

OPTIMASI KONDISI PROSES ELEKTROKOAGULASI LOGAM KROMIUM DALAM LIMBAH CAIR ELEKTROPLATING

OPTIMIZATION OF THE CONDITION OF CHROMIUM ELECTROCOAGULATION PROCESS IN ELECTROPLATING LIQUID WASTE

Oleh: Resti Syara Ronita dan Regina Tutik Padmaningrum, Kimia FMIPA UNY

e-mail: restiisyara@gmail.com dan regina_tutikp@uny.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi optimum dari kombinasi elektroda, waktu elektrokoagulasi, pH dan rapat arus pada proses elektrokoagulasi dalam limbah cair elektroplating. Penelitian diawali dengan limbah cair elektroplating dihomogenkan dan dikarakterisasi di Balai Laboratorium Kesehatan dan elektroda dikarakterisasi di PSTA–BATAN. Optimasi kombinasi elektroda dengan memvariasi elektroda Al-Al, Fe-Fe, Al-Fe, dan Fe-Al. Optimasi waktu elektrokoagulasi dengan memvariasi 30, 60, 90, dan 120 menit. Optimasi pH dengan memvariasi pH 2, 4, 8, dan 10. Optimasi rapat arus dengan memvariasi 0,00125; 0,00375; 0,00625 dan 0,00875 A/cm². Kondisi optimum adalah kondisi yang menghasilkan % efisiensi terbesar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum proses elektrokoagulasi ini pada kombinasi elektroda Al-Fe dengan waktu elektrokoagulasi 60 menit, pada pH 4 dan rapat arus 0,00875 A/cm².

Kata kunci: kromium, kombinasi elektroda, waktu elektrokoagulasi, pH, rapat arus.

Abstract

The purpose of this research to examine the optimum condition with optimization electrode combination, time of electrocoagulation, pH, and current density of electrocoagulation process of electroplating liquid waste. The subjects of this research was chromium. The research starts with the electroplating liquid waste was homogenized and characterized at Health Laboratory and the electrode was characterized at PSTA–BATAN. Respectively optimization of electrode combination were the electrode Al-Al, Fe-Fe, Al-Fe, dan Fe-Al. Respectively optimization of time of electrocoagulation were 30, 60, 90 and 120 minutes. Respectively pH optimization were 2, 4, 8, and 10. Respectively current density optimization were 0.00125; 0.00375; 0.00625 dan 0.00875A/cm². Respectively optimum condition was a condition which can result the greatest percentage of the efficiency. The result of this research shows that the optimum condition of electrocoagulation process was on Al-

Fe electrode combination with time of electrocoagulation was 60 minutes, pH of 4 and the current density of 0.00875 A/cm^2 .

Keywords: chromium, electrode combination, time of electrocoagulation, pH, current density.

PENDAHULUAN

Kehidupan masyarakat modern tidak dapat lepas dari benda-benda yang dibuat dengan proses elektroplating. Elektroplating atau lapis listrik merupakan salah satu proses pelapisan bahan padat dengan lapisan logam menggunakan bantuan aliran listrik melalui suatu elektrolit berfungsi untuk pelapisan logam agar terlindungi terhadap korosi dan untuk memperindah tampilan produk agar terlihat lebih menarik [1]. Limbah cair elektroplating mengandung beberapa logam berat yang berbahaya bagi kesehatan apabila melewati ambang batas berdasarkan Peraturan Gubernur Provinsi DIY No.7 Tahun 2010 tentang batas maksimum limbah cair untuk industri pelapisan logam [2]. Kandungan ion logam yang terdapat pada limbah cair elektroplating khususnya logam kromium menyebabkan keracunan akut maupun kronis

yang berakibat buruk terhadap manusia [3]. Oleh karena itu perlu diolah sebelum dibuang ke lingkungan. Beberapa metode untuk pengolahan limbah cair elektroplating sebenarnya telah banyak dilakukan oleh praktisi industri tetapi belum berhasil secara maksimal [4]. Salah satu pengolahan limbah adalah metode elektrokoagulasi. Elektrokoagulasi merupakan suatu metode yang saat ini berkembang secara efektif diaplikasikan untuk mengolah air limbah. Secara umum keuntungan dari metode ini adalah efisiensi pemisahan yang lebih tinggi, sederhana dan lebih ramah lingkungan [5]. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses elektrokoagulasi antara lain: rapat arus, waktu operasi, tegangan, kadar asam, ketebalan pelat dan jarak elektroda [6].

