

ELEKTROLISIS LOGAM PERAK DARI LIMBAH PENCUCIAN FILM FOTOGRAFI

I Made Sutha Negara¹, I Nengah Simpen¹, dan Ida Bagus Made Suryatika²

¹*Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran*

²*Jurusan Físika, Fakultas MIPA, Universitas Udayana, Bukit Jimbaran*

*E-mail : sutha_egar@yahoo.co.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kondisi optimum pemisahan logam perak dari limbah film fotografi secara elektrolisis. Elektrolisis limbah film fotografi dilakukan dengan perlakuan 4 variasi bentuk (geometri) katoda pada luasan yang sama dan 5 variasi jarak elektroda pada tegangan dan arus konstan. Pada awal dan akhir setiap elektrolisis, parameter yang diukur adalah massa katoda secara gravimetri dan kandungan perak dalam limbah diukur dengan spektrofotometer serapan atom. Hasil penelitian diperoleh bahwa pada optimasi bentuk elektroda, bentuk lempeng/plat memberikan penurunan konsentrasi yang paling tinggi (79,56% atau 0,3324 g) dibandingkan dengan katoda berbentuk silinder, balok dan prisma segi enam. Bentuk lempeng/plat dipilih sebagai elektroda dalam penentuan pengaruh variasi jarak terhadap persentase penurunan konsentrasi perak, massa perak yang menempel di katoda dan massa endapannya. Hasil variasi jarak elektroda pada katoda lempeng/plat, terbaik menunjukkan pada jarak 2 cm dengan pemisahan paling tinggi yaitu 79,99%. Perak yang dapat dipisahkan tidak seluruhnya menempel pada katoda setelah elektrolisis, melainkan perak dominan mengendap.

Kata kunci : elektrolisis, perak, fotografi, elektroda

ABSTRACT

The aim of this research was to determine optimum condition of separation silver from waste water of photography film with electrolysis. The electrolysis was done at 4 different cathode geometries with the same area and 5 different electrode distances on voltage and current constant. On initial and final electrolysis, the parameters measured were mass electrode by gravimetry and silver content by atomic absorption spectrophotometry. The result of the research showed that on optimization of electrode geometry, gauze cathode has given the highest decreasing concentration (79.56% or 0.3324 g) compared to cylinder, block and 6 sides prism. The gauze cathode was chosen in the determination of the effect of distance on the decrease of silver concentrations, the silver plating mass on the cathode, and the precipitated mass. The result showed that 2 cm distance gave the highest decrease (79.99%), which mean that silver can be separated from the waste by electrolysis, resulting in precipitation of the silver.

Keywords : electrolysis, silver, photography, electrode

PENDAHULUAN

Pengelolaan limbah khususnya limbah rumah sakit merupakan bagian dari upaya penyehatan lingkungan, guna melindungi masyarakat dari bahaya pencemaran lingkungan.

Limbah tersebut dapat berasal dari bagian radiologi, yang berupa limbah cair pencucian film fotografi (foto *Rongent*) atau sering disebut *fixer* bekas. Limbah *fixer* tersebut mengandung dominan logam perak (2000-4000 ppm), yang bila dibuang ke lingkungan dapat mencemari perairan atau air

tanah dan dapat terkonsumsi atau terakumulasi ke dalam tubuh manusia, sehingga membahayakan kesehatan (Davis, 2001). Perak dalam limbah *fixer*, bila dibuang tanpa diolah terlebih dahulu dan terpapar atau terkonsumsi manusia merupakan zat yang berbahaya, sehingga harus dapat diperoleh kembali (*recovery*) secara optimal baik dari segi ekonomi maupun alasan lingkungan (Anonim, 2002). Perak dapat menyebabkan “argyria”, yaitu suatu pelunturan warna kulit dan mata (Wicaksono, 1995). Disisi lain, perak (Ag) merupakan logam yang bernilai ekonomi yang telah lama digunakan dalam fotografi karena sifat fotosensitifnya (kepekaannya terhadap sinar ultraviolet) (El-Sattar *et al.*, 2004). Selain itu, perak tergolong logam mulia sehingga berharga mahal dengan pemanfaatannya yang cukup luas, sebagai bahan baku perhiasan (Anonim, 2002), sebagai nanomaterial anti bakteri (Theivasanthi and Alagar, 2012). Oleh karena itu, pemisahan atau mendapatkan kembali logam perak dari limbah *fixer* sangat berguna bila dapat dilakukan, yakni bermanfaat dari sisi kesehatan karena lingkungan menjadi tidak tercemar dan juga bermanfaat untuk tujuan komersial karena perak yang terbuang dalam limbah dapat dipisahkan untuk dimanfaatkan kembali.

