

Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Kimia Menggunakan Metode Elektrokoagulasi

Chemical Laboratory Liquid Waste Treatment Using Electrocoagulation Method

Yulia Sukmawardani^{1,*}, Vina Amalia²

¹ Program Studi Pendidikan Kimia, UIN Sunan Gunung Djati, Bandung

² Jurusan Kimia, UIN Sunan Gunung Djati, Bandung

*E-mail: yulia.sukmawardani@yahoo.co.id

DOI: <https://doi.org/10.26874/jkk.v2i2.29>

Received: 22 May 2019, Revised: 14 July 2019, Accepted: 15 July 2019, Online: 30 Nov 2019

Abstrak

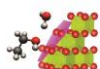
Limbah cair laboratorium merupakan salah satu permasalahan yang ditemui di Perguruan Tinggi. Sebelum dibuang ke lingkungan perairan, limbah cair tersebut harus melewati pengolahan terlebih dahulu. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi cemaran limbah laboratorium tersebut yaitu dengan menurunkan kadar logam berat yang terdapat dalam limbah dengan menggunakan metode elektrokoagulasi. Elektrokoagulasi menjadi salah satu alternatif pengolahan limbah karena metode ini mudah dan sederhana untuk dilakukan, namun menghasilkan efisiensi penyisihan logam yang cukup tinggi. Pada penelitian ini telah diujicobakan pengolahan limbah cair laboratorium dengan menggunakan metode elektrokoagulasi. Pengolahan limbah cair dengan elektrokoagulasi menggunakan elektroda Al-Al, memberikan hasil penyisihan logam yang sangat signifikan. Termasuk penurunan kadar senyawa organik dan padatan total dalam limbah mengalami penurunan. Tetapi limbah hasil pengolahan dengan elektrokoagulasi ini belum memenuhi baku mutu yang disyaratkan dalam Peraturan Daerah Propinsi Jawa Barat No 6 Tahun 1999 Tentang Baku Mutu Limbah cair. Karena konsentrasi logam yang cukup tinggi pada limbah cair laboratorium, maka diperlukan proses pengolahan limbah sebelum dan sesudah proses elektrokoagulasi.

Kata kunci: elektroda Al, elektrokoagulasi, limbah cair laboratorium

Abstract

Laboratory liquid waste is one of the problems encountered in universities. Before discharged into the aquatic environment, the liquid waste must pass through the processing first. One way that can be done to reduce the contamination of laboratory waste is by lowering the heavy metal content contained in the waste by using electrocoagulation method. Electrocoagulation becomes one of the alternative waste treatment because this method is easy and simple to do, but produces high efficiency of metal removal. In this research has been tested the liquid waste treatment laboratory by using electrocoagulation method. The processing of liquid waste by electrocoagulation using Al-Al electrodes, gives a very significant metal removal result. Including decreased levels of organic compounds and total solids in waste decreased. However, the waste from the treatment with electrocoagulation has not met the required quality standard in West Java Provincial Regulation No. 6 of 1999 on the Standard of Waste Water Quality. Because of the high concentration of metal in laboratory liquid waste, it is necessary to process the waste before and after the electrocoagulation process.

Keywords: Al electrode, electrocoagulation, laboratory liquid waste



1 Pendahuluan

Kegiatan pembelajaran yang berlangsung saat ini, khususnya di perguruan tinggi yang berbasis sains dan teknologi, tentu tidak lepas dari kegiatan praktikum. Hampir seluruh kegiatan praktikum dilakukan di laboratorium. Di jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Gunung Djati Bandung, kegiatan praktikum yang harus ditempuh oleh mahasiswa adalah 20 SKS praktikum. Dengan demikian intensitas penggunaan laboratorium setiap semester cukup tinggi. Intensitas praktikum yang tinggi ini diikuti dengan jumlah limbah cair yang banyak dalam setiap semester. Hal tersebut menjadikan laboratorium menjadi salah satu penghasil air limbah dengan kandungan bahan-bahan berbahaya yang cukup tinggi. Jurusan Kimia yang memiliki lima laboratorium, berdasarkan hasil survei limbah, air limbah laboratorium Kimia tersebut memiliki karakteristik yang sangat kompleks yang terdiri dari beberapa bahan logam dan non logam [1]. Limbah laboratorium tersebut dikelompokkan menjadi kation dan anion diantaranya ada beberapa ion yang dominan dan berbahaya adalah Cr^{6+} , Cd^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{+} , Fe^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} , NH_4^{+} , NO_3^{-} , PO_4^{3-} dan SO_4^{2-} .

