

RANCANGAN PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI *ELECTROPLATING*

Regina Tutik Padmaningrum dan Siti Marwati
Jurusan Pendidikan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta

siti_marwati@uny.ac.id

Abstrak

Limbah cair *electroplating* di Sentra Industri Kerajinan Perak Kotagede mengandung anion klorida, bromida, iodida, sianida, tiosianat, oksalat, karbonat, nitrit, nitrat, dan fosfat serta kation Ag^+ , Hg_2^{2+} , Pb^{2+} , Hg^{2+} , Bi^{3+} , Cu^{2+} , Co^{2+} , Al^{3+} , Cr^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Ni^{2+} , dan Zn^{2+} (Siti Marwati, dkk: 2007). Kadar Ag^+ , Pb^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} dan Zn^{2+} dalam limbah tersebut telah melebihi ambang batas baku mutu air limbah (0,1 ppm untuk Ni^{2+}) terutama kadar ion logam Ni^{2+} dan Zn^{2+} yang relatif tinggi (Andi Bastian, 2008; Nasiatun, 2007; dan Siti Marwati, dkk, 2007). Berbagai upaya pengolahan limbah cair oleh beberapa pengrajin perak di Kotagede antara lain secara netralisasi menggunakan kapur dan pengendapan menggunakan tawas (Siti Marwati, 2007). Pembuangan limbah masih menjadi permasalahan karena belum semua pengrajin melakukan pengolahan limbahnya dan para pengrajin kesulitan untuk membuang endapan limbah yang terbentuk. Kajian ini dimaksudkan untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan merancang instalasi pengolahan limbah cair industri *electroplating*.

Berdasar karakter limbah cair dan beberapa hasil penelitian tentang eliminasi logam dalam limbah cair, dirancang instalasi pengolahan limbah cair industri *electroplating*. Instalasi ini terdiri atas bak penampung limbah cair dan bak tabung kaca yang di dalamnya disusun lapisan-lapisan material yang dapat menyerap/mengikat anion dan kation yang terdapat di dalam limbah sehingga limbah hasil olahan bebas dari bahan kimia berbahaya. Bahan penyusun lapisan berturut-turut dari bawah ke atas adalah (1) dacron, (2) arang aktif, (3) resin penukar kation, (4) resin penukar anion, (5) ijuk, (6) pasir, dan (7) kerikil. Diantara kedua lapisan diberi penyekat screen sablon. Arang aktif berfungsi menyerap bau, zat warna, anion, kation, dan zat organik yang tidak diikat oleh resin penukar anion maupun kation. Untuk mengikat ion logam Cu(II) dapat digunakan resin pengkelat ion Cu(II) yaitu Dowex M4195 (William Ewing, etc:2003:1). Untuk mengikat ion logam Ni(II) dapat digunakan resin Purolite NRW-100 (Ruey-Shin-Juang,2005:53-59). Screen sablon berfungsi untuk menahan masa padat.

Kata kunci: limbah cair *electroplating*, pengolahan, instalasi

Pendahuluan

Kotagede merupakan Sentra Industri Kerajinan Perak di Daerah Istimewa Yogyakarta. Banyak usaha kecil yang mengolah logam melalui proses *electroplating*. *Electroplating* atau penyepuhan merupakan salah satu proses pelapisan bahan padat dengan lapisan logam menggunakan arus listrik searah melalui suatu larutan elektrolit. Larutan elektrolit yang digunakan untuk *electroplating* logam biasanya diganti setiap dua minggu untuk mempertahankan mutu dan kehalusan permukaan serta penampilannya. Penggantian larutan ini menyebabkan biaya produksi tinggi dan limbah *electroplating* yang dihasilkan semakin banyak. Larutan yang digunakan tersebut berupa bahan kimia beracun dan berbahaya. Hal ini menyebabkan limbah yang dihasilkan berbahaya bagi kesehatan manusia baik yang terlibat langsung dengan kegiatan industri maupun lingkungan sekitarnya.

