

## **PENGARUH TEGANGAN LISTRIK DAN KECEPATAN ALIR TERHADAP HASIL PENGOLAHAN LIMBAH CAIR YANG MENGANDUNG LOGAM Pb,Cd DAN TSS MENGGUNAKAN ALAT ELEKTROKOAGULASI**

**SUNARDI**

*\*\* Pustek Akselerator dan Proses Bahan – BATAN  
Jl. Babarsari Kotak Pos 6101 YKBB  
Yogyakarta 55281 Telp. (0274) 488435*

### **Abstrak**

**PENGARUH TEGANGAN LISTRIK DAN KECEPATAN ALIR TERHADAP HASIL PENGOLAHAN LIMBAH CAIR YANG MENGANDUNG LOGAM Pb, Cd dan TSS MENGGUNAKAN ALAT ELEKTROKOAGULASI** Telah dilakukan percobaan proses elektrokoagulasi untuk reduksi kadar Pb,Cd dan TSS dalam limbah B3. Limbah yang digunakan memiliki karakteristik kontaminan Pb 6,450 ppm, Cd 1,978 ppm dan mengandung zat padat terlarut (TSS) sebesar 350 ppm. Percobaan dilakukan dengan metode tegangan listrik bervariasi dari 6 Volt sampai 12 Volt kecepatan alir bervariasi dari 6,720 ml/dtk sampai 37,300 ml/dtk dan waktu operasi tetap 60 menit dan pH limbah 6,5. Analisis Pb dan Cd dalam filtrat hasil akhir digunakan perangkat AAS, dan analisis TSS dengan metode gravimetri. Dari percobaan diperoleh hasil terbaik adalah tegangan listrik 12 volt dan kecepatan alir limbah masuk 6,720 ml/dtk yang memberikan nilai efisiensi elektrokoagulasi kontaminan Pb sebesar 99,845%, Cd sebesar 98,938% dan TSS sebesar 95,004 %.

*Kata kunci : pengolahan limbah cair, logam berat Pb, Cd dan TSS, elektrokoagulasi*

### **Abstract**

**THE INFLUENCE OF ELECTRIC VOLTAGE AND FLOW RATE TO THE RESULT LIQUID WASTE TREATMENT CONTAINING Pb,Cd AND TSS METAL.** By using electrocoagulation equipment. The proses of electrocoagulation to reduce of Pb,Cd and TSS contaminant. liquid waste have been done. The characteristic of liquid waste contain 6.45 ppm of Pb, and 1.978 ppm of Cd and 350 ppm of total dissolved solid.. The experiment have been perform of electric voltage variation 6 volt until 12 volt. and the flow rate of liquid waste very from 6,720 ml/ sec until 37,300 ml/sec, of operation time 60 minutes and pH of waste 6.5 constantly. Pb and Cd analyzed by using AAS and the TSS analyzed with gravimetry method. From the experiment the best result of the process obtained of electric efficiency of electrocoagulation of Pb contaminant 99.845%, Cd contaminant 98,938 % and TSS 95.004 %.

*Keywords : liquid waste treatment, Pb, Cd and TSS, electrocoagulation*

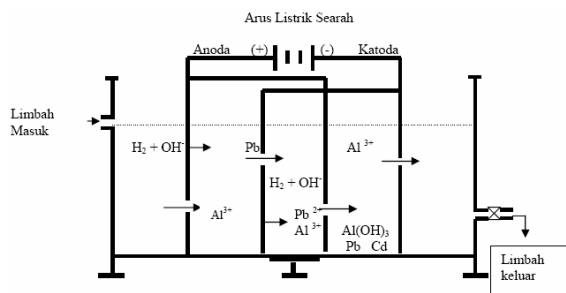
### **PENDAHULUAN**

Pada era globalisasi ini pemakaian bahan kimia sebagai bahan utama atau bahan pembantu proses pada pengolahan limbah harus benar-benar dipertimbangkan karena beban

pencemaran lingkungan semakin mengkhawatirkan. Penggunaan bahan kimia selektif hanya dianjurkan pada pengolahan limbah yang memiliki kadar kontaminan logam berat cukup tinggi dan diarahkan pada proses *recovery*. Pengolahan kimia pada pengolahan limbah radioaktif cair fase air biasanya hanya

mampu mengatasi persoalan limbah dengan karakteristik tertentu, sehingga beningan *overflow* biasanya masih mengandung sedikit logam berat dan zat padat terlarut yang belum dapat dibuang ke lingkungan<sup>[1,2]</sup>.

