

## PENGAMBILAN LOGAM $\text{Cr}^{6+}$ DAN Cr TOTAL DARI LIMBAH INDUSTRI ELEKTROPLATING SECARA ELEKTROKOGULASI

Rahmi Triwulandari<sup>1)\*</sup>, M. Nizar Pahlevi<sup>1)</sup>, Agus Mirwan<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat

<sup>2)</sup>Staf pengajar Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat

\*Email : [rahmi.wulan@gmail.com](mailto:rahmi.wulan@gmail.com)

**Abstrak-**Industri elektroplating adalah industri pelapisan logam dengan cara mengendapkan logam pelapis pada logam atau plastic yang dilakukan secara elektrolitik sehingga menghasilkan limbah yang mengandung logam berat. Elektrokoagulasi merupakan proses penggabungan gumpalan-gumpalan yang diakibatkan dari pengaliran arus listrik searah (DC) untuk pengambilan senyawa logam yang terdapat dalam limbah cair. Dalam proses ini akan terjadi reaksi reduksi dan oksidasi. Dimana logam akan tereduksi dan elektroda positif (Al) akan teroksidasi menjadi  $\text{Al}(\text{OH})_3$  yang berfungsi sebagai koagulan. Tujuan dari dilakukannya penelitian ini untuk mempelajari metode elektrokoagulasi menggunakan elektroda aluminium serta pengaruh lama waktu pengadukan dan kecepatan pengaduk terhadap pengambilan kadar  $\text{Cr}^{6+}$  dan Cr total. Elektrokoagulasi ini mengolah limbah cair elektroplating dengan dialiri listrik supaya ion-ion yang ada pada limbah terserap oleh koagulan pengikat yang di lepaskan dari elektroda sehingga akan terjadi ikatan antara ion-ion logam dengan koagulan. Variasi kecepatan pengaduk yaitu 200, 400 dan 600 rpm, sedangkan lama waktu pengadukan 25, 50 dan 75 menit. Berdasarkan hasil uji, setelah dilakukan analisis menunjukkan adanya penurunan yang cukup signifikan terhadap kadar  $\text{Cr}^{6+}$  dan Cr total dalam limbah elektroplating tersebut. Untuk  $\text{Cr}^{6+}$  diperoleh penurunan sebesar 95,1% pada menit 50 dan kecepatan pengaduk 200 rpm, sedangkan Cr total diperoleh penurunan sebesar 82,69% pada menit 75 dan kecepatan pengaduk 600 rpm.

**Keywords:** Elektroplating, Elektrokoagulasi, Elektroda aluminium

**Abstract-**Electroplating industry is a metal coating industry by way of metal precipitate coatings on metal or plastic which is done so that the electrolytic waste containing heavy metals. Electrocoagulation is a process of merging clumps resulting from the flux of electrical current (DC) for the extraction of metal compounds contained in wastewater. In this process of reduction and oxidation reactions occur. Where the metal is reduced and the positive electrode (Al) will be oxidized to  $\text{Al}(\text{OH})_3$  which serves as a coagulant. The purpose of this research to study methods of electrocoagulation using aluminum electrodes and the influence of the length of time stirring and stirring speed of decision- $\text{Cr}^{6+}$  levels and total Cr. This electrocoagulation electroplating wastewater with electricity so that the ions are absorbed by the coagulant in waste binder in the release of the electrode and causes the bond between the metal ions with coagulant. Variation of stirrer speed of 200, 400 and 600 rpm, whereas the long stirring time 25, 50 and 75 minutes. Based on test results, after an analysis showed a significant reduction of the levels of total  $\text{Cr}^{6+}$  and Cr in the electroplating wastes.  $\text{Cr}^{6+}$  to obtain a decrease of 95.1% at minute 50 and the stirrer speed of 200 rpm, whereas the total Cr obtained a decrease of 82.69% at minute 75 and a stirrer speed of 600 rpm.