Usaha kerajinan perak ini dikelola secara konvensional dengan teknologi sangat sederhana. Berdasarkan hasil penelitian Kantor Pengendalian Dampak Lingkungan Kota

Yogyakarta dan UGM tahun 2001 (Anonim:2004), dinyatakan bahwa wilayah Kotagede terancam penyakit minamata karena terjadi pencemaran lingkungan yang kemungkinan besar disebabkan oleh industri penyepuhan perak. Limbah cair *electroplating* di Sentra Industri Kerajinan Perak Kotagede mengandung anion klorida, bromida, iodida, sianida, tiosianat, oksalat, karbonat, nitrit, nitrat, dan fosfat serta kation Ag^+ , Hg_2^{2+} , Pb^{2+} , Hg^{2+} , Bi^{3+} , Cu^{2+} , Co^{2+} , Al^{3+} , Cr^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Ni^{2+} , dan Zn^{2+} (Siti Marwati, dkk: 2007). Kadar Ag^+ , Pb^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} dan Zn^{2+} dalam limbah tersebut telah melebihi ambang batas baku mutu air limbah (0,1 ppm untuk Ni^{2+}) terutama kadar ion logam Ni^{2+} dan Zn^{2+} yang relatif tinggi (Andi Bastian, 2008; Nasiatun, 2007; dan Siti Marwati, dkk, 2007).

Berbagai upaya pengolahan limbah cair industri *electroplating* telah dilakukan oleh beberapa pengrajin perak di Kotagede namun hampir semua industri *electroplating* saat ini belum memiliki peralatan pengolahan limbah yang memadai. Metode pengolahan yang dilakukan oleh beberapa pengrajin antara lain secara netralisasi menggunakan kapur dan pengendapan menggunakan tawas (Siti Marwati, 2007). Pembuangan limbah masih menjadi permasalahan karena belum semua pengrajin melakukan pengolahan limbahnya dan para pengrajin kesulitan untuk membuang endapan limbah yang terbentuk. Secara umum, para pengrajin membuat *septic tank* untuk menampung limbah cair, ditambahkan tawas sampai terbentuk endapan, kemudian cairan yang tersisa dibuang ke lingkungan. *Septic tank* ini tidak kedap air sehingga dimungkinkan endapan akan merembes ke sumur-sumur warga sekitar pengrajin. Selain itu, tidak semua logam mengendap dengan pemberian tawas sehingga kemungkinan besar cairan yang dibuang ke lingkungan mengandung logam berat. Oleh karena itu diperlukan pengolahan limbah cair secara lebih baik dengan demikian diperlukan pula peralatan pengolahan limbah yang baik.

Kajian ini dimaksudkan untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan merancang instalasi pengolahan limbah cair industri *electroplating*.

Pembahasan

Karakter Limbah Cair Industri Electroplating

Limbah cair *electroplating* dapat berupa limbah cair asam dan air limbah yang berasal dari pencucian, pembersihan dan proses *electroplating*. Air limbah mengandung logam-logam terlarut, pelarut, dan senyawa organik maupun anorganik terlarut lainnya. Efluen dari industri *electroplating* yang mungkin dapat terjadi dapat dilihat pada Tabel 1 (World Bank, 1998).

Tabel 1. Efluen dari Industri *Electroplating*

Parameter	Jumlah Efluen Maksimum yang Diijinkan	Satuan
pH	7-10	-
TSS	25	mg/L
Minyak dan lemak	10	mg/L
Arsen	0,1	mg/L
Kadmium	0,1	mg/L
Kromium heksavalen	0,1	mg/L
Kromium total	0,5	mg/L
Tembaga	0,5	mg/L
Timbal	0,2	mg/L
Merkuri	0,01	mg/L
Nikel	0,5	mg/L
Perak	0,5	mg/L

Parameter	Jumlah Efluen Maksimum yang Diijinkan	Satuan
Zink	2	mg/L
Logam total	10	mg/L
Sianida bebas	0,2	mg/L
Fluorida	20	mg/L
Trikloroetana	0,05	mg/L
Trikloroetilena	0,05	mg/L
Fosfor	5	mg/L