Proses elektrokoagulasi diduga dapat menjadi pilihan metode pengolahan limbah radioaktif cair fase air alternatif mendampingi metode-metode pengolahan yang lain yang telah dilaksanakan. Di Indonesia penerapan metode elektrokoagulasi untuk pengolahan limbah belum banyak dilakukan, sehingga perlu dilakukan pengkajian proses melalui percobaan-percobaan dan pengujian terhadap parameter yang berpengaruh. Proses elektrokoagulasi disusun meliputi proses equalisasi, elektrokimia, sedimentasi dan proses filtrasi. Proses equalisasi dimaksudkan untuk menyeragamkan limbah cair yang akan diolah terutama kondisi pH, pada tahap ini tidak terjadi reaksi kimia. Pada proses elektrokimia akan terjadi pelepasan  $Al^{3+}$  dari plat elektrode (anoda) sehingga membentuk flok  $Al(OH)_3$  yang mampu mengikat kontaminan dan partikel-partikel dalam limbah. Proses elektrokoagulasi dilakukan pada bejana elektrolisis yang di dalamnya terdapat dua penghantar arus listrik searah yang disebut elektroda, yang tercelup dalam larutan limbah sebagai elektrolit.



Gambar 1. Proses Elektrokoagulasi

Apabila dalam suatu elektrolit ditempatkan dua elektroda dan dialiri arus listrik searah, maka akan terjadi peristiwa elektrokimia yaitu gejala dekomposisi elektrolit, yaitu ion positif (kation) bergerak ke katoda dan menerima elektron yang direduksi dan ion negatif (anion) bergerak ke anoda dan menyerahkan elektron yang dioksidasi. Reaksi yang terjadi pada proses ini adalah<sup>[2,3]</sup>:

### Reaksi Pada Katoda

Ion  $H^+$  dari suatu asam akan direduksi menjadi gas hidrogen yang akan bebas sebagai gelembung-gelembung gas.

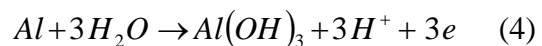


Larutan yang mengalami reduksi adalah pelarut (air) dan terbentuk gas hidrogen ( $H_2$ ) pada katoda

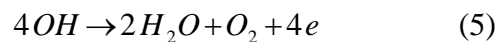


### Reaksi Pada Anoda :

Anoda terbuat dari logam alumunium akan teroksidasi



Ion  $OH^-$  dari basa akan mengalami oksidasi membentuk gas oksigen ( $O_2$ ),



Jika larutan mengandung ion-ion logam lain maka ion-ion logam akan direduksi menjadi logamnya dan terdapat pada batang katoda misalnya :



Dari reaksi tersebut, pada anoda akan dihasilkan gas, buih dan flok  $Al(OH)_3$ . Selanjutnya flok yang terbentuk akan mengikat logam Pb yang ada di dalam limbah, sehingga flok akan memiliki kecenderungan mengendap. Selanjutnya flok yang telah mengikat kontaminan Pb tersebut diendapkan pada bak sedimentasi dan sisa buih akan terpisahkan pada unit filtrasi.

Karena dalam proses elektrokoagulasi ini menghasilkan gelembung-gelembung gas, maka kotoran-kotoran yang terbentuk yang ada dalam air akan terangkat ke atas permukaan air. Flok-flok terbentuk ternyata mempunyai ukuran yang relatif kecil sehingga flok-flok yang terbentuk tadi lama-kelamaan akan bertambah besar ukurannya.