Keberadaan limbah cair laboratorium ini memerlukan penanganan yang serius karena apabila tidak diolah maka limbah cair laboratorium ini akan mencemari lingkungan [2].

Baku mutu limbah cair diatur dalam Peraturan Daerah Propinsi Jawa Barat No 6 Tahun 1999 Tentang Baku Mutu Limbah cair. Dalam PP tersebut diatur mengenai kadar maksimum parameter fisika dan kimia air limbah yang dapat dibuang langsung ke lingkungan. Limbah cair yang kadar parameter fisika dan kimianya masih di atas kadar maksimum, harus melalui proses pengolahan terlebih dahulu [2].

Diperlukan suatu pengolahan sebelum dibuang ke badan air penerima agar tidak mencemari lingkungan. Saat ini sebagian besar air limbah laboratorium belum diolah secara mandiri oleh pihak laboratorium karena permasalahan teknologi dan biaya. Dari sisi jumlah, limbah cair yang dihasilkan oleh laboratorium umumnya memang relatif sedikit, namun limbah yang dihasilkan cukup kompleks. Limbah cair laboratorium mengandung berbagai macam logam dari yang tidak berbahaya sampai logam berat yang dapat bersifat toksik bagi lingkungan. Selain logam berat, limbah cair laboratorium biasanya mengandung senyawa-senyawa organik yang beberapa diantaranya juga bersifat toksik [3].

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengurangi cemaran limbah laboratorium tersebut yaitu dengan menurunkan kadar logam berat yang terdapat dalam limbah dengan menggunakan metode elektrokoagulasi yang melibatkan peristiwa elektrolisis, yaitu peristiwa dimana energi listrik dengan arus searah digunakan untuk menginduksi reaksi redoks yang tidak spontan sehingga terjadi dekomposisi material elektroda (anoda) dan elektrolit [4].

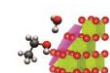
Elektrokoagulasi menjadi salah satu alternatif pengolahan limbah karena metode ini mudah dan sederhana untuk dilakukan, namun menghasilkan efisiensi penyisihan logam yang cukup tinggi. Serta tidak memerlukan pemakaian bahan kimia berlebih sehingga memungkinkan tidak dilakukannya pengolahan limbah selanjutnya jika terjadi penambahan senyawa kimia yang terlalu tinggi [5].

Mengingat hal-hal tersebut di atas, pada penelitian ini telah diujicobakan pengolahan limbah cair laboratorium dengan menggunakan metode elektrokoagulasi. Diharapkan pengolahan limbah cair laboratorium dengan menggunakan metode elektrokoagulasi dapat memperbaiki kualitas air limbah laboratorium sehingga limbah hasil pengolahan tersebut sesuai dengan standar baku mutu limbah cair.

2 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk menguji kandungan sifat fisika, kimia, dan biologi limbah cair laboratorium sebelum dan sesudah pengolahan limbah dengan metode elektrokoagulasi. Penelitian dilakukan dengan cara berikut [5]:

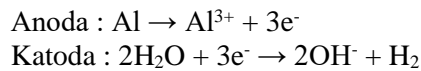
- 1) Melakukan analisis awal sifat fisika, kimia, dan biologi terhadap air limbah untuk mengetahui presentase parameter yang dikandung.
- 2) Memasukkan air limbah sebanyak 1 liter ke dalam reactor elektrokoagulasi dan mengatur jarak elektroda sesuai dengan peubah yang telah ditetapkan.
- 3) Mengalirkan tegangan listrik sesuai dengan peubah tegangan yang telah ditetapkan.
- 4) Melakukan elektrokoagulasi sesuai dengan peubah lama percobaan yang telah ditetapkan.
- 5) Menganalisis kembali hasil percobaan diatas dengan analisis sifat fisika, kimia, dan biologi untuk mengetahui kandungan limbah