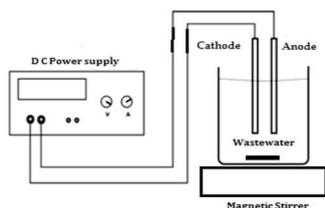
Agar diperoleh nilai efisiensi terbesar maka metode pengolahan

limbah cair elektroplating secara elektrokoagulasi memerlukan penetapan kondisi-kondisi operasional optimum. Kondisi optimum meliputi optimasi kombinasi elektroda, waktu, pH, dan rapat arus.

Metode elektrokoagulasi pada prinsipnya berdasarkan pada proses elektrolisis. Elektrolisis merupakan suatu alat yang dapat mengubah arus DC (*Direct Current*) untuk menghasilkan reaksi katodik. Setiap elektrolisis mempunyai dua elektroda yaitu katoda dan anoda [7].

METODE PENELITIAN

Subjek penelitian adalah logam Cr. Objek penelitian adalah efisiensi pengurangan logam Cr dalam limbah cair elektroplating. Variabel penelitian adalah kombinasi elektroda, waktu elektrokoagulasi, pH dan rapat arus. Rangkaian alat yang digunakan ditunjukkan oleh Gambar 1 [8].



Gambar 1. Skema Rangkaian Alat

Elektroda yang digunakan adalah pelat aluminium dan besi dengan lebar 4 cm, panjang 7,5 cm dan tebal 0,05 mm. Jarak antar elektroda 1 cm. Potensial 1,0 volt dan kecepatan pengadukan skala 7 pada rpm tertentu. Elektroda aluminium dan besi dapat berperan sebagai *sacrificial electrode* yaitu elektroda yang dapat berperan sebagai katoda maupun anoda [9].

Penelitian diawali dengan karakterisasi limbah cair elektroplating di Balai Laboratorium Kesehatan Yogyakarta dan karakterisasi elektroda di Pusat Sains dan Teknologi Akselerator-BATAN. Tahap selanjutnya adalah optimasi kombinasi elektroda dengan memvariasi elektroda Al-Al, Fe-Fe, Al-Fe, dan Fe-Al. Optimasi waktu elektrokoagulasi dengan memvariasi waktu 30, 60, 90, dan 120 menit. Optimasi pH dengan memvariasi pH 2, 4, 8, dan 10. Optimasi rapat arus dengan memvariasi rapat arus 0,00125; 0,00375; 0,00625 dan 0,00875 A/cm². Hasil proses elektrokoagulasi disaring dan filtratnya

dianalisis dengan menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA).

Nilai % efisiensi proses elektrokoagulasi dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi (\%)} = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \%$$

Keterangan:

C_0 : konsentrasi limbah awal

C_1 : konsentrasi limbah akhir

HASIL DAN DISKUSI

Karakterisasi Limbah Cair Elektroplating dan Elektroda

Konsentrasi logam Cr awal pada limbah cair elektroplating ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Konsentrasi Cr Total dalam Limbah Cair Awal Secara SSA

No.	Waktu Pengambilan	Konsentrasi Cr Total dalam Limbah Cair Awal
1.	23/07/2016	27,94
2.	17/09/2016	29,98

Berdasarkan Tabel 1, logam Cr yang dianalisis pada limbah cair elektroplating awal memiliki konsentrasi yang berbeda. Perbedaan tersebut dimungkinkan oleh pengenceran pada limbah ataupun proses elektroplating yang berbeda.

Tahap selanjutnya karakterisasi elektroda bertujuan untuk mengetahui logam lainnya yang terdapat pada elektroda Al dan Fe. Spesifikasi pelat elektroda Al dan Fe dapat dilihat pada Tabel 2.

