



## Elektrokoagulasi untuk Menurunkan COD dan Logam Berat dalam Limbah Cair Tekstil Menggunakan Elektroda Alumunium dan Baja

**Bambang Hari Prabowo, Hendriyana, Lulu Nurdini, Nida'ul Fasihah, Ratna Duwi**

Jurusan Teknik Kimia-Universitas Jenderal Achmad Yani Cimahi  
Jl. Terusan Jenderal Sudirman PO BOX 148, Cimahi

\*E-mail: [bambang.hari@lecture.unjani.ac.id](mailto:bambang.hari@lecture.unjani.ac.id)

### Abstract

*Coagulation and flocculation is one part of the process stages in water treatment and wastewater treatment. As a conventional method by adding methods of addition of chemicals. Electrocoagulation at this time can be used as an alternative process of water treatment and liquid waste that is innovative. The electrocoagulation process is a deliberate corrosion process utilized, especially in metals with low electrode potential. In this study, electrocoagulation uses formations 3 anode: 1 anode and 1 anode: 3 cathodes using aluminum metal electrodes with steel. The results of the textile waste treatment of the textile industry, Al electrode provide the best results compared to steel with variations in the number of anode and cathode plate arrays; 3: 1 and 1: 3, on currents 3A and 5A. The result of electrocoagulation at 3A electrode current (3: 1) and max 20 min. time provided COD content of 71.3%, Fe 3.4%, Cu 18.5%, and Zn of 19.9%. In the electrocoagulation process with a current of 5A, with time of 20 minutes, the removal of COD content was 87.6%, Fe 96.3%, Cu 88.4% and Zn 84.8%. The results of this study concluded that two of the four parameters analyzed can meet the standard threshold of standard water quality. Fe content of 0.05 ppm, and Zn of 0.04 ppm, On a current of 5A, with Al electrode.*

**Keywords:** Electrocoagulation, electrode, anodes, currents, coagulation

### Pendahuluan

Elektrokoagulasi atau dikenal pula dengan elektroflokulasi adalah proses pengolahan air baku atau limbah cair dengan mengaplikasikan arus listrik pada logam aluminium atau besi sebagai elektroda. Elektroda yang di-anodakan akan terionisasi oleh adanya arus listrik, ion-ion logam akan bertindak sebagai koagulan. Hal ini sama persis pada proses koagulasi dengan penambahan bahan kimia, berbagai kontaminan seperti ion logam berat, partikel koloid organik dan an organik dapat berikatan karena perbedaan muatan kemudian menggumpal dan mengendap.

Proses elektrokoagulasi dengan memanfaatkan arus listrik yang dialirkan pada pasangan elektroda terbukti cukup efektif untuk menghilangkan atau mereduksi berbagai kontaminan/pengotor dalam air. Proses berlangsungnya de-stabilisasi suspensi dan koloid, pengemulsi atau pengotor terlarut dalam lingkungan cair oleh pemberian arus listrik oleh gaya gerak listrik yang menyebabkan reaksi kimia. Mekanisme sederhana, elektroda anoda (atau logam yang dianodakan) melepaskan ion-ion logam bermuatan positif dan elektroda katoda bertindak sebagai penetral pada permukaan yang bermuatan.

Koagulasi dan elektrokoagulasi mempunyai fungsi yang sama yaitu menghasilkan ion-ion yang bertindak sebagai koagulan. Koagulasi ionisasi dari bahan kimia koagulan atau flokulan sedangkan elektrokoagulasi ionisasi paksa pada logam yang dialiri arus listrik. Keduanya digunakan untuk menggumpalkan dan mempercepat pengendapan dan mengapungkan pengotor dalam air.

Pengolahan limbah dapat dilakukan dengan berbagai macam metode, namun metode pengolahan limbah yang telah dilakukan dalam penelitian ini adalah metode elektokoagulasi. Elektrokoagulasi merupakan metode elektrokimia untuk pengolahan air, dimana pada anoda terjadi pelepasan koagulan aktif berupa ion logam (aluminium atau besi) ke dalam larutan, sedangkan pada katoda terjadi reaksi elektrolisis berupa pelepasan gas hidrogen (Holt et al, 2005).