Air minum dengan konsentrasi perak 0,4-1mg/L (ppm) dapat menyebabkan gangguan fungsi ginjal, hati, dan limpa (Wicaksono, 1995). Perak dapat diabsorpsi oleh paru-paru dan saluran pencernaan sehingga menyebabkan iritasi. Namun, kandungan perak dari *fixer* bekas dapat bernilai ekonomi, bila kandungan perak tersebut dapat dipisahkan dari limbah cairnya. Kandungan perak dalam larutan *fixer* dapat dipisahkan dengan menggunakan metode (cara) elektrolisis, yaitu suatu metode sederhana dengan perangkat sel elektrolisis yang dapat merubah energi listrik menjadi energi kimia, atau suatu proses terurainya suatu zat kimia oleh arus listrik (Adaikalam *et al.*, 2006). Metode elektrolisis merupakan proses penting dalam industri, karena dalam proses ini dapat dihasilkan berbagai macam produk. Selain itu, metode elektrolisis keuntungannya adalah mendapatkan kemurnian Ag yang tinggi. Faktor-faktor yang dapat berpengaruh dalam elektrolisis, adalah: (1) variabel elektroda (jenis elektroda, luas permukaan, kondisi permukaan, dan jarak antara elektroda); (2) variabel perpindahan massa (cara

perpindahan, konsentrasi permukaan, dan absorpsi); (3) variabel listrik (tegangan dan arus); serta (4) variabel eksternal (temperatur, tekanan, dan waktu) (Yulianto, 2003; Suryatika, 2004).

Reaksi elektrolisis idealnya menggunakan elektroda yang tidak dapat bereaksi (*inert*), yaitu platina atau grafit. Namun dalam prakteknya, sering kali tidak menggunakan elektroda tersebut karena platina merupakan logam mulia, yang harganya terlalu mahal bila digunakan sebagai elektroda. Sedangkan grafit, di dalam larutan elektrolit mudah sekali terlarut dan tergerus oleh meningkatnya suhu larutan (Yulianto, 2003). Akibatnya, massa grafit tidak hanya berkurang, tetapi larutan yang digunakan dalam proses elektrolisis menjadi keruh dan terganggu karena terlarutnya karbon tersebut. Cairan dari bekas pencucian fotografi dapat dielektrolisis menggunakan elektroda *stainless steel* sehingga perak yang tercampur dalam *fixer* akan menempel pada logam *stainless steel* tersebut. Berdasarkan pertimbangan dari hasil penelitian yang dilakukan sebelumnya seperti Wicaksono (1995) menggunakan elektroda logam platina, sedangkan Marta (2007) menggunakan logam *alloy* (campuran) dan belum pula dipelajari pengaruh bentuk (geometri) dan jarak elektroda, maka dari segi ekonomi, logam yang dipilih sebagai elektroda adalah logam *alloy* jenis *stainless steel* (Anonim a, 2010). Kemudian berdasarkan faktor-faktor yang berpengaruh dalam proses elektrolisis, maka perlu dilakukan penelitian untuk memisahkan logam perak (Ag) secara elektrolisis dari limbah *fixer* fotografi rumah sakit melalui mempelajari pengaruh bentuk (geometri) katoda dan jarak elektroda (antara anoda dan katoda), sehingga akan diperoleh kondisi optimum prosesnya. Diperolehnya kondisi optimum dari proses pemisahan Ag dari limbah *fixer* fotografi, sehingga dapat digunakan sebagai dasar (acuan) dalam pengolahan limbah tersebut.

MATERI DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan adalah aquades, air bebas ion, AgNO₃, sampel limbah *fixer*, alkohol (etanol) dan air sabun.

Peralatan

Alat yang digunakan adalah karbon batangan (sebagai anoda), *stainless steel* (sebagai katoda), sumber tegangan DC, digital multimeter, timbangan analitik, gelas Erlenmeyer dan alat spektrofotometer serapan atom (AAS).

