



## Pengolahan Air Limbah Tahu Menggunakan Metode Elektrokoagulasi dan Adsorpsi Secara Kontinyu

### [Tofu Wastewater Treatment Using Continuous Electrocoagulation and Adsorption Method]

Ninik Lintang Edi Wahyuni, Nurcahyo, Unung Leoanggraini, Robby Sudarman, Bambang Soeswanto, Emma Hermawati Muhari, Agustinus Ngatin, Rony Pasonang Sihombing✉

Politeknik Negeri Bandung/Teknik Kimia - Jl. Gegerkalong Hilir, Ciwaruga, Kec. Parongpong, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat 40559

**Abstract.** Tofu wastewater contains a lot of protein therefore it is easily degraded to produce foul odors and harmful gases due to microbes. Protein levels can be reduced through the electrocoagulation method which is equipped with adsorption. The purpose of this study is to reduce the value of turbidity, TSS, and COD in tofu wastewater due to the influence of voltage in the electrocoagulation process which is equipped with an adsorption process. This research was conducted with an electrocoagulation process at a rate of 250L/min with voltage variations of 15, 20, and 24Volt in a 10L tank containing 3 pairs of aluminum (Al) electrodes connected with direct current. The output water from the electrocoagulation process flows into the settling basin and flows into the adsorption tank containing activated carbon adsorbent. Both of these continuous processes were the innovation of this research. Sampling was conducted every 10 minutes for analysis of turbidity, TSS, COD, and pH. The results of the output water analysis from the electrocoagulation process after passing through the precipitation and adsorption processes show that increasing the voltage results in the decrease of turbidity, TSS, and COD values, however, increased efficiency and pH. Thus, a voltage of 24V with a flow rate of 250mL/min resulted in the highest efficiency of the voltage variations (15, 20, and 24V) with a process time of 90 minutes with a turbidity impurity reduction efficiency value of 45.42% with a value of 41.36 NTU from 75.22NTU, TSS 91.42% with a decrease to 1827mg/L from 21288mg/L, and COD 55.56% with a COD value of 9600mg/L from 21600mg/L, and a process output water pH of 4.91, as well as a reduction in aluminum electrode weight of 1.024grams.

**Keywords:** Tofu wastewater, electrocoagulation, adsorption, impurities, Al electrode

**Abstrak.** Air limbah tahu banyak mengandung protein, sehingga mudah terdegradasi menghasilkan bau busuk dan gas berbahaya akibat mikroba. Kadar protein dapat diperkecil melalui metode elektrokoagulasi yang dilengkapi dengan adsorpsi. Penelitian ini bertujuan untuk menurunkan nilai kekeruhan, TSS, dan COD dalam air limbah tahu akibat pengaruh tegangan pada proses elektrokoagulasi yang dilengkapi proses adsorpsi. Proses elektrokoagulasi dilakukan dengan laju 250 L/menit dengan variasi tegangan 15, 20, dan 24 Volt dalam tangki 10 Liter berisi 3 pasangan elektroda aluminium (Al) dihubungkan dengan arus searah. Hasil proses elektrokoagulasi mengalir ke bak pengendapan dan over flownya mengalir ke dalam tangki adsorpsi yang berisi adsorben karbon aktif. Kedua proses yang kontinyu tersebut merupakan keterbaruan dari penelitian ini. Pengambilan sampel dilakukan setiap 10 menit untuk dilakukan analisis kekeruhan, TSS, COD, dan pH. Hasil analisis air keluaran dari proses elektrokoagulasi setelah melewati proses pengendapan dan adsorpsi memperlihatkan bahwa peningkatan tegangan menghasilkan penurunan nilai kekeruhan, TSS, dan COD, tetapi efisiensi dan pH meningkat. Pada tegangan 24V dengan laju alir 250mL/menit dihasilkan efisiensi tertinggi dari variasi tegangan (15, 20, dan 24V) dengan waktu proses 90 menit sebesar nilai efisiensi penurunan pengotor kekeruhan 45,42% dengan nilai 41,36 NTU dari 75,22 NTU; TSS 91,42% dengan penurunannya hingga 1827 mg/L dari 21288 mg/L, dan COD 55,56% dengan nilai COD 9600 mg/L dari 21600 mg/L, dan pH air keluaran proses 4,91, serta pengurangan berat elektroda aluminium sebesar 1,024 gram.

**Kata kunci:** Air limbah tahu, elektrokoagulasi, adsorpsi, pengotor, elektroda Al

Diterima: 30 Juni 2023, Disetujui: 8 Agustus 2023

Sitasi: Wahyuni, N.L.E., Nurcahyo., Leoanggraini, U., Sudarman, R., Soeswanto, B., Muhari, E.H., Ngatin, A., dan Sihombing, R.P. (2023). Pengolahan Air Limbah Tahu Menggunakan Metode Elektrokoagulasi dan Adsorpsi Secara Kontinyu. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 9(2): 140-150.

