8; 5,6; 8,4; 11,2; dan 14 ml.

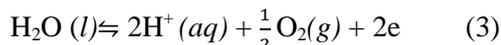
Jika ditinjau dari reaksi yang terjadi pada proses elektrodeposisi dalam penelitian ini dibatasi hanya pada peninjauan ion Cu^{2+} :



Ion Cu^{2+} tereduksi menjadi Cu dan terdepositasi pada katoda. Ion H^+ dari larutan asam mengalami reduksi membentuk gas H_2 dengan reaksi:



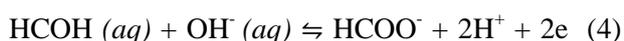
Spesies yang bertindak sebagai anoda adalah nikel yang bersifat tidak inert sehingga terjadi reaksi :



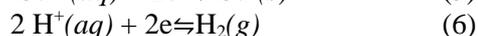
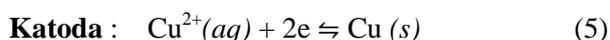
Adanya reaksi oksidasi pada anoda dapat terlihat oleh adanya gas berupa gelembung-gelembung yang muncul pada permukaan anoda.

Karena sampel yang digunakan merupakan limbah cair elektroplating yang mengandung berbagai macam logam maka dimungkinkan tidak hanya ion Cu^{2+} yang terdepositasi. Adanya reaksi oksidasi permukaan anoda menjadi keros karena elektroda Ni tidak Inert dan mengakibatkan logam-logam lain dari alloy terdepositkan di katoda, dan warna larutan berubah dari warna biru menjadi hijau yang disebabkan adanya logam Ni pada elektroda yang digunakan. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh reaksi oksidasi di anoda yang dimungkinkan terjadi pembebasan gas klorin dan gas oksigen pada anoda yang menyebabkan anoda menjadi keros [5].

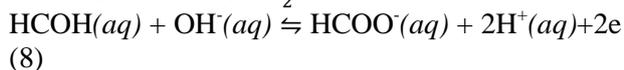
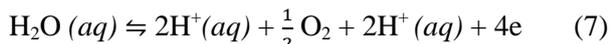
Jika ditinjau dari peranan formaldehida sebagai agen pereduksi maka formaldehida ini mengalami oksidasi dengan reaksi sebagai berikut:



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



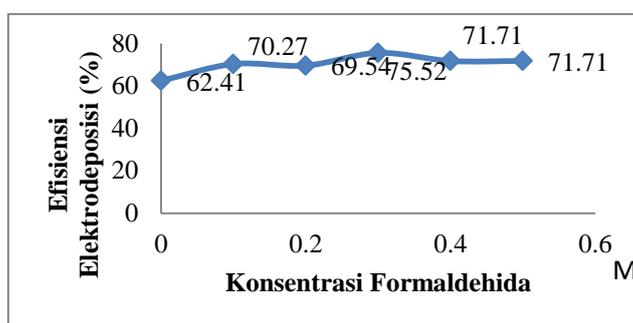
Anoda:



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. Hal tersebut juga dapat

mempengaruhi berat deposit tidak stabil karena dimungkinkan terjadinya persaingan ion dalam larutan dan terlarutnya kembali deposit logam selama proses elektrodeposisi berlangsung.

Berdasarkan data konsentrasi ion Cu^{2+} setelah proses elektrodeposisi kemudian dapat diketahui besar konsentrasi ion Cu^{2+} yang terdepositasi di katoda sehingga hasil elektrodeposisi optimal dapat diketahui melalui nilai efisiensi elektrodeposisi yang paling besar. Konsentrasi formaldehida optimal pada elektrodeposisi ion Cu^{2+} dapat dilihat pada gambar 1 yaitu kurva hubungan antara konsentrasi formaldehida terhadap efisiensi elektrodeposisi ion Cu^{2+} .