### Hukum elektrolisis Faraday

Satu mol muatan listrik (coulomb 96500), ketika melewati sel, akan melepaskan setengah mol ion logam divalen seperti  $\text{Cu}^{+2}$ . Hubungan ini pertama kali dirumuskan oleh Faraday pada tahun 1832 dalam bentuk dua hukum elektrolisis:



1. Bobot zat yang terbentuk pada elektroda selama elektrolisis berbanding lurus dengan jumlah listrik yang melewati elektrolit.
2. Bobot zat yang berbeda dibentuk oleh bagian dari jumlah yang sama listrik sebanding dengan berat setara dari masing-masing zat/bahan.

Berat ekivalen suatu zat didefinisikan sebagai massa molar, dibagi dengan jumlah elektron yang dibutuhkan untuk mengoksidasi atau mengurangi setiap satuan zat. Jadi satu mol  $V^{+3}$  sesuai dengan tiga setara dari spesies ini, dan akan membutuhkan tiga Faradays harga untuk deposit sebagai logam vanadium.

Sebagian besar masalah stoikiometri yang melibatkan elektrolisis dapat diselesaikan tanpa menggunakan eksplisit hukum Faraday. Ke kimiaan dalam masalah ini biasanya sangat mendasar, kesulitan utama biasanya berasal dari ketidakbiasaan dengan satuan listrik dasar:

- Arus ( ampere ) adalah tingkat biaya transportasi ,  $1 \text{ amp} = 1 \text{ c / detik}$ .
- Daya (watt) adalah tingkat produksi atau konsumsi energi;  $1 \text{ W} = 1 \text{ J/detik} = 1 \text{ volt} - \text{ amp}$  ;  $1 \text{ watt} - \text{ detik} = 1 \text{ J}$  ,  $1 \text{ kw} - \text{ h} = 3600 \text{ J}$ .

Persamaan Hukum Faraday:

$$M = e.I.t / F \quad (1)$$

Dimana:

- M = massa zat (gram)  
e = berat ekivalen (gram) = berat atom: valensi  
I = kuat arus (Ampere)  
t = waktu kontak (detik)  
F = konstanta Faraday, 96500 Coulomb/mol

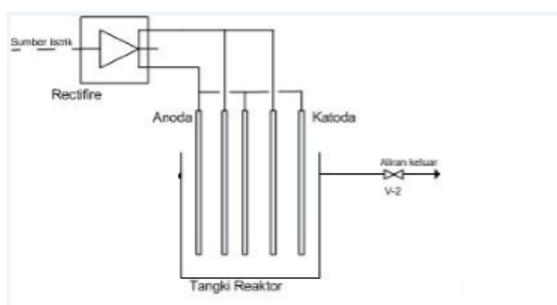
Dari reaksi-reaksi yang terjadi dalam proses elektrokoagulasi, maka pada katoda akan terjadi reaksi reduksi menghasilkan gas hidrogen dan reaksi ion logamnya. Sedang pada anoda akan terjadi reaksi oksidasi yang melepaskan ion-ion logam bermuatan positif. Proses elektrokoagulasi dilakukan pada bejana elektrolisis yang di dalamnya terdapat katoda dan anoda sebagai penghantar arus listrik searah yang disebut elektroda, yang tercelup dalam larutan limbah sebagai elektrolit.

Karena dalam proses elektrokoagulasi ini menghasilkan gas yang berupa gelembung-gelembung gas  $H_2$ , maka polutan yang terlarut, 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. Setelah air mengalami elektrokoagulasi, berikutnya proses pengendapan flokulan yang membentuk flok yang semakin besar.

### Metode Penelitian

Elektrokoagulasi pada penelitian ini adalah melihat dan mengukur dan membandingkan kemampuan elektroda aluminium dengan besi/baja, dengan bentuk dan dimensinya yang sama. Contoh limbah cair yang dipakai penelitian berasal dari pabrik tekstil PT. Garuda Mas Semesta di daerah Leuwi gajah Cimahi.