✉ Corresponding author

E-mail: [rony.pasonang.sihombing@polban.ac.id](mailto:rony.pasonang.sihombing@polban.ac.id)

<https://doi.org/10.22487/kovalen.2023.v9.i2.16446>



## LATAR BELAKANG

Industri tahu menghasilkan air limbah dari proses produksi yang meliputi proses pencucian, perebusan, dan pengepresan (Sayow dkk., 2020). Air limbah ini banyak mengandung senyawa organik yang tinggi khususnya protein dan dapat terdegradasi menjadi bahan anorganik oleh mikroba sehingga meningkatkan kadar pengotor seperti kekeruhan, kadar TSS, dan COD. Air limbah tahu mengandung banyak bahan organik yang dapat terurai melalui proses biologi secara aerobik maupun anaerobik. Komposisi air limbah tahu meliputi protein 40-60%, karbohidrat 20-50%, dan lemak 10%. Selain itu, air limbah tahu mengandung unsur hara seperti Posfat ( $\text{PO}_4$ ), kalium (K), sulfat ( $\text{SO}_4$ ), kalsium (Ca), magnesium, seng (Zn), dan C organik. Peruraian bahan organik akibat mikroba membentuk gas-gas seperti amonia ( $\text{NH}_3$ ), metana ( $\text{CH}_4$ ), oksigen ( $\text{O}_2$ ), karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ), serta hidrogen sulfida. Adanya produk gas-gas tersebut menyebabkan air limbah tahu memiliki bau yang cukup menyengat, cairan berwarna keruh akibat banyaknya suspensi, dan memiliki pH rendah.

Baku mutu air pengolahan kedelai (tahu) memiliki kandungan zat organik cukup tinggi dengan BOD sekitar 5.000-10.000 mg/L, COD 7.000 - 12.000 mg/L (Takwanto dkk., 2018). Hal ini akan berdampak pada kualitas air dan kelangsungan ekosistem air limbah (Parangi dkk., 2022). Oleh karenanya, pengolahan air limbah ini perlu dilakukan agar dampak negatif terhadap lingkungan dapat diminalisir.

Pengolahan air limbah dengan metode elektrokoagulasi dibandingkan dengan metode anaerob dan koagulan adalah tidak membutuhkan penambahan bahan kimia, tetapi menggunakan arus, sehingga air

keluaran proses lebih ramah lingkungan. Pada proses elektrokoagulasi, koagulan dihasilkan melalui proses reaksi elektrodik yang dihasilkan berupa  $\text{Al}(\text{OH})_3$  yang membantu proses pengendapan dengan mengikat partikel koloid yang ada dalam air limbah tahu, dan adanya arus yang mengalir melalui elektroda membantu penguraian senyawa organik menjadi senyawa yang lebih sederhana, sehingga mampu mengurangi warna dan bau dari air limbah. Untuk menyempurnakan penghilangan warna dan bau dilanjutkan proses adsorpsi menggunakan karbon aktif.

Elektrokoagulasi merupakan proses koagulasi dengan memberikan arus listrik searah (*direct current*) melewati pasangan elektroda yang bertujuan untuk menghilangkan berbagai kontaminan dalam air limbah (Wiyanto dkk., 2017). Elektrokoagulasi merupakan salah satu metode pengolahan air limbah menggunakan prinsip elektrokimia yang melibatkan transfer elektron dari anoda (oksidasi) menuju katoda (reduksi) (Al Aji et al., 2012) dan reaksi kimia. Sementara itu, adsorpsi sebagai tahap terakhir merupakan proses penyerapan partikel pada permukaan zat penyerap yang disebabkan karena adanya perbedaan afinitas.

Penelitian tentang pengolahan air limbah dengan metode elektrokoagulasi secara kontinyu diperoleh kondisi optimum pada tegangan 12 volt dengan laju alir 0,087 L/menit, peningkatan pH dari 3,6 menjadi 6,7, penurunan COD sebesar 72,17% dan penurunan TSS sebesar 90,90% (Amri dkk., 2020). Penelitian pada limbah Laundry dengan metode adsorpsi dihasilkan efisiensi tertinggi penurunan COD terjadi pada ketinggian karbon aktif 40 cm sebesar 72,48% .dengan reaktor berukuran 30 x 30 x 70 cm (Pungut dkk., 2021).

Untuk meningkatkan efisiensi pengolahan air limbah tahu, maka dilakukan penelitian dengan metode elektrokoagulasi yang dilengkapi adsorpsi secara kontinyu dengan variasi tegangan dan ketebalan karbon aktif 40 cm (Hamid dkk., 2019).

Berdasarkan uraian di atas, maka kebaruan dari penelitian ini adalah memvariasikan tegangan pada proses elektrokoagulasi dan dilanjutkan dengan proses adsorpsi yang bertujuan untuk menurunkan warna dan bau yang terdapat dalam air limbah tahu. Oleh karena itu, rumusan permasalahannya adalah bagaimana pengaruh tegangan terhadap penurunan pengotor seperti kekeruhan, TSS, COD dari air limbah tahu pada proses elektrokoagulasi yang dilengkapi proses adsorpsi. Tujuan penelitian adalah mempelajari pengaruh tegangan terhadap nilai efisiensi penurunan pengotor kekeruhan, TSS, dan COD dalam air limbah tahu pada proses elektrokoagulasi yang dilengkapi proses adsorpsi dengan adsorben karbon aktif.

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Peralatan

Alat yang diperlukan meliputi alat elektrokoagulasi, bak pengendapan, dan kolom adsorpsi yang berisi karbon aktif, rectifier, pompa kecil, elektroda aluminium 3 pasang dengan ukuran 25 x 12,5 cm dengan ketebalan 3 mm, jerigen, gelas kimia, gelas ukur, serta alat untuk analisis air seperti turbidimeter, termometer, pH meter, alat uji TSS, dan seperangkat alat uji COD.

Bahan kimia yang diperlukan terdiri atas bahan baku (air limbah tahu), elektroda aluminium, karbon aktif, dan untuk uji COD seperti kalium bikromat, FAS

(ferroamoniumsulfat), aquades, asam sulfat pekat dan indikator Feroin.

