

## SILVER RECYCLING FROM PHOTO-PROCESSING WASTE USING ELECTRODEPOSITION METHOD

### *Pengambilan Perak dari Limbah Pencuci Film Melalui Pengendapan Elektrolitik*

Mochammad Feri Hadiyanto, Agus Kuncaka

Chemistry Department, Faculty of Mathematics and Natural Sciences  
Gadjah Mada University, Yogyakarta

#### ABSTRACT

Silver electrodeposition of photo-processing waste and without addition of KCN 1,0 M has been studied for silver recycling. Photo processing waste containing silver in form of  $[Ag(S_2O_3)_2]^{3-}$  was electrolysed at constant potential and faradic efficiency was determined at various of electrolysis times. Electrolysis of 100 mL photo processing waste without addition of KCN 1,0 M was carried out at constant potential 1.20 Volt, while electrolysis 100 mL photo processing waste with addition of 10 mL KCN 1,0 M electrolysis was done at 1.30 Volt. The results showed that for silver electrodeposition from photo processing waste with addition of KCN 1,0 M was more favorable with faradic efficiency respectively were 93,16; 87,02; 74,74 and 78,35% for 30; 60; 90 and 120 minutes of electrolysis.

**Keywords:** Silver extraction, electrodeposition, photo-processing waste

#### PENDAHULUAN

Usaha untuk mendapatkan logam perak telah dilakukan dengan berbagai cara, pada umumnya dilakukan langsung dengan mengolah bahan mineral yang mengandung perak. Karena eksploitasi perak dari mineral bumi semakin tinggi, dikhawatirkan kandungan perak itu sendiri dalam mineral bumi akan menipis, menyebabkan para ilmuwan memikirkan metode yang lain untuk mendapatkan logam perak dalam memenuhi kebutuhan manusia.

Salah satu metode untuk mendapatkan perak yang dipelajari pada penelitian ini adalah mendaur ulang logam perak dengan memanfaatkan limbah yang dihasilkan dari proses pencucian film dalam bidang fotografi [1]. Limbah tersebut, terutama diambil dari larutan *fixer* yang mengandung perak dalam bentuk kompleks perak tiosulfat,  $[Ag(S_2O_3)_2]^{3-}$  didaur ulang sehingga dapat diperoleh logam perak. Melalui daur ulang limbah ini maka diharapkan diperoleh suatu metode untuk mendapatkan perak yang secara tidak langsung dapat mengurangi kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh eksploitasi perak dari mineral bumi dan juga mengurangi pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh limbah pencucian film yang mengandung logam Ag tersebut.

#### METODOLOGI

##### Preparasi dan Analisis Sampel

Dilakukan pembuatan larutan standar Ag dengan konsentrasi 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 dan 5,0 ppm. Absorbansi larutan standar Ag ditentukan dengan menggunakan instrumen AAS. Kemudian ditentukan konsentrasi perak yang terkandung dalam limbah pencuci film dengan instrumentasi AAS setelah melalui pengenceran 5000 kali. Absorbansi larutan sampel diinterpolasikan ke dalam kurva larutan standar Ag.

##### Elektrodeposisi 100 mL Sampel tanpa Penambahan KCN 1,0 M

Dilakukan elektrolisis 100 mL limbah pencuci film dengan menaikkan potensial elektrolisis secara bertahap. Elektrolisis mulai dari 0,0 Volt dan setiap selang waktu 10 detik potensial dinaikkan 0,05 Volt sampai pada potensial 2,0 Volt. Kemudian ditentukan potensial elektrolisis optimal yang akan digunakan dalam elektrolisis pada potensial tetap selama 30; 60; 90 dan 120 menit.

##### Elektrolisis 100 mL Sampel + 10 mL KCN 1,0 M

Dilakukan elektrolisis 100 mL limbah pencuci film + 10 mL KCN 1,0 M dengan menaikkan potensial elektrolisis secara bertahap. Elektrolisis

mulai dari 0,0 Volt dan setiap selang waktu 10 detik potensial dinaikkan 0,05 Volt sampai pada potensial 2,0 Volt. Kemudian ditentukan potensial elektrolisis optimal yang akan digunakan dalam elektrolisis pada potensial tetap selama 30; 60; 90 dan 120 menit.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