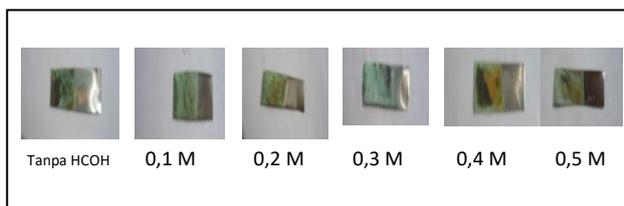
Gambar 1. Kurva Konsentrasi Formaldehid Vs Efisiensi Elektrodeposisi Gambar 1. Kurva Konsentrasi Formaldehid Vs Efisiensi Elektrodeposisi

Berdasarkan Gambar 1 tersebut terlihat bahwa konsentrasi formaldehida optimal adalah 0,3 M yang menghasilkan efisiensi elektrodeposisi maksimal yaitu 75,52%. Jika dibandingkan dengan efisiensi elektrodeposisi tanpa penambahan formaldehida yaitu 62,41%, menunjukkan bahwa adanya formaldehid sebagai agen pereduksi dapat meningkatkan efisiensi elektrodeposisi sampai pada konsentrasi optimum. Hal ini terjadi karena penambahan konsentrasi agen pereduksi formaldehida pada titik kritis dapat mempengaruhi kecepatan deposisi logam sehingga diperoleh efisiensi elektrodeposisi maksimal.

Cesiulis, *et al.* [6] mengatakan bahwa komposisi dari sistem elektrodeposisi akan mempengaruhi tekstur dari deposit Cu yang dihasilkan. Oleh karena itu seperti yang dikatakan oleh Purwanto dan Syamsul Huda[3], bahwa penambahan agen pereduksi bersifat kritis pada kondisi penambahan konsentrasi tertentu. Penambahan zat aditif akan efektif bila berada dalam rentang konsentrasi yang ditetapkan.

Penambahan aditif dengan konsentrasi yang kurang tepat maka akan menimbulkan masalah

terhadap proses pendeposisian atau sifat deposit yang dihasilkan. Hal ini juga didukung dengan data pengamatan secara visual deposit Cu pada katoda. Penentuan konsentrasi formaldehida optimal elektrodeposisi ion Cu^{2+} dapat dilihat pada Gambar 2.



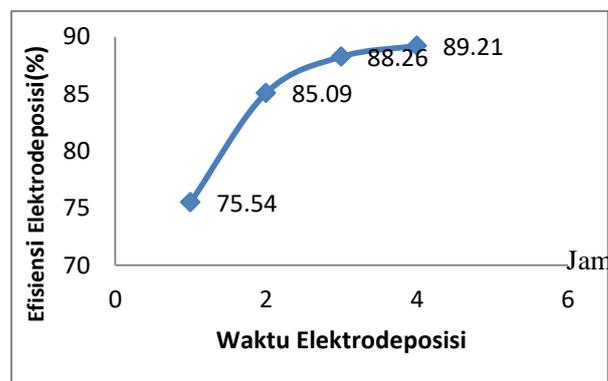
Gambar 2. Data Pengamatan Visual Deposit pada optimasi Konsentrasi Formaldehid sebagai Agen Pereduksi

Gambar 2 menunjukkan bahwa elektrodeposisi dengan berbagai variasi konsentrasi formaldehida mempengaruhi tampilan deposit Cu yang dihasilkan. Untuk elektrodeposisi tanpa penambahan formaldehida menunjukkan permukaan deposit yang berwarna hijau dan cokelat kehitaman, lapisan permukaannya tipis dan tidak merata. Warna deposit yang cenderung cokelat kehitaman menunjukkan bahwa terdapat logam Cu yang menempel pada katoda. Hasilnya akan berbeda jika dibandingkan dengan penambahan formaldehida, dimana mempunyai lapisan permukaan berwarna hijau kecokelatan dan warna lapisannya mengkilat serta merata, warna deposit yang dihasilkan berwarna hijau. Hal ini dimungkinkan bahwa potensial yang digunakan terlalu tinggi sehingga pengendapan Cu semakin cepat tetapi adanya logam lain seperti Ni yang ikut mengendap pada katoda. Logam Ni dapat berasal dari elektroda Ni yang digunakan, bereaksi dengan larutan elektrolit yang mengandung air sehingga logam Ni yang terbentuk adalah $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ yang berwarna hijau.

Optimasi waktu elektrodeposisi ion Cu^{2+} dilakukan dengan cara kerja yang hampir sama dengan proses elektrodeposisi untuk penentuan konsentrasi formaldehida optimum. Konsentrasi agen pereduksi yang digunakan adalah formaldehida 0,3 M dengan potensial 3 Volt dan variasi waktu elektrodeposisi yang digunakan 1; 2; 3; dan 4 jam.