Pada percobaan ini digunakan limbah cair B3 yang mengandung kontaminan logam berat (Pb, Cd dan TSS). Melalui percobaan ini diharapkan dapat diperoleh data teknis tentang

proses elektrokoagulasi yang dapat diterapkan untuk kebutuhan pengolahan limbah radioaktif serta dapat diaplikasikan pada industri kimia. Variabel yang dicoba adalah tegangan listrik dan kecepatan aliran dan sebagai uji kualitas proses digunakan standar nilai baku yang ditetapkan untuk limbah cair industri kimia sesuai dengan surat keputusan Kep. Kepala BAPEDAL No 03/BAPEDAL/04/1995 tentang baku mutu limbah cair yaitu memiliki kadar maksimum yang diijinkan untuk Pb 0,15 ppm, Cd 0,05 ppm dan nilai TSS sebesar 100 ppm.

## METODE UJI COBA

### Bahan

Bahan yang digunakan adalah limbah B3 cair diambil dari laboratorium gedung 08 PTAPB BATAN Yogyakarta yang mengandung kontaminan logam berat Pb sebesar 6,450 ppm, Cd 1,978 ppm dengan kadar zat padat terlarut (TSS) sebesar 350 ppm.

### Alat

Alat yang digunakan adalah perangkat elektrokoagulasi hasil rekayasa, yang meliputi 4 bagian utama yaitu:

1. Bak equalisasi untuk menghomogenkan limbah,
2. Bak elektrokoagulasi untuk mengikat kontaminan dan partikel-partikel dalam limbah yang terdiri dari anoda (kutub positif) dibuat dari aluminium dan katoda (kutub negatif),
3. Bak sedimentasi untuk menyempurnakan proses yang terjadi pada bak elektrokoagulasi sehingga penurunan kadar logam lebih sempurna
4. Bak filtrasi untuk menghilangkan buih yang timbul dalam elektrokoagulasi.

Analisis Pb dan Cd digunakan perangkat AAS. dan penentuan kadar zat padat terlarut (TSS) digunakan metode gravimetri

### Cara Kerja

Limbah cair fase air yang akan diolah dipompa masuk ke dalam bak equalisasi dan setelah bak equalisasi penuh, pompa tetap dihidupkan dan luapan dari bak equalisasi dimasukkan ke dalam bak elektrokoagulasi. dengan kecepatan aliran bervariasi dari 6,720 mL/dtk, 17,600 mL/dtk, 19,140 mL/dtk,

23,660 mL/dtk dan 37,300 mL/dtk. Setelah bak elektrokoagulasi penuh dengan limbah, aliran arus listrik searah dihidupkan dengan mengaktifkan adaptor pada tegangan bervariasi dari 6,0 volt, 8 volt, 10 volt dan 12 volt. Hasil proses elektrokoagulasi dialirkan ke dalam bak sedimentasi, dan selanjutnya beningan dari bak sedimentasi dimasukkan ke dalam bak filtrasi dengan media penyaring pasir dan arang lolos 100 mesh.

Karakteristik proses elektrokoagulasi ditentukan dengan mengukur kadar Pb dan TSS dalam beningan yang keluar dari bak filtrasi untuk waktu proses (pengaliran) adalah 60 menit. Analisis kadar Pb dan Cd dilakukan dengan perangkat AAS dan penentuan kadar TSS ditentukan dengan metode gravimetri.

## HASIL UJI COBA DAN PEMBAHASAN

Data percobaan elektrokoagulasi ditampilkan dalam bentuk tabel seperti terlihat pada Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3, Tabel 4, Tabel 5 dan Tabel 6.

### Pengaruh Tegangan Listrik Terhadap Penurunan Kadar Logam Berat (Pb, Cd, Dan TSS) Dalam Filtrat Hasil Proses Elektrokoagulasi.