**Keywords:** Electroplating, electrocoagulation, an aluminum electrode

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang Masalah

Industri elektroplating adalah pelapisan logam dengan cara mengendapkan logam pelapis pada logam atau plastik yang dilakukan secara elektrolitik sehingga menghasilkan limbah yang mengandung logam berat. Karakteristik limbah cair industri elektroplating dari pelapisan krom di Jakarta yaitu 75900 mg/L Cr; 49,502 mg/l  $\text{Cr}^{6+}$ ; 777 mg/L Cu, 18610 mg/L Fe, dan 92,5mg/L Mn (Roekmijati, 2009). Elektrokoagulasi merupakan

proses penggabungan gumpalan-gumpalan yang diakibatkan dari pengaliran arus listrik searah (DC) untuk mengurangi atau

menurunkan senyawa logam yang terdapat dalam limbah cair. Dalam proses ini akan terjadi reaksi reduksi dimana logam-logam akan direduksi dan diendapkan dikutub negatif, sedangkan elektroda positif (Al) akan teroksidasi menjadi  $(Al(OH)_3)$  yang berfungsi sebagai koagulan. Kelebihan metode ini dari pada metode-metode yang sebelumnya yaitu dalam metode ini tidak ada penambahan bahan kimia.

Dari data tingginya konsentrasi limbah logam berat  $Cr^{6+}$  dan Cr total di industri elektroplating. Yang dikhawatirkan akan mengganggu lingkungan dan kesehatan manusia. Oleh karena itu dilakukan penelitian mengenai pengambilan logam  $Cr^{6+}$  dan Cr total dari limbah elektroplating secara elektrokoagulasi dengan elektroda aluminium.

**TINJAUAN PUSTAKA**

**Sumber dan Karakteristik Air Limbah Elektroplating**

Salah satu contoh industri berbasis logam adalah elektroplating. Kegiatan elektroplating selain menghasilkan produk yang berguna, juga menghasilkan limbah padat dan cair serta emisi gas. Limbah padat berasal dari kegiatan polishing maupun penghilangan kerak, limbah cair berupa air limbah berasal dari pencucian, pembersihan dan proses plating. Air limbah yang dihasilkan banyak mengandung logam-logam terlarut, pelarut dan senyawa organik maupun anorganik terlarut lainnya (Purwanto dan Syamsul Huda, 2005).

Berdasarkan identifikasi disalah satu industri berbasis logam diperoleh data kualitas air limbahnya sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Analisis dari Salah Satu Industri Berbasis Logam

No.	Parameter	Satuan	Proses		
			Under-coating	Machining	Assambling
1	TDS	mg/L	147	171,5	105
2	TSS	mg/L	45	121	93
3	DHL	mg/L	451	839	443
4	Minyak	mg/L	46	75	56

Sumber: Laboratorium Lingkungan BaristanIndag, Semarang.

Tabel 2. Baku Mutu Limbah Cair Industri Elektroplating

Parameter	Beban Pencemaran Maksimum (mg/L)
TSS	0,4
Sianida Total (CN) tersisa	0,004 0,01
Krom Total (Cr)	0,002
Krom heksavalen ( $Cr^{6+}$ )	0,012 0,02
Tembaga (Cu)	0,02
Seng (Zn)	0,001
Nikel (Ni)	0,002
Kadmium (Cd)	6,0 – 9,0
Timbal (Pb)	20 L/m <sup>2</sup> produk pelapisan logam
pH	
Debit Limbah Maksimum	

Sumber: Kep-51/MENLH/10/1995.

**Pengolahan Air Limbah**

Salah satu hal dalam pemilihan teknologi pengolahan limbah adalah teknologi yang ramah lingkungan dan mempunyai keefektifan yang cukup tinggi. Selain, itu suatu teknologi tersebut harus dapat mengatasi masalah yang timbul atau minimal dapat mengurangi bobot di masalah yang telah timbul. Terhadap limbah sering kali diperlukan pengelolaan pendahuluan sebelum diangkut ke tempat pembuangan (Ginanjar, 1985).