### Prosedur Penelitian

Tahapan penelitian dilakukan di laboratorium pengolahan limbah industri Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Bandung, yang tahapannya adalah sebagai berikut. Studi literatur merupakan tahap awal dalam penelitian ini, yang bertujuan untuk memperoleh informasi tentang penelitian yang dilakukan berdasarkan penelitian orang lain, baik dari sumber buku, jurnal, atau prosiding. Persiapan alat dan bahan diawali dengan mempersiapkan alat, elektrokoagulasi, pengendapan, kolom adsorpsi, bak penyiapan air limbah, dan bak air keluaran serta rectifier dilanjutkan dengan merangkai alat menjadi satu rangkaian.

Air limbah dialirkan ke dalam bak elektrokoagulasi secara kontinyu dengan laju 250 mL/menit yang diatur melalui flow meter menuju reaktor elektrokoagulasi yang telah berisi pasangan elektroda aluminium (Al) sampai reaksi terisi di bawah over flow dan dialiri arus searah melalui pasangan elektroda, sehingga terjadi proses elektrokoagulasi. Pada bak elektrokoagulasi penuh air limbah sampai mencapai *over flow* mengalir secara gravitasi menuju bak sedimentasi akan mengalami pengendapan di dasar bak sedimentasi dan air bersih keluar menuju kolom adsorpsi. Air yang keluar dari bak sedimentasi dan kolom adsorpsi dilakukan pengambilan sampel dengan variasi waktu 0, 10, 20, 30, 40, 50, dan 60 menit untuk dilakukan analisis TSS, kekeruhan, pH dan COD. Untuk analisis elektroda aluminium dilakukan pada akhir proses setiap variasi proses dengan metode gravimetri. Analisis kandungan COD dalam air mengacu metode SNI 6989.3:2019, TSS mengacu pada metode

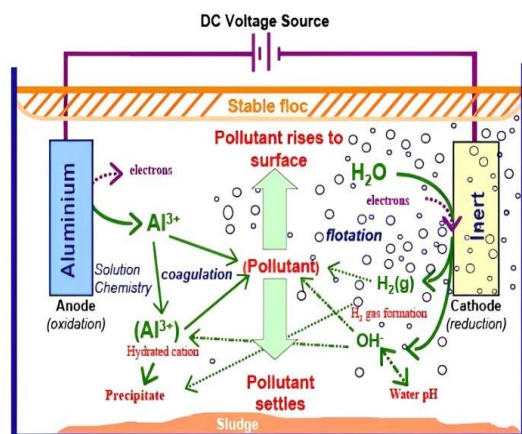
SNI 6989.3:2019, kekeruhan menggunakan alat turbidity meter, dan pengujian pH menggunakan alat pH meter.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Air limbah yang dihasilkan dari industri tahu mengandung senyawa organik yang tinggi khususnya protein dan dapat terdegradasi menjadi bahan anorganik dan meningkatkan kekeruhan, kadar TSS, dan COD. Hal ini mengakibatkan kondisi air menjadi tercemar dan tidak dapat dimanfaatkan sebagai air bersih. Untuk mengolah air limbah tahu menjadi air bersih dilakukan dengan metode elektrokoagulasi yang dilanjutkan dengan metode adsorpsi. Penelitian ini memvariasikan tegangan pada proses elektrokoagulasi terhadap penurunan pengotor (kekeruhan, TSS, dan COD) pada air yang dihasilkanelektrokoagulas dilengka dan dilewatkan melalui proses adsorpsi dengan ketinggian karbon aktif 40 Cm.

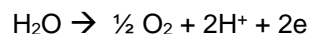
### Proses Elektrokoagulasi dan Adsorpsi

Proses elektrokoagulasi merupakan proses koagulasi akibat adanya arus listrik yang mengalir melalui elektroda yang dicelupkan dalam elektrolit (air limbah tahu). Secara skematis proses elektrokoagulasi ditunjukkan pada Gambar 1.

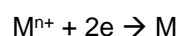
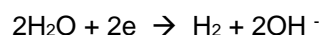


Gambar 1 Proses elektrokoagulasi

Proses yang terjadi pada bak elektrokoagulasi (Gambar 1) menggunakan pasangan elektroda aluminium (Al) meliputi berikut. Anoda (elektroda negatif) melibatkan reaksi hal oksidasi,



Katoda (elektroda negatif) melibatkan reaksi reduksi,



Reaksi yang ditunjukkan di anoda melibatkan reaksi pelarutan Al menjadi kation  $\text{Al}^{3+}$  dan pembentukan gas oksigen, sedangkan di katoda melibatkan reaksi pembentukan gas hidrogen, ion hidroksil ( $\text{OH}^-$ ). Pembentukan endapan atau lapisan logam lain yang terkandung dalam limbah air tahu. di dasar tangki atau di katoda (Solih dkk., 2020; Suherman dkk., 2020). Adanya kation  $\text{Al}^{3+}$  dan ion hidroksil ( $\text{OH}^-$ ) bereaksi membentuk  $\text{Al}(\text{OH})_3$  yang berbentuk koloid atau koagulan bermuatan positif dan dapat mengikat pengotor pada air limbah membentuk flok-flok yang massa jenisnya lebih besar daripada air, yang menyebabkan turun ke dasar tangki yang disebut elektrokoagulasi (Hanum dkk., 2015). Adanya gas hidrogen dan oksigen yang dihasilkan di kedua elektroda teradsorpsi pada kotoran yang mempunyai massa jenis lebih kecil daripada air dan menyebabkan kotoran terangkat ke permukaan dan prosesnya disebut elektroflotasi.

