

# **STUDI PENURUNAN KONSENTRASI KROMIUM DAN SENG DALAM LIMBAH CAIR ELEKTROPLATING *ARTIFICIAL* dengan METODA ELEKTROKOAGULASI**

**Ryanti Christianna, Ganjar Samudro dan Dwi Siwi Handayani**

Program Studi Teknik Lingkungan FT UNDIP, Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang Semarang

Email : ryanti\_christianna@yahoo.com

## **ABSTRACT**

Electrocoagulation is selected method to decrease concentration of heavy metal Cr and Zn, because it is easy in operation without using chemical addition that harmful for human. The purpose of this research studied the influence of efficiency toward the loading of concentration and the performance of electrode during electrocoagulation process used on continuous system. This experiment used three types of artificial wastewater, they were waste 1 contained 30.11 mg/L of Cr, 50.61 mg/L of Zn, 50.14 mg/L of Cu, waste 2 contained 41.08 mg/L Cr, 105.30 mg/L Zn, 103.25 mg/L Cu, and waste 3 contained 50.07 mg/L of Cr, 202.58 mg/L of Zn, 208.61 mg/L of Cu. This experiment used aluminum electrode with dimension of 10 cm x 15 cm, voltage of 12 volt, current strength of 5 ampere, and the operating time was 360 minutes by taking sample every 30 minutes. There was the washing of electrode every 120 minutes to increase the performance of electrode. Based on the research had been obtained the optimum time at each sample was 120 minutes which research up to 97% of efficiency and the optimum time of using electrode was 240 minutes. The best reduction of Zn reached 97.68% with the initial concentration of 50.61mg/L.

keywords: electrocoagulation, wastewater, heavy metal, Cr and Zn, continuous systems

## **PENDAHULUAN**

Limbah cair dan permasalahannya akan muncul dimana manusia beraktivitas, limbah cair rumah tangga volume yang dibuang dapat mencapai 60% lebih. Limbah cair industri sekitar 30-40%, tetapi selalu dianggap penyumbang pencemar lingkungan yang terbesar. Semakin berkembangnya manusia dan industri, limbah cair yang dihasilkan akan semakin besar, yang mengakibatkan krisis ekologi dan merusak ekosistem, karena limbah tersebut mengandung zat-zat berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia itu sendiri.

Pengolahan terhadap limbah cair sangat diperlukan terutama dalam menangani logam berat yang terkandung pada limbah cair seperti Kromium (Cr), dan Seng (Zn). Logam-logam ini merupakan limbah yang banyak diperoleh pada limbah cair industri, khususnya pada industri elektroplating. Logam-logam ini memiliki tingkat toksisitas yang sangat berbahaya

walaupun pada kuantitas yang kecil dan tidak mudah dirombak atau dihancurkan oleh organisme (Palar,1994).

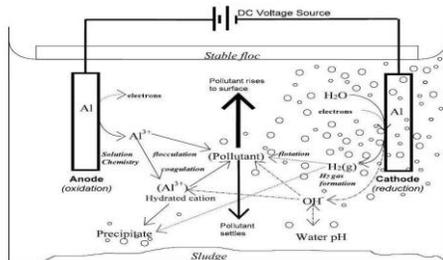
Elektrokoagulasi merupakan suatu proses yang tidak menggunakan bahan kimia, Proses elektrokoagulasi merupakan gabungan dari proses elektrokimia dan proses flokulasi-koagulasi (Retno, 2008). Metode ini mempunyai kelebihan yaitu nilai efisiensinya cukup tinggi dan tidak diperlukan penambahan bahan kimia. Saat ini cukup banyak penelitian mengenai penyisihan logam berat menggunakan elektrokoagulasi, seperti Nata'am adnoum (2004) menggunakan metode elektrokoagulasi pada limbah elektroplating (limbah awal mengandung Cu 33 mg/L, Zn 41 mg/L, dan Cr 24 mg/L) dapat menyisihkan Cu 93%, Zn 95%, dan Cr 87%, dan Konstantinos Dermentzis (2011) menggunakan limbah elektroplating (limbah awal mengandung Cu 283 mg/L, Zn 75 mg/L, dan Cr 167 mg/L) menyisihkan logam sebesar lebih

dari 90 % untuk tiap parameter. Menurut Kaji Terap Teknologi Lingkungan di P3TL (2002) mengenai karekteristik limbah efluen industri logam berat khususnya elektroplating, kandungan limbah Cr yang dihasilkan berkisar antara 30-50 ppm, sedangkan Zn berkisar antara 50-200 ppm.