Cara Kerja

Preparasi

1. Preparasi Elektroda

Elektroda yang digunakan adalah karbon dan *stainless steel* sehingga dalam preparasinya dapat diperlakukan sama. Elektroda, yaitu karbon dan *stainless steel* terlebih dahulu diproses sebagai berikut: (a) dicuci dengan sabun dan air biasa, (b) direndam dengan aquades, (c) dibersihkan dengan etanol 10%, (d) pengeringan endapan pada katoda, dan (e) penimbangan katoda.

2. Preparasi sampel

Sampel yang digunakan berupa cairan limbah *fixer* fotografi sebelum dielektrolisis ditentukan konsentrasi awal logam perak menggunakan AAS. Hal ini dilakukan untuk mengetahui logam perak yang terpisah dari selisih konsentrasi awal dan setelah dielektrolisis.

3. Elektrolisis dilakukan dengan variasi bentuk katoda (optimasi bentuk elektroda), sementara jarak elektroda, tegangan dan arus dibuat konstan, yakni 2 cm, 3 volt dan 0,61 ampere.

Tahap awal percobaan sebagai berikut:

- Disiapkan sampel di dalam erlenmeyer 150 mL,
- Sampel dielektrolisis selama 30 menit dengan variasi bentuk katoda silinder, plat/lempeng, balok, dan prisma segi enam (luas permukaan sama yaitu 16 cm²),
- Konsentrasi perak pada limbah sebelum dan setelah elektrolisis diukur menggunakan AAS,
- Berat katoda sebelum dan setelah elektrolisis ditentukan secara gravimetri.

4. Pada elektrolisis yang dilakukan dengan variasi jarak elektroda (antara anoda dan katoda), sumber tegangan dan arus dibuat konstan, yaitu 3 volt dan 0,61 ampere, dengan bentuk elektroda diperoleh dari

hasil optimasi bentuk elektroda. Tahap awal percobaan sebagai berikut:

- Disiapkan sampel di dalam erlenmeyer 200 mL,
- Sampel dielektrolisis selama 30 menit dengan variasi jarak elektroda 0,5; 2; 4; 6 dan 8 cm,
- Ditentukan konsentrasi perak setelah elektrolisis menggunakan AAS,
- Ditentukan berat katoda setelah elektrolisis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Optimasi Bentuk Katoda

Pada Tabel 1 terlihat bahwa katoda yang berbentuk lempeng/plat memberikan penurunan yang paling tinggi dibandingkan dengan katoda berbentuk silinder, balok dan prisma segi enam. Ini menunjukkan, katoda lempeng/plat relatif lebih banyak dapat menangkap ion perak, karena efektivitas luas permukaan katoda. Penurunan konsentrasi perak setelah dielektrolisis dengan variasi bentuk katoda dapat dibandingkan dengan hasil pengukuran massa perak yang menempel pada katoda setelah dielektrolisis.

Elektrolisis dengan Variasi Jarak pada Elektroda Lempeng/Plat

Limbah *fixer* fotografi dielektrolisis menggunakan katoda lempeng pada tegangan 3 volt dan arus 0,61 ampere selama 30 menit dan divariasikan jarak elektrodanya.

Laju penurunan konsentrasi di dalam larutan cenderung meningkat dengan semakin dekatnya jarak elektroda sampai pada jarak tertentu. Semakin dekat jarak elektroda, maka rapat arus yang mengalir akan meningkat. Karena proses perpindahan muatan semakin banyak, sehingga rapat listrik yang mengalir semakin meningkat. Rapat arus yang semakin besar menyebabkan nilai pemisahan perak menjadi semakin banyak. Dalam proses elektrolisis disamping pengaruh jarak, perlu juga mempertimbangkan *difusivitas* larutan yaitu mengalirnya/berpindahannya suatu zat dalam larutan dari bagian berkonsentrasi tinggi ke bagian yang berkonsentrasi rendah. Apabila jarak elektroda

terlalu sempit, pada suatu kondisi dimana antara elektroda terbentuk endapan jenuh dan “terjebak” diantaranya, maka *diffusivitas* ion akan terganggu, luas permukaan elektroda yang efektif menjadi berkurang dan ion-ion akan sulit menangkap elektron dari permukaan katoda yang berhadapan dengan anoda, sehingga perak yang dapat

dipisahkan tidak optimal (Marta, 2007). Hal ini dilihat dari hasil perak yang dipisahkan pada elektrolisis limbah *fixer*, dengan jarak elektroda 0,5 cm yaitu 75,15% lebih kecil dari jarak elektroda 2 cm yaitu 79,99%.