Optimasi waktu elektrodeposisi dilakukan dengan penentuan efisiensi elektrodeposisi ion Cu^{2+} untuk masing-masing variasi waktu elektrodeposisi. Untuk mendapatkan waktu

optimum maka dibuat kurva waktu vs efisiensi elektrodeposisi yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kurva Waktu Elektrodeposisi vs Efisiensi Elektrodeposisi

Gambar 3 menunjukkan bahwa proses elektrodeposisi ion Cu^{2+} dengan agen pereduksi formaldehida 0,3 M diperoleh hasil semakin lama waktu elektrodeposisi yang digunakan maka efisiensi elektrodeposisi ion Cu^{2+} semakin besar. Hal ini terjadi karena semakin lama waktu semakin banyak jumlah deposit yang diperoleh. Semakin lama waktu elektrodeposisi ion-ion di dalam larutan dan pada titik tertentu akan terjadi kesetimbangan ketika ion Cu^{2+} maka akan terjadi ion Cu^{2+} yang terdepositasi maksimal. Waktu optimal diperoleh pada waktu 4 jam dengan efisiensi elektrodeposisi 89,21%.

Hukum Faraday 1 menyatakan bahwa berat deposit logam sebanding dengan kuat arus dan waktu elektrodeposisi. Dalam hal ini deposit yang dihasilkan semakin meningkat dengan semakin lamanya waktu elektrodeposisi, akan tetapi menghasilkan berat deposit logam yang berbeda-beda, perbedaan ini terjadi karena pelepasan ion-ion logam lain pada katoda dan perbedaan tersebut mengakibatkan terjadinya reaksi redoks spontan yang menyebabkan lepasnya sebagian ion-ion logam yang memiliki potensial reduksi standar lebih rendah [7].

Hasil deposit dalam proses ini semakin lama waktu, maka deposit yang dihasilkan juga semakin banyak, akan tetapi tidak semua terendapkan pada katoda, melainkan ada yang terendapkan tetapi tidak menempel pada katoda hal ini disebabkan karena lamanya waktu yang mengakibatkan deposit pada katoda tidak menempel secara sempurna. Hasil pengamatan visual deposit pada optimasi waktu elektrodeposisi dapat dilihat pada Gambar 4.



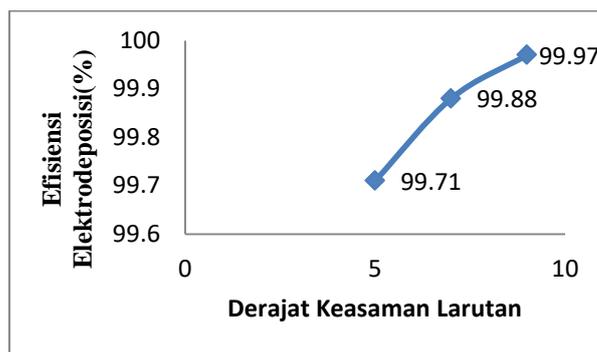
Gambar 4. Hasil pengamatan visual pada optimasi waktu elektrodeposisi

Gambar 4 menunjukkan bahwa elektrodeposisi dengan penambahan formaldehida 0,3 M pada berbagai variasi waktu elektrodeposisi menghasilkan tampilan deposit Cu yang berbeda-beda sehingga terdapat perbedaan antara deposit pada waktu 1 jam, 2 jam, 3 jam dan 4 jam. Jika ditinjau dari ketebalannya maka deposit yang dihasilkan paling tebal dan keras terdapat pada variasi waktu 4 jam. Akan tetapi warna deposit yang dihasilkan berwarna kuning kehijauan, tidak mengkilat dan merata, karena waktu yang relatif lama sehingga diperoleh endapan yang merata dan tebal. Adanya variasi waktu elektrodeposisi dapat mempengaruhi kualitas dan kuantitas deposit Cu yang dihasilkan dari proses elektrodeposisi. Semakin lama waktu elektrodeposisi maka kualitas deposit akan semakin baik, dan efisiensi elektrodeposisi juga semakin besar. Berdasarkan variasi waktu yang dilakukan maka diperoleh waktu optimal yaitu 4 jam dengan nilai % efisiensi elektrodeposisi 89,88 %.