Elektrokoagulasi ini dikenal sebagai reaksi in situ kation logam. Interaksi yang terjadi di dalam larutan:

- Migrasi menuju muatan elektroda yang berlawanan (elektroporesis) dan netralisasi muatan.
- Kation atau ion hidroksil membentuk sebuah endapan dengan pengotor.
- Interaksi kation logam dengan OH- membentuk sebuah hidroksida, dengan sifat adsorpsi yang tinggi selanjutnya berikatan dengan pollutan (bridge coagulation)
- Oksidasi polutan sehingga sifat toksiknya berkurang. (Holt,P., 2006).

Prinsip yang terlibat dalam elektrokoagulasi dapat dilihat pada gambar ini :



Tujuan dari penelitian ini sebagai  
**Gambar 1. Prinsip Elektrokoagulasi**  
 (Tjokrokusumo, 1995)

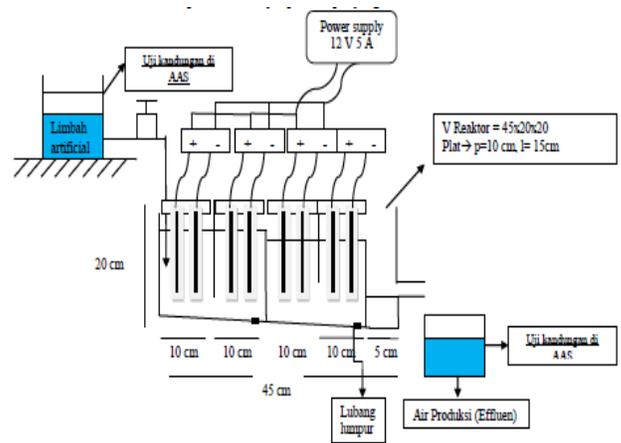
Penggunaan plat alumunium sebagai pemecah pencemar yang berbeda-beda menggunakan metode elektrokoagulasi secara kontinyu

**METODOLOGI**

Pada penelitian ini dilakukan analisis terhadap 3 jenis beban kandungan yang berbeda pada limbah *artificial* dengan efisiensi yang terjadi dan kemampuan plat selama 360 menit dalam

menyisihkan kandungan logam berat Cr dan Zn dengan menggunakan reaktor kontinyu dengan volume limbah 16000 ml. Kuat arus 5A, tegangan 12 V, waktu kontak 360 menit dengan pengambilan sampel setiap 30 menit, jarak antar elektroda 1,5 cm, debit 25 ml/menit. Setiap setelah 120 menit dilakukan pencucian plat. Tujuannya agar kinerja plat mampu berkerja secara maksimal. Karena secara teori, kendala terbesar dalam proses elektrokoagulasi adalah adanya flok yang melekat di katoda, sehingga pembentukan OH<sup>-</sup> berkurang.

Variabel yang diukur dalam penelitian ini antara lain pH, Suhu dan massa plat. Gambar alat elektrokoagulasi disajikan pada Gambar dibawah ini :



**Gambar 2. Mekanisme Elektrokoagulasi**

Keter:

1. Plat
2. Katoda (Elektroda -)
3. Anoda (Elktroda +)
4. Sampel limbah
5. Plat Al ukuran (15 x 10) cm
6. Bak penampung 20 liter
7. Kran debit

**ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Karakteristik limbah *artificial* yang disesuaikan dengan Kaji Terap Teknologi Lingkungan di P3TL (2002) jika dibandingkan dengan bakumutu (Perda Jateng No. 5 Tahun 2012)

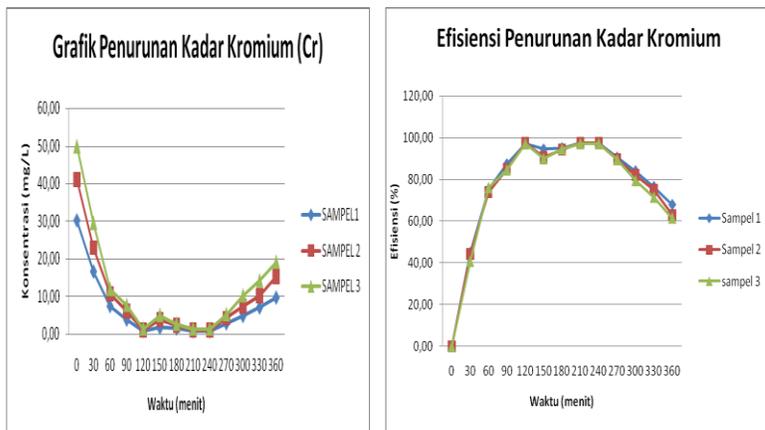
berada diatas bakumutu dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini :

No	Parameter	Konsentrasi			Baku Mutu
		Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	
1.	Kromium (VI)	30,11	41,08	50,07	0,1
2.	Seng	50,61	105,30	202,58	1,0
3.	pH	6,21	6,20	6,21	6-9
4.	Temperatur	28,1	28,3	28,3	38

Berikut adalah tabel dan grafik penyisihan Cr dengan elektrokoagulasi :

**Tabel 2. Hasil Penurunan Konsentrasi Cr**

Waktu	Sampel (mg/L)		
	1	2	3
0	30,11	41,08	50,069
30	16,53	22,91	29,59
60	7,34	10,70	11,93
90	3,74	6,10	7,68
120	0,79	0,99	1,41
150	1,60	3,80	5,01
180	1,39	2,37	2,67
210	0,69	1,06	1,38
240	0,69	1,06	1,38
270	2,76	4,18	5,21
300	4,73	7,34	10,22
330	7,00	10,22	14,20
360	9,60	15,16	19,20

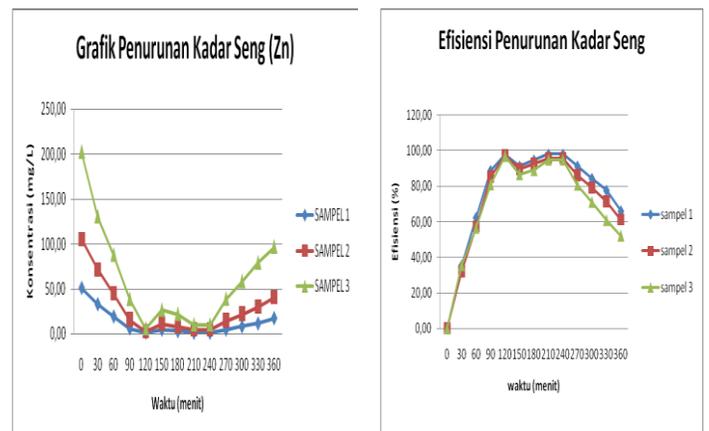


**Gambar 3. Grafik Penurunan Konsentrasi dan efisiensi removal Cr**

Tabel dan grafik di atas merupakan tabel nilai penurunan konsentrasi parameter Cr tiap 30 menit untuk masing-masing sampel. Terlihat bahwa semakin lama waktu proses elektrokoagulasi maka semakin besar pula efisiensi removal yang dihasilkan. Pada menit ke 120 dapat dilihat bahwa nilai efisiensi meningkat hingga di atas 95%. Efisiensi terbesar terdapat pada sampel 1 Cr yaitu sebesar 97,72% pada menit 210. Berikut adalah tabel dan grafik penyisihan Zn dengan elektrokoagulasi :

**Tabel 3. Hasil Penurunan Konsentrasi Zn**

Waktu	Sampel (mg/L)		
	1	2	3
0	50,61	105,30	202,58
30	32,66	71,63	130,42
60	19,04	44,88	87,84
90	5,68	15,58	38,30
120	1,17	2,65	5,80
150	4,40	11,05	26,62
180	2,66	7,70	22,00
210	0,97	4,42	10,10
240	0,97	4,42	10,10
270	4,38	14,46	38,79
300	7,91	21,91	58,30
330	11,29	30,06	79,12
360	17,18	40,81	96,77



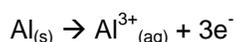
**Gambar 4. Grafik Penurunan Konsentrasi dan efisiensi removal Zn**

Berdasarkan data diatas menunjukkan adanya penurunan konsentrasi dan peningkatan efisiensi konsentrasi Seng (Zn) . Semakin lama waktu proses yang dibutuhkan maka semakin besar konsentrasi yang diturunkan dan semakin besar pula efisiensi yang diperoleh dengan menggunakan elektrokoagulasi. Pada percobaan kali ini, Nilai efisiensi pada Zn lebih besar dari pada Cr, yaitu mencapai 98,09 % pada sampel di menit 240.

