

Pengolahan limbah cair tahu menjadi air bersih dengan metode elektrokoagulasi secara kontinyu

Idral Amri* Pratiwi Destinefa, Zultiniar

*Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km 12,5 Simpang Baru, Pekanbaru
e-mail: *idral_amri@eng.unri.ac.id

Diterima: 16 September 2019/ Disetujui: 2 April 2020/ Dipublikasi online: 31 Mei 2020

DOI: <https://doi.org/10.22437/chp.v5i1.7651>

ABSTRAK

Cairan limbah tahu mengandung pengotor organik yang cukup tinggi, seperti protein dan asam amino. Senyawa-senyawa organik ini menyebabkan limbah cair industri tahu mengandung BOD, COD dan TSS tinggi yang dapat mencemari lingkungan. Metode elektrokoagulasi berpotensi untuk memurnikan limbah cair tahu dan mengurangi kandungan BOD, COD, TSS dan menetralkan pH tanpa penambahan koagulan kimia tertentu. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan pengaruh voltase listrik, kecepatan alir limbah cair tahu untuk menetralkan pH dan menurunkan tingkat COD, BOD dan TSS. Proses elektrokoagulasi menggunakan voltase listrik dan mengalirkan secara langsung ke elektroda. Reaktor elektrokoagulasi dipasangkan kabel yang terhubung ke power supply, kemudian dihubungkan dengan sumber arus dengan variable voltase (8;10;12 V) dan variable kecepatan alir limbah cair tahu (0.439; 0.243; 0.087 L/min). Hasil dari penelitian ini ditemukan bahwa kondisi optimum yang diperoleh pada voltase 12 volt dan kecepatan alir 0,087 L/min, dengan peningkatan pH dari 3,6 ke 6,7, penurunan COD sebesar 72,17% dari 1017mg/L ke 283 mg/L, penurunan BOD sebesar 71,53% dari 513 mg/L ke 146 mg/L, serta penurunan TSS sebesar 90,90% dari 1100 mg/L ke 100 mg/L. Hasil-hasil yang diperoleh menunjukkan sesuai dengan standar PermenLH No.5 tahun 2014 tentang kualitas pengolahan air limbah kacang kedele yang digunakan untuk menghasilkan tahu.

Kata kunci: elektrokoagulasi, flowrate, limbah cair tahu, voltase

ABSTRACT

The liquid waste of the tofu industry contains high organic contaminants, such as proteins and amino acids. These organic compounds causes liquid waste of tofu industry to contain high BOD, COD, and TSS so that it can pollute the environment. Electrocoagulation method has the potential to purify tofu liquid waste and decrease the content of COD, BOD, TSS, and pH contained without the addition of coagulants. The purpose of this study was to determine the effect of voltage and flow rate to neutralize pH, and reduce levels of COD, BOD, and TSS. The electrocoagulation process uses electrical power that flows in the direction of the electrode. The electrocoagulation reactor was paired with a cable connected to the power supply then connected to an electric current with voltage variations (8; 10; and 12 V) and variations in flow rates (0.439; 0.243; 0.087 L/min). The results of this study found that optimum conditions were obtained at current of 12 V and flow rate of 0.087 L/min with increasing pH from 3.5 to 6,7, a decrease in COD of 72.17% from 1017 mg/L to 283 mg/L, a decrease in BOD of 71.53% from 513 mg/L to 146 mg/L, a decrease in TSS of 90.90% from 1100 mg/L to 100 mg/L. The

results of the research obtained are in accordance with the waste water quality standards for soya bean processing to produce of tofu by Permen LH No.5 2014.