**Prinsip Elektrokoagulasi**

Prinsip kerja elektrokoagulasi didasari oleh konsep fisika dasar, yaitu pengaruh gaya magnet terhadap ion-ion yang terdapat pada medan magnet yang kemudian ditangkap oleh plat. Selain itu suatu aliran listrik mampu menyebabkan destabilisasi unsur-unsur partikel atau senyawa terikat., diantaranya senyawa logam, hidrokarbon dan organik. Saat tidak stabil, muatan partikel dan ion akan menarik unsur partikel atau senyawa lain sampai terbentuk senyawa yang sangat stabil (Saranto, 2000).

**Elektroda Aluminium**

Elektroda yang digunakan pada umumnya adalah aluminium karena memiliki sifat sebagai koagulan. Kation menghidrolisis di dalam air membentuk sebuah hidroksi dengan spesies dominan yang tergantung pada kondisi pH larutan.

Kation bermuatan tinggi mendestabilisasi beberapa partikel koloid dengan membentuk polivalen polihidroksi kompleks. Senyawa kompleks ini mempunyai sisi yang mudah diadsorpsi, membentuk gumpalan (*aggregates*) dengan polutan. Pelepasan gas hidrogen akan membantu pencampuran dan pembentukan flok. Flok yang

dihasilkan oleh gas hidrogen akan diflotasikan kepermukaan reaktor (Huheey, J.E. 1978).

### **Variabel yang mempengaruhi Metode Elektrokoagulasi**

Pengaruh variable terhadap hasil proses elektrokoagulasi Menurut penelitian serupa yang telah dilakukan oleh (A.K. Golder, A.N. Samanta, dan S dalam Heni Kartikasari,dkk, 2006). Ray ada 2 variabel yang paling berpengaruh terhadap hasil proses elektrokoagulasi, yaitu :

1. Pengaruh Waktu  
Semakin lama waktu pengadukan, semakin banyak krom yang dapat terserap. Dan diperoleh waktu pengadukan optimum yaitu 25.5 menit.
2. Pengaruh Pengadukan  
Semakin cepat pengaduk berputar, semakin banyak ion krom yang dapat terserap. Pengadukan yang optimum sebesar 450 rpm.

### **Chrome**

Sebaiknya menurut Winter 1984, bila limbah chrom diendapkan dengan kapur akan terbentuk senyawa kalsium chromat yang berbahaya bagi ternak maupun manusia, karena senyawa chrom valensinya VI bersifat larut dalam air, mobil, reaktif dan mampu menembus dinding sel biologi (Winter D,1985). Krom valensi ( $Cr^{6+}$ ) bersifat lebih toksis dibandingkan Cr total,  $Cr^{2+}$  atau  $Cr^{3+}$ . Sedangkan nilai baku mutu untuk Cr di kebanyakan negara berkembang ialah kurang dari 2 mg/liter (BBKN, 2007).

### **METODOLOGI PELAKSANAAN**

Tujuan dari penelitian ini untuk mengurangi kadar krom valensi 6 ( $Cr^{6+}$ ) dan Cr total pada limbah cair industri elektroplating serta mempelajari cara pengambilan  $Cr^{6+}$  dan Cr total dengan proses elektrokoagulasi menggunakan elektroda aluminium. Penentuan kadar  $Cr^{6+}$  dengan analisis kuantitatif menggunakan spektrofotometer dan Cr total menggunakan AAS.

### **Alat Utama**

Alat utama yang digunakan pada penelitian ini adalah serangkaian alat elektrokoagulasi, alat pendukung yang digunakan pada penelitian ini adalah gelas baker, pipet tetes, botol semprot, penggaris, amplas, selotip, kertas saring, sudip, corong dan botol sampel.

### **Bahan**

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah industri elektroplating yang mengandung krom diperoleh dari industri

elektroplating yang ada di Gambut km 13 Kalimantan Selatan, serta elektroda aluminium dengan ukuran 100 mm x 25 mm x 0,5 mm dan bahan pembantu yang digunakan adalah akuades.

