

Penurunan Kadar COD, BOD dan TSS Limbah Cair Industri Tahu dengan Metode Elektrokoagulasi Secara Kontinyu Menggunakan Elektroda Aluminium (Al)

Naila Rahima Fawrin^{1*}, Tri Widayatno²

¹Teknik Kimia/Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

²Teknik Kimia/Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

*Email : nailarahimafawrin97@gmail.com

Abstrak

Keywords:

Elektrokoagulasi;
COD; BOD; TSS;
Limbah Cair Tahu;
Aluminium

Minat konsumsi tahu di Indonesia sangat tinggi melebihi daging ayam dan daging sapi, hal ini menyebabkan semakin banyaknya produsen tahu di Indonesia. Namun, sebagian produsen belum menerapkan pengolahan limbah pada proses pembuatan tahu, sehingga limbah cair industri tahu saat ini sering mencemari lingkungan sekitar terutama sungai dan lingkungan sekitar industri tahu. Kasus tersebut menimbulkan banyaknya penelitian-penelitian yang berkaitan dengan pengolahan limbah industri tahu. Pada penelitian ini bertujuan untuk meminimalisir pencemaran limbah cair industri tahu dan menciptakan alat pengolahan limbah untuk membantu produsen tahu dalam pengolahan limbah produknya. Metode yang digunakan adalah Elektrokoagulasi. Elektrokoagulasi merupakan metode pengolahan air secara elektrokimia dimana pada anoda terjadi pelepasan koagulan aktif berupa ion logam dalam larutan, sedangkan pada katoda terjadi reaksi elektrolisis berupa pelepasan gas hidrogen. Pada penelitian ini mengkaji metode elektrokoagulasi untuk pengolahan limbah cair industri tahu agar dapat menurunkan kadar COD, BOD dan TSS pada limbah cair tersebut. Proses elektrokoagulasi pada penelitian ini menggunakan elektroda aluminium (Al) dengan variasi luas permukaan sebesar 250 cm², 280 cm², 310 cm² dan variasi tegangan sebesar 10 volt, 20 volt, 30 volt.

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki sumber daya alam yang sangat melimpah salah satunya adalah kacang kedelai. Kacang kedelai banyak yang diolah menjadi tahu karena tahu termasuk salah satu makanan yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat. Tingginya peminat tahu ini yang menyebabkan banyaknya industri tahu di

Indonesia, baik skala besar maupun skala kecil (*Home Industry*) [1]. Menurut data dari Kementerian Pertanian pada tahun 2003, peminat tahu di Indonesia saat ini sangat besar. Konsumsi tahu di Indonesia per kapita mencapai 7.039 kg/orang. Jumlah ini jauh melebihi konsumsi daging sapi dan ayam per kapita. [2]. Konsumsi per kapita dari beberapa bahan makanan di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Konsumsi Per-Kapita Beberapa Bahan Makanan di Indonesia

No	Jenis Makanan	2012 (%)	2013 (%)
1	Tofu	6.987	7.039
2	Ayam	3.494	3.650
3	Ayam Kampung	0.521	0.469
4	Telur Ayam	6.518	6.153
5	Telur Bebek	2.190	1.825
6	Tempe	7.091	7.091
7	Daging sapi	0.365	0.261

Sumber : *Department of Agriculture of Indonesia* (2013)

Permasalahan yang terjadi saat ini adalah limbah dari industri tahu umumnya langsung dibuang ke lingkungan tanpa adanya pengolahan limbah terlebih dahulu. Seiring dengan meningkatnya produksi tahu tidak dapat dipungkiri bahwa limbah dari industri tahu akan semakin meningkat juga, padahal limbah ini memiliki kandungan COD (*Chemical Oxygen Demand*), BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dan TSS (*Total Suspended Solid*) yang dapat mencemari lingkungan.