Sumber: World Bank, 1998

Menurut Wiliam J.Cooper (1987) ion logam Ni^{2+} merupakan ion logam yang paling besar kandungannya dalam limbah cair industri *electroplating*. World Health Organization (WHO) menyatakan bahwa kadar nikel maksimum yang aman dalam air minum sebesar 0,1 ppm, akan tetapi pada umumnya dalam limbah industri *electroplating* konsentrasi Ni > 50 ppm (Dadhich dkk, 2003). Menurut *National Environment Quality Standards* (NEQS, 1999) dalam limbah cair *electroplating* mengandung polutan yang sangat tinggi berupa COD, TSS, Cu, Fe dan Zn. Polutan-polutan ini sangat berbahaya bagi lingkungan.

Karakteristik sifat fisika kimia limbah cair *electroplating* di Sentra Industri kerajinan perak Kotagede diketahui berdasarkan hasil penelitian Siti Marwati, dkk(2007). Sampel limbah cair *electroplating* diambil dari 3 pengrajin yang terletak di 3 kampung di daerah Kotagede. Limbah cair yang diambil merupakan limbah cair yang berasal dari air bekas cucian benda-benda sebelum proses *electroplating* maupun sesudah proses *electroplating*. *Electroplating* yang dilakukan emas, perak kromium, tembaga, dan kuningan. Limbah cair sampel jernih tidak berwarna - berwarna hijau dengan bau menyengat (khas asam) sedang derajat keasamannya berkisar 6,2 -10,6. Anion yang ada dalam limbah cair *electroplating* pada umumnya adalah klorida, sianida, tiosianat, oksalat, karbonat, nitrit, nitrat, fosfat, sulfida, sulfit, sulfat, dan tiosulfat. Kation yang terdapat dalam limbah cair *electroplating* di sentra industri Kotagede hadala perak, merkuri, timbal(II), bismut(III), cobalto(II), aluminium, kromium, besi(II), mangan(II), tembaga(II), nikel(II), dan seng(II). Kandungan ion sulfat berkisar (5,8603-31,482) ppm dan ion sianida berkisar (0,015-5,074) ppm.

Kandungan logam total Pb, Fe, Cu, Cr, Ni dan Zn d spektroskopi serapan atom dan Spektrofotometer UV-Vis dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Analisis Kuantitatif Logam dan Kation

No.	Logam	Konsentrasi (ppm)				
		I	II	III	IV	V
1.	Pb	0,273	0,277	0,276	0,262	0,287
2.	Fe	0,841	0,928	0,954	4,337	1,110
3.	Cu	0,754	1,224	1,472	1,264	1,278
4.	Cr Total	1,639	1,088	1,381	2,130	1,994
5.	Zn	ttd	0,088	ttd	20,982	6,137
7.	Ni	770,386	0,317	53,943	25,955	37,446
6.	Ion Cr^{6+}	0,059	0,840	0,032	1,701	0,659

ttd = tidak terdeteksi/di bawah limit deteksi alat.

Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan bahwa kadar masing-masing logam untuk tiap-tiap sampel hampir sama kecuali kadar Fe, Zn, Ni dan ion Cr^{6+} . Untuk kadar Zn dan Ni menunjukkan kadar yang relatif tinggi dibandingkan kadar logam yang lain.

Secara umum karakter sifat fisika kimia limbah cair *electroplating* di Sentra Industri Kerajinan Perak Kotagede menunjukkan adanya sifat fisika berupa bau dan warna yang khas, pH antara 6-10 dan kandungan anion serta kation yang relatif tinggi. Kandungan anion dan kation tersebut dipengaruhi oleh operasional poses *electroplating* yang dilakukan oleh para pengrajin.

Pengolahan Limbah Cair *Electroplating*

Berbagai metode pengolahan limbah cair untuk mengeliminasi kandungan anion maupun kation logam berat yang terdapat di dalam limbah cair sangat beragam. Metode tersebut antara lain metode penukaran ion, pengendapan kimia, elektrokimia, penyaringan dengan membran, adsorpsi dan penggunaan bacteria. Metode-metode tersebut memerlukan biaya yang relatif besar sehingga diperlukan pengembangan metode untuk eliminasi logam berat dengan menggunakan bahan dan biaya operasional yang relatif rendah (Kaneco et al, 2000).