Elektroda disusun dengan formasi 3 anoda:1 katoda dan 1 anoda:3 katoda, dengan elektroda yang digunakan logam aluminium dan baja. kuat arus yang diterapkan menggunakan 2 variasi yaitu 3 Ampere dan 5 Ampere dan proses batch kapasitas reaktor 4,5 Liter. Pengambilan sampel interval 4menit dengan maksimum waktu 20 menit. Analisis sampel yang dilakukan pada parameter pH, suhu, TDS, COD, kadar logam Fe, Cu, dan Zn.

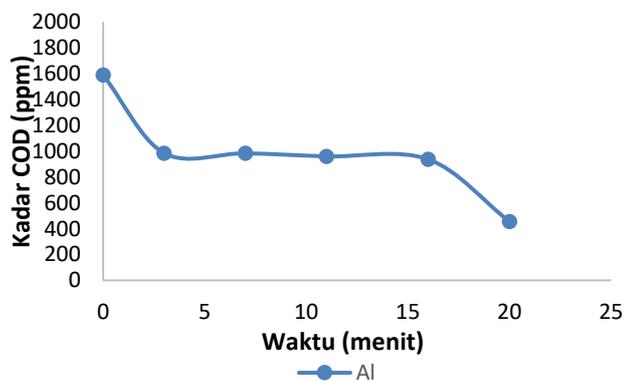


Gambar 1. Skema rangkaian alat elektrokoagulasi.

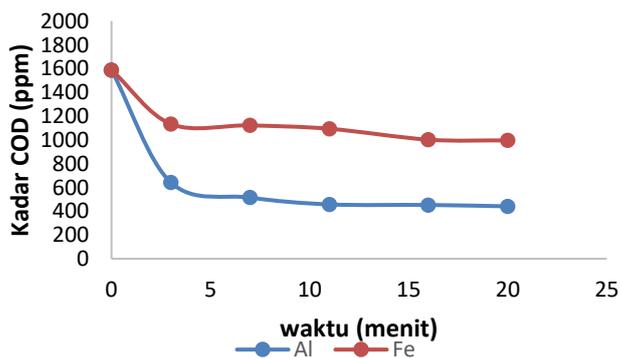
## Hasil dan Pembahasan

**Tabel 1.** Komposisi data analisis awal limbah cair tekstil

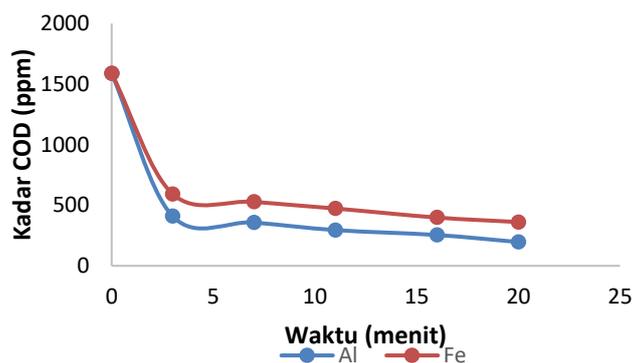
T (°C)	22	
Ph	8,72	
TDS (ppm)	3520	
TSS (ppm)	0,608	
Densitas (g/cm <sup>3</sup> )	1,009	
Kekeruhan (NTU)	45,3	
COD (ppm)	1589	
Kandungan Logam Berat (ppm)	Zn	0,2975
	Cu	0,2923
	Fe	1,4897



**Gambar 2.** Kurva Penurunan COD terhadap waktu dengan elektroda Al dengan kuat arus 3A dan formasi elektroda 1 katoda - 3 anoda

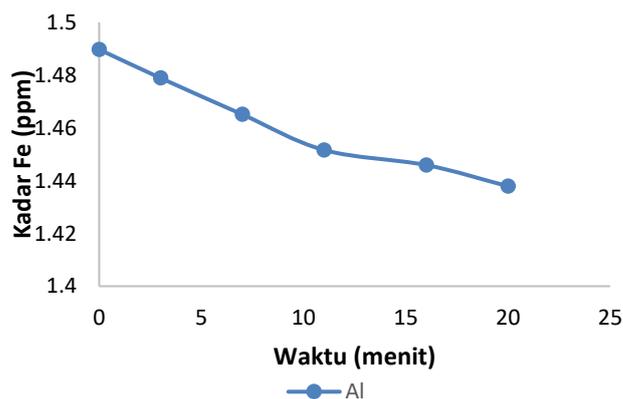


**Gambar 3.** Kurva penurunan COD terhadap waktu dengan elektroda Al dan Besi pada kuat arus 5A formasi 1 katoda - 3 anoda