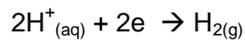
Penurunan konsentrasi Cr dan Zn dalam elektrokoagulasi ini dikarenakan proses oksidasi dan reduksi didalam reaktor elektrokoagulasi tersebut. Pada elektroda-elektroda terbentuk gas, gas seperti oksigen dan hidrogen ini akan mempengaruhi pereduksian Cr dan Zn. Menurut Sukardjo (1997), salah satu faktor yang mempengaruhi proses elektrokoagulasi adalah proses oksidasi reduksi yang menggunakan elektroda sehingga menyebabkan ion-ion  $Zn^{2+}$  dan  $Cr^{6+}$  akan tertarik menuju anoda. Elektroda merupakan alat penghantar arus listrik ke dalam larutan dimana air limbah yang mengandung  $Zn^{2+}$  dan  $Cr^{6+}$  akan terdorong oleh gaya gerak listrik ditimbulkan dan akan tertarik serta terikat pada elektroda sesuai dengan muatannya, akibatnya ion-ion pada air limbah akan tereduksi konsentrasinya. Menurut Reymond (1982), apabila dalam suatu larutan elektrolit ditempatkan dua elektroda dan diberi arus listrik searah, maka akan terjadi peristiwa elektrolisis. Dimana ion positif bergerak ke katoda (direduksi) dan ion negatif bergerak ke anoda (dioksidasi). Hal ini menyebabkan konsentrasi  $Zn^{2+}$  dan  $Cr^{6+}$  dapat turun, karena hantaran listrik dalam larutan akan diikuti dengan reaksi kimia.

Secara umum reaksi yang terjadi di dalam larutan elektrolit adalah sebagai berikut :

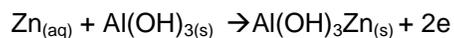
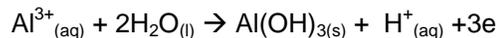
Reaksi di Anoda :



Reaksi di Katoda :



Dalam air terjadi reaksi sebagai berikut:



Selain terjadinya penurunan konsentasi, terdapat pula fenomena perubahan fisik elektroda/plat yang menunjukkan adanya arus listrik yang mengalir selama proses terjadi. Dalam melakukan percobaan ini , dilakukan penimbangan plat/elektroda sebelum dan sesudah proses pelapisan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui perubahan massa plat aluminium sebelum dan sesudah proses elektrokoagulasi. Data Hasil penelitian diatas menunjukkan bahwa anoda mengalami penurunan massa sebesar 0,1-0,6 mg sedangkan katoda mengalami kenaikan massa sebesar 0,1-0,2 mg. Penurunan massa pada anoda dapat terjadi karena adanya pelepasan ion-ion logam pada lempeng aluminium. Dan kenaikan massa pada katoda terjadi akibat adanya endapan-endapan yang tidak ideal yang melekat kuat dipermukaan katoda.

Jika dilihat dari efisiensi penurunan kadar Cr dan Zn, dapat terlihat bahwa kinerja plat Aluminium mulai berkurang pada saat menit ke 150 hingga 240 menit. Contohnya pada sampel 1, penyisihan terhadap konsentrasi Cr pada menit 120-150 hanya meningkat sebesar 0,30 %. Hal ini berbanding terbalik ketika proses terjadi pada menit 30 hingga menit ke 60 dan 90, yang mengalami pemyisihan terhadap konsentrasi Cr sebesar lebih dari 20% dari konsentrasi sebelumnya. Berdasarkan hasil penelitian dari karina (2010), pada percobaannya juga terjadi penurunan efisiensi dari waktu 150 menit-210 menit.

Secara teoritis, hal ini disebabkan karena saat waktu-waktu tersebut pada masing-masing waktu kontak terjadi penurunan kuat arus yang dikarenakan adanya lapisan yang menempel disekitar elektroda. Lapisan tersebut dapat mencegah arus listrik untuk mengalir ke dalam larutan sehingga ion aluminium yang keluar dari anoda berfungsi sebagai koagulan tidak sebesar pada menit sebelumnya. Sehingga koagulan yang berikatan dengan senyawa yang ada di dalam air sampel lebih sedikit. Sedikitnya flok yang terbentuk pada flokulasi menyebabkan flok yang mengalami flotasi dan sedimentasi juga sedikit, sehingga menyebabkan prosentase efisien penurunan parameter pada air sampel menurun bila dibandingkan menit sebelumnya.