Pengembangan metode pengolahan limbah untuk eliminasi logam berat yang paling banyak dilakukan adalah metode adsorpsi. Metode adsorpsi merupakan metode yang paling efektif. Bahan adsorben yang efektif antara lain karbon aktif, mineral lempung dan serbuk kayu (Pandey, 1985). Berbagai bahan adsorben ini mempunyai karakter tertentu dalam mengadsorpsi logam berat sehingga perlu dilakukan optimasi sebelum penggunaannya. Karbon aktif adalah arang (karbon) yang telah diaktifasi dengan bahan-bahan kimia maupun dengan pemanasan pada suhu tinggi. Aktivasi karbon aktif merupakan suatu perlakuan terhadap karbon yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga luas permukaannya bertambah besar dan mempengaruhi daya adsorpsinya (www.library.usu.ac.id/modules).

Hampir 60 % produk karbon aktif di dunia dimanfaatkan oleh industri-industri gula dan pembersih minyak dan lemak, kimia dan farmasi. Fungsi karbon aktif antara lain adalah sebagai penyaring, penghilangan bau, penghilangan warna, pemurnian, penghilangan senyawa-senyawa organik dan logam berat, penarikan kembali pelarut dan katalisator (www.library.usu.ac.id/modules). Menurut Leinonen (1999), karbon aktif merupakan bahan yang paling efektif untuk penyerapan logam Cd, Cr, Zn dan Cu pada larutan yang kompleks seperti limbah cair *electroplating*. Pada umumnya penggunaan karbon aktif didasarkan pada proses adsorpsi karena karbon aktif merupakan bahan berpori yang mempunyai daya adsorpsi.

Secara umum karbon aktif biasanya dibuat dari arang tempurung kelapa dengan pemanasan pada suhu 600-2000 °C pada tekanan tinggi. Pada kondisi ini akan terbentuk pori sangat halus dengan jumlah yang sangat banyak sehingga luas permukaan karbon aktif tersebut menjadi besar. Satu gram karbon aktif pada umumnya memiliki luas permukaan seluas 500-1500 m² sehingga sangat efektif menangkap partikel-partikel yang sangat halus berukuran 0.01-0,0000001 mm. Karbon aktif bersifat sangat aktif dan akan menyerap apa saja yang kontak dengan karbon tersebut baik dalam media cair maupun gas (www.library.usu.ac.id/modules).

Penelitian tentang eliminasi ion logam berat dengan menggunakan adsorben telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti. Verma dan Shukla (2000) melakukan penelitian tentang eliminasi ion logam Ni²⁺ dari limbah cair *electroplating* dengan menggunakan karbon dari limbah pertanian. Dalam penelitian ini dilakukan optimasi dengan variasi pH antara 2-7, variasi berat karbon 2-10 g/L dan variasi periode adsorpsi 0,5-6 jam. Dalam

penelitian ini diperoleh eliminasi ion logam Ni^{2+} dengan efisiensi 100 % pada kondisi pH 4, berat adsorpsi > 10 g/L dan periode adsorpsi 4 jam.

Aslam, dkk(2004) melakukan penelitian tentang eliminasi ion logam Cu^{2+} dari limbah industri dengan metode adsorpsi menggunakan bahan aktif. Dalam penelitian ini menggunakan sampel limbah industri *electroplating*, adsorben berupa pasir, dan dilakukan adsorpsi terhadap ion logam Cu^{2+} pada variasi tinggi adsorben dalam kolom 0,6, 0,8 dan 1,0 m serta variasi kecepatan injeksi 0,25, 0,50, 0,75 dan 1,00 mL/jam. Analisis ion logam Cu^{2+} sebelum dan sesudah adsorpsi dilakukan dengan AAS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi adsorben dalam kolom dan kecepatan injeksi maka efisiensi eliminasi ion logam Cu^{2+} makin baik.