Kotoran yang di permukaan ini keluar melalui *overflow* menuju bak pengendapan, yang lama kelamaan mengendap di dasar tangki, sehingga air keluaran mempunyai kekeruhan lebih rendah daripada air limbah

awal. Air keluaran mengalir melalui *overflow* menuju tangki adsorpsi. Pada tangki adsorpsi, air mengalami proses adsorpsi melalui adsorben karbon aktif. Pada permukaan karbon aktif melibatkan gaya tarik menarik antar molekul tidak seimbang dan menyebabkan permukaannya memiliki kecenderungan untuk mengikat partikel yang berada disekitarnya.

### Pengaruh Tegangan terhadap Proses Elektrokoagulasi

Tegangan (beda potensial) berbanding lurus dengan jumlah arus listrik yang mengalir pada elektroda, yang menyebabkan terjadinya transfer elektron pada elektroda dan perpindahan ion-ion ke dalam larutan elektrolit (Hanum dkk., 2015). Menurut hukum Ohm,  $V = IR$ , maka tegangan (V) meningkat menyebabkan besarnya arus yang mengalir ke dalam air limbah tahu semakin meningkat akibat hambatan dari air limbah tetap. Hasil air proses elektrokoagulasi dilakukan analisis parameter pengotor yaitu kekeruhan, (TSS), COD, dan pH air. Hasil nilai pengotor (kekeruhan, TSS, dan COD) air keluaran dari proses elektrokoagulasi pada variasi tegangan (15 V, 20V, dan 24V), dengan variasi waktu pengambilan sampel ditunjukkan pada Tabel 1 – Tabel 3.

**Tabel 1** Hasil nilai pengotor air keluaran dari proses elektrokoagulasi (kekeruhan)

Waktu (menit)	Tingkat Kekeruhan (NTU) pada Setiap Tegangan		
	15V	20V	24V
0	<b>75,22</b>	<b>75,22</b>	<b>75,22</b>
10	72,63	69,32	58,84
30	68,87	65,42	54,49
50	67,79	63,02	49,75
70	66,51	60,19	43,41
90	64,13	57,21	41,36

**Tabel 2** Hasil nilai pengotor air keluaran dari proses elektrokoagulasi (TSS)

Waktu (menit)	Nilai TSS (mg/L) pada Setiap Tegangan		
	15V	20V	24V
0	<b>21288</b>	<b>21288</b>	<b>21288</b>
10	20185	8912	8193
30	18245	7270	6430
50	17538	5390	4778
70	16885	2665	2163
90	16570	2445	1827

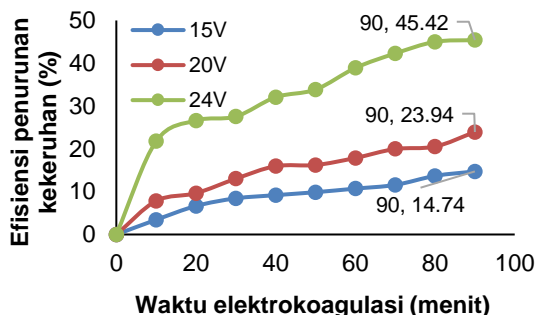
**Tabel 3** Hasil nilai pengotor air keluaran dari proses elektrokoagulasi (COD)

Waktu (menit)	Nilai COD (mg/L) pada Setiap Tegangan		
	15V	20V	24V
0	<b>21600</b>	<b>21600</b>	<b>21600</b>
10	20160	18920	18240
30	18760	17720	17240
50	16400	14900	13900
70	15360	13920	11520
90	13920	11520	9600

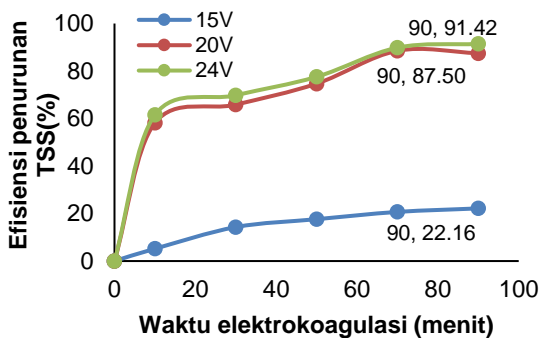
Tabel 1, 2, dan 3 menyajikan bahwa peningkatan tegangan mempengaruhi nilai kekeruhan, TSS, dan COD yaitu nilai kekeruhan, TSS, dan COD semakin turun. Hal ini disebabkan peningkatan tegangan menyatakan jumlah arus yang mengalir ke dalam air limbah tahu semakin besar mengakibatkan elektrolit dan bahan organik yang berada dalam larutan mengalami peruraian atau degradasi semakin meningkat, sehingga air menjadi semakin bersih (Daniar, 2022; Juherah & Mangiri, 2019). Dengan semakin besarnya arus yang mengalir melalui elektroda juga menyebabkan semakin meningkatnya reaksi elektrokimia di setiap elektroda dan reaksi kimia yang terjadi dalam larutan, yang dapat mengakibatkan terjadi pengendapan di dasar tangki dan gelembung gas di permukaan bak, sehingga air limbah

mengalami penurunan nilai kekeruhan, TSS, dan COD.