Keywords: electrocoagulation, flow rate, tofu liquid waste, voltage

PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk Indonesia yang cukup pesat telah memacu pembangunan disektor industri. Pembangunan disektor industri dilakukan untuk mengimbangi kebutuhan masyarakat yang meningkat terhadap barang industri seiring dengan perkembangan jumlah penduduk yang besar. Indonesia merupakan salah satu negara berkembang, telah berusaha menggeser posisi struktur ekonominya dari ekonomi agraris menjadi ekonomi industri. Perubahan tersebut telah membawa dampak positif maupun dampak negatif. Investasi besar-besaran dibidang industri memberikan dampak negatif yang ditimbulkan berupa pencemaran karena buangan industri oleh limbah yang mengandung bahan-bahan organik terlarut yang cukup tinggi, seperti limbah yang dihasilkan oleh industri tahu (Nohong, 2010).

Tahu merupakan salah satu dari komoditas usaha kecil menengah berbahan baku kedelai (*Glycine sp*) yang banyak dijumpai di beberapa daerah. Mulai dari perkotaan sampai di pedesaan industri pembuatan tahu mulai dikembangkan. Hal ini disebabkan karena proses produksi tahu yang cukup sederhana, ditambah lagi pemerintah juga memberikan ruang bagi masyarakat untuk membuka dan mengembangkan usaha produksi tahu skala kecil dan menengah. Banyaknya industri tahu yang berkembang memberi dampak positif, yaitu mampu mencukupi permintaan pasar yang terus meningkat dari waktu ke waktu, akan tetapi dampak pencemaran lingkungan akan terjadi apabila limbah cair sisa produksi tidak diolah dengan baik (Ratnani, 2012).

Banyak industri tahu skala rumah tangga di kota Pekanbaru tidak memiliki proses pengolahan limbah cair. Ketidak inginan pemilik industri untuk mengolah limbah cair tahu disebabkan karena kompleks dan tidak efisiennya proses pengolahan limbah serta menambah biaya produksi. Pada umumnya, industri rumah tangga ini mengalirkan limbah cair tahu langsung ke selokan tanpa diolah terlebih dahulu. Dampak pembuangan limbah tahu ini membuat masyarakat sekitar industri pengolahan tahu merasakan bau busuk akibat dari adanya kondisi anaerobik yang menghasilkan karbondioksida dan hidrogen (Ratnani, 2012).

Banyak metode yang sudah dilakukan untuk pengolahan limbah cair tahu, seperti metode an areob system batch, kombinasi metode an aerob-aerob,

system areasi dan filtasi, penggunaan tempering kelapa dan enceng gondok. Dari sekian banyak penelitian yang telah dilakukan tersebut, masih belum efektif, dan mahal, serta penggunaan treatment yang rumit.

Untuk itu diperlukan terobosan baru untuk pengolahan limbah cair tahu yang murah, efisien dan mudah, seta bisa dilakukan secara continyu. Salah satu alternatif pengolahan limbah cair tahu itu, adalah menggunakan reaktor elektrokoagulasi. Metode elektrokoagulasi merupakan metode elektrokimia untuk pengolahan air limbah, dimana pada anoda terjadi pelepasan koagulan aktif berupa ion logam (biasanya aluminium atau besi) kedalam larutan, sedangkan pada katoda terjadi reaksi elektrolisis berupa pelepasan gas hidrogen. Proses ini di pengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya arus listrik, tegangan listrik, waktu kontak, suhu, pH, dan konduktivitas (Liu *et al*, 2010).

Reaktor elektrokoagulasi mampu mengolah berbagai polutan termasuk padatan tersuspensi, logam berat, tinta, bahan organik (seperti limbah domestik), minyak dan lemak, ion, dan radionuklida. Karakteristik polutan mempengaruhi mekanisme pengolahan, misalnya polutan berbentuk ion akan diturunkan melalui proses presipitasi, sedangkan padatan tersuspensi yang bermuatan akan diabsorbsi ke koagulan yang bermuatan.

Keuntungan dari metode elektrokoagulasi adalah tidak memerlukan bahan kimia, sehingga tidak bermasalah dengan netralisasi. Metode elektrokoagulasi lebih cepat mereduksi kandungan koloid yang paling kecil, hal ini disebabkan menggunakan medan listrik dalam air sehingga mempercepat gerakan sehingga mempermudah proses pengendapan (Kamilul, 2008).

Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi kadar COD, BOD, TSS dan pH limbah cair hasil olahan limbah tahu, agar sesuai dengan Permen LH No. 5 Th 2014 dan optimasi kondisi proses untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan yang digunakan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air limbah cair tahu sebanyak 5L dari salah satu perusahaan pembuat tahu di Pekanbaru, riau, air bebas mineral, dan bahan kimia yang digunakan untuk pengujian hasil, seperti : larutan buffer fosfat, larutan magnesium sulfat, larutan kalsium klorida, larutan suspensi bibit mikroba, larutan air pengencer, larutan glukosa asam glutamat, larutan H_2SO_4 , NaOH, Na_2SO_3 , inhibitor nitrifikasi Allylthiourea, CH_3COOH , KI, larutan indikator amilum (kanji), $K_2Cr_2O_7$,

asam sulfamat ($\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$), larutan baku Kalium Hidrogen Ftalat ($\text{HOOC}_6\text{H}_4\text{COOK}$).

Karakteristik Sampel Limbah Cair Industri Tahu

Limbah cair industri tahu yang menjadi sampel pada penelitian ini berasal dari industri tahu yang ada di salah satu pabrik tahu di kota Pekanbaru. Sebelum dilakukan proses elektrokoagulasi, terlebih dahulu dilakukan analisis untuk mengetahui kondisi sampel awal. Analisis yang dilakukan terhadap sampel meliputi BOD (*Biological Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), TSS (*total suspended solid*), dan pH. Analisis awal ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan metoda elektrokoagulasi terhadap pengolahan limbah cair industri tahu.

Tabel 1. Hasil Analisis Sampel Awal

Parameter	Sampel Limbah Cair	Nilai Ambang Batas (Permen LH No.5 Tahun 2014)
TSS (mg/L)	1100	200
COD (mg/L)	1017	300
BOD (mg/L)	513	150
pH	3.50	6-9

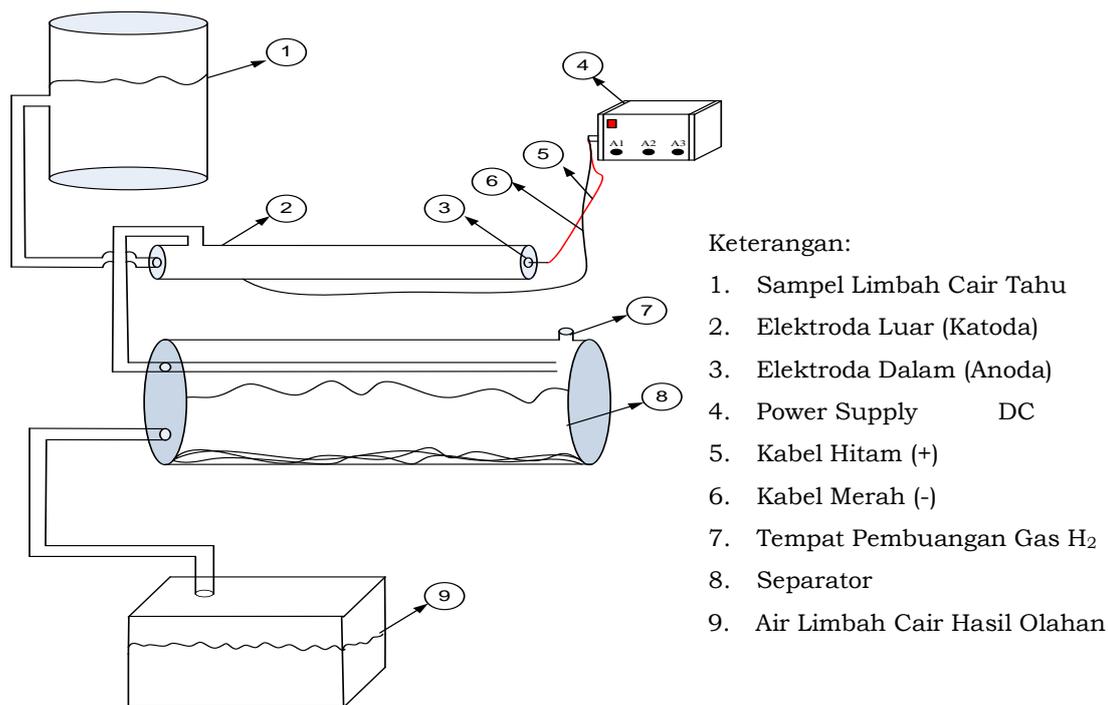
Berdasarkan data hasil analisis pada Tabel 1, dapat diketahui bahwa terdapat ke-empat parameter tidak sesuai dengan baku mutu Permen LH No.5 Tahun 2014. Oleh karena itu dilakukan elektrokoagulasi menggunakan reaktor elektrokoagulasi secara kontinyu yang memiliki elektroda aluminium untuk mengurangi kandungan TSS, COD, BOD pada limbah serta menetralkan pH limbah.