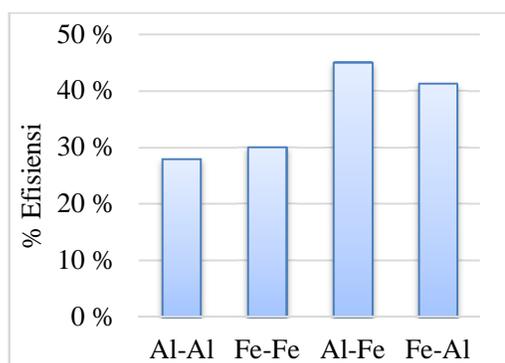
Tabel 2. Spesifikasi Pelat Elektroda Al dan Fe

Pelat elektroda	Unsur	Konsentrasi (%)
Al	Cr	12,213 ± 0,088
	Cu	10,895 ± 1,054
	Pb	7,468 ± 0,439
	Zn	6,155 ± 0,708
	Cd	1,845 ± 0,088
Fe	Al	61,244 ± 2,377
	Cr	3,069 ± 0,021
	Cu	1,883 ± 0,082
	Pb	1,514 ± 0,062
	Zn	1,371 ± 0,041
	Cd	0,522 ± 0,051
	Fe	91,641 ± 0,257

Pelat elektroda Al dan Fe mengandung beberapa logam seperti logam Cr. Logam Cr yang terdapat pada pelat tersebut dimungkinkan akan meluruh dan ikut mengendap pada flok yang terbentuk, sehingga dapat mempengaruhi proses elektrokoagulasi.

Optimasi Kombinasi Elektroda

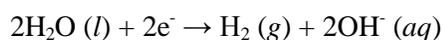
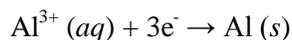
Optimasi ini dilakukan untuk mengetahui penurunan kadar logam kromium yang optimum untuk proses elektrokoagulasi. Hasil optimasi kombinasi elektroda ditunjukkan oleh Gambar 2.



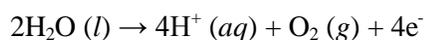
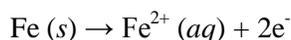
Gambar 2. Diagram Hubungan % Efisiensi dengan Kombinasi Elektroda

Kombinasi elektroda yang optimum adalah Al-Fe dengan nilai % efisiensi sebesar 44,98 %. Adapun reaksi yang terjadi pada elektroda Al-Fe pada saat proses elektrokoagulasi sebagai berikut [10], [11]:

- a. Reaksi pada Katoda



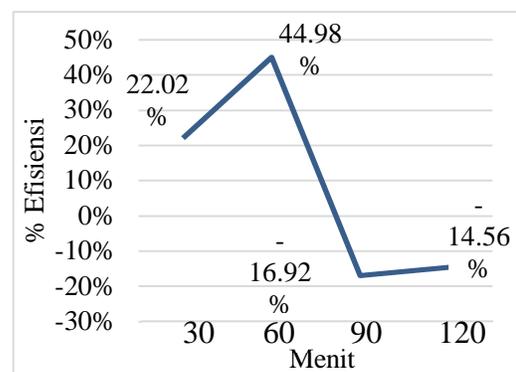
- b. Reaksi pada Anoda



Pada elektroda Al, sebagai katoda akan dihasilkan gas hidrogen dan pengendapan flok yang terbentuk dari reaksi ion logamnya. Pada elektroda Fe, sebagai anoda akan dihasilkan gas oksigen dan ion hidroksida [13].

Optimasi Waktu Elektrokoagulasi

Elektroda yang digunakan pada tahap ini adalah hasil dari optimasi kombinasi elektroda yang optimum yaitu Al-Fe. Al sebagai katoda dan Fe sebagai anoda. Hasil optimasi waktu elektrokoagulasi ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Hubungan % Efisiensi dengan Waktu Elektrokoagulasi.

Berdasarkan Gambar 3, waktu elektrokoagulasi yang optimum adalah 60 menit dengan % efisiensi sebesar

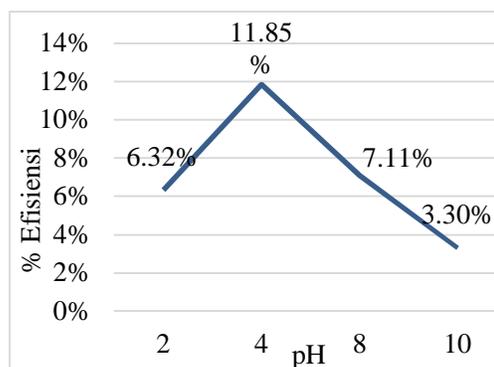
44,98 %. Apabila ditinjau dari hukum Faraday yang menyatakan bahwa waktu elektrolisis semakin lama maka logam yang terendapkan semakin banyak. Hal ini terjadi karena adanya proses terbentuknya koagulan yang dapat mempengaruhi tereduksinya logam-logam yang terkandung dalam sampel. Optimasi ini sangat bermanfaat pada proses elektrokoagulasi karena jika elektrokoagulasi dilakukan pada waktu yang relatif lama maka akan terjadi pengeroposan elektroda yang dapat menambah konsentrasi logam-logam dalam sampel.