Optimasi derajat keasaman larutan sampel pada elektrodeposisi ion Cu^{2+} dilakukan menggunakan proses elektrodeposisi pada berbagai variasi derajat keasaman larutan sampel tersebut, variasi derajat keasaman larutan yang digunakan dalam penelitian ini adalah asam, netral dan basa. Larutan sampel limbah cair elektroplating dengan penambahan 2 ml H_2SO_4 0,1 M; 1 ml HNO_3 4 M dan 8,4 ml formaldehida 0,3 M, dengan derajat keasaman awal larutan tersebut adalah 2,6.

Variasi derajat keasaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah derajat keasaman 5; 7 dan 9. Pengaturan derajat keasaman tersebut dengan menambahkan larutan NaOH 2 M, dan pengukurannya menggunakan alat pH meter. Proses elektrodeposisi ini dilakukan dengan menggunakan waktu optimum yaitu 4 jam.

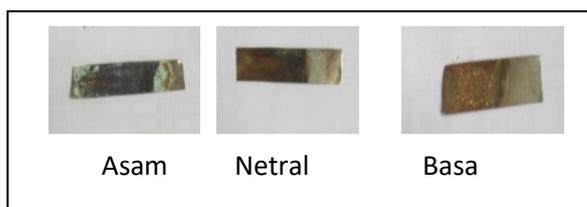
Optimasi derajat elektrodeposisi dilakukan dengan menentukan efisiensi elektrodeposisi untuk masing-masing variasi derajat keasaman. Hubungan derajat keasaman vs efisiensi elektrodeposisi dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Kurva derajat keasaman vs efisiensi elektrodeposisi

Gambar 5 menunjukkan bahwa semakin tinggi derajat keasaman larutan elektrodeposisi maka elektrodeposisi akan semakin besar. Efisiensi paling tinggi pada derajat keasaman larutan basa. Dalam derajat keasaman basa larutan menjadi lebih stabil dan proses elektrodeposisi semakin cepat dan kemungkinan mendapatkan deposit Cu yang lebih baik.

Jika dilihat dari berat deposit yang dihasilkan tidak stabil karena terdapat banyak ion yang terdapat pada sampel limbah cair sehingga dimungkinkan terjadi persaingan antar ion yang terdeposit pada katoda ketika proses elektrodeposisi berlangsung karena pada keadaan derajat keasaman yang tinggi dimungkinkan terjadi pelarutan kembali deposit Cu yang terbentuk karena adanya penambahan NaOH 2 M. Hasil pengamatan secara visual pada optimasi derajat keasaman dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil pengamatan visual pada optimasi derajat keasaman larutan

Gambar 6 menunjukkan bahwa semakin besarnya derajat keasaman larutan elektrodeposisi maka kualitas deposit Cu yang dihasilkan akan semakin baik. Hal ini sesuai yang dikatakan oleh Cardoso, *et al.* [8], bahwa semakin tinggi derajat keasaman larutan maka kestabilan dari larutan pada proses elektrodeposisi juga semakin tinggi jadi kemungkinan menghasilkan deposit Cu yang baik. Selain larutan lebih stabil kenaikan derajat

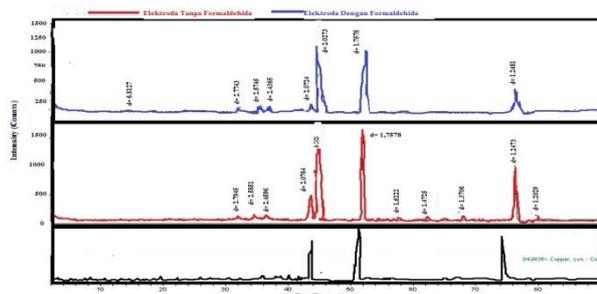
keasaman yang lebih tinggi menurut Blackley [9] juga akan mempengaruhi kecepatan elektrodeposisi yang lebih tinggi dan pada derajat keasaman tertentu akan kembali menurun setelah melewati derajat keasaman optimal.