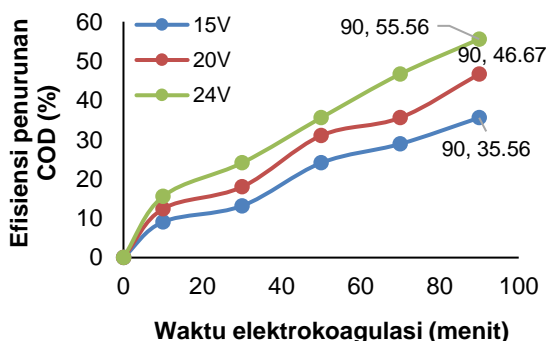
Pengaruh peningkatan tegangan dapat menyebabkan penurunan nilai kekeruhan, TSS, dan COD, maka peningkatan efisiensi penurunan nilai kekeruhan, TSS, dan COD juga terjadi seperti yang disajikan pada Gambar 2, 3, dan 4 berikut ini.



Gambar 2 Efisiensi penurunan kekeruhan



Gambar 3 Efisiensi penurunan kadar TSS



Gambar 4 Efisiensi Penurunan kadar COD

Gambar 2, 3 dan 4 menunjukkan bahwa peningkatan tegangan menghasilkan peningkatan efisiensi penurunan kekeruhan, TSS, dan COD, serta peningkatan waktu

proses elektrokoagulasi juga menghasilkan peningkatan efisiensi penurunan kekeruhan, TSS, dan COD, sehingga tegangan 24V dan waktu proses 90 menit menghasilkan efisiensi penurunan kekeruhan 45,42 % dengan nilai penurunan kekeruhan dari 75,22 menjadi 41,36 NTU; efisiensi penurunan nilai TSS 91,42% dengan penurunannya sampai 1827 mg/L dari 21288 mg/L, dan efisiensi penurunan nilai COD 55,56% dengan nilai COD 9600 mg/L dari 21600 mg/L (Tabel 1).

Hasil nilai pengotor (kekeruhan, TSS, dan COD) dalam air keluaran dari proses elektrokoagulasi berbanding terbalik dengan efisiensi penurunan nilai pengotor, yaitu semakin besar tegangan yang dioperasikan menghasilkan penurunan nilai pengotor semakin besar dan waktu proses proses semakin lama menghasilkan efisiensi penurunan pengotor semakin meningkat. Hal ini diakibatkan peningkatan waktu proses menyebabkan terbentuknya flok yang mengendap semakin banyak, sehingga efisiensi penyisihan pengotor meningkat (Lestari dkk., 2017). Nilai kekeruhan dan TSS sangat berkaitan karena diakibatkan banyaknya padatan tersuspensi dan menyebabkan terjadinya penghamburan cahaya saat dilakukan analisis kekeruhan. Semakin banyak padatan yang terkandung dalam air limbah, maka semakin keruh air limbahnya. Nilai COD merupakan nilai kebutuhan oksigen yang diperlukan untuk mendegradasi senyawa organik dalam air limbah, sehingga penurunan nilai COD menunjukkan bahwa senyawa organik yang berada dalam air limbah semakin berkurang (Dayanti & Herlina, 2018). Hal ini diakibatkan pada proses elektokoagulasi senyawa organik

terikat oleh koagulan  $Al(OH)_3$  akan mengendap di dasar bak elektrokoagulasi (Iswanto, 2016).

### Pengaruh Tegangan terhadap Penurunan Pengotor (Kekeruhan, Kadar TSS, dan COD) Air Keluaran Proses Adsorpsi

Air keluaran dari proses adsorpsi merupakan hasil air dari proses adsorpsi yang merupakan hasil keluaran proses elektrokoagulasi yang telah mengalami pengendapan di bak sedimentasi. Hasil air keluaran ini mempunyai penurunan nilai kekeruhan, TSS, dan COD seperti Tabel 4 – Tabel 6 dan nilai efisiensi penurunan kadar kekeruhan, TSS, dan COD ditunjukkan pada Gambar 6.

Tabel 4 – Tabel 6 disajikan bahwa semakin meningkat tegangan dan waktu, maka nilai kekeruhan, TSS, dan COD semakin kecil. Pada kondisi tegangan 24V dengan waktu proses 90 menit menghasilkan nilai kekeruhan, TSS, dan COD berturut – turut adalah 33,67 NTU, 1465 mg/L, dan 8640 mg/L. Penurunan pengotor (kekeruhan, TSS, COD) dalam air limbah tahu disebabkan semakin lama waktu proses adsorpsi memerlukan waktu yang semakin lama mengalami kontak adsorben dengan air limbah.

Kenaikan efisiensi penurunan pengotornya diakibatkan adanya karbon aktif yang memiliki pori-pori dan berperan sebagai adsorben yang menyerap partikel padatan, zat warna, dan bau pada air limbah tahu. Permukaan adsorben memiliki gaya tarik menarik antar molekul yang tidak seimbang, sehingga menyebabkan kecenderungan untuk mengikat partikel yang berada di sekitarnya, sehingga menyebabkan nilai kekeruhan, TSS, dan COD dalam air limbah menurun dan efisiensinya meningkat, serta hasilnya menjadi lebih jernih (Prasetyo dkk., 2018; Iswanto,

2016). Efisiensi penurunan nilai pengotor (kekeruhan TSS, dan COD) tertinggi dicapai pada kondisi tegangan 24 volt dan 90 menit, yaitu nilai kekeruhan dari 75,22 NTU menjadi 33,67 dengan efisiensi penurunan 55,24%, nilai TSS dari 21288 mg/L menjadi 1465 mg/L dengan efisiensi 93,12%, nilai COD nya dari 21600 menjadi 8640 mg/L dengan efisiensi 60% (Tabel 4, 5, 6 dan Gambar 5).