Adapun faktor minus pada waktu 90 dan 120 menit dikarenakan bertambahnya kadar kromium yang disebabkan dari meluruhnya elektroda Al dan Fe. Elektroda Al mengandung logam Cr dengan kadar $(12,213 \pm 0,088)\%$ dan elektroda Fe mengandung logam Cr dengan kadar $(3,069 \pm 0,021)\%$.

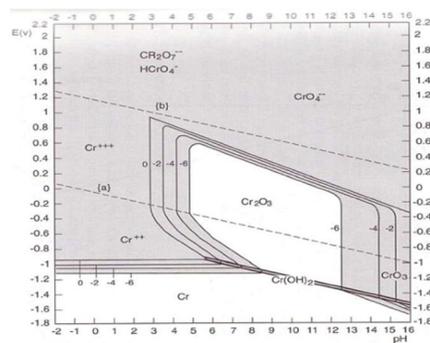
Optimasi pH

Waktu elektrokoagulasi yang digunakan adalah 60 menit dengan

kombinasi elektroda optimum adalah Al-Fe. Derajat keasaman mempengaruhi besarnya efisiensi yang akan dihasilkan, karena pH akan mempengaruhi jumlah ion OH^- yang berada di katoda. Ion OH^- pada katoda diperlukan oleh Al^{3+} pada anoda untuk membentuk $\text{Al}(\text{OH})_3$. Ion OH^- sebagian dapat bergabung dengan ion Cr^{3+} dan Cr^{6+} membentuk endapan hidroksida $\text{Cr}(\text{OH})_3$ dan $\text{Cr}(\text{OH})_6$ [4]. Hasil optimasi pH ditunjukkan oleh Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Hubungan % Efisiensi dengan pH

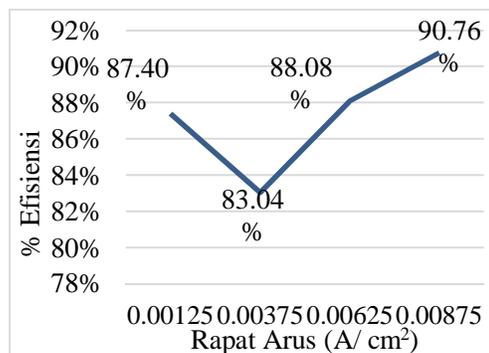


Gambar 5. Diagram Pourbaix

Ditinjau dari diagram Pourbaix pada Gambar 5, logam Cr mengalami tiga kondisi dalam air yaitu kondisi imun, kondisi pasif, dan kondisi terjadinya korosi. Pada kondisi imun reaksi yang paling dominan adalah ionisasi dan logam Cr tidak terkorosi. Kondisi kedua adalah kondisi pasif dimana reaksi yang dominan terjadi adalah pembentukan oksida berupa endapan Cr_2O_3 dan hidroksida Cr berupa endapan $\text{Cr}(\text{OH})_2$ yang sukar larut pada pH diatas 4 dan mencegah terjadinya korosi lebih lanjut, pada kondisi ini kelarutannya adalah 10^{-6} M sama dengan kelarutan pada kondisi imun. Kondisi korosi yang terjadi pada pH sangat tinggi dan pH sangat rendah. Dengan demikian pH yang optimum adalah pH 4 dengan % efisiensi sebesar 11,85 %.