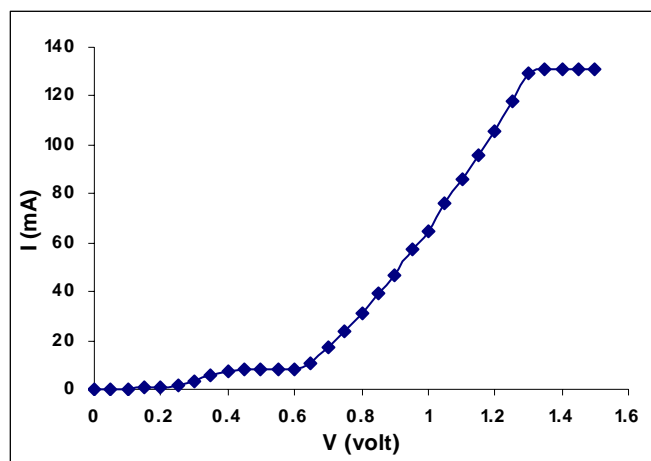
### Penentuan Konsentrasi Perak dalam Limbah Pencuci Film

Dengan menginterpolasikan absorbansi limbah pencuci film yang telah diencerkan 5000 kali ke dalam persamaan garis kurva absorbansi versus konsentrasi larutan standar, diperoleh konsentrasi perak sebesar  $8.150 \pm 550$  ppm (mg/liter).

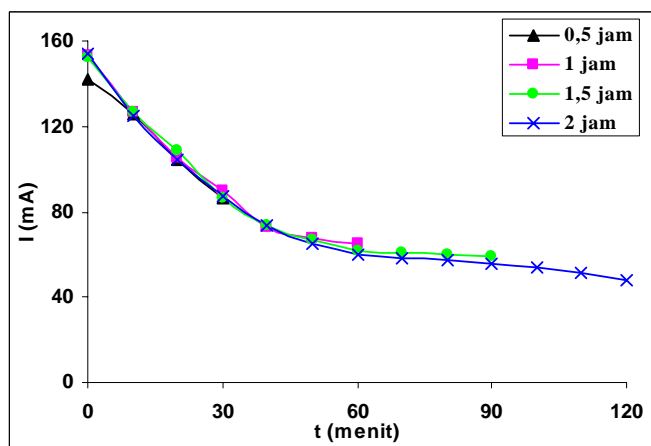
### Elektrodeposisi 100 mL Sampel tanpa Penambahan KCN 1,0 M

Pada penentuan potensial pengendapan optimal variasi potensial elektrolisis terhadap kenaikan arus listrik untuk elektrolisis 100 mL sampel diperoleh grafik seperti dalam gambar 1.

Dari gambar 1 di samping diperoleh keterangan bahwa mulai 0,0 Volt hingga potensial mencapai 0,6 Volt arus yang terjadi relatif tetap, pada rentang potensial 0,6 – 1,35 Volt terlihat bahwa arus mengalami peningkatan yang tajam yang disebabkan oleh dominasi reaksi transfer muatan. Mulai potensial 1,35 Volt hingga potensial mencapai 1,5 Volt arus yang dihasilkan relatif konstan yang menandakan arus telah mencapai arus limit yang menunjukkan bahwa reaksi elektrokimia didominasi oleh transfer massa [2,3].



Gambar 1 Hubungan arus versus potensial elektrolisis



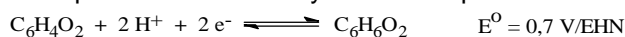
Gambar 2 Kurva evolusi arus elektrolisis terhadap waktu.

**Tabel 1** Data rendemen faradik pengendapan perak hasil elektrolisis 100 mL sampel pada berbagai variasi waktu.

Waktu (menit)	Berat Endapan (gram)	% Ag terendapkan	$Q_{app,K}$ (C)	$Q_{eff,K}$ (C)	$RF_K$ (%)
30	0,2255	27,67	194,4	201,45	103,62
60	0,2404	29,49	351,9	214,76	61,03
90	0,1975	24,23	481,05	176,43	36,68
120	0,2003	24,58	573,9	179,42	31,26

Potensial sebesar 1,2 Volt merupakan potensial pengendapan yang paling optimal yang akan digunakan dalam metode elektrolisis pada potensial tetap untuk elektrolisis 100 mL sampel. Kemudian elektrolisis pada potensial 1,2 Volt dilakukan dengan memvariasi waktu, masing-masing dilakukan selama 30; 60; 90 dan 120 menit. Berikut ini disajikan grafik arus lawan waktu elektrolisis untuk masing – masing waktu elektrolisis pada potensial 1,2 Volt.