Data pengaruh tegangan listrik terhadap karakteristik proses elektrokoagulasi limbah B3 yang mengandung logam berat (Pb, Cd, dan TSS) dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3. Dari Tabel 1, 2, dan 3 diperoleh data bahwa setiap perubahan tegangan listrik akan menghasilkan efisiensi elektrokoagulasi yang berbeda. Semakin besar tegangan listrik (V), semakin rendah kadar logam berat (Pb, Cd, dan TSS) dalam filtrat yang diperoleh, sehingga semakin tinggi penurunan kadar logam berat (Pb, Cd dan TSS) dan semakin tinggi efisiensi elektrokoagulasinya. Dari Tabel 1, 2 dan 3 dapat dilihat bahwa reduksi kadar logam berat (Pb, Cd dan TSS) dalam limbah terbesar dicapai pada tegangan 12 volt (V). Pada kondisi ini kadar logam berat dalam filtrat Pb sebesar 0,034 ppm, Cd 0,037 ppm dan TSS 24,905 ppm sehingga efisiensinya adalah Pb 99,479 %, Cd 98,129 % dan TSS 92,884 %. Sedangkan pengaruh kecepatan alir terhadap nilai efisiensi reduksi kadar logam berat (Pb, Cd dan TSS) yang dinyatakan sebagai efisiensi elektrokoagulasi dapat dilihat pada Tabel 4, 5 dan 6. Dari Tabel

4,5 dan 6 dapat diperoleh data bahwa bahwa setiap perubahan kecepatan alir akan menghasilkan efisiensi elektrokoagulasi yang berbeda. Semakin lambat kecepatan alir yang masuk ke bak elektrokoagulasi, maka semakin tinggi nilai efisiensi elektrokoagulasi yang diperoleh, hal ini terjadi karena semakin lambat aliran limbah masuk ke bak elektrokoagulasi berarti semakin lama waktu kontakny sehingga

semakin tinggi nilai efisiensi elektrokoagulasinya.

Dari Tabel 4, 5, dan 6 dapat dilihat bahwa nilai efisiensi elektrokoagulasi terbesar dicapai pada kecepatan alir 6,720 mL/dtk yang menghasilkan nilai efisiensi elektrokoagulasi Pb sebesar 99,845 %, Cd sebesar 98,938 % dan TSS sebesar 95,004 %.

Tabel 1 Penurunan Kadar Pb Pada Tegangan Bervariasi

No	Tegangan (volt)	Kadar Pb		efisiensi (%)
		sebelum diolah (ppm)	sesudah diolah (ppm)	
1	6	6,450	0,148	97,705
2	8	6,450	0,122	98,109
3	10	6,450	0,035	99,457
4	12	6,450	0,034	99,479

Tabel 2 Penurunan Kadar Cd Pada Tegangan Bervariasi

No	Tegangan (volt)	Kadar Cr		efisiensi (%)
		sebelum diolah (ppm)	sesudah diolah (ppm)	
1	6	1,978	0,050	97,472
2	8	1,978	0,041	97,937
3	10	1,978	0,038	98,079
4	12	1,978	0,037	98,129

Tabel 3 Penurunan Kadar TSS Pada Tegangan Bervariasi

No	Tegangan (volt)	Kadar TSS		efisiensi (%)
		sebelum diolah (ppm)	sesudah diolah (ppm)	
1	6	350	29,525	91,564
2	8	350	27,403	92,171
3	10	350	24,980	92,863
4	12	350	24,905	92,884

Tabel 4 Penurunan Kadar Pb Pada Kecepatan Alir Bervariasi

No	Kecepatan alir (mL/dtk)	Kadar Pb		efisiensi (%)
		sebelum diolah (ppm)	sesudah diolah (ppm)	
1	6,720	6,450	0,010	99,845
2	17,600	6,450	0,023	99,645
3	19,140	6,450	0,034	99,479
4	23,660	6,450	0,039	99,395
5	37,300	6,450	0,056	99,132

Tabel 5. Penurunan Kadar Cd Pada Kecepatan Alir Bervariasi

No	Kecepatan alir (mL/dtk)	Kadar Cd		efisiensi (%)
		sebelum diolah (ppm)	sesudah diolah (ppm)	
1	6,720	1,978	0,021	98,938
2	17,600	1,978	0,028	98,584
3	19,140	1,978	0,037	98,079
4	23,660	1,978	0,040	97,978
5	23,660	1,978	0,049	97,523

