

Penyisihan COD dan TSS pada Limbah Cair Industri Tahu dengan Kombinasi Metode Elektrokoagulasi dan Filtrasi Menggunakan Media Biji Asam Jawa (*Tamarindus indica L*)

Saad Ubaidillah¹, Neni Damajanti²

^{1,2}Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Purwokerto

ARTICLE INFO

Article history:

DOI:

[10.30595/pspfs.v6i.854](https://doi.org/10.30595/pspfs.v6i.854)

Submitted:

August 05, 2023

Accepted:

September 29, 2023

Published:

October 13, 2023

Keywords:

Tofu Wastewater,
Electrocoagulation,
Filtration, Tamarind Seeds,
COD, TSS

ABSTRACT

This study aimed to treat tofu wastewater using electrocoagulation and filtration methods with tamarind seed media. This study was conducted on a lab scale with a capacity of 2 liters, using Al-Al electrodes with a voltage of 13 volts. The variables studied were EC time (20, 30, 40, 50, and 60 minutes) and electrode plate area (90 cm² and 99 cm²) with a thickness of 1 mm. The parameters measured were COD and TSS of tofu wastewater before and after treatment. The results showed that the electrocoagulation and filtration methods with tamarind seed media could reduce the COD and TSS levels of tofu wastewater significantly. The optimal condition was achieved at EC time of 50 minutes and plate area of 99 cm², with COD removal of 78.7% and TSS removal of 88%. This was due to the production of metal ions (Al³⁺) as destabilizing agents at the anode, the formation of flocs by protein and tannin in tamarind seeds, and the pH reduction by ascorbic acid and citric acid in tamarind seeds. This method had the advantage of not using synthetic chemicals and producing a more environmentally friendly final product.

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



Corresponding Author:

Neni Damajanti

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Jl. KH. Ahmad Dahlan, Purwokerto, Jawa Tengah, Indonesia

Email: neni_de2000@yahoo.com

1. PENDAHULUAN

Industri tahu di Indonesia didominasi oleh usaha-usaha kelas kecil yang mayoritas tidak memiliki fasilitas pengolahan limbah, sehingga limbah cair hasil produksi langsung dibuang ke badan air tanpa pengolahan sebelumnya. Limbah cair tahu memiliki kandungan senyawa organik yang tinggi, terutama protein dan asam amino, yang dapat menyebabkan mikroorganisme berkembang biak dengan cepat dalam air. Akibatnya, tingkat oksigen dalam air akan menurun tajam dan air menjadi keruh [2]. Hal ini menyebabkan limbah cair tahu mengandung kadar COD (7050 mg/L), BOD (4583 mg/L), dan TSS (4743 mg/L) [3]. Batas persyaratan buangan limbah cair industri yang diizinkan berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri adalah 150 mg/L untuk BOD, 300 mg/L untuk COD, dan 200 mg/L untuk TSS [4]. Oleh karena itu, jika limbah cair tahu dibiarkan dibuang tanpa pengolahan, akan dapat menimbulkan bau tidak sedap, polusi air, dan sarang penyakit. Sehingga, diperlukan pengolahan limbah cair industri tahu, salah satunya dengan metode elektrokoagulasi [5].

Elektrokoagulasi adalah proses penguraian ion-ion dalam larutan yang dikenakan arus listrik searah melalui elektroda. Ion-ion positif (kation) akan bergerak menuju katoda dan direduksi dengan menangkap elektron, sedangkan ion-ion negatif (anion) akan bergerak menuju anoda dan dioksidasi dengan melepas elektron. Metode filtrasi

menggunakan biji asam jawa dipilih karena biji asam jawa memiliki kandungan protein yang berperan sebagai polielektrolit dan dapat menghilangkan sisa mikroba dari proses elektrokoagulasi (Sari & Pratama, 2021). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa elektrokoagulasi dapat menurunkan kadar COD sebesar 76,36%, BOD sebesar 72,83%, dan TSS sebesar 85,16% pada limbah cair tahu (Hendriyanto, 2019) [8]. Pada penelitian lain juga biji asam jawa mampu memperbaiki kualitas air tanah dengan penurunan turbiditas sebesar 99.72%. [9].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh luas plat dan waktu elektrokoagulasi terhadap efisiensi penyisihan COD dan TSS pada limbah cair tahu di daerah Cilongok. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kondisi optimal luas plat dan waktu elektrokoagulasi yang dapat menghasilkan kualitas limbah cair tahu yang memenuhi baku mutu lingkungan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh waktu elektrokoagulasi (EC) dan luas elektroda pada kombinasi metode EC dan filtrasi terhadap penyisihan COD dan TSS pada limbah cair industri tahu menggunakan elektroda aluminium dan media filtrasi biji asam jawa. Penelitian ini dilakukan di laboratorium teknik kimia Universitas Muhammadiyah Purwokerto dengan menggunakan limbah cair tahu dari pabrik tahu Cilongok, Banyumas. Karakteristik awal limbah cair tahu dianalisis sebelum pengolahan dan disesuaikan dengan baku mutu kualitas air menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014.