Adapun kenaikan konsentrasi dan penurunan efisiensi yang terjadi pada menit ke 150 dan 270. Hal ini dikarenakan pada menit sebelumnya dilakukan pencucian, yang mana pada saat pencucian terjadi penambahan beban ke dalam elektrokoagulator, dengan operasional yang terhenti. Namun ketika diproses kembali, plat masih mampu mereduksi walaupun hanya sedikit. Pada menit 300, terjadi penurunan kinerja yang sangat signifikan. Hal ini disebabkan karena plat telah mengalami kejenuhan, sehingga tidak mampu mereduksi polutan yang ada dalam sampel. Sehingga didapat waktu optimum plat yaitu pada menit 240. Jika lebih dari itu, nilai konsentrasi akhir akan sama atau kembali ke konsentrasi awal.

#### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian yang berjudul "Studi Penurunan Konsentrasi Cr (VI) dan Zn (II) dalam Limbah Cair *Artificial* dengan Metoda Elektrokoagulasi" antara lain :

1. Efisiensi penurunan konsentrasi logam berat dua parameter dalam penelitian ini dengan metode elektrokoagulasi dengan waktu

kontak 360 menit dan waktu optimum yang diperoleh adalah 120 menit untuk semua sampel limbah adalah sebagai berikut :

##### a. Kromium (Cr)

Efisiensi penyisihan logam berat Cr pada sampel 1 adalah 97,38 %. pada sampel 2 adalah 97,58 % dan pada sampel 3 sebesar 97,17 %.

##### b. Seng (Zn)

Efisiensi penyisihan logam berat Zn pada sampel 1 adalah 97,68 %. pada sampel 2 adalah 98,48 % dan pada sampel 3 sebesar 97,14 %.

Dari kedua jenis kadar ini (Cr dan Zn), dapat disimpulkan bahwa dengan elektrokoagulasi secara kontinyu dapat menyisihkan logam dari besaran yang berbeda-beda sebesar lebih dari 97 % untuk 3 sampel yang konsentrasi bebannya berbeda-beda.

2. Dari penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan elektroda aluminium, maka didapatkan bahwa kinerja aluminium pada proses percobaan elektrokoagulasi secara kontinyu mampu berkerja maksimum pada waktu hingga 240 menit, lebih lama dari tanpa adanya pencucian plat, yang hanya mencapai 150 menit. Setelah 240 menit nilai efisiensi setiap sampel rata-rata konstan (tidak mengalami kenaikan setelah 240 menit). Dengan kata lain, lebih lama dari itu elektroda aluminium sudah tidak mampu mereduksi lagi logam atau polutan yang ada pada reaktor.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Karina, Rindang.2010. Jurnal tentang *Aplikasi Pasangan Elektroda Al-Al untuk Pengolahan Air Bersih dengan Sistem Kontinyu*. Surabaya : ITS
- Konstantinos Dermentzis, Achilleas Christoforidis N. 2011. *Removal of*

- nickel, copper, zinc, and chromium from synthetic and industrial wastewater by elektrokoagulation. International Journal of Enviromental Science. Vol 1 No: 5, 2011 (ISSN 0976-4402).*
- Metcalf and Eddy. 2003. *Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse*. New York: McGraw-Hill
- Nugroho, Marta Dwi. 2011. Laporan TA tentang *Studi Penurunan Kadar Logam Berat pada Limbah Cair dari Industri Pelapisan Logam dengan Proses Koagulasi –Flokulasi hal. 2-24*. Semarang : Teknik Lingkungan UNDIP
- Othman, F., J. Sohaili, M. F. Ni'am, dan Z. Fauzia. 2006. *Enchanching Suspended Solid Removal From Wastewater Using Fe Electrodes*. Malaysia : Universitas Teknologi Malaysia
- Palar, Heryando. 1994 . *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. PT Reneka Cipta : Jakarta
- Retno, Christina. 2002.Laporan TA tentang *Penurunan Kadar Cu dan Ag Limbah Cair Industri Pemurnian Logam Perak dengan Metoda Elektrokoagulasi Terhadap Variasi Waktu dan Kuat Arus hal. 8-35*. Semarang : Teknik Lingkungan UNDIP
- Reynold, Tom . D. 1982.*Unit Operations and Processes In Enviromental Engineering*.California : Texas A&M university
- Setyo, Haryo dkk. 2010. Laporan Tugas Akhir tentang *Studi Efisiensi Alat Elektrokoagulasi Kontinyu dalam Menyisihkan TSS, TDS, dan Zat Organik dalam Air Laut hal.8-10*. Semarang : Teknik Lingkungan UNDIP