Alat yang digunakan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah unit reaktor elektrokoagulasi, sumber arus DC, plat elektroda aluminium, pipet ukur 100 mL, gelas ukur 100 mL, neraca analitik, kertas saring, pompa vakum, corong buchner, oven, pH meter, botol DO, lemari inkubasi atau *water cooler* suhu $20^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$, pipet volume 1-10 mL, DO meter, *shaker*, *blender*, spektrofotometer sinar tampak (400 nm sampai dengan 700 nm), kuvet, *digestion vessel*, *heating block*, buret, labu ukur 50 mL, gelas piala, *magnetic stirrer*.

Rangkaian Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah reaktor elektrokoagulasi kontinyu. Rangkaian alat dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian alat reaktor elektrokoagulasi kontinyu

Penentuan Kadar Parameter Awal

Penentuan kadar TSS dilakukan dengan metoda gravimetri sesuai dengan SNI 06-6989.3-2004. Penentuan kadar COD dilakukan dengan metoda refluks tertutup sesuai SNI 6989.2:2009. Penentuan kadar BOD dilakukan sesuai SNI 6989.72:2009. Penentuan pH awal sampel limbah diukur dengan pH meter.

Variabel Laju Alir

Air limbah sebanyak 5L dimasukkan ke dalam reaktor elektrokoagulasi, Mengalirkan limbah tahu dengan laju alir 0,439 L/menit, dan tegangan 8 V, 10 V, dan 12 V. Proses elektrokoagulasi dilakukan secara kontinyu. Setiap sampel diukur nilai COD, BOD, TSS dan pH menggunakan pH meter. Kemudian dihitung efisiensi penyisihan parameter COD, BOD, TSS. Melakukan kembali langkah sebelumnya dengan laju alir 0,234 L/menit dan 0,087 L/menit.

Variabel Tegangan

Air limbah sebanyak 5L dimasukkan ke dalam reaktor elektrokoagulasi, Mengalirkan limbah tahu dengan tegangan 8 V, dan laju alir 0,439 L/menit, 0,234 L/menit dan 0,087 L/menit. Proses elektrokoagulasi dilakukan secara kontinyu. Setiap sampel diukur nilai COD, BOD, TSS dan pH menggunakan pH meter. Kemudian dihitung efisiensi penyisihan parameter COD, BOD, TSS. Melakukan kembali langkah sebelumnya dengan tegangan 10 V dan 12 V.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Tegangan dan Laju Alir

Tegangan memiliki kuat arus yang merupakan elektron yang dapat berpindah setiap satuan luas. Sehingga semakin besar tegangan maka elektron yang berpindah semakin besar, hal ini akan menyebabkan koagulan yang terbentuk akan semakin banyak. Pada penelitian ini dilakukan dengan tegangan sebesar 8V; 10V dan 12V, pada laju alir yang bervariasi yaitu 0,087 L/menit, 0,243 L/menit dan 0,439 L/menit, sehingga masing-masing *run* tegangan, akan diperoleh 9 buah sampel, setelah proses elektrokoagulasi selesai. Masing-masing sampel selanjutnya dianalisis untuk menentukan kandungan COD, BOD, TSS dan pH.