Untuk mengurangi kandungan COD, BOD dan TSS pada limbah terdapat beberapa metode yang digunakan salah satunya adalah elektrokoagulasi [3]. Pemilihan metode elektrokoagulasi didasarkan pada beberapa pertimbangan antara lain prosesnya berlangsung cepat, peralatannya yang digunakan sederhana dan dapat dibuat dalam unit kecil sehingga sesuai untuk industri rumah tangga. Disamping itu, metode pengolahan ini tidak menghasilkan limbah sekunder yang biasanya dihasilkan dalam metode koagulasi konvensional [4]. Elektrokoagulasi merupakan metode yang melibatkan proses elektrokimia, koagulasi dan flotasi. Metode ini dapat dilakukan dalam sebuah reaktor kontinyu atau pendengan reaktor *batch*. Di dalam setiap proses elektrokimia, akan digunakan elektroda yang bersentuhan langsung dengan air yang tercemar. Elektroda yang biasanya digunakan adalah aluminium, besi dan *stainless steel* [5].

Oleh karena itu, penulis melakukan penelitian tentang “Penurunan Kadar COD, BOD dan TSS pada limbah cair industri tahu dengan menggunakan metode elektrokoagulasi”. Penelitian ini menggunakan elektroda Al (aluminium) dengan proses elektrokoagulasi secara kontinyu. Penulis menggunakan proses secara kontinyu dikarenakan pada penelitian-penelitian sebelumnya tentang pengolahan limbah dengan menggunakan metode elektrokoagulasi yang pernah dilakukan atau dipublikasikan kebanyakan menggunakan elektroda Al dengan proses *batch*, sehingga penulis ingin melakukan penelitian tentang metode elektrokoagulasi menggunakan elektroda Al dengan proses kontinyu.

2. METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Pabrik Tahu Pak Bero, Kartasura, Sukoharjo. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Limbah Cair Industri Tahu dan H_2SO_4 . Alat yang digunakan meliputi serangkaian alat elektrokoagulasi, *power supply*, *beaker glass*, aluminium, karbon, kertas pH, kain saring, botol sampel, kertas saring, pipet tetes dan multimeter.

Prosedur penelitian yang dilakukan meliputi :

a. Persiapan Sampel

Limbah cair industri tahu dilakukan pengujian sebelum dilakukan pengolahan limbah secara elektrokoagulasi. Pengujian yang dilakukan berupa COD, BOD dan TSS. Lalu, limbah cair tersebut ditampung dalam bak penampungan.

b. Proses Elektrokoagulasi

Limbah cair industri tahu masuk dari bak penampungan masuk ke dalam bak elektrokoagulasi untuk dilakukan proses elektrokoagulasi. Pada proses elektrokoagulasi terjadi pelepasan ion positif dari anoda sel elektroda yang menyebabkan terbentuknya flok, sehingga flok yang terbentuk itu akan mengikat kontaminan-kontaminan yang terdapat di dalam air limbah [6]. Anoda yang digunakan adalah karbon dan katoda yang digunakan adalah

aluminium dengan variabel bebas luas elektroda (250,280,310 cm²) dan tegangan (10,20,30 volt). Dengan adanya dua elektroda yang dialiri oleh listrik searah akan menyebabkan dekomposisi elektrolit. Kation akan bergerak menuju sel elektroda (Katoda) kemudian menerima elektron yang tereduksi dan anion akan bergerak menuju sel elektroda (Anoda) yang bertujuan untuk melepaskan elektron yang teroksidasi [7]. Proses elektrokimia ini berjalan selama 3 jam dengan alirannya secara kontinyu.

c. Uji dan Analisa Sampel

Pada penelitian ini uji yang dilakukan yaitu uji COD, BOD dan TSS.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Penelitian menggunakan metode elektrokoagulasi secara kontinyu untuk mendapatkan hasil pengaruh variasi tebal elektroda dan tegangan terhadap penurunan kadar COD, BOD dan TSS. Variasi luas elektroda yang digunakan sebesar 250, 280, 310 cm². Elektroda yang digunakan yaitu Aluminium (Al). Variasi tegangan yang digunakan sebesar 10, 20, 30 volt. Proses elektrokoagulasi dilakukan selama 3 jam untuk satu kali sampling. Berikut ini merupakan grafik dari data analisis yang didapatkan.