### **Prosedur Proses Elektrokoagulasi**

Pertama-tama gelas beaker diisi dengan cairan limbah elektroplating yang mengandung krom dengan volume 250 ml dan ditambahkan akuades 250 ml. Anoda dihubungkan dengan kutub positif sedangkan katoda dihubungkan dengan kutub negatif pada penyearah arus (adaptor). Selanjutnya arus bertegangan 5 volt dialirkan ke limbah elektroplating dan pengadukan dinyalakan dengan variasi 200, 400 dan 600 rpm, sedangkan variasi lama waktu pengadukan yaitu 25, 50 dan 75 menit. Cairan limbah didiamkan beberapa menit kemudian disaring untuk mendapatkan cairan limbah yang diinginkan. Cairan limbah yang dihasilkan dari proses elektrokoagulasi dianalisis lagi dengan menggunakan metode spektrofotometer dan AAS.

### **Analisa Hasil**

Analisa hasil secara kuantitatif menggunakan spektrofotometer untuk  $Cr^{6+}$  dan Cr total menggunakan AAS di Balai Riset Standarisasi (Baristand), BBTCL-BB Banjarbaru dan Laboratorium FMIPA Farmasi Banjarbaru.

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penelitian mengenai pengambilan konsentrasi  $Cr^{6+}$  dan Cr total pada limbah cair industri elektroplating di Gambut, Kalimantan Selatan telah dilakukan menggunakan metode elektrokoagulasi dengan variasi lama waktu pengadukan dan variasi kecepatan pengaduk.

Untuk varian lama waktu pengadukan dilakukan pada waktu 25, 50 dan 75 menit berdasarkan referensi (Golder, A.K, Samanta, A.N , Ray, S. dalam Heni Kartikasari, dkk 2006). Sedangkan varian kecepatan pengadukan dilakukan pada 200, 400 dan 600 rpm. Kecepatan tersebut dipilih karena pada kecepatan dibawah 200 rpm limbah tidak teraduk dengan sempurna dan pada kecepatan diatas 600 rpm akan terbentuk vortex pada larutan (Purwaningsih, 2008).

Tabel 3. Hasil Uji Cr<sup>6+</sup>

Waktu (menit)	Pengaduk (rpm)	Pengujian (mg/L)
Kadar awal sampel		1,636
25	200	0,28
	400	0,35
	600	0,22
50	200	0,08
	400	0,58
	600	0,22
75	200	0,17
	400	0,21
	600	0,15

Tabel 4. Hasil Uji Cr Total

Waktu (menit)	Pengaduk (rpm)	Pengujian (mg/L)
Kadar awal sampel		136,2
25	200	113,83
	400	81,06
	600	76,16
50	200	76,05
	400	79,32
	600	110,88
75	200	76,52
	400	81,57
	600	53,83

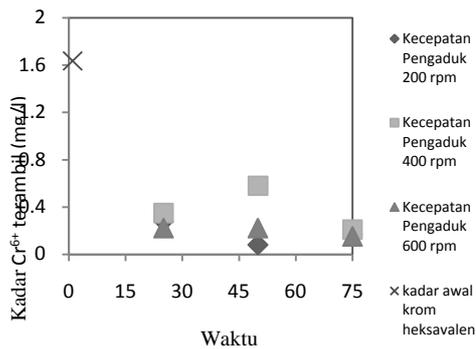
Hasil analisa pengujian Cr<sup>6+</sup> dan Cr total menggunakan spektrofotometer menunjukkan penurunan yang cukup signifikan. Profil penurunannya ditunjukkan pada Gambar 1 dan 2. Gambar 1 menunjukkan bahwa secara keseluruhan terjadi penurunan kadar Cr<sup>6+</sup> dari kadar awal sampel, hasil uji sebesar 1,636 mg/l. Penurunan kadar Cr<sup>6+</sup> yang diperoleh sebesar 0,58 s/d 0,08 mg/l. Penurunan yang cukup signifikan terjadi pada variasi kecepatan pengaduk 200 rpm dan waktu pengadukan 50 menit sebesar 0,08 mg/l atau 95,1%. Hal ini dikarenakan pada proses elektrokoagulasi terjadi pembentukan endapan dan flok-flok yang terapung (*flotation*), yang mengindikasikan ion-ion Cr<sup>6+</sup> akan bergerak dengan lintasan berbentuk helik dan mengitari plat elektroda sehingga pada saat itu ada kecenderungan ion-ion Cr<sup>6+</sup> dapat menempel pada seluruh plat elektroda.