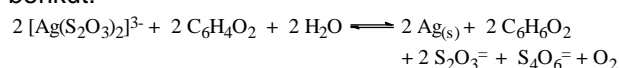
Elektrolisis 100 mL limbah pencuci film dengan variasi waktu pada potensial 1,2 Volt menghasilkan data yang disajikan dalam tabel 1. Pada tabel 1 terlihat bahwa deposit yang diperoleh untuk tiap-tiap waktu elektrolisis pada potensial 1,2 Volt relatif sama. Sehingga waktu yang diperlukan dalam elektrolisis tidak terlalu berpengaruh pada reduksi Ag. Hal ini disebabkan limbah pencuci film mengandung quinon [4]. Pada elektrolisis terjadi reaksi kesetimbangan reduksi quinon menjadi hidroquinon sehingga menyebabkan Ag yang tereduksi menjadi berkurang. Reaksi kesetimbangan reduksi quinon menjadi hidroquinon atau sebaliknya adalah seperti berikut:



Reaksi di atas menyebabkan harga  $Q_{app,K}$  mengalami apabila elektrolisis semakin lama dilakukan. Hal ini tidak berlaku untuk  $Q_{eff,K}$  dimana nilainya fluktuatif yang cenderung semakin menurun. Dari data tabel di atas diperoleh harga rendemen faradik yang terbaik yaitu untuk elektrolisis selama 30 menit yang memiliki harga  $RF_K$  mencapai 100%.

Endapan yang didapatkan digunakan dalam penentuan orde reaksi elektrodeposisi perak 100 mL limbah pencuci film. Orde reaksi ditentukan dari harga koefisien korelasi kurva orde reaksi yang paling besar. Dengan membuat kurva  $[C_0 - C_t]$  lawan  $t$  untuk orde 0, kurva  $\ln C_0/C_t$  lawan  $t$  untuk orde 1 dan kurva  $[1/C_0 - 1/C_t]$  lawan untuk orde 2, dimana  $C_0$  merupakan konsentrasi awal perak dalam limbah pencuci film dan  $C_t$  merupakan konsentrasi larutan hasil elektrolisis selama waktu  $t$  yang telah dianalisis dengan menggunakan instrumentasi AAS.

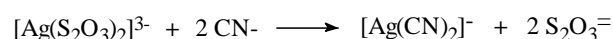
Dari harga koefisien korelasi yang diperoleh untuk masing-masing kurva, kurva orde 2 memiliki harga koefisien korelasi tertinggi dibandingkan dengan kurva yang lain sehingga reaksi total yang terjadi diperkirakan seperti berikut:



Dari elektrolisis 100 mL limbah pencuci film tanpa penambahan KCN ini, didapatkan harga  $E_{eq}$  melalui persamaan Nernst sebesar – 0,219 Volt dan dari kurva potensial lawan arus didapatkan  $E_{elec}$  adalah – 0,5 Volt. Sehingga potensial lebih yang diberikan agar reaksi elektrokimia dapat berlangsung adalah – 0,281 Volt.

### Elektrodeposisi 100 mL Sampel + 10 mL KCN 1,0 M

Elektrolisis 100 mL limbah pencuci film pada sistem yang berbeda dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui sistem yang terbaik dalam pengendapan perak dari limbah pencuci film. Pada elektrolisis ini dilakukan penambahan larutan KCN 1,0 M sebanyak 10 mL. Diharapkan akan terbentuk kompleks  $[Ag(CN)_2]^-$  sehingga hasil elektrodeposisinya dapat dibandingkan dengan hasil elektrodeposisi larutan sampel tanpa penambahan KCN 1,0 M. Reaksi pembentukan kompleks tersebut yaitu :



Pada penentuan potensial pengendapan optimal variasi potensial elektrolisis terhadap kenaikan arus listrik untuk elektrolisis 100 mL sampel diperoleh grafik seperti dalam gambar 3. Dari gambar kurva tersebut pada potensial 0 - 0,45 Volt arus yang mengalir sangat kecil. Arus mulai mengalami peningkatan yang tajam ketika potensial mencapai 0,5 Volt dan ketika mencapai potensial 1,3 Volt arus relatif stabil. Selanjutnya mulai potensial 1,3 Volt arus relatif stabil dan laju elektrokimia tidak lagi didominasi oleh transfer muatan melainkan telah didominasi oleh transfer massa. Elektrolisis dihentikan pada