3 Hasil dan Diskusi

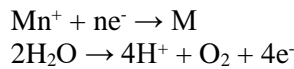
3.1 Elektrokoagulasi Limbah Cair Laboratorium

Ketika arus dilewatkan ke elektroda logam alumunium maka akan mengoksidasi logam alumunium (Al) tersebut menjadi logam kation (Al^{3+}), sedangkan air akan mengalami reduksi menghasilkan gas hidrogen (H_2) dan ion hidroksi (OH^-). Persamaan reaksinya adalah sebagai berikut [6]:

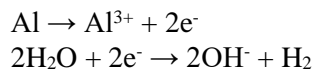


Pada saat terjadi proses elektrokoagulasi, dengan adanya larutan elektrolit, maka terjadi peristiwa elektrokimia yaitu dekomposisi elektrolit berat ion positif (kation) bergerak ke katoda dan menerima elektron yang direduksi dan ion negatif (anion) bergerak ke anoda dan menyerahkan elektron yang dioksidasi.

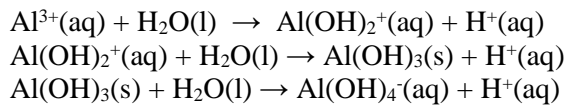
Reaksi yang terjadi di katoda adalah sebagai berikut [6]:



Reaksi reduksi yang terjadi di anoda adalah:



Reaksi yang terjadi pada alumunium ketika terlepas ke dalam larutan adalah sebagai berikut:



Kation logam aktif yang dihasilkan pada anoda akan bereaksi dengan ion hidroksida yang dihasilkan di katoda untuk membentuk logam hidroksida yang akan berfungsi sebagai agen koagulan. Ketika berinteraksi dengan partikel polutan, logam hidroksida akan membentuk agregat yang memungkinkan untuk mengalami pengendapan atau juga dapat terbawa oleh gelembung gas hidrogen (yang dihasilkan di katoda) ke permukaan [6].

Sampel limbah cair laboratorium baik sebelum maupun sesudah melalui proses elektrokoagulasi, diukur nilai beberapa parameternya yaitu konsentrasi COD, BOD, kadar logam, konsentrasi padatan tersuspensi total (TSS), dan konsentrasi padatan terlarut total (TDS). Hasil pengukuran beberapa parameter

tersebut dipaparkan dalam penjelasan di bawah ini.

3.2 Konsentrasi Chemical Oxygen Demand (COD)

Limbah laboratorium sesudah proses elektrokoagulasi kemudian dianalisis di laboratorium dengan menggunakan alat spektrofotometer. Metode Uji yang digunakan yaitu metode Refluks Tertutup Secara Spektrofotometri SNI 06-6989.2- 2004.

Dasar untuk uji COD adalah bahwa hampir semua senyawa organik dapat teroksidasi penuh menjadi karbon dioksida dengan agen oksidasi yang kuat dalam kondisi asam. Jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik menjadi karbon dioksida, amonia, dan air [7].

Senyawa organik dalam sampel air limbah dioksidasi oleh $Cr_2O_7^{2-}$ dalam refluks tertutup menghasilkan Cr^{3+} . Jumlah oksidan yang dibutuhkan dinyatakan dalam ekuivalen oksigen (O_2 mg/L) diukur secara spektrofotometri sinar tampak. $Cr_2O_7^{2-}$ kuat mengabsorpsi pada panjang gelombang 400 nm dan Cr^{3+} kuat mengabsorpsi pada panjang gelombang 600 nm.

Data konsentrasi COD dan efisiensi dari hasil penelitian dengan menggunakan elektrokoagulasi ditunjukkan pada tabel berikut ini :

Tabel 1 Data Konsentrasi COD pada Variasi Perbandingan Konsentrasi Elektrolit

Sampel	Konsentrasi COD (mg/L)
Sampel Murni	1283
Perbandingan 1 : 3	11980
Perbandingan 1 : 4	10580
Perbandingan 1 : 7	11630
Perbandingan 1 : 9	11520