**Tabel 4** Hasil nilai pengotor air keluaran dari proses adsorpsi (kekeruhan)

Waktu (menit)	Tingkat Kekeruhan (NTU) pada Setiap Tegangan		
	15V	20V	24V
0	<b>75,22</b>	<b>75,22</b>	<b>75,22</b>
10	69,4	58,14	48,14
30	66,47	53,21	44,91
50	64,22	51,55	41,75
70	63,21	48,26	35,21
90	61,04	42,12	33,67

**Tabel 5** Hasil nilai pengotor air keluaran dari proses adsorpsi (TSS)

Waktu (menit)	Nilai TSS (mg/L) pada Setiap Tegangan		
	15V	20V	24V
0	<b>21288</b>	<b>21288</b>	<b>21288</b>
10	17560	8565	8027
30	13183	7155	6192
50	11600	4775	4305
70	9313	2267	2225
90	8127	1545	1465

**Tabel 6** Hasil nilai pengotor air keluaran dari proses adsorpsi (COD)

Waktu (menit)	Nilai COD (mg/L) pada Setiap Tegangan		
	15V	20V	24V
0	<b>21600</b>	<b>21600</b>	<b>21600</b>
10	17280	16800	15480
30	16800	15400	13920
50	15400	13920	13440
70	13440	12520	11040
90	11040	9600	8640

**Pengaruh Elektrokoagulasi dan Adsorpsi terhadap Penurunan Pengotor (Kekeruhan, TSS, dan COD)**

Pengaruh proses elektrokoagulasi dan adsorpsi terhadap penurunan pengotor (kekeruhan, TSS, dan COD) dalam air limbah tahu ditunjukkan pada Tabel 7 – Tabel 9. Tabel 7– Tabel 9 merupakan hasil nilai pengotor (kekeruhan, TSS, dan COD) pada kondisi tegangan 24Volt dengan laju alir 250 mL/menit serta waktu proses selama 90 menit.

Tabel 7– Tabel 9 menunjukkan bahwa nilai pengotor (kekeruhan, TSS, COD) air keluaran dari proses adsorpsi mempunyai nilai lebih kecil atau mengalami penurunan lebih besar daripada air keluaran proses elektrokoagulasi. Selisih atau perbedaan penurunan pengotornya adalah nilai kekeruhan 8,69 NTU, TSS 235,4 mg/L, dan COD 1456 mg/L. Besarnya nilai ini menunjukkan bahwa proses adsorpsi mempunyai peran yang penting untuk menurunkan nilai pengotor dalam air limbah tahu. Untuk nilai efisiensi penurunan pengotor (kekeruhan, TSS, dan COD) air keluaran proses elektrokoagulasi dan adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 5.

**Tabel 7** Pengaruh elektrokoagulasi dan adsorpsi terhadap penurunan nilai kekeruhan

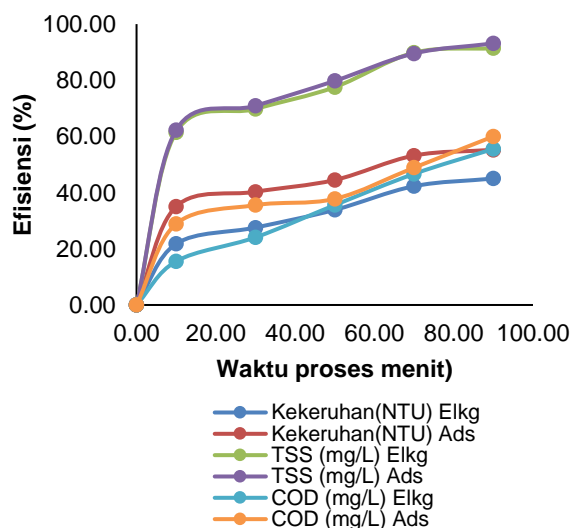
Waktu (menit)	Kekeruhan (NTU)	
	Elektrokoagulasi	Adsorpsi
0	<b>75,22</b>	
10	58,84	48,86
30	54,49	44,91
50	49,75	41,75
70	43,41	35,21
90	41,36	33,67
rata2	<b>49,57</b>	<b>40,88</b>
Selisih	25,65	34,34
ads-elkg	<b>8,69</b>	

**Tabel 8** Pengaruh elektrokoagulasi dan adsorpsi terhadap penurunan nilai pengotor (TSS)

Waktu (menit)	TSS (mg/L)	
	Elektrokoagulasi	Adsorpsi
0	<b>21288</b>	
10	8193	8027
30	6430	6192
50	4778	4305
70	2163	2225
90	1827	1465
rata2	<b>4678,2</b>	<b>4442,8</b>
Selisih	16609,8	16845,2
Ads-elkg	<b>235,4</b>	

**Tabel 9** Pengaruh elektrokoagulasi dan adsorpsi terhadap penurunan nilai pengotor (COD)

Waktu (menit)	COD (mg/L)	
	Elektrokoagulasi	Adsorpsi
0	<b>21600</b>	
10	18240	15360
30	16400	13920
50	13920	13440
70	11520	11040
90	9600	8640
rata2	<b>13936</b>	<b>12480</b>
Selisih	7664	9120
ads-elkg	<b>1456</b>	

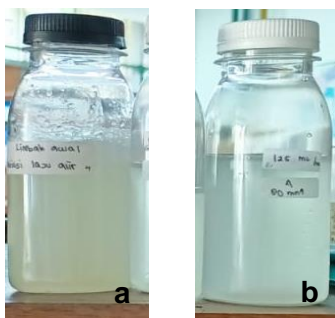


**Gambar 5** Pengaruh proses elektrokoagulasi dan adsorpsi terhadap efisiensi pengotor (kekeruhan, TSS, dan COD) air keluaran



Gambar 5 memperlihatkan bahwa air keluaran dari proses adsorpsi mempunyai efisiensi penurunan pengotor (kekeruhan, TSS, dan COD) lebih tinggi daripada nilai efisiensi penurunan pengotor air keluaran dari proses elektrokoagulasi. Selisih efisiensi penurunan pengotor air keluaran elektrokoagulasi dan adsorpsi adalah kekeruhan sekitar 10%, TSS 2%, dan COD sekitar 5%. Perbedaan nilai efisiensi penurunan pengotor disebabkan kandungan senyawa organik dalam air limbah cukup besar, sehingga proses penyerapan pengotor ke dalam adsorben relatif rendah, tetapi perbedaan penurunan nilai setiap pengotor cukup besar.