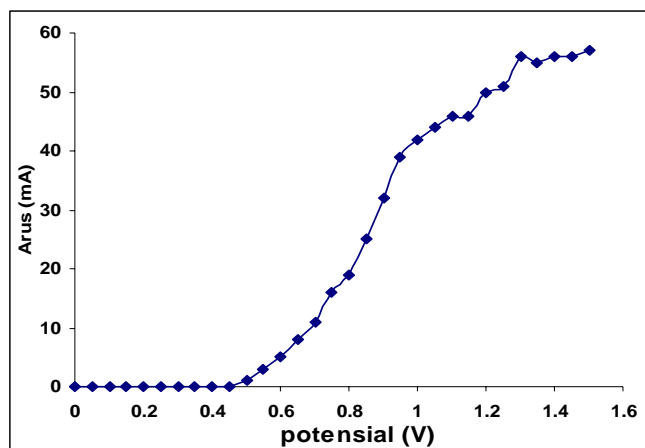
potensial 1,6 Volt karena telah mencapai arus limit yang ditandai dengan arus yang dihasilkan relatif konstan.

Potensial 1,3 Volt ditetapkan sebagai potensial pengendapan yang paling optimal yang akan digunakan dalam metode elektrolisis pada potensial tetap untuk elektrolisis 100 mL sampel + 10 mL KCN 1,0 M. Kemudian elektrolisis pada potensial 1,3 Volt dilakukan dengan memvariasi waktu, masing-masing dilakukan selama 30; 60; 90 dan 120 menit. Berikut ini disajikan grafik arus lawan waktu elektrolisis untuk masing – masing waktu elektrolisis pada potensial 1,3 Volt.

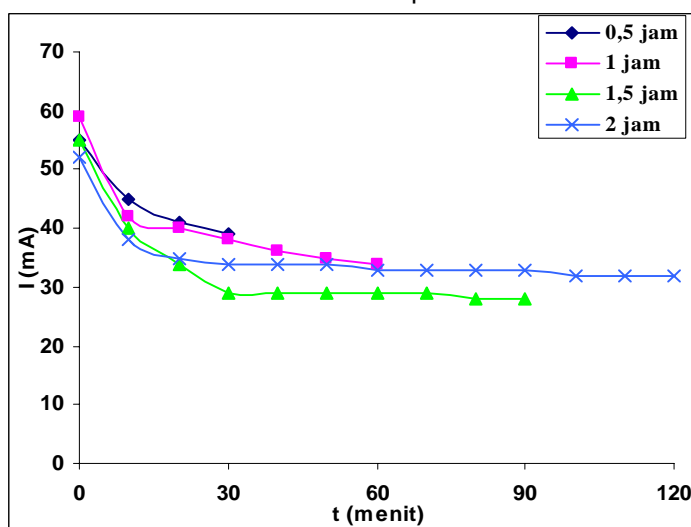
Berikut ini dalam tabel 2 disajikan hasil elektrolisis 100 mL limbah pencuci film + 10 mL KCN 1,0 M untuk masing – masing waktu elektrolisis. Pada tabel 2 menunjukkan bahwa

deposit yang diperoleh mengalami peningkatan untuk tiap-tiap waktu elektrolisis pada potensial 1,3 Volt. Sehingga semakin lama waktu elektrolisis maka logam perak yang terendapkan akan semakin meningkat, walaupun peningkatannya tidak terlalu besar.

Pada tabel di atas, diperoleh data perhitungan  $Q_{app,K}$  dan  $Q_{eff,K}$  mengalami peningkatan sebanding dengan lamanya waktu elektrolisis. Jadi, untuk elektrodeposisi perak dari 100 mL sampel dengan penambahan 10 mL KCN 1,0 M semakin lama elektrolisis dilakukan maka akan didapatkan deposit yang lebih banyak yang diikuti peningkatan harga  $Q_{app,K}$  dan  $Q_{eff,K}$ , sehingga berpengaruh terhadap hasil rendemen faradik dimana harganya cenderung menurun.



Gambar 3 Kurva arus versus potensial elektrolisis



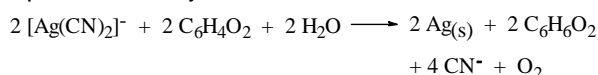
Gambar 4 Kurva evolusi arus vs waktu elektrolisis.

**Tabel 2** Data rendemen faradik pengendapan perak hasil elektrolisis 100 mL sampel + 10 mL + KCN 1,0 M pada variasi waktu.