Dalam artikel Khan, dkk, (2004) tentang eliminasi logam berat dalam air limbah menggunakan limbah pertanian sebagai adsorben. Limbah pertanian tersebut berupa ampas tebu, sekam padi, tempurung kelapa sawit, tempurung kelapa, sabut kelapa dll, untuk mengolah logam berat dalam air limbah. Adsorben ini mempunyai potensi yang relatif besar untuk pengolahan limbah cair yang mengandung logam berat seperti Cr^{6+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} dan Pb^{2+} . Proses adsorpsi ini dipengaruhi oleh pH dan temperatur. Setiap ion logam mempunyai kondisi adsorpsi yang optimum pada pH dan temperatur tertentu.

Vasu A.E (2008) melakukan penelitian tentang adsorpsi ion Ni^{2+} , Cu^{2+} dan Fe^{3+} dari larutan berair menggunakan karbon aktif. Dalam penelitian ini dilakukan variasi berat adsorben, pH (variasi pH 0-8) dan waktu adsorpsi. Dalam penelitian ini menunjukkan bahwa semakin besar berat adsorben dan nilai pH maka efisiensi adsorpsi semakin besar dan adsorpsi ketiga ion logam tersebut mengikuti orde reaksi *psedo* kedua.

Rancangan Instalasi Pengolah Limbah Cair Industri *Electroplating*

Berdasar karakter limbah cair dan beberapa hasil penelitian tentang eliminasi logam dalam limbah cair dirancang instalasi pengolah limbah cair industri *electroplating*. Instalasi ini terdiri atas bak penampung limbah cair dan bak/tabung kaca yang di dalamnya disusun lapisan-lapisan zat yang dapat menjerap/mengikat anion dan kation yang terdapat di dalam limbah sehingga limbah hasil olahan bebas dari bahan kimia berbahaya. Bahan penyusun lapisan berturut-turut dari bawah ke atas adalah (1) dacron, (2) arang aktif, (3) resin penukar kation, (4) resin penukar anion, (5) ijuk, (6) pasir, dan (7) kerikil. Diantara kedua lapisan diberi penyekat screen sablon. Di dasar tabung diberi kran. Dacron berfungsi untuk menahan masa padat yang ada di atasnya sehingga tidak keluar melalui kran. Arang aktif berfungsi menyerap bau, zat warna, anion, kation, dan zat organik yang tidak diikat oleh resin penukar anion maupun kation. Resin penukar anion berfungsi untuk mengikat anion sedang resin penukar kation berfungsi untuk mengikat kation. Untuk mengikat ion logam $\text{Cu}(\text{II})$ dapat digunakan resin pengkelat ion $\text{Cu}(\text{II})$ yaitu Dowex M4195 (William Ewing, etc:2003:1). Untuk mengikat ion logam $\text{Ni}(\text{II})$ dapat digunakan resin Purolite NRW-100 (Ruey-Shin-Juang,2005:53-59). Screen sablon berfungsi untuk menahan masa padat kedua lapisan agar tidak bercampur sehingga memudahkan proses regenerasi atau pencucian masing-masing lapisan. Ijuk, pasir, dan kerikil selain untuk menahan limbah padat juga untuk mengatur aliran limbah cair sedemikian rupa sehingga tidak mengubah posisi masing-masing lapisan.

Daftar Pustaka

- Andi Bastian, 2008, Analisis Kadar Ion Logam Ag^+ dalam Limbah Cair *Electroplating* Menggunakan Spektroskopi Serapan Atom, *Laporan Penelitian*, Yogyakarta, FMIPA UNY