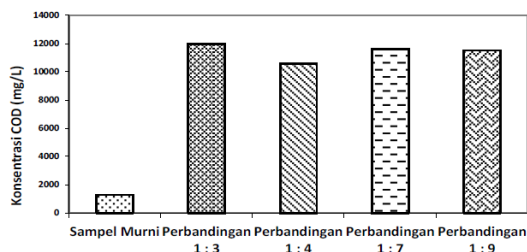
Secara teori, seharusnya terjadi penurunan pada konsentrasi COD setelah dilakukan elektrokoagulasi. Penurunan konsentrasi COD dalam elektrokoagulasi ini dikarenakan proses oksidasi dan reduksi di dalam reaktor elektrokoagulasi tersebut [7]. Pada elektroda-elektroda terbentuk gas, gas seperti oksigen dan hidrogen ini akan mempengaruhi pereduksian COD. Berdasarkan pada teori double layer, penurunan COD dikarenakan flok yang terbentuk oleh ion senyawa organik berikatan dengan ion koagulan yang bersifat positif [8].

Selain itu diketahui bahwa molekul-molekul yang ada pada limbah laboratorium akan terbentuk menjadi flok dimana partikel-partikel koloid pada limbah bersifat adsorpsi (penyerapan) terhadap partikel atau ion atau senyawa yang lain yang ada pada limbah misalnya koloid $\text{Fe}(\text{OH})_3$ bermuatan positif karena permukaannya menyerap ion H^+ [8].

Prinsip proses kerja yang terjadi pada elektrokoagulasi secara umum sama seperti teori *double layer* yaitu pembentukan flokulasi partikel bersifat adsorpsi dimana koagulan pada elektrokoagulasi bermuatan positif akan menyerap ion-ion negatif pada limbah seperti nitrat, fosfat, nitrit dan senyawa organik lainnya dan membentuk flok yang membantu proses penurunan COD [9]

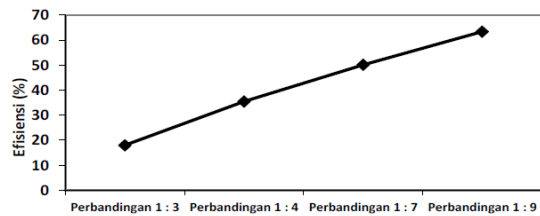
3.3 Konsentrasi Biological Oxygen Demand (BOD)

BOD menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroba untuk memecah atau mengoksidasi bahan-bahan pencemar yang terdapat di dalam suatu perairan [10]. Nilai Penurunan Konsentrasi BOD selama proses elektrokoagulasi dapat dilihat pada Gambar 1.



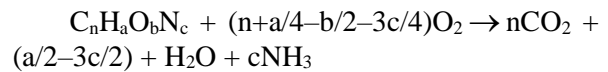
Gambar 1. Penurunan Konsentrasi COD terhadap Variasi Perbandingan Konsentrasi Elektrolit

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa setelah proses elektrokoagulasi terjadi penurunan konsentrasi BOD. Efisiensi penurunan konsentrasi BOD maksimum pada konsentrasi awal BOD 5.665 mg/l terjadi pada proses elektrokoagulasi keempat yaitu sebesar 63,37%. Hal ini berarti komposisi elektrolit : limbah laboratorium yang paling baik digunakan untuk menurunkan konsentrasi BOD dengan elektrokoagulasi adalah komposisi keempat yaitu dengan perbandingan 1:9. Ilustrasi kenaikan konsentrasi BOD dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Efisiensi Penurunan Konsentrasi BOD terhadap Variasi Perbandingan Konsentrasi Elektrolit

Pemeriksaan BOD didasarkan atas reaksi oksidasi zat organik dengan oksigen di dalam air, dan proses tersebut berlangsung karena adanya bakteri aerob. Sebagai hasil oksidasi akan terbentuk karbon dioksida, air dan Reaksi oksidasi dapat dituliskan sebagai berikut [6]:

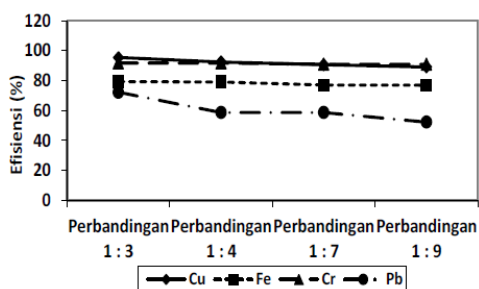


Uji BOD ini tidak dapat digunakan untuk mengukur jumlah bahan-bahan organik yang sebenarnya terdapat di dalam air, tetapi hanya mengukur secara relatif jumlah konsumsi oksigen yang digunakan untuk mengoksidasi bahan organik tersebut. Semakin banyak oksigen yang dikonsumsi, maka semakin banyak pula kandungan bahan-bahan organik di dalamnya.