Fluktuatifnya nilai penurunan kadar Cr<sup>6+</sup> ini diakibatkan plat elektroda sudah mengalami kejenuhan sehingga medan magnet yang terjadi sudah sangat kecil dan ini juga disebabkan sampel yang digunakan merupakan sampel yang sama untuk larutan yang mengandung Cr total. Dimana ketika terjadi proses reduksi maka kadar Cr<sup>6+</sup> yang terkandung dalam Cr total akan meningkat. Berdasarkan hasil penelitian Susetyaningsih, dkk 2008 ketika medan magnet di plat elektroda masih

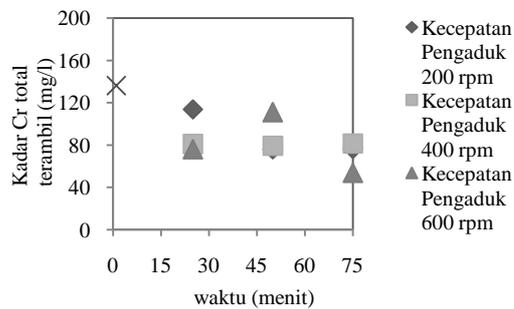
cukup besar, sistem ionik dari logam-logam saling berkompetisi untuk menempel pada plat elektroda. Pada saat plat elektroda jenuh dan medan magnet yang terjadi sangat kecil menyebabkan proses elektrokoagulasi tidak terjadi, sehingga kadar Pb<sup>2+</sup> dalam limbah tetap.

Gambar 2 menunjukkan bahwa secara keseluruhan terjadi penurunan pada Cr total, dari kadar awal sampel hasil uji diperoleh sebesar 136,2 mg/l. Penurunan secara signifikan terjadi pada variasi kecepatan pengaduk 600 rpm dan lama waktu pengadukan 75 menit sebesar 58,83 mg/l atau 82,69%. Hal ini dikarenakan pada proses elektrokoagulasi terjadi pembentukan endapan dan flok-flok yang terapung (*flotation*) yang menyebabkan ion Cr total bergerak membentuk lintasan helik dan mengitari plat elektroda sehingga keadaan ini cenderung membuat ion-ion Cr total menempel pada permukaan elektroda.

Semakin lama waktu pengadukan dan semakin besar kecepatan pengaduk maka Cr total akan terdistribusi sempurna karena limbah teraduk dengan cepat akibatnya Cr total terolah dalam limbah dan banyak terserap pada elektroda. Berdasarkan hasil penelitian Kartikasari, dkk 2006 konsentrasi Cr total yang terkandung dalam limbah mengalami penurunan seiring dengan bertambah lamanya waktu pengadukan.



Gambar 1. Hubungan antara Kadar Cr<sup>6+</sup> yang terambil dengan waktu



Gambar 2. Hubungan antara Kadar Cr total yang terambil dengan waktu

Semakin lama limbah di aduk maka partikel Cr total semakin berpeluang untuk terserap pada elektroda dan ketika luas permukaan elektroda sudah tidak dapat menyerap Cr total maka proses elektrokoagulasi tidak terjadi lagi. Untuk kecepatan pengaduk, semakin besar kecepatan pengaduk semakin tinggi kadar Cr total yang dapat terserap elektroda. Hal ini disebabkan karena semakin besar pengadukan berputar maka Cr total dalam limbah terdistribusi sempurna dalam larutan sehingga dapat terserap oleh elektroda. Ini sama seperti yang terjadi pada fluktuatifnya penurunan kadar Cr<sup>6+</sup>.