Perbedaan air limbah tahu awal dengan air keluaran proses ditunjukkan pada Gambar 6 berikut.



**Gambar 6** Perbedaan air limbah (a) dan air keluaran (b)

Gambar 6 memperlihatkan bahwa air limbah tahu (a) lebih keruh dan agak coklat daripada Gambar (b) air keluaran proses dengan warna yang lebih jernih atau terang. Hal ini disebabkan pada proses adsorpsi yang menggunakan karbon aktif melibatkan proses penyerapan partikel pengotor di permukaannya. Adanya gaya Van Der Waals, maka pori-pori pada karbon aktif menarik pengotor pada air limbah, akibat adanya ketidakseimbangan pada permukaannya, menyebabkan pengotor terperangkap di pori-

pori yang menyebabkan kadar pengotor menjadi berkurang

### Pengaruh Tegangan terhadap pH Air Limbah dan Berat Elektroda Aluminium Air Keluaran dari Proses Adsorpsi

Air limbah tahu mempunyai pH sekitar 3,7 dan air hasil elektrokoagulasi dengan waktu proses 90 menit dan laju air 250 mL/menit dialirkan melalui bak pengendapan dan adsorpsi mempunyai pH 4,91. Air keluaran masih bersifat asam, maka perlu ditambahkan air kapur atau basa sampai pH air keluaran > 6.

Akibat reaksi terjadi di setiap elektroda, maka logam aluminium sebagai anoda mengalami reaksi oksidasi atau melarut menjadi ion  $Al^{3+}$ , maka logam aluminium ini mengalami pengurangan berat seperti ditunjukkan pada Tabel 10 berikut.

**Tabel 10** Pegurangan berat logam aluminium

	Berat Al (gram)			
	awal	Run 1	Run 2	Run 3
A1	3,06	293,02	293,05	292,79
A2	297,62	297,54	297,78	297,62
A3	293,81	292,79	293,61	293,91
5V, Δ A1		0.031	0.007	0.004
10 V, Δ A2		0.077	0.059	0.012
24V, Δ A3		1.024	0.202	0.099

Keterangan: A1, A2, dan A3, jarak elektroda dengan sumber arus searah

Tabel 10 menyajikan bahwa selisih berat logam aluminium di anoda terjadi peningkatan terhadap tegangan listrik yang dialirkan melalui elektroda. Hal ini sesuai dengan hukum Ohm bahwa semakin besar tegangan yang diberikan menyebabkan juga jumlah arus yang mengalir ke dalam elektrolit, seta menurut hukum Faraday semakin besar arus yang mengalir menghasilkan jumlah elektroda yang bereaksi atau melarut ke dalam elektrolit atau air limbah tahu. Untuk A1 sampai A3 selisih berat logam aluminium mengalami peningkatan, yang

disebabkan akibat A3 dialirkan arus dengan tegangan 24 V daripada A1 dengan tegangan 15V. Untuk RUN 1 elektroda Aluminium lebih dekat dengan sumber arus listrik dibandingkan dengan RUN 2 dan RUN 3, sehingga elektroda yang lebih dekat sumber arus mengalami proses peruraian lebih cepat daripada elektroda yang jauh dari sumber arus (Kurniasih dkk., 2016).

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan diskusi dapat disimpulkan adalah tegangan yang diberikan ke dalam air limbah tahu mempengaruhi nilai penurunan pengotor kekeruhan, TSS, dan COD yaitu tegangan semakin meningkat menghasilkan nilai penurunan pengotor (kekeruhan, TSS, dan COD); tetapi meningkatkan efisiensi penurunan pengotor (kekeruhan, TSS, dan COD) seiring dengan waktu proses. Peningkatan tegangan yang diberikan ke dalam air limbah tahu pada proses elektrokoagulasi dilengkapi proses adsorpsi menghasilkan nilai penurunan terendah dicapai pada tegangan 24 V dengan laju air limbah 250 mL/menit dengan waktu proses menit menghasilkan nilai efisiensi penurunan pengotor kekeruhan 41,22%, TSS 95,77%, dan COD 93,75 %; dengan nilai kekeruhan dari 75,22 NTU menjadi 39,75NTU, nilai TSS dari 14487,5 menjadi 747,5 mg/L dan nilai COD dari 15360 menjadi 960 mg/L

## UCAPAN TERIMAKASIH

Kami ucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Bandung atas dukungannya. Penelitian ini dibiayai oleh Politeknik Negeri Bandung melalui Skema Penelitian Madya Utama Surat Perjanjian nomor B/97.19/PL1.R7/PG.00.03/2023

