

PENURUNAN KONSENTRASI LOGAM BERAT CU DAN AG PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI PERAK RUMAH TANGGA DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI

Mochtar hadiwiwido^{*)}

ABSTRACT

Silver home industry is one of government asset which involved with tourism sector and specific product from Daerah Istimewa Yogyakarta. Recently silver home industry is increasing but the liquid waste effect become a new problem that need to be treated because contains heavy metal of Cu^{2+} and Ag^+ . The experimental used electro coagulation method with voltatation (3 Amp, 4 Amp, 5 Amp) and time variations (30, 60, 90, 120, 150, 180 seconds) as the free variable and heavy metal Cu^{2+} and Ag^+ concentration of silver pure processing as dependent variable. The result shown that the electro coagulation method can reduce concentration of heavy metal Cu up to 99.97% and Ag up to 99.84%.

Key words: electro coagulation, Cu, Ag, Daerah Istimewa Yogyakarta, silver home industry

PENDAHULUAN

Industri perak rumah tangga di Yogyakarta adalah peninggalan kebudayaan dari kota Gede selama berabad-abad. Bersama dengan meningkatnya sector pariwisata, industri perak pun meningkat berdasarkan kebutuhan turis-turis yang datang ke Yogyakarta.

Limbah menjadi masalah serius yang timbul masyarakat dan bagi pemerintah Indonesia. Khususnya limbah industri yang makin meningkat dan menyebabkan polusi (Damono, 2001).

Meningkatnya industri perak selain memberi dampak positif bagi masyarakat namun juga dampak negatif yang dapat merusak lingkungan dari limbah yang dihasilkan pada proses penjernihan perak. Limbah merupakan cairan berbahaya karena mengandung logam berat Cu^{2+} dan Ag^+ pada konsentrasi tinggi. Maka tanpa adanya tindakan pencegahan dapat membahayakan lingkungan. Limbah cair dapat ditimbulkan dari kegiatan rumah tangga, industri, masyarakat dan air buangan lain yang mengandung bahan organik, anorganik dan logam, sehingga dapat menurunkan kualitas lingkungan dan kelangsungan hidup manusia. (Sugiharto, 1987).

Logam berat memiliki karakteristik zat berbahaya yang dapat menurunkan kualitas lingkungan terutama bagi faktor pendukung lingkungan yang penting bagi makhluk hidup. Menurut Astuti (1987) dalam Prihastanti (1994) menyatakan kadar racun dan bahaya suatu limbah dalam jumlah tertentu dapat menimbulkan bahaya dan meracuni ekosistem dan terutama manusia.

Djuaningsih et al., (1982) menyatakan bahwa ada dua penyebab utama mengapal logam berat termasuk limbah berbahaya, yaitu karena logam berat tidak dapat dihancurkan oleh mikro organisme dalam lingkungan serta dapat terakumulasi dalam komponen lingkungan. Hutagalung (1991) mengatakan bahwa kandungan logam berat di laut adalah $10^{-5} - 10^{-2}$ ppm, dan akan meningkat bila limbah yang masuk mengandung logam berat yang mengendap di laut.

Keberadaan industri yang menghasilkan limbah cair dari penjernihan perak berdasarkan pengujian menunjukkan kandungan Cu sebesar 1362,875 mg/l dan Ag 1,0002 mg/l (Widiastuti et al., 2002).

Berdasarkan keputusan Gubernur Yogyakarta No. 28/kpts/1998, limbah cair yang dihasilkan dari industri penjernihan perak telah melampaui batas, dimana Cu maksimal adalah 2 mg/l dan untuk Ag^+ berdasarkan PERMENKES 416/Menteri

^{*)} Program Studi Teknik Lingkungan FT Undip
Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang Semarang

Kesehatan/ Per/ IX/ 1990 adalah 0,0005mg/l. Karena resiko dan bahayanya yang besar maka kita perlu mengambil tindakan preventif awal dengan kontrol lingkungan, karena tingginya limbah industri tersebut yang mengandung logam berat dengan sifat racun dan bahaya. Untuk itu penulis bermaksud menurunkan kandungan logam berat yaitu Cu^{2+} dan Ag^+ pada limbah cair yang dihasilkan dalam proses penjernihan perak dengan metode Elektrokoagulasi.