3.1. Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu

Nilai COD, BOD dan TSS merupakan beberapa parameter yang dibuat oleh pemerintah untuk penetapan bahan baku limbah. Pada penelitian ini menggunakan limbah cair industri tahu Pak Bero yang berada di Kartasura, Sukoharjo, Provinsi Jawa Tengah. Adapun karakteristik awal pada limbah cair industri tahu Pak Bero adalah sebagai berikut :

Tabel 2.Karakteristik Awal Limbah Cair Industri Tahu Pak Bero

Parameter	Hasil Analisa (mg/L)
COD	551,67
BOD	271
TSS	301

Dari hasil analisa diatas didapat hasil analisa COD sebesar 551,67 mg/L, hasil analisa BOD sebesar 271 mg/L dan hasil analisa TSS sebesar 301 mg/L. Berikut ini Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor: 5 Tahun 2012 sebagaimana ditunjukkan pada tabel 3 berikut.

Tabel 3.Standar mutu limbah cair tahu

No	Parameter	Kadar Maksimal (mg/L)
1	TSS	100
2	BOD ₅	150
3	COD	275
4	pH	6,0-9,0

Berdasarkan standar baku mutu Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor: 5 Tahun 2012, dapat diketahui bahwa karakteristik awal limbah cair industri tahu Pak Bero jauh diatas standar baku yang telah ditetapkan. Apabila limbah cair tahu mencemari lingkungan disekitar sungai bahkan sungai tersebut digunakan oleh penduduk sekitar, limbah tersebut dapat menyebabkan penyakit dan menimbulkan bau tidak sedap. Secara fisik, limbah ini berwarna kuning keruh, sedikit berbau dan suhu nya diatas suhu lingkungan.

3.2. Pengaruh Luas Elektroda dan Tegangan terhadap Kadar COD

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah parameter yang menghitung jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam sampel air atau banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik menjadi CO₂ dan H₂O [8]. Berikut ini tabel 4 menyajikan data

analisis kadar COD pada limbah cair industri tahu dengan variasi tebal elektroda dan voltase.

Tabel 4. Tabel Hasil Penelitian Pengukuran Kadar COD (mg/L)

Luas (cm ²)	Tegangan Listrik (Volt)		
	10	20	30
250	523,74	484,11	460,69
280	422,42	389,12	367,19
310	323,78	298,36	296,12

Data pada tabel diatas didapat dari nilai tengah (median) pada analisa kadar COD dengan dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Nilai tengah tersebut didapatkan dari rumus sebagai berikut.

$$Me = X \left(\frac{n + 1}{2} \right) \dots\dots(3.1)$$



Gambar 1. Grafik hubungan antara luas elektroda dan tegangan terhadap kadar COD

Pada grafik diatas didapatkan hasil pengaruh luas elektroda dan tegangan terhadap penurunan kadar COD yaitu pada luas elektroda 250 cm² dengan tegangan 10, 20, 30 volt didapatkan hasil COD sebesar 523,74 mg/L;484,11 mg/L;460,69 mg/L. Pada luas elektroda 280 cm² dengan tegangan 10, 20, 30 volt didapatkan hasil COD sebesar 422,42 mg/L;389,12 mg/L;367,19 mg/L. Pada luas elektroda 310 cm² dengan tegangan 10, 20, 30 volt didapatkan hasil COD sebesar 323,78 mg/L;298,36 mg/L;296,12 mg/L. Pada

penelitian ini, hasil yang didapat belum memenuhi standar baku mutu berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor: 5 Tahun 2012 dikarenakan perlu penambahan waktu tinggal yang lebih lama dan luas elektroda yang lebih besar pada proses elektrokoagulasi agar mendapatkan hasil COD yang memenuhi standar baku mutu. Dari data tersebut didapatkan hasil COD yang paling mendekati standar baku mutu berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor: 5 Tahun 2012 adalah luas elektroda 310 cm² dengan tegangan 30 volt. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar luas elektroda dan semakin besar tegangan yang digunakan maka penurunan kadar COD semakin mengecil.