## DAFTAR PUSTAKA

- Al Aji, B., Yavuz, Y., and Koparal, A. S. (2012). Electrocoagulation of heavy metals containing model wastewater using monopolar iron electrodes. *Separation and Purification Technology*, 86, 248–254.  
<https://doi.org/10.1016/j.seppur.2011.11.011>
- Amri, I., Pratiwi Destinefa, dan Zultiniar. (2020). Pengolahan limbah cair tahu menjadi air bersih dengan metode elektrokoagulasi secara kontinyu. *Chempublish Journal* 5(1), 57–67.  
<https://doi.org/10.22437/chp.v5i1.7651>
- Daniar, E.S. (2022). Pengaruh tegangan dan waktu pada peningkatan kualitas air sungai sebagai air bersih dalam proses elektrokoagulasi. [Skripsi]. Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.
- Dayanti, M. S., dan Herlina, D. N. (2018). Studi Penurunan Chemical Oxygen Demand (COD) Pada Air Limbah Domestik Buatan Menggunakan Biofilter Aerob Tercelup dengan Media Bioring. *Jurnal Dampak*, 15(1), 31–36.
- Hamid, R. A., Purwono, dan Oktiawan, W. (2019). Penggunaan Metode Elektrolisis Menggunakan Elektroda Karbon Dengan Variasi Tegangan Listrik Dan Waktu Elektrolisis dalam Penurunan Konsentrasi TSS dan COD Pada Pengolahan Air Limbah Domestik. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(1), 1–18.
- Hanum, F., Rondang Tambun., M. Yusuf Ritonga., dan William Wardhana Kasim. (2015). Aplikasi Elektrokoagulasi dalam Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. In *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(4), 13–17.  
<https://doi.org/10.32734/jtk.v4i4.1508>
- Iswanto, B. (2016). Teknologi Elektrokoagulasi Hasil Penelitian Untuk Pengolahan Limbah Domestik. *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology*, 5(4), 113.  
<https://doi.org/10.25105/urbanenvirotech.v5i4.681>
- Juherah, J., dan Mangiri, S. (2019). Kemampuan Media Papan Pakis Sebagai Biofilter dalam Menurunkan Kadar BOD dan COD Pada Air Limbah Pemotongan Ayam. In *Sulolipu: Media Komunikasi Sivitas Akademika dan Masyarakat*, 17(2), 93.

- <https://doi.org/10.32382/sulolipu.v17i2.863>
- Kurniasih, R. F., Gunawan, R., dan Panggabean, A. S. (2016). Aplikasi Metode Elektrokoagulasi Terhadap Penurunan Kadar Ion Logam Fe Dan Mn, Kekeruhan Serta Warna Pada Pengolahan Air Gambut Secara Batch. *Jurnal Atomik*, 1(1), 42-46.
- Lestari, P., Amri, C., dan Sudaryanto, S. (2017). Efektifitas Jumlah Pasangan Elektroda Aluminium pada Proses Elektrokoagulasi terhadap Penurunan Kadar Fosfat Limbah Cair Laundry. *Sanitasi: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 9(1), 38. <https://doi.org/10.29238/sanitasi.v9i1.36>
- Parangi, G., Buabes, Y., dan Samsudin, K. (2022). Studi Tingkat Pencemaran Limbah Pabrik Tahu Pada Masyarakat Jambula. In *Journal of Biology Education and Science*, 2(3), 84–91. <https://jurnal.stkipkieraha.ac.id/index.php/jbes>
- Prasetyo, D.A., Sudarno., Sari, A.A., dan harimawan. (2018). Penyisihan COD dan TSS Pada Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Metode Elektrokoagulasi dengan Sumber Listrik Panel Surya. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 7(1), 1–8.
- Pungut, P., Al Kholif, M., dan Pratiwi, W. D. I. (2021). Penurunan Kadar Chemical Oxygen Demand (COD) dan Fosfat Pada Limbah Laundry dengan Metode Adsorpsi. In *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 13(2). <https://doi.org/10.20885/jstl.vol13.iss2.art6>
- Sayow, F., Polii, B. V. J., Tilaar, W., dan Augustine, K. D. (2020). Analisis Kandungan Limbah Industri Tahu dan Tempe Rahayu di Kelurahan Uner Kecamatan Kawangkoan Kabupaten Minahasa. *Agri-Sosioekonomi*, 16(2), 245. <https://doi.org/10.35791/agrsosek.16.2.2020.28758>
- Soliha, A. A., Suwerda, bambang, dan Yamtana. (2020). Efektivitas Berbagai Variasi Tegangan Listrik Pada Proses Elektrolisis Dalam Penurunan Kadar Cr Dan COD Limbah Cair Penyamakan Kulit. [Thesis], Poltekera, Jogjakarta, hlm. 1–38.
- Suherman, S. D. M., Firdaus, M. A., Ryansyah, M. H. D., dan Sari, D. A. (2020). Teknologi dan Metode Pengolahan Limbah Cair Sebagai Pencegahan Pencemaran Lingkungan. *Barometer*, 5(1), 232–238. <https://doi.org/10.35261/barometer.v5i1.3809>
- Takwanto, A., Mustain, A., dan Sudarminto, H. P. (2018). Penurunan Kandungan Polutan pada Lindi dengan Metode Elektrokoagulasi-Adsorpsi Karbon Aktif untuk Memenuhi Standar Baku Mutu Lingkungan. *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan*, 2(1), 11. <https://doi.org/10.33795/jtkl.v2i1.37>
- Wiyanto, E., Harsono, B., Makmur, A., Pangputra, R., Julita, J., dan Kurniawan, M. S. (2017). Penerapan Elektrokoagulasi dalam Proses Penjernihan Limbah Cair. *Jetri: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 12, 19–36. <https://doi.org/10.25105/jetri.v12i1.1449>