METODE DAN BAHAN

Bahan Penelitian

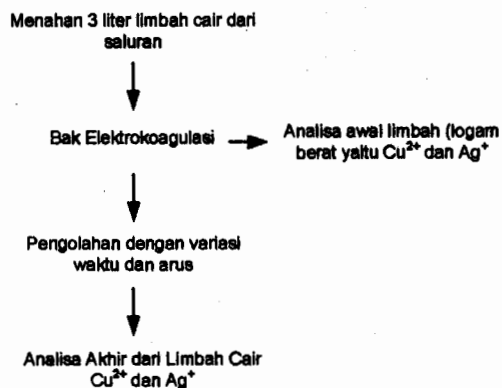
Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair dari proses penjernihan perak yang mengandung ion Cu^{2+} dan Ag^+ , peralatan elektrokoagulasi, *Intercepted Vessel* dan AAS. Sampel limbah cair diambil dari limbah industri perak rumah tangga yang terdapat di Gedungkiwo Desa Mantrijeron Yogyakarta.

Bahan pendukung yaitu material dan bahan kimia untuk menganalisa kandungan logam berat dari limbah cair pada penjernihan perak.

Metode

Metode eksperimen yang digunakan memerlukan percobaan pre test dan post tes dengan desain kontrol tertentu, variabel bebas dari arus listrik (3,4,5 amper) sedangkan variasi waktu 30, 60, 90, 120, 150 dan 180 menit. Adapun variabel terikatnya adalah kandungan logam berat Cu^{2+} dan Ag^+ dari limbah cair pada proses penjernihan perak.

Pengambilan sampel dilakukan berdasarkan pengulangan sampel untuk menentukan ketepatan dari beberapa sampel yang ditetapkan. Skema proses penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Skema Penelitian

ANALISA DATA

Untuk menganalisa Cu^{2+} dan Ag^+ dari limbah cair maka digunakan metode AAS (Atomic Absorbtion Spectrophotometry). Kemudian kandungan Cu^{2+} dan Ag^+ yang melekat pada masing-masing elektroda dihitung dengan menggunakan persamaan Faraday :

$$W = e.i.t/F$$

Dimana:

W= massa

e = berat atom

i = arus listrik (Amper)

t = waktu

F = ketetapan Faraday

(1F = 96.500 coulomb)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh dari variasi arus listrik dan waktu terhadap penurunan kandungan logam berat Cu^{2+} dan Ag^+ dalam limbah cair penjernihan perak dapat dilihat dalam tabel .

Tabel 1 Variasi arus listrik dan waktu terhadap penurunan kandungan logam berat (mg/l) Cu^{2+} dan Ag^+ dalam limbah cair penjernihan perak

Logam	Arus Listrik (Amp)	Waktu (Menit)						
		0	30	60	90	120	150	180
Cu ²⁺	3	1104.38	817.13	520.84	229.19	229.19	0.894	0.008
	4	1104.38	717.38	326.92	49.58	49.58	0.008	0.008
	5	1104.38	677.31	249.72	13.12	13.12	0.008	0.008
Ag ⁺	3	1.283	0.857	0.599	0.419	0.419	0.002	0.002
	4	1.283	0.731	0.512	0.358	0.358	0.002	0.002
	5	1.283	0.627	0.416	0.416	0.154	0.002	0.002

Tabel 1 menunjukkan bahwa waktu dan arus listrik berpengaruh terhadap penurunan kandungan Cu^{2+} dan Ag^+ . Semakin lama waktu kontak dan makin besar arus listrik maka makin menurun pula kandungan Cu^{2+} dan Ag^+ .

Cu^{2+} yang terkandung dalam limbah cair industri penjemihan perak dengan menggunakan pengolahan elektrokoagulasi dapat mengurangi kadar Cu^{2+} paling tinggi sejumlah 1103,803 mg/l yang menempel pada elektroda adalah pada pengolahan dengan menggunakan arus listrik 4 ampere dan waktu kontak 120 menit (table 2) dengan efisiensi penurunan hingga 99,47% (table 3).