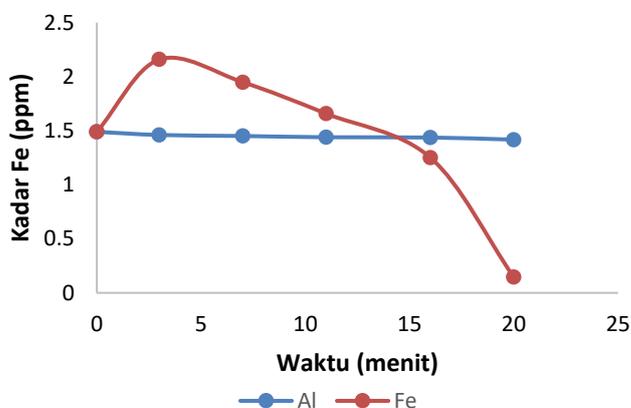


**Gambar 4.** Kurva penurunan COD terhadap waktu dengan elektroda Al dan Besi pada kuat arus 5A formasi 3 katoda - 1anoda

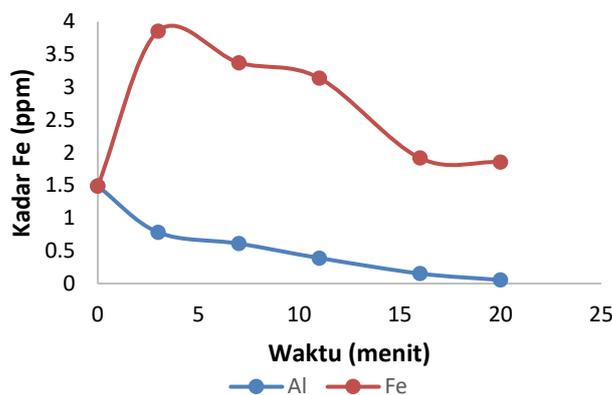
Kuat arus sangat berpengaruh terhadap proses ionisasi logam yang dijadikan elektroda anoda sebagai penentu laju reaksi sistem elektrokimia dalam penurunan COD. Pada gambar 4 dan gambar 5, dengan kuat arus 5 Ampere, elektroda aluminium lebih efektif dibandingkan dengan elektroda baja. pada formasi 1 katoda: 3 anoda dapat menurunkan COD sebesar 72,2% dengan waktu EC selama 20 menit, sedangkan dengan formasi 3 katoda: 1 anoda, mampu menurunkan kadar COD sebesar 87,6%.