3.4 Pengukuran Kadar Logam Variasi Konsentrasi Elektrolit

Pada proses elektrokoagulasi, anoda akan meluruh membentuk kation logam yang berperan sebagai koagulan sehingga terjadi pengurangan berat anoda selama proses berlangsung, oleh karena itu anoda disebut juga elektroda korban [11].

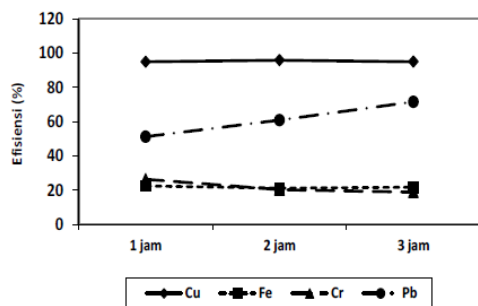
Hasil analisis menunjukkan bahwa efisiensi tertinggi diperoleh dengan perbandingan konsentrasi limbah : elektrolit sebesar 1:3 yaitu 95,39% untuk Cu dan 91,78% untuk Cr. Hasil perbandingan konsentrasi elektrolit yang menghasilkan efisiensi paling tinggi ini kemudian digunakan pada variasi selanjutnya yaitu variasi waktu. Digunakan perbandingan konsentrasi limbah : elektrolit sebesar 1:3 untuk mengukur efisiensi dengan variasi waktu. Untuk lebih jelasnya, bisa dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Nilai Efisiensi Penurunan Kadar Logam Cu, Fe, Cr, dan Pb pada Variasi Konsentrasi Elektrolit

Variasi Waktu Elektrokoagulasi

Dengan bertambahnya waktu proses elektrokoagulasi, kadar logam terus menurun (Gambar 4). Hal ini membuktikan bahwa semakin lama proses elektrokoagulasi, semakin menurunkan kadar logam pada sampel limbah laboratorium. Pada proses elektrokoagulasi, anoda akan meluruh membentuk kation logam yang berperan sebagai koagulan sehingga terjadi pengurangan berat anoda selama proses berlangsung, oleh karena itu anoda disebut juga elektroda korban.



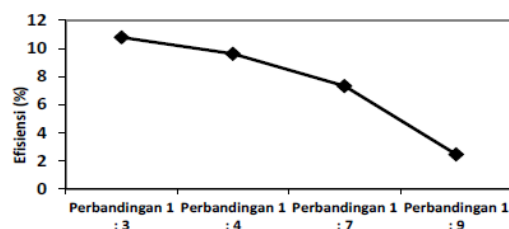
Gambar 4. Efisiensi Penurunan Kadar Logam Cu, Fe, Cr, dan Pb Terhadap Waktu Elektrokoagulasi

Semakin lama waktu proses elektrokoagulasi maka semakin besar pula penurunan konsentrasi logam / removal yang dihasilkan. Pada menit ke 180 / 3 jam dapat dilihat bahwa nilai efisiensi meningkat hingga di atas 95%. Berdasarkan hasil penelitian dari penurunan kadar Fe, Cr, Cu, dan Pb limbah laboratorium dengan metode elektrokoagulasi terhadap variasi waktu elektrokoagulasi, dapat disimpulkan bahwa lamanya waktu elektrokoagulasi sangat berpengaruh pada penurunan kadar logam.

3.5 Pengukuran TSS

Pengukuran TSS dengan Variasi Konsentrasi Elektrolit

Dari gambar 5 dapat dilihat bahwa penurunan konsentrasi TSS terendah diperoleh pada perbandingan konsentrasi 1 : 3. Penambahan konsentrasi elektrolit yang terlalu banyak ternyata memperkecil efisiensi penurunan konsentrasi TSS.