Karakterisasi deposit Cu hasil elektrodeposisi dengan XRD bertujuan untuk mengetahui perbedaan penambahan formaldehida terhadap mikrostruktur deposit Cu dan adanya logam Cu dalam deposit. Karakterisasi dilakukan terhadap deposit Cu hasil elektrodeposisi pada konsentrasi, waktu dan derajat keasaman optimal dengan penambahan formaldehida dan deposit Cu pada, waktu dan derajat keasaman optimal tanpa penambahan formaldehida. Karakterisasi dilakukan dengan membandingkan hasil kedua difraktogram yang diperoleh. Deposit Cu hasil elektrodeposisi dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Penampilan Lapisan Katoda Hasil Elektrodeposisi Tanpa Penambahan Formaldehida (a) dan Lapisan Katoda Hasil Elektrodeposisi dengan Penambahan Formaldehida (b)

Hasil karakterisasi deposit Cu dengan XRD dapat dilihat pada Gambar 7. Data intensitas relatif difraktogram pada masing-masing 2θ deposit Cu hasil elektrodeposisi tanpa penambahan formaldehida dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Difraktogram Deposit Hasil Elektrodeposisi tanpa Penambahan Formaldehida dan dengan Penambahan Formaldehida

Berdasarkan difraktogram Gambar 8, maka dapat diketahui bahwa pada penambahan agen pereduksi formaldehida memberikan pengaruh terhadap mikrostruktur deposit Cu hasil elektrodeposisi. Hal ini ditunjukkan oleh pola difraktogram dimana intensitas difraksi deposit Cu

pada masing-masing bidang kisi dengan penambahan agen pereduksi formaldehida relatif lebih besar dibandingkan dengan intensitas difraksi deposit Cu tanpa penambahan agen pereduksi formaldehida. Difraktogram tanpa penambahan agen pereduksi formaldehida memiliki struktur kubik pusat muka (FCC) dengan parameter kisi sebesar 3,510 Å menunjukkan bidang kisi (111), (200), dan (220) pada posisi 2θ berturut-turut 43,55° ; 51,98° ; dan 76,279°. Intensitas masing-masing puncaknya adalah 403, 1599, 989. Difraktogram Cu dengan penambahan formaldehida menunjukkan parameter kisi sebesar 3,536 Å menunjukkan bidang kisi (111), (200), dan (220) pada posisi 2θ berturut-turut 44,66° dan 43,64° ; 51,98° ; 76,22°. Intensitas masing-masing puncaknya adalah 1304, 1161, 381. Intensitas spektra XRD memberikan informasi tentang susunan atom-atom disetiap bidang kisi [10]. Ketinggian intensitas menunjukkan keteraturan dan ketebalan Cu yang telah dideposisikan [1]. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa deposit Cu dengan penambahan formaldehida lebih teratur dan lebih tebal daripada deposit Cu tanpa penambahan formaldehida. Data intensitas relatif difraktogram dari deposit hasil elektrodeposisi tanpa penambahan formaldehida dan dengan penambahn dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data intensitas relatif difraktogram deposit hasil elektrodeposisi tanpa penambahan dan dengan penambahan formaldehid

Bidan g (hkl)	Deposit Hasil Elektrodeposisi tanpa Formaldehida		Deposit Hasil Elektrodeposisi dengan formaldehida pH larutan 9	
	2θ (°)	Intensitas (%)	2θ (°)	Intensitas (%)
(111)	43,55	25,2	44,66	100
(200)	51,98	100	43,64	4,1
(220)	76,279	61,9	76,22	40,4

Tabel 1 menunjukkan bahwa deposit hasil elektrodeposisi tanpa formaldehida yaitu (111), (200), dan (220) dengan intensitas 25,2 %; 100 %; dan 61,9%. Sedangkan untuk deposit hasil elektrodeposisi dengan formaldehida yaitu (111), (200), dan (220) secara berturut-turut dengan intensitas 100 %, dan 4,1 %, 89,6 %, dan 40,4 %. Intensitas tertinggi terdapat pada bidang (200)

untuk deposit tanpa penambahan formaldehida, dan pada bidang (111) untuk deposit dengan penambahan formaldehida, dengan intensitas 100 %, ternyata terdapat kandungan Ni sekitar 38-46 % pada lapisan pelat yang digunakan sebagai elektroda. Hal ini karena elektroda nikel yang digunakan adalah plat nikel alloy, produk Sandmeyer Steel Company.

Parameter kisi adalah suatu ukuran dari jarak antar atom, semakin kecil nilai parameter kisi maka jarak antar atom dalam kristal maka akan semakin dekat. Berdasarkan perhitungan nilai parameter kisi dapat diketahui bahwa adanya formaldehida mempunyai nilai lebih besar dari nilai parameter kisi untuk deposit tanpa penambahan formaldehida akan tetapi nilai parameter kisi ini masih lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai kekisian logam Cu.