Proses EC dilakukan dengan menggunakan empat plat elektroda aluminium dengan luas permukaan 90 cm² atau 99 cm² dalam reaktor EC berukuran 15 cm x 15 cm x 20 cm. Waktu EC divariasikan antara 20, 30, 40, 50, dan 60 menit. Setelah EC, limbah cair tahu difiltrasi dengan menggunakan media biji asam jawa. Sampel limbah cair tahu yang telah melalui proses EC dan filtrasi dianalisis untuk COD dan TSS sebagai parameter kinerja pengolahan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan dari hasil penelitian didapatkan hasil sebagai berikut:

a. Pengaruh luas plat terhadap penyisihan kadar TSS

Hasil analisis menunjukkan bahwa proses elektrokoagulasi dengan empat plat Al-Al dan filtrasi dengan biji asam jawa memberikan perubahan yang signifikan terhadap penyisihan TSS pada limbah cair tahu. **Tabel 1** menunjukkan bahwa kondisi optimal tercapai pada luas plat 99 cm² dan waktu EC 40 menit, dengan penyisihan TSS dari 310 mg/L menjadi 71 mg/L. Hal ini disebabkan oleh produksi ion logam (Al³⁺) sebagai agen destabilisasi di anoda melalui reaksi elektrokimia. Ion logam (Al³⁺) akan berikatan dengan partikel koloid dan tersuspensi halus, membentuk flok yang lebih besar dan mudah mengendap. Jika luas plat pengoperasian diperkecil, dosis ion logam akan berkurang dan tidak cukup untuk mendestabilisasi semua partikel koloid dan tersuspensi halus, sehingga kadar TSS tidak turun secara signifikan.

Tabel 1. Hasil pemilihan plat terbaik pada waktu tengah 40 menit

No	Sampel	Kadar TSS (mg/l)		Kadar COD (mg/l)	
		Plat A (90cm ²)	Plat B (99cm ²)	Plat A (90cm ²)	Plat B (99cm ²)
1	Setelah elektrokoagulasi	112	71	4974	3177,33
2	Setelah filtrasi	102	65	2350,66	1664

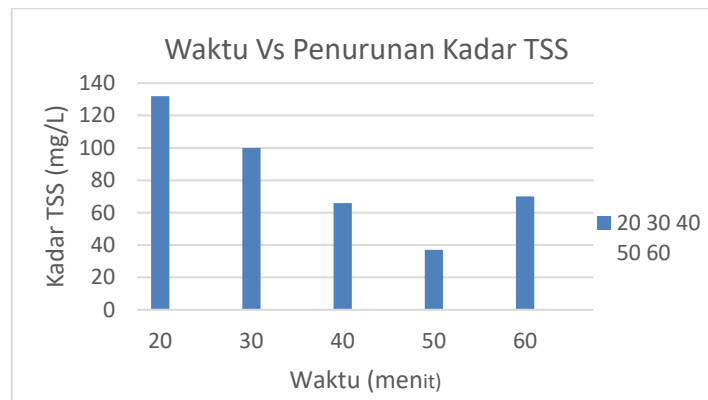
b. Pengaruh luas plat terhadap penyisihan kadar COD

Proses elektrokoagulasi menggunakan elektroda logam yang dapat melepaskan ion atau berikatan dengan ion-ion dalam air limbah. Arus listrik dari elektroda memicu reaksi elektrokimia antara elektroda dan air limbah. **Tabel 1** menunjukkan bahwa kondisi optimal tercapai pada luas plat 99 cm² dan waktu EC 40 menit, dengan penyisihan COD dari 6687,33 mg/L menjadi 1664 mg/L. Luas permukaan elektroda berpengaruh terhadap efisiensi proses elektrokoagulasi. Hal ini karena luas permukaan elektroda yang besar menyediakan area yang luas untuk reaksi elektrokimia, yang dapat meningkatkan efisiensi pengurangan COD (Faroz, 2017). Hashemian (2018) juga menyatakan bahwa luas permukaan elektroda yang besar akan meningkatkan jumlah ion logam dalam air limbah dan area kontak elektroda dengan air limbah. Elektroda akan dapat membentuk flok yang besar dan efektif mengurangi COD dalam air limbah.