**Gambar 5.** Kurva penurunan logam Fe terhadap waktu dengan elektroda Al pada kuat arus 3A dan 1 katoda: 3anoda



**Gambar 6.** Kurva penurunan logam Fe terhadap waktu dengan elektroda Al dan Fe pada kuat arus 5A dan 1 katoda: 3anoda

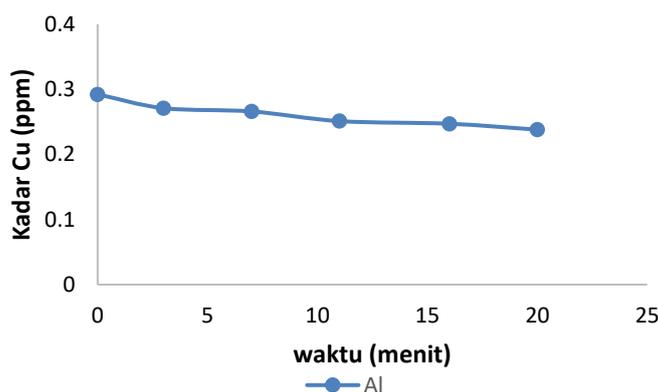


**Gambar 7.** Kurva penurunan logam Fe terhadap waktu dengan elektroda Al dan Fe pada kuat arus 5A dan 3 katoda: 1anoda

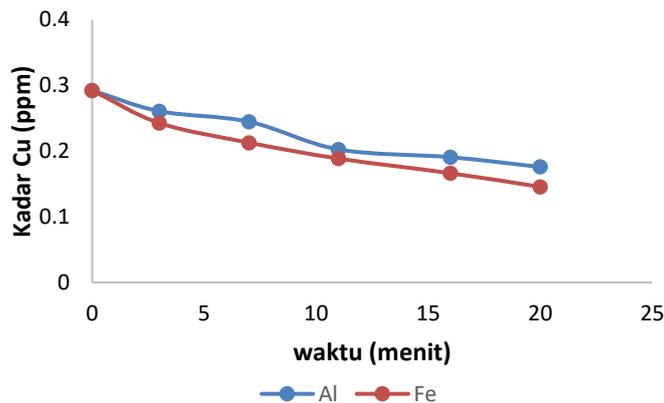
Gambar 5, 6, dan 7 menunjukkan besarnya kuat arus dominan terhadap penurunan kandungan Fe dalam limbah cair tekstil, elektroda Aluminium formasi 3 katoda : 1 anoda, mampu menurunkan kandungan Fe sampai dengan 96,3%, sementara dengan elektroda Fe, kandungan Fe cenderung mengalami kenaikan sebesar 24,6% dengan waktu EC 20 menit. Pada gambar 9 dan 10 Formasi elektroda 3 katoda: 1 Anoda dengan kuat arus 5A juga lebih efektif dalam menurunkan kandungan logam Cu, elektroda Al dapat menurunkan kadar Cu sebesar 88,4% sementara elektroda baja sebesar 74,3%.

Pengaruh kuat arus, elektroda dan formasi elektroda terhadap penurunan kadar logam Zn berbeda dibandingkan dengan kadar logam Fe dan Cu. Pada formasi 3 Anoda: 1 Katoda dengan elektroda Al dan baja tren penurunannya hampir sama. Pada formasi 3 Katoda : 1 anoda, elektroda baja mampu menurunkan kandungan Zn sebesar 84,8% sedangkan elektroda Al hanya mampu menurunkan sampai dengan 42,1%. Gambar12 dan gambar 13. Hal ini dimungkinkan karena logam Zn potensialnya lebih rendah dari pada baja/Fe.

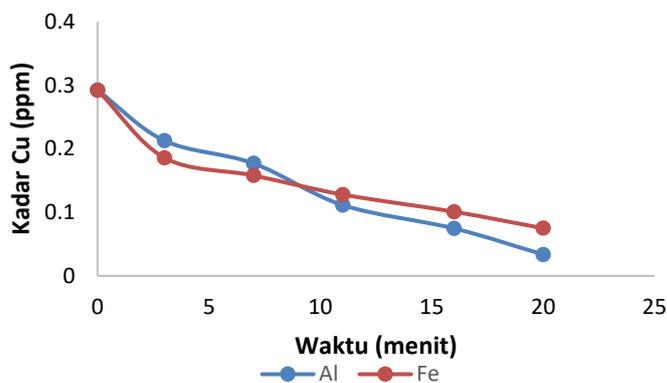
Elektroda Aluminium (Al) formasi 3 katoda - 1 anoda dengan kuat arus 5 Ampere mampu menurunkan kadar COD hingga 87,6%, kadar Fe hingga 96,3%, dan kadar hingga 88,4%. Sedangkan EC dengan elektroda baja (Fe) dengan formasi 3 katoda: 1anoda, mampu menurunkan kandungan logam Zn hingga 84,6% sementara elektroda Al hanya mampu menurunkan Zn sebesar 42,1%.