Tabel 6. Penurunan Kadar TSS Pada Kecepatan Alir Bervariasi

No	Kecepatan alir (mL/dtk)	Kadar TSS		efisiensi (%)
		sebelum diolah (ppm)	sesudah diolah (ppm)	
1	6,720	350	17,486	95,004
2	17,600	350	20,513	94,139
3	19,140	350	24,905	92,884
4	23,660	350	25,007	92,855
5	37,300	350	25,158	92,812

Dari data tersebut, nyata bahwa besarnya tegangan listrik dan kecepatan alir berpengaruh terhadap penurunan kadar logam berat (Pb, Cd dan TSS) dalam limbah. Semakin besar tegangan listriknya semakin besar penurunan kadar logam beratnya (Pb, Cd dan TSS) dalam limbah.

Pada proses elektrokimia, pada saat yang sama adanya arus listrik di anoda mengakibatkan reaksi oksidasi terhadap anion (ion negatif), anoda yang terbuat dari logam seperti aluminium akan mengalami reaksi oksidasi membentuk ion  $Al^{3+}$  dan akan mengikat ion  $(OH)^-$  membentuk flok  $Al(OH)_3$  yang dapat mengikat ion-ion  $Pb^{++}$  serta menangkap sebagian logam  $Pb^0$ ,  $Cd^0$  serta logam-logam lain dan yang tidak terdeposit pada batang katoda. Ketiga kondisi ini yang memungkinkan terjadinya penurunan kadar Pb, Cd dan TSS dalam limbah. Pada percobaan ini penurunan kadar Pb dalam limbah terbesar terjadi pada tegangan listrik 12 volt Ampere dan kecepatan alir limbah masuk 6,720 ml/dtk. yang menghasilkan efisiensi elektrokoagulasi atau efisiensi penurunan kadar logam berat (Pb) sebesar 99,845 %, Cd sebesar 98,938 % dan TSS sebesar 95,004 %.

## KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan :

1. Perangkat elektrokoagulasi secara teknis memberikan unjuk kerja yang baik karena mampu mereduksi kontaminan dalam limbah di atas 95 % dan limbah yang keluar sudah memenuhi baku mutu limbah cair sesuai SK GUB DIY NO 281/KPTS/1998 tentang baku mutu limbah cair Pb 0,10 ppm, Cd 0,15 ppm dan TSS 100 ppm.
2. Kondisi terbaik pada percobaan ini dicapai pada tegangan listrik 12 volt dan kecepatan alir limbah masuk ke bak elektrokoagulasi 6,720 mL/dtk yaitu memberikan efisiensi elektrokoagulasi kontaminan Pb sebesar 99,845 %, Cd sebesar 98,938 dan TSS sebesar 95,004 %.

## DAFTAR PUSTAKA

1. RONODIRDJO, S, 1982, "Diktat Kuliah Pengolahan Sampah Radioaktif", Bagian Teknik Nuklir Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
2. DJAJADININGRAT, ASIZ, H, 2004, *Pengolahan Limbah Cair Tanpa Bahan Kimia*, ITB, Bandung.
3. ANONIM, 1995, "Pengelolaan Limbah B-3 Tentang Persyaratan Teknis Pengolahan Limbah Bahan-bahan Berbahaya dan Beracun", Kep. Kepala BAPEDAL No 03/BAPEDAL/04/1995.

## **TANYA JAWAB**

### **Pertanyaan**

1. Apakah arti dari elektrokoagulasi? (Kris Tri Basuki)
2. Limbah yang diolah merupakan limbah B3 atau limbah radioaktif dalam abstrak tercantum sebagai limbah radioaktif? (Kris Tri Basuki)
3. Masih banyak bagian yang perlu diperbaiki! (Kris Tri Basuki)
4. Apakah fungsi tegangan dalam proses elektrokoagulasi? (Kris Tri Basuki)

### **Jawaban**

1. Elektrokoagulasi adalah proses pengendapan/pengikatan limbah
2. Ada kesalahan pada penulisan abstrak, yang benar adalah limbah B3 bukan radioaktif
3. Terima kasih atas sarannya, akan segera diperbaiki.
4. Untuk mengikat limbah.