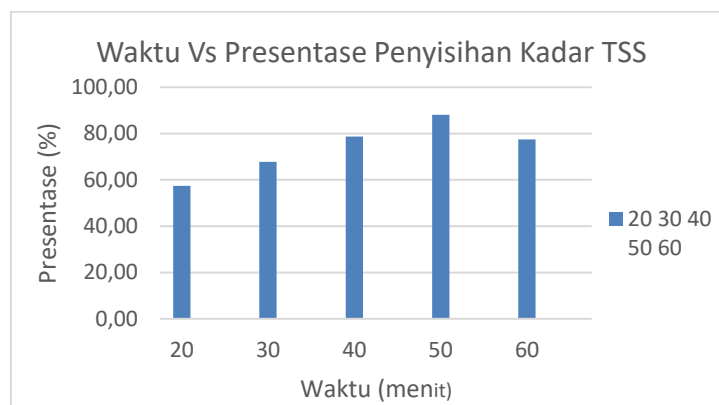
c. Pengaruh waktu EC terhadap penyisihan kada TSS

Penelitian ini mengukur kadar COD dan TSS pada limbah cair tahu pada lima waktu EC yang berbeda, yaitu 20, 30, 40, 50, dan 60 menit. **Gambar 1** menunjukkan bahwa penyisihan TSS meningkat seiring dengan bertambahnya waktu EC hingga 50 menit, kemudian menurun setelah itu. Hal ini disebabkan

oleh fenomena restabilisasi yang terjadi akibat kelebihan dosis koagulan yang membuat partikel koloid dan tersuspensi halus mengalami restabilisasi dan kembali menjadi padatan tersuspensi. **Gambar 2** mengilustrasikan presentase penyisihan TSS sebagai fungsi dari waktu EC. Kurva menunjukkan bahwa waktu EC berpengaruh terhadap persentase penyisihan TSS. Persentase penyisihan TSS meningkat dari 57%, 67%, 78%, hingga 88% saat waktu EC meningkat dari 20, 30, 40, hingga 50 menit pada tegangan 13 volt dengan luas plat 99 cm² sebanyak empat buah. Hal ini karena pembentukan H₂ dan OH⁻ semakin banyak, sehingga semakin banyak juga jumlah kompleks yang mengikat polutan (Faiqun, 2007). Hasil terbaik diperoleh pada waktu EC 50 menit dengan TSS sebesar 37 mg/L, yang sesuai dengan baku mutu limbah cair tahu yaitu di bawah 200 mg/L. Peningkatan waktu EC lebih lanjut hingga 60 menit tidak memberikan peningkatan yang signifikan terhadap efisiensi penyisihan TSS, yaitu hanya sebesar 77%.



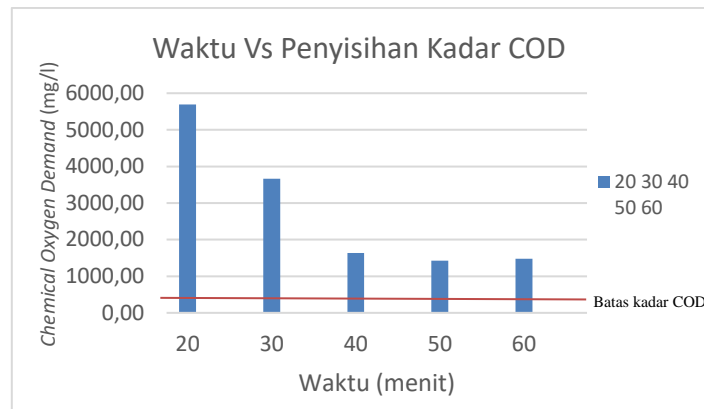
Gambar 1. Pola Grafik pengaruh waktu proses EC terhadap penyisihan kadar TSS



Gambar 2. Grafik presentase waktu proses EC terhadap penyisihan kadar TSS

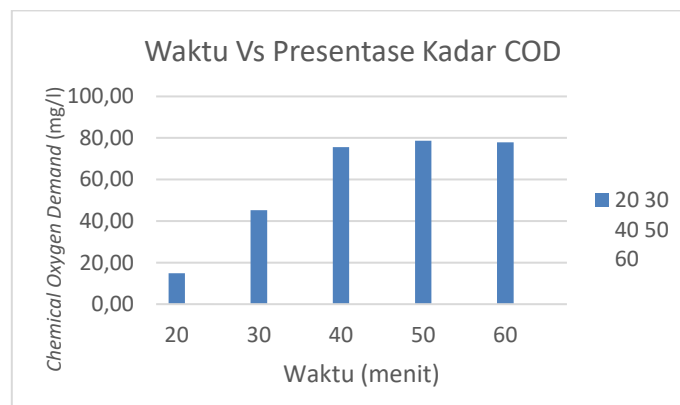
d. Pengaruh waktu EC terhadap penyisihan kadar COD