Chemical Oxygen Demand (COD)

Hasil percobaan, untuk mengetahui perbandingan data sebelum dan sesudah percobaan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Kandungan COD Variasi Tegangan dan Laju Alir

Laju Alir (L/menit)	Konsentrasi COD (mg/L)		
	8 Volt	10 Volt	12 Volt
Sampel Awal	1017	1017	1017
0,087	584	437	283
0,243	618	588	315
0,439	793	630	472

Dari Tabel 2 diketahui bahwa terdapat satu variasi tegangan dan laju alir yang dapat menurunkan nilai COD dari 1017 mg/L menjadi 283 mg/L, yaitu pada variasi tegangan 12V pada laju alir 0,087 L/menit sehingga menghasilkan *percent removal* sebesar 72,17%. Penurunan konsentrasi COD dalam elektrokoagulasi disebabkan adanya proses oksidasi dan reduksi didalam reaktor elektrokoagulasi tersebut. Pada elektroda elektroda terbentuk gas oksigen dan hidrogen yang akan mempengaruhi reduksi COD.

Penurunan COD disebabkan flok yang terbentuk oleh ion senyawa organik berikatan dengan ion koagulan yang bersifat positif. Molekul-molekul pada limbah cair tahu terbentuk menjadi flok, partikel koloid pada limbah bersifat mengikat partikel atau senyawa lain yang ada pada limbah misalnya koloid $\text{Al}(\text{OH})_3$ bermuatan positif karena permukaannya mengikat ion H^+ . Prinsip kerja yang terjadi pada elektrokoagulasi sama seperti teori *double layer* yaitu pembentukan flokulasi partikel bersifat adsorpsi, koagulan bermuatan positif akan menyerap ion negatif pada limbah seperti senyawa-senyawa organik dan membentuk flok yang membantu proses penurunan COD.

Hasil percobaan yang didapatkan sesuai dengan hasil penelitian (Hudori dan Soewondo, 2009) dimana, menggunakan sampel limbah laundry dengan metode elektrokoagulasi dan elektroda aluminium dengan variasi kerapatan arus yang digunakan adalah 50, 75 dan 100 A/m² dan waktu 60 menit diperoleh penyisihan COD sebesar 80%, sehingga dapat disimpulkan metoda elektrokoagulasi mampu menurunkan dan bahkan mampu menetralkan limbah cair industri tahu sehingga sesuai dengan Baku Mutu yang ditetapkan oleh PermenLH No. 5 tahun 2014.

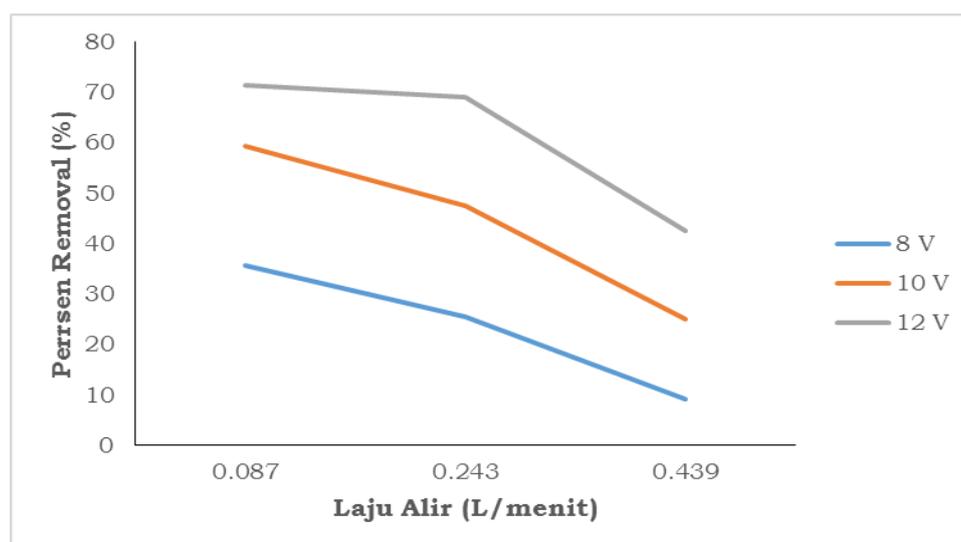
Biological Oxygen Demand (BOD)