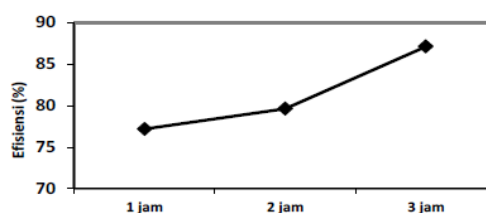


Gambar 5. Efisiensi Penurunan Konsentrasi TSS dengan Variasi Perbandingan Konsentrasi Elektrolit

Hal ini menunjukkan bahwa padatan tersuspensi hampir semua berada dalam larutan limbah yang dianalisis, dan penambahan elektrolit pada saat analisis tidak berpengaruh pada kenaikan efisiensi penurunan konsentrasi TSS.

Pengukuran TSS dengan Variasi Waktu Elektrokoagulasi

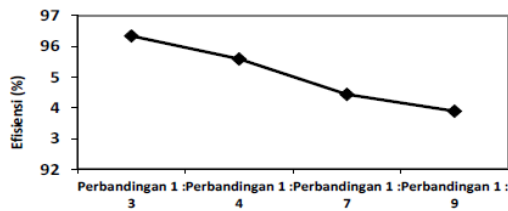
Nilai TSS setelah melalui proses elektrokoagulasi mengalami penurunan dibandingkan dengan nilai awal kandungan TSS dan surfaktan sebelum melalui proses elektrokoagulasi (Gambar 6).



Gambar 6. Grafik Konsentrasi TSS terhadap waktu elektrokoagulasi

Dalam percobaan ini terlihat nilai efektifitas reaktor elektrokoagulasi yang terus meningkat dari waktu pengambilan sampel uji pertama hingga pengambilan sampel uji yang ketiga untuk nilai TSS dalam air limbah, dimana nilai efektifitas tertinggi terjadi sebesar 87,13% pada menit pada pengambilan sampel menit ke-180.

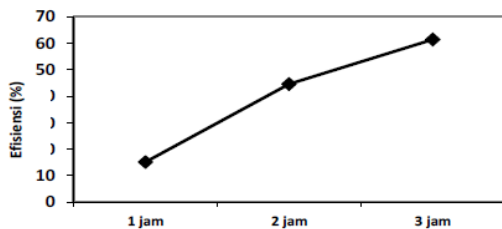
3.6 Pengukuran TDS
Pengukuran TDS dengan Variasi Konsentrasi Elektrolit



Gambar 7. Grafik Efisiensi Penurunan Konsentrasi TDS terhadap Perbandingan Elektrokoagulan

Penambahan konsentrasi elektrolit yang terlalu banyak ternyata memperkecil efisiensi penurunan konsentrasi TDS (Gambar 7). Hal ini menunjukkan bahwa padatan terlarut hampir semua berada dalam larutan limbah yang dianalisis, dan penambahan elektrolit pada saat analisis tidak berpengaruh pada kenaikan efisiensi penurunan konsentrasi TDS.

Pengukuran TDS dengan Variasi Waktu Elektrokoagulasi



Gambar 8. Grafik Efisiensi Penurunan Konsentrasi TDS terhadap Waktu Elektrokoagulasi

Gambar 8 menunjukkan bahwa dengan semakin lama waktu kontak yang digunakan kadar TDS semakin tinggi. Hal ini karena salah satu faktor yang mempengaruhi proses elektrokoagulasi adalah dengan adanya lama waktu tinggal dalam reaktor menyebabkan ion-ion yang dilepaskan oleh elektroda aluminium menghasilkan aluminium hidroksida yang mampu mengikat bahan-bahan organik seperti tanin membentuk flok-flok dan mampu mengumpulkan padatan tersuspensi dalam limbah, sehingga kadar TDS dalam limbah laboratorium semakin menurun.