Tabel 1. Hasil pemisahan perak pada variasi bentuk katoda untuk jarak elektroda 2 cm

Bentuk katoda	Konsentrasi perak sebelum elektrolisis (mg/L)	Konsentrasi perak setelah elektrolisis (mg/L)	Penurunan konsentrasi perak (mg/L)	Persentase penurunan konsentrasi perak (%)
Silinder	6486,11	1498,05	4988,06	76,90
Lempeng/plat	6486,11	1325,92	5160,19	79,56
Balok	6486,11	1451,29	5034,82	77,62
Prisma segi enam	6486,11	1518,07	4968,04	76,59

Tabel 2. Perbandingan penurunan konsentrasi perak dengan massa perak yang menempel pada katoda dan massa endapannya

Bentuk katoda	Penurunan konsentrasi perak (mg/L)	Massa yang menempel di katoda (mg)/L limbah <i>fixer</i>	Massa Endapan (mg)/L limbah <i>fixer</i>
Silinder	4988,06	1447,33	3554,66
Lempeng/plat	5160,19	2216,10	3034,00
Balok	5034,82	1288,06	2922,09
Prisma segi enam	4968,04	1474,74	3479,33

Berdasarkan Tabel 1 dan Tabel 2, maka elektroda berbentuk lempeng/plat dipilih sebagai elektroda dalam penentuan pengaruh variasi jarak terhadap persentase penurunan konsentrasi perak, massa perak yang menempel di katoda, dan perbandingan penurunan konsentrasi perak dengan massa perak yang menempel di katoda dan massa endapannya.

Elektrolisis dengan Variasi Jarak pada Elektroda Lempeng/Plat

Limbah *fixer* fotografi dielektrolisis dengan menggunakan katoda lempeng pada tegangan 3 volt dan arus 0,61 ampere selama 30 menit dan divariasikan jarak elektrodanya.

Tabel 3. Hasil pemisahan perak dengan variasi jarak elektroda untuk katoda lempeng/plat

Bentuk katoda	Penurunan konsentrasi perak (mg/L)	Massa yang menempel di katoda (mg)/L limbah <i>fixer</i>	Massa endapan (mg)/L limbah <i>fixer</i>
Silinder	4988,06	1447,33	3554,66
Lempeng/plat	5160,19	2216,10	3034,00
Balok	5034,82	1288,06	2922,09
Prisma segi enam	4968,04	1474,74	3479,33

Laju penurunan konsentrasi di dalam larutan cenderung meningkat dengan semakin dekatnya jarak elektroda sampai pada jarak tertentu. Semakin dekat jarak elektroda, maka rapat arus yang mengalir akan meningkat. Karena proses perpindahan muatan semakin banyak, sehingga rapat listrik yang mengalir semakin meningkat. Rapat arus yang semakin besar menyebabkan nilai pemisahan perak menjadi semakin banyak. Dalam proses elektrolisis disamping pengaruh jarak, perlu juga mempertimbangkan *difusivitas* larutan yaitu mengalirnya/berpindahannya suatu zat dalam larutan

dari bagian berkonsentrasi tinggi ke bagian yang berkonsentrasi rendah. Apabila jarak elektroda terlalu sempit, pada suatu kondisi dimana antara elektroda terbentuk endapan jenuh dan “terjebak” diantaranya, maka *difusivitas* ion akan terganggu, luas permukaan elektroda yang efektif menjadi berkurang dan ion-ion akan sulit menangkap elektron dari permukaan katoda yang berhadapan dengan anoda, sehingga perak yang dapat dipisahkan tidak optimal (Marta, 2007). Hal ini dilihat dari hasil perak yang terpisahkan pada elektrolisis limbah *fixer*, dengan jarak elektroda 0,5 cm yaitu 75,15% lebih kecil dari jarak elektroda 2 cm yaitu 79,99%.