Cr<sup>6+</sup> bersifat lebih toksik dibandingkan Cr, Cr<sup>2+</sup> dan Cr<sup>3+</sup> sehingga dilakukan pengambilan Cr<sup>6+</sup> dengan berdasarkan pada Cr totalnya. Hasil uji akhir yang berbeda. Pada Cr<sup>6+</sup> terjadi pada 200 rpm dengan lama waktu pengadukan 50 menit. Ini terjadi karena Cr<sup>6+</sup> langsung tereduksi menjadi Cr<sup>3+</sup>, dimana Cr<sup>3+</sup> merupakan senyawa yang mudah diserap sehingga proses penyerapan Cr<sup>6+</sup> pada elektroda cepat terjadi. Berdasarkan penelitian Arbianti, 2005 untuk mengolah limbah krom maka Cr<sup>6+</sup> harus direduksi terlebih dahulu menjadi Cr<sup>3+</sup>. Dimana Cr<sup>3+</sup> mudah diendapkan atau diserap oleh senyawa-senyawa. Cr total terjadi pada kecepatan pengaduk 600 rpm dengan lama pengadukan 75 menit, karena cr total merupakan

Cr yang mengandung komponen Cr<sup>6+</sup>, Cr<sup>5+</sup>, Cr<sup>4+</sup>, Cr<sup>3+</sup> dan Cr<sup>2+</sup>, namun di industri penyamakan kulit hanya dikenal dua struktur atom krom yakni Cr<sup>6+</sup> dan Cr<sup>3+</sup> sehingga untuk proses reduksi yang terjadi memerlukan waktu yang lama.

## KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan diperoleh kesimpulan:

1. Elektrokoagulasi menggunakan elektroda aluminium memberikan penurunan yang cukup signifikan terhadap kadar Cr<sup>6+</sup> dan Cr total
2. Kecepatan pengaduk dan waktu kontak elektroda berpengaruh terhadap penurunan kadar Cr<sup>6+</sup> dan Cr total. Pada Cr<sup>6+</sup> terjadi pada kecepatan 200 rpm sebesar 95,1% pada lama waktu pengadukan 50 menit. Sedangkan Cr total pada kecepatan pengaduk 600 rpm sebesar 82,69% pada lama waktu pengadukan 75 menit.

## DAFTAR ISI

- Roekmijati W.S, dkk., 2009, "Presipitasi Bertahap Logam Berat Limbah Cair Industri Pelapisan Logam Menggunakan Larutan Kausatik Soda", Universitas Indonesia, Jakarta.
- Purwanto dan Syamsul Huda, 2005, "Teknologi Industri Elektroplating", Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang.
- Ginandjar, 1985, "Diktat Kuliah Spektrofotometri Serapan Atom", Badan Tenaga Atom Nasional, Yogyakarta.
- Saranto, 2000, "Penurunan Kadar *chrome* Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit dengan Elektroflokulasi", STTL, Yogyakarta.
- Huheey, J.E., 1978, "Inorganic Chemistry ; Principles of Structure and Reactivity", Second Edition. Harper & Row, Publishers, Inc, Now York.
- Heni Kartikasari, dkk., 2006, "Pengambilan Logam Chromium Dari Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit Secara", Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Winter D., 1985, "Tecno Economic Study on Measures to Mitigate the Environmental Impact of Leather Industry", Particularly in Developing Countries UNIDO, Innsburck.
- BBKN, 2007, " Sekilas Tentang Krom Pada Industri Penyamakan Kulit", Perpustakaan BBKN.
- Indah Purwaningsih, 2008, "Pengolahan Limbah Cair Industri Batik CV. Batik Indah Paradjongrang Yogyakarta Dengan Metode Elektrokoagulasi Ditinjau Dari Parametr

*Chemical Oxygen Demand (COD) dan Warna*, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Retno S, dkk, 2008, “Kajian Proses Elektrokoagulasi Untuk Pengolahan Limbah Cair”, STTL, Yogyakarta.

Slamet. R Arbianti, dkk., 2005, “Pengolahan Limbah Organik (Fenol) dan Logam Berat ( $\text{Cr}^{6+}$  atau  $\text{Pt}^{4+}$ ) Secara Simultan dengan Fotokatalis  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnO-TiO}_2$  dan  $\text{Cds-TiO}_2$ ”, Universitas Indonesia, Jakarta.