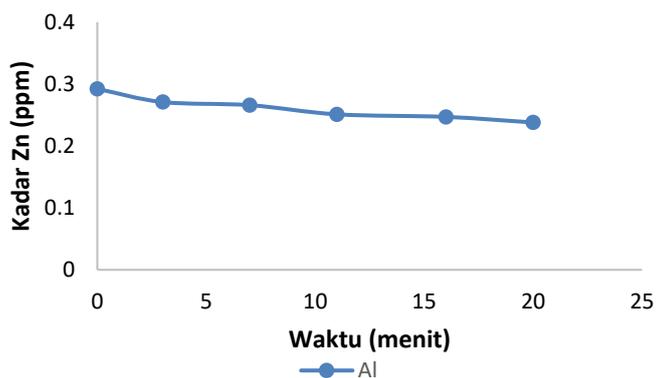
**Gambar 8.** Kurva penurunan kadar logam Cu terhadap waktu, elektroda Al dengan kuat arus 3A dan formasi elektroda 1 katoda - 3 anoda,



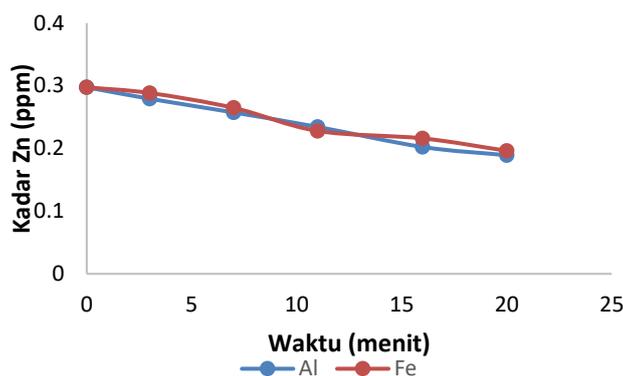
**Gambar 9.** Kurva penurunan kadar logam Cu terhadap waktu, elektroda Al dan Fe dengan kuat arus 5A dan formasi elektroda 1 katoda - 3 anoda,



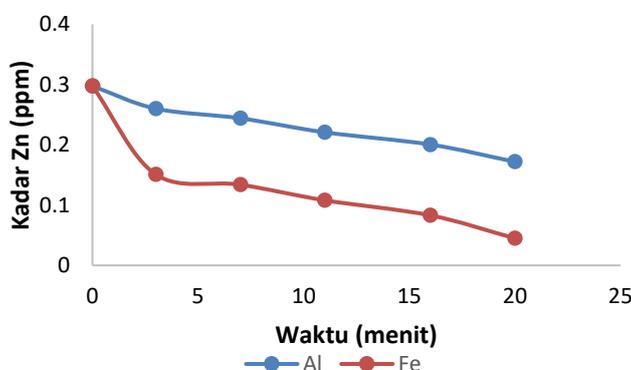
**Gambar 10.** Kurva penurunan kadar logam Cu terhadap waktu, elektroda Al dan Fe dengan kuat arus 5A dan formasi elektroda 3 katoda - 1 anoda,



**Gambar 11.** Kurva penurunan kadar logam Zn terhadap waktu dengan Elektroda Al kuat arus 3A dan formasi elektroda 1 katoda - 3 anoda.



**Gambar 12.** Kurva penurunan kadar logam Zn terhadap waktu dengan Elektroda Al dan Fe kuat arus 5A dan formasi elektroda 1 katoda - 3 anoda.



**Gambar 13.** Kurva penurunan kadar logam Zn terhadap waktu dengan Elektroda Al dan Fe kuat arus 5A dan formasi elektroda 3 katoda - 1 anoda.

### Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah kami lakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses elektrokoagulasi dengan variasi kuat arus 5 dan 3 ampere pada elektroda Al dan Fe hasil terbaik terdapat pada variasi kuat arus 5A.
2. Proses elektrokoagulasi dengan variasi kuat arus 5A pada elektroda Al paling baik dalam menurunkan kadar COD, Fe, dan Cu ;Pada formasi elektroda 3 katoda – 1 anoda kadar COD tereduksi hingga 87,6%, kadar Fe tereduksi hingga 96,3%, dan kadar Cu tereduksi hingga 88.4%.
3. Proses elektrokoagulasi dengan variasi kuat arus 5A pada elektroda Fe paling baik dalam menurunkan kadar Zn, pada formasi elektroda 3 katoda – 1 anoda kadar Zn tereduksi hingga 84.8%, sementara elektroda Al hanya mampu menurunkan 42,1%.