Selain adanya perbedaan parameter kisi terdapat pula perbedaan nilai intensitas pada difraktogram deposit hasil elektrodeposisi tersebut. Seperti yang telah disebutkan di atas bahwa nilai parameter kisi untuk deposit tanpa penambahan formaldehida lebih besar dari nilai parameter kisi tanpa penambahan formaldehida, selain itu intensitas Cu pada penambahan formaldehida lebih maksimal dan terdapat puncak yang lebih runcing. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa logam Cu terdepositasi dengan baik dan memiliki jarak antara atom yang lebih kecil sehingga tingkat kekristalannya tinggi serta dengan adanya penambahan agen pereduksi dapat memberikan pengaruh hasil kristal yang lebih halus dan tekstur deposit lebih rata dibandingkan dengan tanpa penambahan formaldehida yang depositnya tidak menempel sempurna.

Besarnya nilai parameter kisi yang diperoleh dapat mempengaruhi jarak antar atom pada deposit. Adapun data d (jarak antar bidang) yang didapatkan dari difraktogram tembaga hasil analisis kemudian dibandingkan dengan data d standar dari JCPDS (*Joint Committee on Powder Standards*) untuk mengetahui bentuk senyawa dari deposit Cu [11]. Hal ini dapat dilihat perbandingan harga d deposit tembaga hasil proses elektrodeposisi dengan standar dalam JCPDS pada Tabel 2.

Berdasarkan tabel 2 tersebut maka difraktogram tanpa penambahan formaldehida dan dengan penambahan formaldehida, maka logam Cu yang diperoleh pada difraktogram tersebut tidak hanya logam Cu, melainkan ada logam lain seperti Ni yang ikut terdepositasi dalam difraktogram tersebut.

Tabel 2. Data “ d ” Difraktogram Cu Standar JCPDS, tanpa dan dengan penambahan formaldehida

Standar JCPDS	Difraktogram Cu tanpa Penambahan Formaldehida	Difraktogram Cu dengan Penambahan Formaldehida
2,09	2,0764	2,0724
1,81	1,7578	1,7578
1,28	1,2473	1,2481

Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa konsentrasi formaldehida optimal pada 0,3 M dengan efisiensi elektrodeposisi 75,52 %, waktu elektrodeposisi optimal adalah 4 jam dengan efisiensi elektrodeposisi 89,21 %, derajat keasaman larutan optimal adalah 9 dengan efisiensi elektrodeposisi 99,97 %. Karakterisasi deposit diperoleh bahwa deposit hasil elektrodeposisi terdapat deposit logam Cu dengan tampilan yang lebih halus jika dibandingkan dengan deposit yang diperoleh dari elektrodeposisi tanpa menggunakan formaldehid sebagai agen pereduksi.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan dana dan fasilitas laboratorium untuk pelaksanaan penelitian ini serta mahasiswa-mahasiswa yang tergabung dalam penelitian payung ini.

Pustaka

- [1] K. Lulu (2000) Laporan Penelitian, SMK NU Pacitan, Indonesia.
- [2] T. Anik, E. M. Touhami, K. Himm, S. Schireen, R. A. Belkhmima, M. Abouchane, M. Cisse, (2012) *Int. Journal. Electrochem. Sci*, 7 2009-2018
- [3] Purwanto, H. Syamsul (2004) *Teknologi Industri Electroplating*, Badan Penerbit UNDIP, Semarang, p. 6-9, 71
- [4] N. Kanani (2009) *Electroplating Basic Principles, Process and Practice*, Oxford: Elsevier Advance Technology, p.136
- [5] K. Yogi (2013) Skripsi, Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY, Indonesia

- [6] H. Cesiulis, O. Berserova, A. Valiuniene, I. Prosycevas, G. Baltrunas (2004) *Material Science* (Medziagotyra), 10(2):142-146
- [7] M. Siti, T. P. Regina, Marfuatun (2007) Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY, Laporan Penelitian
- [8] J. L. Cardoso, G. Sbastio, S. Filho (2011) *Quim. Nova*, 34(4):641-645
- [9] D. C. Blackley (2001) *Polimer Latices: Science and Technology*, Volume 3, London : Maclaren, p. 178
- [10] C. Whiston (1987) *X-Ray Methods Analytical Chemistry by Open Learning*, London: John Willey and Sons Inc, p.82
- [11] A. Goel (2006) *Crystallography*. New Delhi: Discovery Publishing House, p. 80.