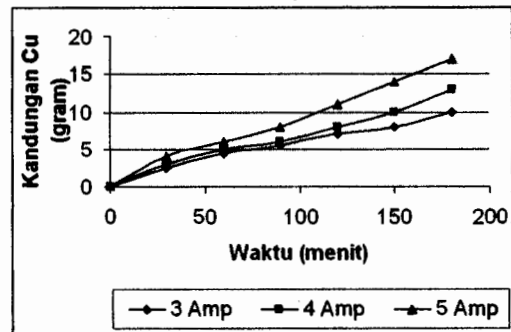
Tabel 2 Konsentrasi (mg/l) Cu^{2+} dan Ag^+ yang dapat direduksi menggunakan elektroda dengan variasi waktu dan arus listrik

Logam	Waktu (menit)	3 Amp	4 Amp	5 Amp
Cu^{2+}	0	0	0	0
	30	287.725	387	427.07
	60	583.543	777.46	854.066
	90	875.199	1054.8	1091.026
	120	1087.068	1103.8	1104.365
	150	1103.068	1104.8	1104.372
	180	1104.372	1104.37	1107.372
Ag^+	0	0	0	0
	30	0.426	0.552	0.656
	60	0.664	0.771	0.867
	90	0.864	0.925	1.129
	120	1.124	1.182	1.281
	150	1.281	1.281	1.281
	180	1.281	1.281	1.281

Penurunan dari kandungan Cu^{2+} adalah karena adanya reduksi oksidasi dalam proses elektrokoagulasi menggunakan pelat elektroda aluminium dengan memberikan aliran listrik searah (Sukardjo, 1997), sehingga ion Cu^{2+} dapat tertarik ke anoda. Elektroda berfungsi sebagai pengatur arus listrik dalam larutan yang menyebabkan limbah cair dengan kandungan Cu^{2+} akan terdorong oleh pergerakan elektroda sehingga pada akhirnya melekat pada elektroda sesuai dengan muatannya, hal ini membuat ion-ion dalam limbah cair yang berkurang oleh

kandungan Cu^{2+} . Berdasarkan Sawyer dan Mc Carty (1978), bila pada larutan elektrolit terdapat dua elektroda dan diberi arus searah, pergerakan elektrolisis akan terjadi dimana ion bermuatan positif akan bergerak ke katoda untuk dikurangi, dan ion negatif bergerak ke anoda untuk teroksidasi sehingga kandungan Cu^{2+} dapat menurun.

Pada elektrolisis, arus listrik dihasilkan dari adanya ion positif dan negatif serta arus listrik yang disebabkan adanya medan listrik. Bila arus listrik ditambahkan, maka muatan positif akan bergerak searah dengan medan listrik, sehingga arus listrik yang dihasilkan dari proses tersebut akan memiliki arah yang sama dengan medan listrik (Reitz, et al, 1993). Dalam hukum Faraday semakin tinggi arus dan semakin lama waktu yang digunakan, maka Cu^{2+} yang tereduksi semakin besar (Sukardjo, 1997). Pada kasus ini, limbah cair dari industri perak telah menurunkan kandungan Cu^{2+} sebanyak 9,483 gram (gambar 2) yang disebabkan oleh massa inti yang timbul karena reaksi kimia pada elektroda sebanding dengan jumlah listrik yang melewati larutan selama proses elektrolisis.



Gambar 2 Kandungan logam berat Cu^{2+} yang menempel pada elektroda dalam persamaan Faraday.