3.3. Pengaruh Luas Elektroda dan Tegangan terhadap Kadar BOD

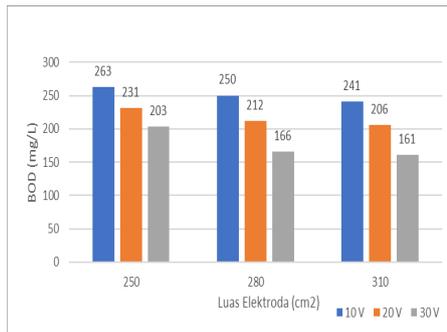
Pengukuran BOD merupakan parameter untuk mengetahui derajat pencemaran terhadap banyaknya jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan zat organik terlarut didalam air [9]. Berikut ini tabel 5 menyajikan data analisis kadar BOD pada limbah cair industri tahu dengan variasi tebal elektroda dan voltase.

Tabel 5. Tabel Hasil Penelitian Pengukuran Kadar BOD (mg/L)

Luas (cm ²)	Tegangan Listrik (Volt)		
	10	20	30
250	263	250	241
280	231	212	206
310	203	166	161

Data pada tabel diatas didapat dari nilai tengah (median) pada analisa kadar BOD dengan dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Nilai tengah tersebut didapatkan dari rumus sebagai berikut.

$$Me = X \left(\frac{n + 1}{2} \right) \dots\dots(3.2)$$



Gambar 2. Grafik hubungan antara luas elektroda dan tegangan terhadap kadar BOD

Pada grafik diatas didapatkan hasil pengaruh luas elektroda dan tegangan terhadap penurunan kadar BOD yaitu pada luas elektroda 250 cm² dengan tegangan 10, 20, 30 volt didapatkan hasil BOD sebesar 263 mg/L;231 mg/L;203 mg/L. Pada luas elektroda 280 cm² dengan tegangan 10, 20, 30 volt didapatkan hasil BOD sebesar 250 mg/L;212 mg/L;166 mg/L. Pada luas elektroda 310 cm² dengan tegangan 10, 20, 30 volt didapatkan hasil BOD sebesar 241 mg/L;206 mg/L;161 mg/L. Pada penelitian ini, hasil yang didapat belum memenuhi standar baku mutu berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor: 5 Tahun 2012 dikarenakan perlu penambahan waktu tinggal yang lebih lama dan luas elektroda yang lebih besar pada proses elektrokoagulasi agar mendapatkan hasil BOD yang memenuhi standar baku mutu. Dari data tersebut didapatkan hasil BOD yang paling mendekati standar baku mutu berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor: 5 Tahun 2012 adalah luas elektroda 250 cm² dengan tegangan 30 volt. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tebal ukuran elektroda dan semakin besar tegangan yang digunakan maka penurunan kadar BOD semakin mengecil.

3.4. Pengaruh Luas Elektroda dan

Tegangan terhadap Kadar TSS

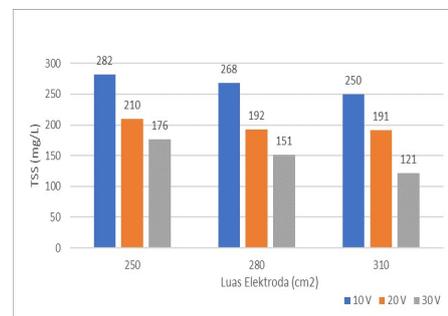
Pengukuran TSS merupakan parameter untuk mengetahui padatan yang tidak terlarut pada air limbah [10]. Berikut ini tabel 6 menyajikan data analisis kadar TSS pada limbah cair industri tahu dengan variasi tebal elektroda dan voltase.

Tabel 6. Tabel Hasil Penelitian Pengukuran Kadar TSS (mg/L)

Luas (cm ²)	Tegangan Listrik (Volt)		
	10	20	30
250	282	210	176
280	268	192	151
310	250	191	121

Data pada tabel diatas didapat dari nilai tengah (median) pada analisa kadar TSS dengan dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Nilai tengah tersebut didapatkan dari rumus sebagai berikut.

$$Me = X \left(\frac{n+1}{2} \right) \dots\dots(3.3)$$



Gambar 3. Grafik hubungan antara luas elektroda dan tegangan terhadap penurunan kadar TSS

Pada grafik diatas didapatkan hasil pengaruh luas elektroda dan tegangan terhadap penurunan kadar TSS yaitu pada luas elektroda 250 cm² dengan tegangan 10, 20, 30 volt didapatkan hasil TSS sebesar 282 mg/L;210 mg/L;176 mg/L. Pada tebal elektroda 280 cm² dengan tegangan 10, 20, 30 volt didapatkan hasil TSS sebesar 268 mg/L;192 mg/L;151 mg/L. Pada luas elektroda 310 cm² dengan tegangan