Gambar 3. menunjukkan respon COD terhadap waktu EC. Penyisihan COD menurun seiring dengan bertambahnya waktu EC. Hal ini karena reaksi elektrokimia yang terjadi secara spontan dapat membentuk koagulan yang cukup banyak, sehingga bahan pencemar organik dalam limbah cair tahu akan terkoagulasi dan membentuk flok. Dengan demikian, kandungan organik keluaran menjadi sangat rendah dan kadar COD berkurang.



Gambar 3. Grafik pengaruh waktu proses EC terhadap penyisihan kadar COD

Penurunan COD yang tajam terjadi pada 20 menit pertama proses, kemudian penurunan level secara bertahap, dan kenaikan kembali terjadi pada 60 menit. Hal ini disebabkan oleh perbedaan sampel yang digunakan, yaitu sampel yang ada di dasar bak penampung yang mengandung banyak endapan flok-flok organik. Hal ini menyebabkan nilai COD meningkat. **Gambar 4** menunjukkan presentase penyisihan COD dengan kombinasi elektroda Al-Al sebanyak empat buah dengan tegangan 13 volt pada variasi waktu yang berbeda. Nilai terbaik diperoleh pada waktu EC 50 menit dengan COD sebesar 1424 mg/L dan presentase penyisihan sebesar 78,7%. Hal ini belum sesuai dengan baku mutu limbah cair tahu yaitu COD sebesar 300 mg/L. Faktor-faktor yang mempengaruhi hal ini antara lain adalah kandungan polutan organik limbah cair tahu yang hanya berasal dari pemasakan kedelai selama proses pembuatan tahu, dan ketebalan pelat elektroda yang hanya 1 mm, yang menyebabkan gaya tarik elektrostatis untuk mereduksi dan mengoksidasi ion menjadi lebih rendah, sehingga jumlah ion dalam larutan menjadi lebih sedikit.



Gambar 4. Grafik presentase waktu proses EC terhadap penyisihan kadar COD

e. Pengaruh biji asam jawa terhadap COD dan TSS

Penelitian ini menggabungkan dua metode, yaitu elektrokoagulasi dan filtrasi, untuk mengolah limbah cair tahu. Pada metode filtrasi, digunakan media filtrasi bubuk biji asam jawa sebanyak 1000 mg/L. **Tabel 1** menunjukkan bahwa biji asam jawa dapat efektif dalam menurunkan kadar TSS dan COD pada limbah cair tahu. Hal ini karena biji asam jawa merupakan polielektrolit alami yang mengandung protein dan tanin. Protein memiliki muatan positif atau negatif yang dapat menarik partikel koloid dan tersuspensi halus dalam limbah, membentuk flok yang lebih mudah mengendap (Buntat, 2021). Selain itu, biji asam jawa juga mengandung senyawa asam askorbat dan asam sitrat yang dapat menurunkan pH dalam limbah dan bereaksi dengan kotoran dalam limbah, terutama protein dan lemak, membentuk agregat (Kurniawan, 2018). Agregat tersebut akan membentuk endapan yang lebih besar dan mudah disaring saat proses filtrasi. Endapan tersebut akan tertahan oleh media filter yang digunakan, sementara cairan hasil filtrasi yang jernih dapat disimpan atau dibuang. Penggunaan biji asam jawa sebagai koagulan pada proses filtrasi limbah cair memiliki keuntungan karena tidak mengandung bahan kimia sintetis dan menghasilkan produk akhir yang lebih ramah lingkungan. Namun, perlu diperhatikan bahwa penggunaan biji asam jawa sebagai koagulan pada proses filtrasi harus disesuaikan dengan jenis limbah cair yang diolah dan konsentrasi biji asam jawa yang digunakan agar dapat menghasilkan efisiensi filtrasi yang optimal.