Waktu yang efektif dan efisien untuk mengurangi kandungan Cu^{2+} adalah 120 menit, dimana limbah cair setelah pengolahan dengan metode elektrokoagulasi, sehingga kandungan logam berat Cu^{2+} kurang dari 2 mg/l sehingga memenuhi baku mutu ...menurut Sukardjo (1997), salah satu faktor yang mempengaruhi kandungan Cu^{2+} adalah reaksi pada lempengan elektroda dan waktu kontak dengan alat elektrokoagulasi. Waktu kontak pada elektrolisis dengan elektroda

dalam elektrokoagulasi akan mempengaruhi kandungan Cu^{2+} , makin lama waktu kontak semakin lama pula waktu untuk elektrolit bereaksi dengan elektroda sehingga akan mempengaruhi efisiensi penurunan kandungan Cu^{2+} . Kekuatan elektroda untuk mereduksi elektroda dibatasi, meskipun waktu kontak ditingkatkan, namun reaksi antara elektroda dan elektrolit aka mencapai ambang batas dalam penurunan ion Cu^{2+} , kita dapat mencapai hasil konstant atau jumlah tetap. Kusumaningrum (2001) dalam Darmono (2001), mengatakan bahwa waktu efektif yang digunakan untuk penurunan Cu^{2+} dari 5,10 mg/l menjadi 0,02 mg/l membutuhkan waktu selama 60 menit dan mencapai hasil akhir sebesar 99,6%. Furnes, et. al., (1990) menyatakan bahwa penurunan Cu^{2+} dalam limbah cair pada penjernihan emas sebesar 89,25% dengan kandungan Cu^{2+} awal sebesar 1268 mg/l menjadi 0,00136 mg/l.

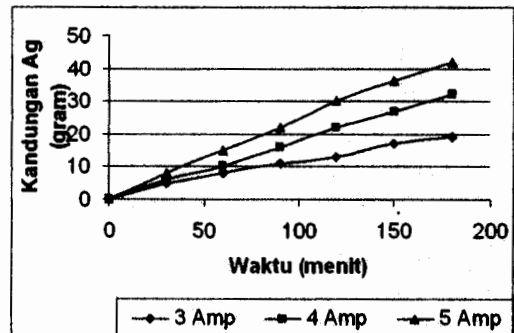
Tabel 3. Persentase efisiensi penurunan logam berat Cu^{2+} dan Ag^+ dengan berbagai variasi waktu dan arus listrik, menggunakan perlengkapan elektrokoagulasi.

Logam	Waktu (menit)	3 Amp	4 Amp	5 Amp
Cu^{2+}	0	0	0	0
	30	26.013	35.042	38.87
	60	52.834	70.398	77.365
	90	79.247	95.51	98.812
	120	98.432	99.947	99.999
	150	99.922	99.999	99.999
	180	99.999	99.998	99.999
Ag^+	0	0	0	0
	30	33.203	43.024	60.24
	60	53.205	60.094	67.576
	90	67.342	72.097	87.997
	120	87.807	99.844	99.844
	150	99.844	99.844	99.844
	180	99.844	99.844	99.844

Kandungan logam berat Ag^+ dari sisa penjernihan (tabel 1) sejumlah 1,283 mg/l dengan kontrol pengolahan atau tanpa elektrokoagulasi masih melebihi baku mutu Menteri Kesehatan No. 416/ Menteri Kesehatan/ Per/ IX/ 1990 dengan nilai kapasitas maksimal 0,05 mg/l. Variasi waktu dan arus listrik dengan alat elektrokoagulasi dapat menurunkan kandungan Cu^{2+}

sebanding dengan waktu dan arus. Tabel 1 menunjukkan dari semakin lamanya waktu dan tingginya arus listrik dapat menurunkan kandungan Ag^+ dari 1,283 mg/l menjadi 0,0002 mg/l dengan efisiensi 99,84% (tabel 3). Hal ini disebabkan adanya pengurangan buangan oksidasi yang berlangsung pada alat elektrolisis dengan komponen elektrokoagulasi menggunakan Al^+ pada lengkung elektroda dan diberi arus searah (Sukardjo, 1997).