- Anonim, (2004). *Perajin Membantah Perak Bisa Akibatkan Minamata*, Suara Pembaharuan 5 Januari 2004, Jakarta: Suara Pembaharuan.
- Aslam, M.M., Hassan, I., Malik, M., Matin, A., 2004, Removal of Copper from Industrial Effluent by Adsorption with Economical Viable Material, *Electron.J. Environ. Agric. Food Chem*, Vol 3(2):658-664
- Atkin, P.W., Julio de Paula, 2002, *Atkins' Physical Chemistry*, Edisi ke 7, New York, Oxford University Press, Inc.
- Chand, S., Aggarwal, V.K., Kumar, P., 1994, Removal of Hexavalent Chromium from the Wastewater by Adsorption, *Indian J. Environ. Health*, 36(3): 151-158 pp.
- Dadhich, A.S., Beebi, S.K., Kaitha, G.V., Chaitanya. K.V., 2003, Electroplating Effluent, *Asian J. Chem*, 15: 772-780
- Ewing, William., Evans, James. W., Doyle, Fiona M, 2003, The Effect of Plating Additives on the Recovery of Copper from Dilute Aqueous Solution Using the Chelating Resin Dowex M4195, *Proceeding , 5th International Symposium on Hydrometallurgy*, TMS, Berkeley: University of California at Berkeley
- Juang, Ruey-Shin., Kao, Hsiang-Chien., & Liu, Fong-Yi, 2005, Ion Exchange Recovery of Ni(II) from Simulated Electroplating Waste Solutions Containing Anionic Ligands, *Journal of Hazardous Material B128*:53-59
- Kaneco, S., Inomatta, K., Itoh, K., Funasaka, K., Musuyama, K., Itoh, S., Suzuki, T., Ohta, K., 2000, Development of Economical Treatment System for Plating Factory Wastewater. *Seikatsu Eisei*, 44:211-215.
- Khan, N.A., Ibrahim, S., Subramaniam, P., 2004, Elimination of Heavy Metal from Wastewater Using Agricultural Wastes as Adsorbents, *Malaysian Journal of Science* 23:43-51
- Leinonen, H., 1999, *Removal of Harmful Metals from Metal Plating Waste Waters Using Selective Ion Exchanges*. Helsinki University, Chemistry Dept.
- Nasiatun, M., 2007, Analisis Ion Kromium(VI) dalam Limbah Cair Electroplating secara Spektrofotometri UV-Vis. *Laporan Penelitian*, Yogyakarta, FMIPA UNY
- National Environmental Quality Standards for Municipal and Liquid Industrial Effluents (NEQS)*, 1999, Pakistan, Pakistan Gov.
- Pandey, K.k.K., Prasad G., Singh, V.N., 1985, Copper Removal from Aqueous Solution by Fly ash, *Water Res.*, 19:869-873
- Siti Marwati, 2007, *Kajian tentang Pengolahan Limbah Cair Elektroplating secara Sedimentasi dan Koagulasi Di Sentra Kerajinan Perak Kotagede*, Prosiding Seminar Nasional Kimia Oktober 2007, Yogyakarta, FMIPA UNY
- Siti Marwati, Regina Tutik Padmaningrum, Marfuatun, 2007, Karakterisasi Sifat Fisika Kimia Limbah Cair Electroplating, *Laporan Penelitian*, Yogyakarta, FMIPA UNY
- Vasu, A.E., 2008, Adsorption of Ni(II), Cu(II), and Fe(II) from Aqueous Solution Using Activated Carbon, *E-Journal of Chemistry*, 5(1): 1-9
- Verma, B., Shukla, N.P., 2000, Removal of Nickel(II) from Electroplating Industry Effluent by Agrowaste Carbons, *Indian J. Environ. Health*, 42(4): 145-150
- William J Cooper, 1987, *Chemistry in Water Use*, 1, 265.
- World Bank, (1998), *Pollution Prevention and Abatement: Electroplating Industry*, Draft Technical Background Document, Washington DC, Environment Dept.
- www.library.usu.ac.id/modules. (William Ewing, etc:2003:1).

SEMINAR NASIONAL
Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA

Sertifikat

No. : 1820/H34.13/PS/2008

diberikan kepada: Siti Marwati, M.Si.

Juridik Kimia FMIPA UNY



sebagai: *Pemakalah*

dengan judul : Rancangan Pengolahan Limbah Cair Industri Electroplating

diselenggarakan oleh FMIPA UNY, pada tanggal 30 Mei 2008 di Gedung Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UNY.



Yogyakarta, 30 Mei 2008
Ketua Panitia,

Dr. Hartono
NIP. 131656357