Waktu (menit)	Berat Endapan (gram)	% Ag terendapkan	$Q_{app,K}$ (C)	$Q_{eff,K}$ (C)	$RF_K$ (%)
30	0,0832	10,21	79,8	74,34	93,16
60	0,1382	16,96	141,9	123,48	87,02
90	0,1448	17,77	173,1	129,38	74,74
120	0,2173	26,67	247,8	194,16	78,35

Apabila dibandingkan dengan tabel 1, yaitu data rendemen faradik untuk pengendapan perak hasil elektrolisis 100 mL sampel tanpa penambahan KCN dengan data tabel 2 di atas, maka dapat membuktikan bahwa pengendapan perak dari limbah pencuci film lebih optimal bila dilakukan tanpa penambahan KCN 1,0 M, karena deposit yang diperoleh pada elektrolisis selama 30 menit memiliki harga  $RF_K$  yang lebih baik bila dibandingkan dengan deposit yang dihasilkan dari elektrodposisi dengan penambahan KCN 1,0 M.

Pada penentuan orde reaksi yang ditentukan dari harga koefisien korelasi kurva orde reaksi yang paling besar, yaitu dengan membuat kurva  $[C_0 - C_t]$  lawan  $t$  untuk orde 0, kurva  $\ln C_0/C_t$  lawan  $t$  untuk orde 1 dan kurva  $[1/C_0 - 1/C_t]$  lawan untuk orde 2. Dari harga koefisien korelasi yang diperoleh untuk masing-masing kurva, kurva orde 2 memiliki harga koefisien korelasi tertinggi dibandingkan dengan kurva yang lain. Reaksi yang diperkirakan terjadi :



Dari elektrolisis 100 mL limbah pencuci film dengan penambahan 10 mL KCN 1,0 M ini, didapatkan harga  $E_{eq}$  melalui persamaan Nernst sebesar  $-0,33$  Volt dan dari kurva potensial lawan arus didapatkan  $E_{elec}$  adalah  $-0,6$  Volt. Sehingga potensial lebih yang diberikan agar reaksi elektrokimia dapat berlangsung adalah  $-0,27$  Volt.

Secara termodinamika elektrodposisi perak dari kedua sistem elektrolisis tersebut didapatkan keterangan bahwa untuk elektrodposisi perak dari 100 mL sampel tanpa penambahan KCN 1,0 M mempunyai  $E_{eq}$  yang lebih besar dibandingkan elektrodposisi dengan penambahan 10 mL KCN 1,0 M. Sehingga untuk elektrodposisi perak dari 100 mL sampel tanpa penambahan KCN 1,0 M potensial lebih yang diberikan agar pengendapan perak dapat berlangsung lebih kecil bila dibandingkan dengan elektrodposisi perak dari 100 mL sampel yang disertai penambahan KCN 1,0 M.

## KESIMPULAN

1. Perak yang terkandung dalam larutan limbah pencuci film dengan konsentrasi  $8.150 \pm 550$  ppm dapat diendapkan melalui metode elektrodposisi pada potensial tetap, baik tanpa penambahan maupun disertai dengan penambahan larutan KCN.
2. Pada elektrodposisi perak limbah pencuci film tanpa penambahan KCN, jumlah deposit yang dihasilkan tidak dipengaruhi oleh variasi waktu. Tetapi untuk elektrodposisi perak limbah pencuci film yang disertai penambahan larutan KCN 1,0 M, semakin lama elektrolisis dilakukan maka jumlah perak yang terendapkan semakin bertambah.
3. Penentuan orde reaksi elektrokimia dengan menggunakan pendekatan reaksi kimia biasa kurang sesuai dikarenakan reaksi yang terjadi sangat kompleks dan harga koefisien korelasi relatif cenderung sama.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Mees, C.E.K, and James, T.H., 1966, "The Theory of the Photographic Process", 3<sup>rd</sup> edition, The Macmillan Co., New York.
2. Bard, A.J., Faulkner, L.R., 1991, "Electrochemical Methods : Fundamental and Applications", John Wiley and Sons, New York.
3. Bochriss, J.O.M., Drazic, D.M., 1972, "Electrochemical Science" Edisi ke-1, Taylor and Francis Ltd., London.
4. Nebblette, C. B., 1970, "Fundamental of Photography", Van Norstrand Reinhold Co., Princeton, New Jersey.