Optimasi Rapat Arus

Optimasi ini dilakukan dengan menggunakan kombinasi elektroda Al-Fe, waktu elektrokoagulasi 60 menit, dan pada pH 4. Hasil optimasi rapat arus ditunjukkan oleh Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Hubungan % Efisiensi dengan Rapat Arus

Berdasarkan Gambar 6, dapat disimpulkan bahwa rapat arus optimum adalah $0,00875 \text{ A}/\text{cm}^2$ dengan nilai % efisiensi pengurangan logam Cr sebesar 90,76 %. Hukum Faraday menyatakan bahwa banyaknya zat yang diendapkan pada elektroda selama elektrolisis berlangsung sebanding dengan jumlah arus listrik yang mengalir melalui larutan tersebut, sehingga semakin besar rapat arus yang diberikan maka efisiensi pengurangan logam kromium dalam limbah cair elektroplating semakin besar. Hal ini dikarenakan, peningkatan efisiensi penurunan logam kromium yang terkandung dalam limbah cair dan rapat arus juga dapat mempengaruhi jumlah spesies kimia yang tereduksi.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Kombinasi elektroda yang optimum pada proses elektrokoagulasi adalah Al-Fe dengan nilai % efisiensi pengurangan logam Cr sebesar 44, 98 %.
2. Waktu elektrokoagulasi yang optimum pada proses elektrokoagulasi adalah 60 menit dengan nilai % efisiensi pengurangan logam Cr sebesar 44, 98 %.
3. Derajat keasaman yang optimum pada proses elektrokoagulasi adalah 4 dengan nilai % efisiensi pengurangan logam Cr sebesar 11,85 %.
4. Rapat arus yang optimum pada proses elektrokoagulasi adalah $0,00875 \text{ A/cm}^2$ dengan nilai % efisiensi pengurangan logam Cr sebesar 90,76 %.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Purwanto dan Syamsul Huda. (2005). *Teknologi Industri Elektroplating*. Semarang: Badan

- Penerbit Universitas Diponegoro. Hlm.5
- [2] Anonim. (2010). *Batas Maksimum Kandungan Logam Cr*. Keputusan Peraturan Gubernur Provinsi DIY No: 7 tahun 2010.
- [3] Heryando Palar. (1994). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: P. T. Rineka Cipta. Hlm. 132
- [4] Siti Marwati, Regina Tutik Padmaningrum, Marfuatun. (2008). *Karakterisasi Fisika Kimia Limbah Cair Elektroplating*. *Prosiding, Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA 2008: FMIPA UNY*
- [5] Mollah, M. Y. A., Schennach, R., Parga, J. R. and Cocke, D. L. (2001). *Electrocoagulation (EC)–Science and Applications*. *Journal of Hazardous Materials*, B84: 29 – 41.
- [6] Putero, S. H, dkk. (2008). *Pengaruh Tegangan dan Waktu pada Pengolahan Limbah Radioaktif yang Mengandung Sr-90 Menggunakan Metode Elektrokoagulasi*. *Prosiding, Seminar Nasional ke-14 Teknologi dan Keselamatan PLTN serta Fasilitas Nuklir ISSN: 0854-2910, Bandung*
- [7] Farida Hanum, dkk. (2015). *Aplikasi Elektrokoagulasi dalam Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit*. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol 4. No 4. Hlm. 13-17.
- [8] Rajemahadik, C. F., Kulkarni, S. V., Kulkarni, G. S. (2013), *Efficient Removal of Heavy*

- Metals from Electroplating Wastewater using Electrocoagulation, *International Journal of Scientific and Research Publication*, Vol. 3 Issue. 10.
- [9] Elfridawati Siringo-ringo, Ali Kusrijadi dan Yayan Sunarya. (2013). Penggunaan Metode Elektrokoagulasi pada Pengolahan Limbah Industri Penyamakan Kulit Menggunakan Alumunium sebagai *Sacrificial Electrode*. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol 4. No 2. Hlm. 96-107.
- [10] Gao P., Chen X., Shen F. And Chen G. (2005). Removal of Chromium(VI) from Wastewater by Combined Electrocoagulation-Electrofloculation without a Filter, *Sep Purif Technol.*, 43(2), 117-123
- [11] Heidmann I. And Calmano W. (2010) Removal Ni, Cu, and Cr from Galvanic Wastewater is An Electrocoagulation System with Fe and Al-electrodes, *Sep Purif Techno.*, 71(3), 308-314
- [12] Mollah, M.Y.A, et al. (2004), Fundamental Present and Future Perspectives of Elektrocoagulation, *Journal of Hazardous Material*, B114: pp. 199-21