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dengan variabel tegangan terhadap kandungan BOD, diperoleh hasil seperti tabel 3.

Tabel 3 Hasil Analisis Kandungan BOD Variasi Tegangan dan Laju Alir

Laju Alir (L/menit)	Konsentrasi BOD (mg/L)		
	8 Volt	10 Volt	12 Volt
Sampel Awal	513	513	513
0,087	330	208	146
0,243	382	269	159
0,439	466	384	295

Dari Tabel 2 diketahui bahwa terdapat satu variasi yang dapat menurunkan nilai BOD dalam sampel air limbah yaitu variasi Tegangan 12V pada laju alir 0,087 L/menit, dimana nilai BOD awal sebesar 513 mg/L menjadi 146 mg/L yang menghasilkan *percent removal* sebesar 71,53%, yang dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. *Percent Removal* BOD pada Variasi Tegangan (V) dan Laju Alir (L/menit).

Dari gambar 2 bisa dijelaskan bahwa tegangan sangat berpengaruh terhadap proses ionisasi logam pada elektroda anoda sebagai penentu laju reaksi

dan dalam proses elektrokoagulasi untuk menurunkan konsentrasi BOD, dimana pada elektroda anoda terjadi proses oksidasi logam aluminium sehingga menghasilkan ion Al^{3+} yang bertindak sebagai koagulan, semakin besar tegangan yang ditambahkan pada proses elektrokoagulasi maka semakin besar pula energi kimia yang dihasilkan, dimana energi kimia yang dihasilkan tersebut adalah ion Al^{3+} pada elektroda anoda yang bertindak sebagai koagulan, maka jika tegangan ditambahkan koagulan yang terbentuk akan semakin banyak pula, jika koagulan yang terbentuk lebih banyak maka lebih banyak pula polutan-polutan yang akan terikat menjadi flok-flok yang akan mengendap, sehingga limbah menjadi lebih jernih dari sebelumnya maka senyawa-senyawa organik yang tertinggal didalam limbah cair menjadi lebih mudah terdegradasi oleh mikroorganisme (Setianingrum *et al*, 2016).

Hasil percobaan yang didapat sesuai dengan hasil penelitian (Iswanto *et al*, 2009) dimana pengurangan BOD dengan metoda elektrokoagulasi kontinyu menggunakan limbah emulsi minyak-deterjen dengan konsentrasi NaCl 0,5 gr/L, kecepatan pengadukan 150 rpm, konsentrasi deterjen 10 mg/L dihasilkan persen removal BOD sebesar 83,60%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metoda elektrokoagulasi dapat menurunkan dan menetralkan nilai BOD sehingga hasil penelitian sesuai dengan Baku Mutu yang ditetapkan oleh PermenLH No. 5 tahun 2014.

Total Suspended Solid (TSS)

Tabel 3 menunjukkan hasil analisis kandungan TSS dengan variasi tegangan dan laju alir. Tabel 3 memperlihatkan bahwa terjadi penurunan konsentrasi TSS pada semua perlakuan. Penurunan konsentrasi terbesar, terjadi pada tegangan 8 Volt dan laju alir 0,087 L/menit dengan konsentrasi akhir 100 mg/L. Penurunan TSS dikarenakan pertikel partikel yang terkandung air limbah umumnya bermuatan negatif. Ion positif dan negatif yang dihasilkan oleh elektroda akan menstabilkan partikel-partikel yang terkandung didalam limbah (Yulianto *et al*, 2009).