Tabel 4. Perbandingan penurunan konsentrasi perak dengan massa perak yang menempel di katoda dan massa endapannya

Jarak katoda	Penurunan konsentrasi perak (mg/L)	Perak yang menempel pada katoda (mg)/L limbah <i>fixer</i>	Massa endapan (mg)/L limbah <i>fixer</i>
0,5 cm	4874,61	1227,5	3447,15
2 cm	5185,26	2562,00	2623,26
4 cm	4937,55	1920,50	2707,21
6 cm	4906,74	1575,00	3031,73
8 cm	4823,66	1078,50	3545,18

Dalam elektrolisis, selalu terjadi transfer elektron dari sumber tegangan menuju larutan melalui permukaan katoda. Ketika elektron terlepas ke dalam larutan, ion perak menangkap elektron tersebut sehingga ion perak menjadi partikel perak,

dimana sebagian partikel perak mengendap dan sebagian partikel membentuk lapisan perak di katoda. Lapisan perak yang terbentuk tersebut bewarna abu-abu kehitaman.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Dari hasil yang telah dicapai, dapat disimpulkan bahwa optimasi bentuk elektroda

diperoleh bahwa bentuk lempeng/plat memberikan penurunan konsentrasi yang paling tinggi (79,56% atau 0,3324 g) dibandingkan dengan katoda berbentuk silinder, balok dan prisma segi enam. Bentuk lempeng/plat dipilih sebagai elektroda

dalam penentuan pengaruh variasi jarak terhadap persentase penurunan konsentrasi perak, massa perak yang menempel di katoda dan perbandingan penurunan konsentrasi perak dengan massa perak yang menempel di katoda dan massa endapannya. Hasil variasi jarak elektroda pada katoda lempeng/plat, terbaik menunjukkan pada jarak 2 cm dengan pemisahan paling tinggi 79,99%. Perak yang dapat dipisahkan tidak seluruhnya menempel pada katoda setelah elektrolisis, melainkan dominan perak mengendap.

Saran

Perlu dilakukan analisis kualitatif dan kuantitatif terhadap endapan perak yang terbentuk, sehingga dapat diketahui reaksi-reaksi yang mengakibatkan terbentuknya endapan selama elektrolisis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Udayana melalui Fakultas MIPA atas bantuan dana penelitian yang diberikan, sehingga pelaksanaan penelitian dapat terselenggara dengan baik. Serta, kepada semua pihak yang turut serta telah membantu dalam proses penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adaikalam, P., Sathaiyan, N., and Visvanathan, M., 2006, Cyclic Voltammetric Studies of The Photographic Fixer Solution, *Bulletin of Electrochemistry* 12 (7-8), pp. 408-410.
- Anonim, 2002, *Photographic Fixer Disposal*, Pennstate Environmental Health and Savety.
- Anonim a, 2010, [www.wikipedia.org/Stainless steel](http://www.wikipedia.org/Stainless%20steel), diakses tanggal 5 januari 2010.
- Anonim b, 2010, www.wikipedia.org/Silver, diakses tanggal 5 januari 2010.
- Davis, S., 2001, *The Silver Fix: How Much Is Your Waste Worth?*, Pollution Prevention Institute.
- El-Sattar, A.A., El-Shayeb, M. and Dief, H.A., 2004, Silver Recovery from Photographic and X-ray Films and Fixer Solution Waste Using a Packed Bed Reactor, *Alexandria Engineering Journal*, Vol. 43 (2004), No. 3, 393- 399.
- Marta, D., 2007, Studi Efisiensi Pemisahan Perak dari Limbah Cair Fixer Film dengan Metode Elektrolisis, Bandung: *Tugas Akhir TL*, ITB.
- Suryatika, I.B.M., 2004, Penentuan Konsentrasi Tritium dalam Sampel Air di Lingkungan P3Tkn BATAN Bandung dengan Metode Pengayaan Elektrolisis, Bandung: *Tesis* ITB.
- Theivasanthi, T. and Alagar, M., 2012, Electrolytic Synthesis and Characterizations of Silver Nanopowder, *Nano Biomed. Eng.* 3, 161.
- Wicaksono, A.A., 1995, Studi Pemisahan Logam Perak (Ag) dalam Larutan Limbah Fotografi Secara Elektrogravimetri, *Skripsi* Universitas Udayana.
- Yulianto, B., 2003, Penyisihan dan Perolehan Kembali Zn Dalam Air Limbah Elektroplating Dengan Proses Elektrolisis, Bandung: *Tesis* ITB.