### Ucapan Terimakasih

Kepada: Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Jenderal Achmad Yani Cimahi.

### Daftar Pustaka

- Butler.,Erick; Hung.,Yung Tse; Yeh Li, Ruth Yu; and Al Ahmad, Mohammed Suleiman. (2011)., Electrocoagulation In Wastewater Treatment., Water Journal., ISSN 2073-4441 ([www.mdpi.com/journal/water](http://www.mdpi.com/journal/water))
- Holt., Peter ; Geoffrey., Barton and Mitchell Cynthia., (1999)., Electrocoagulation As A Wastewater Treatment., The Third Annual Australian Eviromental Engineering Resarch Event. 23 – 26 November Castlemaine, Victoria.



- Holt, P. K., Barton, G. W., Wark, M., dan Mitchell, C. A. (2002). A Quantitative Comparison Between Chemical Dosing and Electro-coagulation. *Colloids and Surfaces., A: Physicochem. Eng. Aspects*.
- Holt, P. K., Barton, G. W., and Mitchell, C. A. (2005). The Future for Electro-coagulation as A Localised Water Treatment Technology. *Chemosphere*.
- Mollah., M. Yousuf A.; Schennach., Robert; Parga. Jose R.; Cocke. David L. Electrocoagulation (EC) – Science and Applications., *Journal Hazardous Materials B84* (2001) 29 – 41., Elsevier.
- Mollah, M. Y. A., Morkovsky, P., Gomes, J. A. G., Kesmez, M., Parga, J., dan Cocke, D.L. (2004). Fundamentals, Present and Future Perspectives of Electrocoagulation. *Journal of Hazardous Materials*. Elsevier.
- Naje., Samir Ahmed and Abbas., Saad A., (2013), Electrocoagulation Technology in Wastewater Treatment: A Review of Methodes and Applications., *Civil and Environmental Research.*, ISSN 2224-5790 (paper) ISSN 2225-0514 (online), Vol. 3., No 11., 2013., ([www.iiste.org](http://www.iiste.org))
- Prabowo, Bambang H.P, Hendriyana. 2009. *Prototype Perangkat Pengolah Limbah Cair Elektrokoagulasi Untuk Pengolahan Awal Limbah Industri Skala 1000 L/Jam*. Laporan Hibah Bersaing Dikti.
- Sugihartono., (1987) *Dasar-dasar Pengolahan Air Limbah.*, Penerbit UI Press Jakarta.





## Lembar Tanya Jawab

**Moderator** : **Tri Widayatno (Universitas Muhammadiyah Surakarta)**  
**Notulen** : **Riris Indra Murti (UPN "Veteran" Yogyakarta)**

1. Penanya : Muhammad Adriyal (Teknik Kimia UPN "Veteran" Yogyakarta)  
Pertanyaan : Mengapa variabel yang dipilih menggunakan formasi 3 anoda-1 katoda/  
3 katoda-1 anoda? Mengapa lebih optimum yang 1 anoda-3 katoda?  
Jawaban : Hal ini merupakan hasil pengoptimalan kami terhadap penelitian-penelitian  
sebelumnya, sehingga kami memilih metode dengan variabel ini. Menggunakan  
1 anoda arus masuk dengan optimum, sedangkan 3 anoda menyebabkan arus  
terbagi-bagi lagi. Jadi lebih baik digunakan 1 anoda-3 katoda.
2. Penanya : Tri Widayatno (Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Surakarta)  
Pertanyaan : Al dan Fe itu ada di anoda atau katoda? Lalu, bagaimana susunannya?  
Jawaban : Al terdapat di anoda, Fe terdapat di katoda. Susunannya paralel.
3. Penanya : Tuani Lidyawati S. (Teknik Kimia Ubaya Surabaya)  
Pertanyaan : Apakah ada pengaruh pH?  
Jawaban : PH tidak diatur, namun diukur di setiap selesainya langkah kerja/tahap demi  
tahap.