4. SIMPULAN

Penelitian ini mengolah limbah cair tahu menggunakan metode elektrokoagulasi dan filtrasi pada skala lab kapasitas 2 liter dengan tegangan 13 volt menggunakan elektroda Al-Al. Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut: Berdasarkan pada hasil analisis data dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- 1 Waktu EC berpengaruh terhadap penyisihan COD dan TSS karena semakin lama proses, semakin banyak ion yang teroksidasi oleh katoda yang menyebabkan penggumpalan senyawa organik menjadi flok yang mudah dipisahkan.
 - a. Penyisihan COD terbaik terjadi pada waktu EC 50 menit dengan COD awal 6687 mg/L dan COD akhir 1424 mg/L.
 - b. Penyisihan TSS terbaik terjadi pada waktu EC 50 menit dengan TSS awal 310 mg/L dan TSS akhir 37 mg/L.
- 2 Luas plat elektroda berpengaruh terhadap penyisihan COD dan TSS karena semakin luas permukaan, semakin banyak dosis ion logam (Al^{3+}) yang dapat mendestabilisasi partikel koloid dan tersuspensi halus dalam limbah.
 - a. Penyisihan COD terbaik terjadi pada luas plat 99 cm² dengan COD awal 6687 mg/L dan COD akhir 1755 mg/L pada waktu EC 40 menit.
 - b. Penyisihan TSS terbaik terjadi pada luas plat 99 cm² dengan TSS awal 310 mg/L dan TSS akhir 65 mg/L pada waktu EC 40 menit.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Bangun, S. Aminah, R. Hutahean and M. Ritonga, "Pengaruh Kadar Air, Dosis dan Lama Pengendapan Koagulan Serbuk Biji kelor Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 2, no. 1, pp. 7-13, 2013.
- Buntat, Y. Pengolahan Limbah Cair Tahu dengan Metode Filtrasi Menggunakan Biji Asam Jawa. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 1-9, 2021. <https://doi.org/10.31294/jtl.v7i1.8570>.
- Faroz, M. Pengaruh Luas Permukaan Elektroda dan Waktu Elektrolisis Terhadap Penurunan Kadar COD dan TSS Limbah Cair Tahu dengan Metode Elektrokoagulasi. *Jurnal Teknik Kimia*, 1-8, 2017. <https://doi.org/10.33366/jtk.v6i2.1034>.
- Hashemian, S. Electrocoagulation Process in Water and Wastewater Treatment: A Review. *Desalination and Water Treatment*, 74-95, 2018. <https://doi.org/10.5004/dwt.2018.22001>.
- Kurniawan, D.A., Astalini, A., Perdana, R., & Darmaji, D. The Effect of Electrode Area and Electrolysis Time on the Decrease of COD and TSS Levels in Tofu Liquid Waste by Electrocoagulation Method Using Aluminum Electrodes and Filtration Media of Tamarind Seeds (*Tamarindus indica L.*). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 012057, 2018. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/434/1/012057>
- Nohog., Pemanfaatan Limbah Tahu Sebagai Bahan Penyerap Logam Krom, Kadmium dan Besi dalam Air Lindi TPA. *Jurnal Pembelajaran Sains*, 6 (2), 257 – 269, 2010.
- Pusarpedal, 1996, Materi Ajar Pelatihan Analisis Kualitas Air dan Limbah Cair Tahap III, Pengendalian Dampak Lingkungan, Jakarta.
- Rachmanita. 2012. Studi penurunan konsentrasi nikel dan tembaga pada limbah cair elektroplating dengan metode elektrokoagulasi. Semarang: Program Studi Teknik Lingkungan, UNDIP.
- Ratnani, R, D 2012. Kemampuan Kombinasi Eceng Gondok Dan Lumpur Aktif Untuk Menurunkan Pencemaran Pada Limbah Cair Industry Tahu. *Momentum*. 8(1): 1-5
- Shafiee, M., & Hanachi, P. (2018). Faktor-faktor yang Mempengaruhi Efektivitas Filter Skala Industri pada Pengolahan Air Bersih. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*, 9(1), 31-40.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (2017). 23rd Edition. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF).
- Sudjarwo, Hermanto, & Tanaka, Nao. (2014). *Manual Teknologi Tepat Guna Pengolahan Air Limbah*. PUSTEKLIM: Yogyakarta.
- Sugiharto. (1987). *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta: UIP: 6-7. BAPPEDA TK.I Jawa Timur. (1995). *Panduan Pelatihan Manajemen Laboratorium*. Surabaya.
- Wardhani, E., Dirgawati, M. dan Valyana, K. P. (2012) 'Penerapan Metode Elektrokoagulasi Dalam Pengolahan Air Limbah Industri Penyamakan Kulit', *Penelitian Masalah Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta*