

## KAJIAN PROSES ELEKTROKOAGULASI UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH CAIR

RETNO SUSETYANINGSIH \*, ENDRO KISMOLO \*\*, PRAYITNO \*\*

\*Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan, YLH - Yogyakarta

\*\* Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan-BATAN

Jl. Babarsari Kotak Pos 1008, DIY 55010

Telp. 0274.488435, Faks 487824

### Abstrak

**KAJIAN PROSES ELEKTROKOAGULASI UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH CAIR.** Telah dilakukan percobaan proses elektrokoagulasi untuk reduksi kadar timbal (Pb) dalam limbah cair. Limbah yang digunakan memiliki kadar kontaminan Pb 10,00 ppm dan mengandung zat padat terlarut (TSS) sebesar 200 ppm. Percobaan dilakukan dengan metode aliran kontinu sebesar 1,5 liter /menit, pada kuat arus searah bervariasi dari 1,0 sampai 5,0 ampere dan waktu operasi dari 60 sampai 120 menit. Analisis Pb dalam filtrat hasil akhir digunakan perangkat AAS, dan analisis TSS dengan metode gravimetri. Dari percobaan diperoleh nilai efisiensi elektrokoagulasi kontaminan Pb sebesar 99,16 % dan TSS sebesar 80,24 % pada kuat arus 5,0 Ampere, waktu operasi 120 menit.

Kata kunci : Elektrokoagulasi , Pb.

### Abstract

**THE STUDY OF ELECTROCOAGULATION PROCEES FOR THE TREATMENT OF LIQUID WASTE.** The experiment of electrocoagulation procees for reduction of Pb contain in the liquid waste has been done. The used wastes are contain contaminant of Pb 10.00 ppm and Total Solid Suspended (TSS) 200 ppm. The experiment was done by continu methode at flow rate 1.5 liters/ minute, on the dirrect current varied from 1.0 to 5.0 ampere and the operation time from 60 to 120 minutes. Analysing of Pb contaminant in the filtrate of the last product was be used AAS utilities, and for TSS analysed was gravimetry methode. From the experiment can be obtained the effisiency electrocoagulation value of contaminan of Pb was 99.16 % and TSS are 80.24 % on the dirrect current of 5.0 Ampere and time of procees of 120 minutes.

Keywords : Electrocoagulation, Pb.

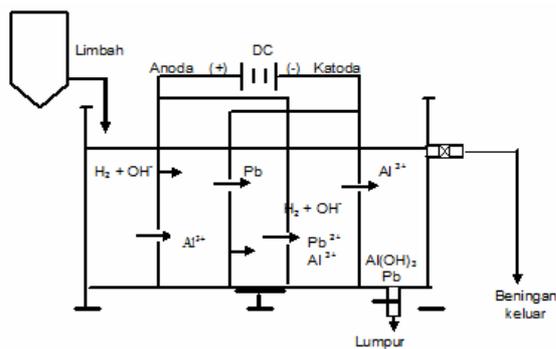
### PENDAHULUAN

Pada era sebelum dan bahkan setelah globalisasi ini pemakaian bahan kimia sebagai bahan utama maupun bahan pembantu pada proses 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 B3 cair fase air biasanya hanya mampu mengatasi

persoalan limbah dengan karakteristik tertentu, sehingga beningan yang dihasilkan dari proses pengolahan kimia biasanya masih mengandung sedikit logam berat dan zat padat terlarut sehingga belum dapat dibuang ke lingkungan (1,4,5).

Proses elektrokoagulasi merupakan gabungan dari proses elektrokimia dan proses flokulasi-koagulasi. Proses ini diduga dapat menjadi pilihan metode pengolahan limbah radioaktif dan limbah B3 cair fase air alternatif mendampingi metode-metode pengolahan yang lain yang telah dilaksanakan. Kelebihan proses elektrokoagulasi untuk mengolah limbah cair

adalah pada proses ini tidak ada penambahan kimia. Metode ini belum pernah diaplikasikan pada skala laboratorium dan pada skala industri, sehingga perlu dilakukan pengkajian proses melalui percobaan-percobaan pendahuluan dan pengujian terhadap parameter yang berpengaruh. Proses elektrokoagulasi disusun meliputi proses equalisasi, elektrokimia, sedimentasi dan proses filtrasi. Proses elektrokoagulasi meliputi beberapa tahap yaitu proses equalisasi, proses elektrokimia (flokulasi-koagulasi) dan proses sedimentasi. 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. Reaksi yang terjadi pada proses ini adalah <sup>(3,4)</sup> :

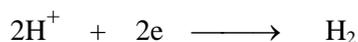


Gambar 1. Proses Elektrokoagulasi

Apabila dalam suatu elektrolit ditempatkan dua elektroda dan dialiri arus listrik searah, maka akan terjadi peristiwa elektrokimia yaitu gejala dekomposisi elektrolit, dimana ion positif (kation) bergerak ke katoda dan menerima elektron yang direduksi dan ion negatif (anion) bergerak ke anoda dan menyerahkan elektron yang dioksidasi <sup>(5)</sup>.

#### 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 hydrogen ( $H_2$ ) pada katoda



#### Anoda

Anoda terbuat dari logam aluminium akan teroksidasi



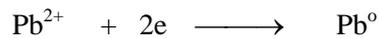
Ion  $OH^-$  dari basa akan mengalami oksidasi membentuk gas oksigen ( $O_2$ ),



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



Contoh :



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 (proses sedimentasi) dan sisa buih akan terpisahkan pada unit filtrasi.

Pada percobaan pendahuluan ini digunakan limbah radioaktif cair simulasi yang mengandung kontaminan logam Pb. Melalui percobaan ini diharapkan dapat diperoleh data teknis yang berupa data awal unjuk kerja tentang proses elektrokoagulasi yang dapat diterapkan untuk kebutuhan pengolahan limbah radioaktif serta dapat diaplikasikan pada industri kimia. Variabel yang dicoba adalah kuat arus dan waktu operasi dan sebagai uji kualitas proses digunakan pembandingan standar nilai baku yang ditetapkan untuk limbah cair industri kimia sesuai dengan surat keputusan Kepala BAPEDAL No 03/BAPEDAL/04/1995 dan Keputusan Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 281/ KPTS/1998 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri Di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta yaitu kadar maksimum yang diperbolehkan untuk unsur timbal sebesar 0,30 mg/l serta untuk TSS sebesar 50 mg/l <sup>(3)</sup>.

## METODE

### Bahan

Bahan yang digunakan adalah limbah radioaktif cair simulasi yang mengandung kontaminan logam berat Pb sebesar 10,00 ppm dengan kadar zat padat total terlarut (Total Solid Suspended = TSS) sebesar 200 ppm.

### Alat

Alat yang digunakan adalah perangkat elektrokoagulasi hasil rekayasa dengan debit 1,5 liter/menit, dan untuk analisis Pb digunakan perangkat AAS. Sedangkan penentuan kadar zat padat terlarut (TSS) digunakan metode gravimetri

### Cara Kerja

#### Pengaruh kuat arus

Limbah cair fase air yang akan diolah dipompa masuk ke dalam bak equalisasi dengan debit aliran 1,5 liter/ menit dan setelah bak equalisasi penuh, pompa tetap dihidupkan dan luapan dari bak equalisasi dimasukkan ke dalam bak elektrokoagulasi. Setelah bak elektrokoagulasi penuh dengan limbah, aliran arus listrik searah dihidupkan dengan mengaktifkan adaptor pada tegangan 4,0 volt dan kuat arus bervariasi dari 1,0 sampai 5,0 ampere dan waktu operasi proses elektrokoagulasi masing-masing selama dari 60 menit. Hasil proses elektrokoagulasi dialirkan ke dalam bak sedimentasi, dan selanjutnya beningan dari bak sedimentasi dimasukkan ke dalam bak filtrasi dengan media penyaring pasir lolos 100 mesh. Karakteristik proses elektrokoagulasi ditentukan dengan mengukur kadar Pb dan TSS dalam beningan yang keluar dari bak filtrasi.

#### Pengaruh waktu proses elektrokoagulasi

Pada percobaan ini waktu proses elektrokoagulasi divariasi dari 60 sampai 90 menit untuk semua perlakuan, sehingga diperoleh data efisiensi proses elektrokoagulasi untuk parameter kadar Pb dan nilai TSS. Analisis kadar Pb dilakukan dengan perangkat AAS dan penentuan nilai TSS ditentukan dengan metode gravimetri.

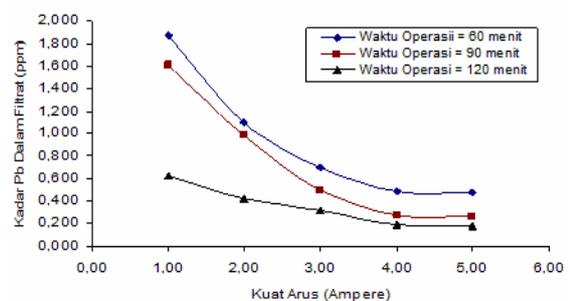
## HASIL PERCOBAAN DAN PEMBAHASAN

Data percobaan elektrokoagulasi ditampilkan dalam bentuk grafik seperti terlihat

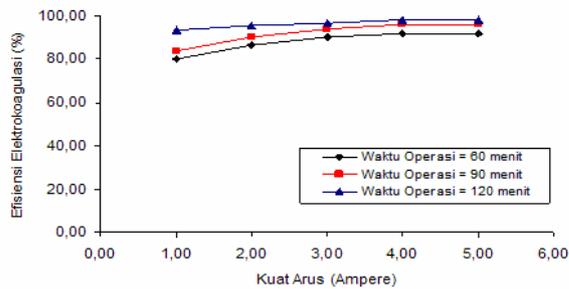
pada Gambar 2, Gambar 3, Gambar 4 dan Gambar 5.

Pengaruh kuat arus dan waktu operasi proses elektrokoagulasi terhadap penurunan kadar Pb dalam filtrat hasil proses elektrokoagulasi. Data pengaruh kuat arus dan waktu operasi proses elektrokoagulasi terhadap karakteristik proses elektrokoagulasi limbah Pb dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3. Dari percobaan yang telah dilakukan diperoleh data bahwa setiap perubahan kuat arus akan menghasilkan efisiensi elektrokoagulasi yang berbeda. Semakin besar kuat arus (I), semakin rendah kadar logam Pb dalam filtrat yang diperoleh, hal ini terjadi untuk setiap perubahan waktu kontak (waktu elektrokoagulasi), semakin besar waktu kontak maka kadar Pb dalam filtrat semakin rendah. Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa reduksi kadar Pb dalam limbah terbesar dicapai pada kuat arus (I) 5,0 Ampere dan waktu kontak 120 menit. Pada kondisi ini kadar Pb dalam filtrat sebesar 0,184 ppm.

Sedangkan pengaruh kuat arus dan waktu operasi proses elektrokoagulasi terhadap nilai efisiensi reduksi kadar Pb yang dinyatakan sebagai efisiensi elektrokoagulasi dapat dilihat pada Gambar 3. Dari data yang diperoleh dapat dinyatakan bahwa setiap perubahan kuat arus akan menghasilkan efisiensi elektrokoagulasi yang berbeda. Semakin besar kuat arus (I) yang digunakan, maka semakin tinggi nilai efisiensi elektrokoagulasi yang diperoleh, hal ini terjadi untuk setiap perubahan waktu kontak (waktu elektrokoagulasi), semakin besar waktu kontak maka semakin tinggi nilai efisiensi elektrokoagulasinya.



Gambar 2. Pengaruh Kuat Arus Terhadap Kadar Pb Dalam Filtrat Produk Akhir, Pada Berbagai Waktu Elektrokoagulasi



Gambar 3. Pengaruh Kuat Arus Terhadap Nilai Efisiensi Elektrokoagulasi Limbah Pb Pada Berbagai Waktu Elektrokoagulasi

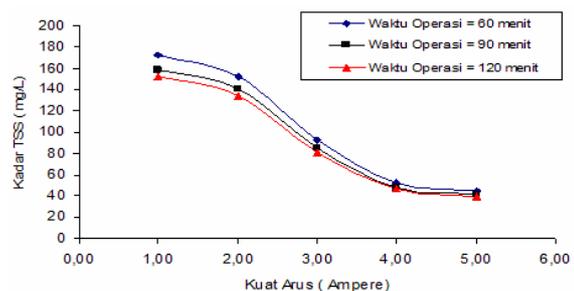
Sedangkan dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa nilai efisiensi elektrokoagulasi terbesar dicapai pada kuat arus 5,0 Ampere dan waktu operasi selama 120 menit, yaitu menghasilkan nilai efisiensi elektrokoagulasi sebesar 99,16 %.

Dari data tersebut, nyata bahwa besarnya kuat arus dan waktu kontak berpengaruh terhadap penurunan kadar Pb dalam limbah. Semakin besar kuat arus yang digunakan maka waktu kontakannya semakin singkat. Hal ini terjadi karena adanya perubahan arus listrik akan terjadi medan magnet di sekitar elektroda. Dengan adanya medan magnet di sekitar elektroda, ion-ion Pb akan bergerak dengan lintasan berbentuk helik mengitari plat elektroda sehingga pada saat itu ada kecenderungan ion-ion  $Pb^{++}$  dapat menempel pada seluruh permukaan plat elektroda.

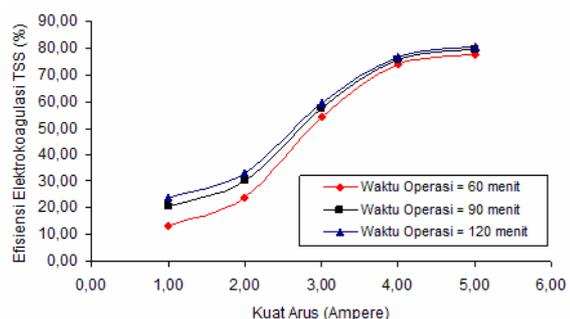
Pada proses elektrokimia, pada saat yang sama adanya arus listrik di anoda akan terjadi reaksi oksidasi terhadap anion (ion negatif), anoda yang terbuat dari logam seperti aluminium akan mengalami reaksi oksidasi membentuk ion  $Al^{3+}$  dan akan mengikat ion  $(OH)^-$  membentuk flok  $Al(OH)_3$  yang dapat mengikat ion-ion  $Pb^{++}$  serta menangkap sebagian logam Pb yang tidak terdeposit pada batang katoda. Ketiga kondisi ini yang memungkinkan terjadinya penurunan kadar Pb dan Cd dalam limbah. Pada percobaan ini penurunan kadar Pb dalam limbah terbesar terjadi pada kuat arus 5,0 Ampere (maksimum peralatan) dengan waktu kontak 120 menit yaitu menghasilkan efisiensi elektrokoagulasi atau efisiensi penurunan kadar Pb sebesar 99,16 %. Percobaan masih harus dilanjutkan dengan inovasi peralatan untuk kuat arus di atas 5,0 ampere.

Pengaruh kuat arus dan waktu operasi terhadap karakteristik proses elektrokoagulasi

kadar zat padat terlarut (TSS). Data pengaruh kuat arus terhadap karakteristik penurunan kadar TSS dalam limbah pada berbagai waktu proses elektrokoagulasi dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5. Dari Gambar 4 dan Gambar 5 diperoleh data bahwa kuat arus berpengaruh terhadap nilai penurunan kadar TSS dalam limbah. Semakin besar nilai kuat arus yang diberikan akan terjadi penurunan kadar TSS dalam limbah atau nilai efisiensi elektrokoagulasinya semakin besar. Hal ini juga terjadi pada perubahan waktu proses, semakin lama waktu prosesnya akan dihasilkan penurunan kadar TSS yang semakin besar. Dari data yang diperoleh kondisi terbaik untuk mereduksi TSS adalah pada kuat arus 5,0 ampere dengan waktu kontak selama 120 menit, yaitu menghasilkan efisiensi elektrokoagulasi (penurunan kadar TSS) sebesar 80,24 % dengan nilai TSS dalam efluen sebesar 39,528 mg/L.



Gambar 4. Pengaruh Kuat Arus Terhadap Kadar TSS Dalam Filtrat Produk Akhir, Pada Berbagai Waktu Elektrokoagulasi



Gambar 5. Pengaruh Kuat Arus Terhadap Nilai Efisiensi Elektrokoagulasi Kadar TSS Pada Berbagai Waktu Elektrokoagulasi

Dari data yang diperoleh pada percobaan ini seperti terlihat pada Gambar 2 sampai Gambar 5, nilai efisiensi elektrokoagulasi yang diperoleh pada kuat arus di atas 4,0 ampere kenaikannya tidak signifikan dan cenderung tetap. Kasus ini juga terjadi pada penurunan

kadar Pb dan kadar TSS, di atas 4,0 Ampere nilai kadar Pb dan TSS cenderung tetap. Hal ini diduga karena terjadi kejenuhan pada plat elektroda yang digunakan pada elektrokoagulator yaitu semua permukaan plat elektrode tertutup oleh flok yang terbentuk, sehingga sudah berkurang kemampuannya untuk menarik ion-ion Pb dalam limbah. Dampak dari kondisi ini menyebabkan terjadinya penurunan besarnya medan magnet.

Ketika medan magnet diantara plat elektroda masih cukup besar, sistem ionik dari logam-logam yang ada dominan saling berkompetisi untuk menempel pada plat elektroda dan proses oksidasi pada plat anoda juga masih besar. Sehingga meskipun dalam larutan nampak lebih keruh, tetapi kekeruhan tersebut selain diakibatkan adanya kotoran, sebagian besar kekeruhan diduga diakibatkan oleh flok  $Al(OH)_3$  yang akhirnya mengendap pada bak sedimentasi. Dengan demikian nilai efisiensi elektrokoagulasi yang diperoleh masih cukup besar.

Tetapi pada saat plat elektroda sudah jenuh dan medan magnet yang terjadi sudah sangat kecil maka proses elektrokimia sudah minimum dan proses elektrokoagulasi tidak terjadi, sehingga kadar Pb dalam limbah dan nilai TSS akan menjadi tetap. Pada saat proses elektrokoagulasi sudah mencapai titik terendah yaitu pada saat plat elektroda tidak menimbulkan medan magnet, kadar Pb dalam limbah dan nilai TSS masuk akan sama dengan yang keluar dari bak sedimentasi.

## KESIMPULAN

Dari data, teori dan data percobaan ini dapat diambil kesimpulan :

1. Elektrokoagulasi secara teknis dapat digunakan untuk proses pengolahan limbah efluen hasil pengolahan kimia limbah B3 cair karena mampu mereduksi kontaminan (dalam percobaan ini adalah kontaminan timbal) dalam limbah di atas 90 %.
2. Kondisi terbaik pada percobaan ini dicapai pada kuat arus 5,0 Ampere, waktu operasi elektrokoagulasi selama 120 menit, yaitu memberikan efisiensi elektrokoagulasi kontaminan Pb sebesar 99,16 % dan TSS sebesar 80,24 %.

## SARAN

Kegiatan ini masih harus dikaji terus hingga diperoleh kondisi operasi yang aplikatif untuk pengolahan limbah B3 atau limbah radioaktif cair terutama dalam preparasi umpan, pengaturan kuat arus, waktu operasi dan penyempurnaan proses operasinya.

## DAFTAR PUSTAKA

1. RONODIRDJO, S, 1982, "Diktat Kuliah Pengolahan Sampah Radioaktif", Bagian Teknik Nuklir Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
2. ZEMANSKY, SEARS, 1986, *Fisika Untuk Universitas 2 " Listrik dan Magnet"*, Penerbit Bina Cipta, Bandung.
3. ANONIM, 1998, "Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri Di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta", Keputusan Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 281/ KPTS/1998.
4. ANONIM, 1995, "Pengelolaan Limbah B-3 Tentang Persyaratan Teknis Pengolahan Limbah Bahan-bahan Berbahaya dan Beracun", Keputusan Kepala BAPEDAL No 03/BAPEDAL/04/1995.
5. DJAJADININGRAT, ASIZ, H, 2004, "Pengolahan Limbah Cair Tanpa Bahan Kimia", ITB, Bandung.
6. SK DIRJEN BATAN No 11/Dj/1986 SK DIRJEN BATAN No 11/Dj/1986 *Tentang Ketentuan Keselamatan untuk Pengelolaan Limbah Radioaktif*, Badan Tenaga Atom nasional, Jakarta, (1986).

## TANYA JAWAB

### Pertanyaan

1. Keberhasilan proses? (Ani Guntarti-UAD)

### Jawaban

1. Tingkat keberhasilan alat, dari percobaan pada aplikasi elektrokoagulasi limbah Pb adalah menghasilkan/memberikan nilai efisiensi elektrokoagulasi logam Pb di atas 90% dan efisiensi elektrokoagulasi TSS di atas 80%