Elektroda adalah suatu alat untuk memicu aliran listrik dalam larutan, sehingga mendorong senyawa Ag^+ dalam larutan limbah cair ke arah elektroda dengan muatan yang sesuai sehingga ion dalam larutan yang bersifat polutan dapat tereduksi. Menurut Johannes (1978), bila dalam larutan elektrolit terdapat dua elektroda dengan arus searah maka akan terjadi proses elektrolisis dimana ion positif berpindah ke katoda untuk tereduksi dan ion negatif bergerak ke anoda untuk teroksidasi. Hal ini dapat menurunkan kandungan Ag^+ dan menggunakan hukum Faraday dapat diketahui penurunan Ag^+ dalam limbah cair sebesar 40,252 g (gambar 3). Sawyer dan Mc Carty (1978), menyatakan bahwa dalam hukum Faraday makin tinggi arus listrik dan makin lama waktu kontak dengan limbah, maka ion Ag^+ yang terikat pada elektrodanya semakin banyak. Ini disebabkan karena inti massa yang timbul karena adanya reaksi kimia di elektroda sebanding dengan besarnya listrik yang melewati larutan selama proses elektrolisis.



Gambar 3. Kandungan logam berat Ag^+ yang menempel pada elektroda dan dihitung dengan persamaan Faraday.

Hasil menunjukkan waktu yang paling efektif dan efisien untuk mereduksi Ag^+ yang terkandung dalam limbah cair

proses penjernihan perak adalah 120 menit dengan kuat arus 4 ampere. Hal ini sangat dipengaruhi waktu kontak yang terjadi antara ion logam dan alat elektrokoagulasi di dalam larutan limbah penjernihan perak. Berdasarkan Sukardjo (1997), salah satu faktor yang mempengaruhi proses reaksi adalah waktu kontak dimana semakin lama waktu kontak dengan limbah cair akan mempengaruhi keefisienan penurunan logam berat Ag^+ (tabel 2).

Menurut Anshori (1988), elektrolisis menggunakan elektrokoagulasi Ag^{3+} akan menghasilkan reaksi elektrokoagulasi yang berlangsung terus menerus, sehingga jumlah elektroda akhirnya akan habis. Faktor yang mempengaruhi reaksi elektrolisis antara lain elektroda, luas permukaan, kondisi permukaan, jarak antar elektroda, konsentrasi, arus listrik, potensial listrik, jumlah muatan dan waktu.

Edition. McGraw-Hill Book Co. New York-London-Tokyo-Toronto
Sugiarto, 1987, Dasar-dasar Pengolahan Air Limbah, UI Press. Jakarta
Sukarjo, 1997. Kimia Fisika, PT Rineka Cipta Jakarta
Gabriel, J.F. 2001, Fisika Lingkungan, Penerbit Hipokrates. Jakarta
Widiastuti, H.N. C.R. Anggraini, 2002. Pengolahan Limbah Cair Industri Emas dengan Metode Elektrokoagulasi dengan Variasi Waktu dan Kuat Arus, Lap. Penelitian PPLH-UNDIP Semarang.

KESIMPULAN

1. Tingginya kandungan logam berat Cu^{2+} dapat direduksi dengan menggunakan alat elektrokoagulasi sejumlah 1103,802 mg/l dengan waktu 120 menit dan kuat arus 4 ampere dengan efisiensi penyisihan sebesar 99,94%.
2. Tingginya kandungan logam berat Cu^{2+} dapat direduksi dengan menggunakan alat elektrokoagulasi sejumlah 1,281 mg/l dengan waktu 120 menit dan kuat arus 4 ampere dengan efisiensi penyisihan sebesar 99,84%.
3. Metode elektrokoagulasi dapat menurunkan Cu^{2+} hingga konsentrasi 0,53 mg/l dan Ag^+ 0,0002 mg/l, sehingga memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh Gubernur Yogyakarta No. 281/ kps/ 1998 dimana Cu^+ yang diijinkan adalah 2 mg/l dan berdasarkan baku mutu yang ditetapkan Pemerintah No. 416/ Menteri Lingkungan Hidup/ Per/ IX/ 1970 dimana Ag^+ maksimum sebesar 0,005 mg/l.

DAFTAR PUSTAKA

- Reitz, R., Jogn, J., Frederick and R.W. Cristy, 1993 Dasar Teori Listrik Magnet, ITB Bandung
Sawyer and P.L., McCarty, 1978 Chemistry For Enviromental Engineering. Third