3.7 Kualitas Limbah Cair Laboratorium Setelah Proses Elektrokoagulasi

Data parameter COD, BOD, kadar logam Cu, Cr, Pb, Fe, serta TSS dan TDS limbah cair laboratorium kimia disajikan dalam tabel di bawah ini:

Tabel 3 Parameter Limbah Cair Laboratorium Kimia Setelah Elektrokoagulasi

Parameter	Konsentrasi (mg/L)		
	Baku Mutu Limbah	Sebelum Perlakuan	Setelah Perlakuan
COD	300	1283	*Error
BOD	150	5665	2075
Cu	3	2087	55,7
Cr	1	114,7	93,1
Pb	1	20,7	5,9
Fe	10	618,3	484,4
TSS	4000	1228	158
TDS	400	480	187

Dari Tabel 3 dapat terlihat konsentrasi COD, BOD, kadar logam Cu, Cr, Pb, Fe, serta TSS dan TDS limbah cair laboratorium kimia setelah melalui pengolahan dengan metode elektrokoagulasi masih berada di atas baku mutu limbah cair yang diperbolehkan. Dengan demikian dalam pengolahan limbah cair laboratorium sulit apabila hanya dilakukan dengan satu metode saja. Diperlukan pengolahan limbah sebelum atau sesudah elektrokoagulasi.

Selain diperlukannya pengolahan limbah sebelum dan sesudah elektrokoagulasi, diperlukan juga kajian lanjut mengenai penggunaan arus dan waktu dalam proses elektrokoagulasi. Arus listrik dan waktu merupakan dua hal penting yang sangat berpengaruh terhadap hasil elektrokoagulasi. Semakin besar arus listrik dan semakin lama waktu yang digunakan, maka logam yang terendapkan dan koagulan yang terbentuk akan semakin banyak.

4 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat ditarik kesimpulan: 1) dengan metode elektrokoagulasi menggunakan elektroda Al, kadar Kebutuhan oksigen biologi (BOD) dapat menurun sampai dengan 63,37%; 2) Kadar logam Cu, Fe, Cr, dan Pb dapat mengalami penurunan konsentrasi berturut-turut logam Cu 95,39%, logam Cr 91,78%, logam Fe 79,30%, dan logam Pb 72,21%; 3) Padatan tersuspensi total (TSS) dan padatan terlarut total (TDS) dapat dihilangkan dengan

elektrokoagulasi, dengan persen penyisihan TSS 87,13% dan TDS 96,34%, dan 4) Limbah cair laboratorium setelah pengolahan dengan metode elektrokoagulasi masih di atas ambang batas kadar limbah yang diperbolehkan untuk dibuang menurut Keputusan Gubernur Jawa Barat No. 6 Tahun 1999, mengenai Baku Mutu Limbah Cair.

Daftar Pustaka

- [1] Bambang, I., Mawar D.S.S., dan Utari A. (2009). Design Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Proses Elektrokoagulasi dengan menggunakan Elektroda Aluminium. *Jurnal Teknologi Lingkungan Universitas Trisakti* 5,1.
- [2] Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air : Bagi Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- [3] Clair N. Sawyer, et.al. (2003). *Chemistry for Environmental Engineering and Science*. 5th editions. New York: McGraw-Hill.
- [4] Holt, Peter., et al. (2006). Electrocoagulation as a Wastewater Treatment. *Journal of Australian Environmental Engineering*, vol. 3.
- [5] Duan, J., dan Gregory, J. (2003). Coagulation by Hydrolysing Metal Salt, *Advances in Colloid and Interface Science* 100-102, pp.475-502.
- [6] Harvey, David. (1956) : *Modern analytical Chemistry*. International edition 2000. McGraw-Hill Book Co-Singapore.
- [7] Fardiaz, S. (1992). *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta: Kanisius.
- [8] Hendriarianti, Evy. & Sandy, A.P. (2010). Pengaruh Jenis Elektroda dan Jarak Antar Elektroda dalam Penurunan COD dan TSS Limbah Cair Laundry menggunakan Elektrokoagulasi Konfigurasi Monopolar Aliran Kontinyu. *Jurnal Lingkungan Tropis*, vol.4, no.2, p.73-80.
- [9] R. Ramesh Babu, N.S. Bhadrinarayana, K.M.Meera Sheriffa Begum, Anantharaman N. (2007). Treatment Of Tannery Wastewater By Electrocoagulation. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*. Vol 42 No: 2, 2007 p: 201-206.
- [10] Manik, K. E. S. (2003). *Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Jakarta: Djambatan.
- [11] Mollah, MY. Et al. (2004). Fundamental, Present and Future Perspectives of Electrocoagulation. *Journal of Hazardous Materials*, pp. 199-210.