10, 20, 30 volt didapatkan hasil TSS sebesar 250 mg/L; 191 mg/L; 121 mg/L. Pada penelitian ini, hasil yang didapat belum memenuhi standar baku mutu berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor: 5 Tahun 2012 dikarenakan perlu penambahan waktu tinggal yang lebih lama dan luas elektroda yang lebih besar pada proses elektrokoagulasi agar mendapatkan hasil TSS yang memenuhi standar baku mutu. Dari data tersebut didapatkan hasil TSS yang paling mendekati standar baku mutu berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor: 5 Tahun 2012 adalah luas elektroda 310 cm² dengan tegangan 30 volt. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tebal ukuran elektroda dan semakin besar tegangan yang digunakan maka penurunan kadar TSS semakin mengecil.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Metode Elektrokoagulasi secara kontinyu dapat menurunkan kadar COD, BOD dan TSS pada limbah cair industri tahu.
2. Pada pengaruh luas elektroda dan tegangan pada penurunan kadar COD didapatkan hasil yang paling baik yaitu pada luas elektroda 310 cm² dan tegangan 30 volt yaitu sebesar 296,12 mg/L.
3. Pada pengaruh luas elektroda dan tegangan pada penurunan kadar BOD didapatkan hasil yang paling baik yaitu pada luas elektroda 310 cm² dan tegangan 30 volt yaitu sebesar 161 mg/L.
4. Pada pengaruh luas elektroda dan tegangan pada penurunan kadar TSS didapatkan hasil yang paling baik yaitu pada luas elektroda 310 cm² dan tegangan 30 volt yaitu sebesar 121 mg/L.
5. Pengaruh ukuran elektroda dan tegangan terhadap penurunan kadar COD, BOD dan TSS yaitu semakin besar ukuran

elektroda dan semakin besar tegangan maka semakin baik dalam menurunkan kadar COD, BOD dan TSS pada limbah.

REFERENSI

- [1] Mulana F, Alam PN, Daimon H. Wastewater characteristics from tofu processing facilities in banda aceh. 2014;22–5.
- [2] Faisal M, Gani A, Mulana F, Daimon H. Treatment and utilization of industrial tofu waste in Indonesia. *Asian J Chem.* 2016;28(3):501–7.
- [3] Zaleschi L, Teodosiu C, Cretescu I, Rodrigo MA. A comparative study of electrocoagulation and chemical coagulation processes applied for wastewater treatment. *Environ Eng Manag J.* 2012;11(8):1517–25.
- [4] Sumantri J, No B, Lampung B. ELEKTROKOAGULASI LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU Wasinton Simanjuntak *, Irwan Ginting Suka dan Restuning Ramdhani. 2007;13(2):89–94.
- [5] Afriyanti N. The Study of Electrocoagulation Technique for Microalgae Removal. Skripsi. 2011.
- [6] Iswanto B, Silalahi MD, Purnama FD. Pengolahan Air Limbah Emulsi Minyak-Deterjen Dengan Proses Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium. *J Teknol Lingukngan.* 2009;5(2):55–61.
- [7] Bazrafshan E, Moein H, Kord Mostafapour F, Nakhaie S. Application of electrocoagulation process for dairy wastewater treatment. *J Chem.* 2013;2013:7–10.
- [8] Standard Methods Committee. 5220 Chemical Oxygen Demand (Cod)* 5220 B. Open Reflux Method. 1997;(5000):14–9.
- [9] Jouanneau S, Recoules L, Durand MJ, Boukabache A, Picot V, Primault Y, et al. Methods for assessing biochemical oxygen demand (BOD): A review. *Water Res [Internet].* 2014;49(1):62–82. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2013.10.066>

- [10] Hidayat D, Suprianto R, Dewi PS. Penentuan Kandungan Zat Padat (Total Dissolve Solid Dan Total Suspended Solid) Di Perairan Teluk Lampung. Anal Environ Chem. 2016;1(01):36-45.