Tabel 3 Hasil Analisis Kandungan TSS Variasi Tegangan dan Laju Alir

Laju Alir (L/menit)	Nilai TSS (mg/L)		
	8 Volt	10 Volt	12 Volt
Sampel Awal	1100	1100	1100
0,087	400	250	100
0,243	600	400	200
0,439	650	550	350

Efisiensi penurunan atau *percent removal* konsentrasi TSS yaitu sebesar 90,90% pada tegangan 12 Volt dan laju alir 0,087 L/menit. Hasil percobaan yang didapat sesuai dengan hasil percobaan yang telah dilakukan (Ni'am *et al*, 2017) dimana penyisihan TSS dengan metoda elektrokoagulasi secara batch menggunakan limbah cair tekstil dengan perlakuan jumlah 4 elektroda dan tegangan 12 Volt diperoleh penyisihan TSS sebesar 85%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metoda elektrokoagulasi dapat menurunkan dan menetralkan nilai TSS sehingga sesuai dengan Baku Mutu yang ditetapkan oleh Permen LH No. 5 tahun 2014.

pH

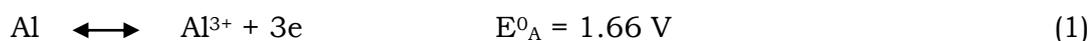
Hasil analisis kandungan pH untuk variasi tegangan dan laju alir disajikan pada Tabel 4. Berdasarkan data pada Tabel 4, dapat diketahui bahwa perubahan pH tertinggi pada variasi tegangan 12V dan laju alir 0,087 L/menit yaitu sebesar 6,7, kenaikan pH pada proses elektrokoagulasi disebabkan karena pada katoda elektroda aluminium terjadi reaksi reduksi, dimana pada proses reaksi reduksi ini akan menghasilkan ion H⁺ dan ion OH⁻ yang akan membentuk air. Tegangan sangat berpengaruh pada proses peningkatan pH dalam elektrokoagulasi dimana jika tegangan ditambah maka semakin banyak pula ion H⁺ dan ion OH⁻ yang terbentuk pada elektroda katoda, sehingga jika semakin banyak air terbentuk maka pH yang awal adalah asam akan menjadi netral begitu juga sebaliknya jika nilai pH awal adalah basa maka dengan adanya proses reaksi reduksi yang terjadi di katoda yang menghasilkan air maka pH akan menjadi netral (Yolanda, 2015).

Tabel 4. Hasil Analisis Kandungan pH Variasi Tegangan dan Laju Alir

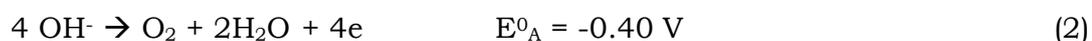
Laju Alir (L/menit)	Variasi Tegangan (Volt)		
	8 Volt	10 Volt	12 Volt
Awal	3,5	3,5	3,5
0,087	4,8	5,5	6,7
0,243	4,4	5,3	6,0
0,439	4,1	4,9	5,6

Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa reaktor elektrokoagulasi merupakan sel elektrokimia, dimana dalam reaktor tersebut disusun elektroda-elektroda yang akan berkontak dengan air yang akan diolah. Untuk menghasilkan koagulan diperlukan beda potensial diantara elektroda. Perbedaan potensial ini diperlukan untuk menimbulkan reaksi elektrokimia pada masing-masing elektroda.

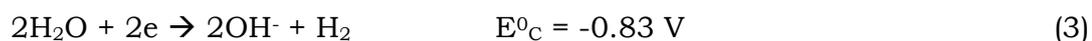
Aluminium merupakan elektroda yang paling banyak digunakan, dimana pada proses elektrokoagulasi terjadi proses pelarutan anodik yang reaksinya adalah sebagai berikut:



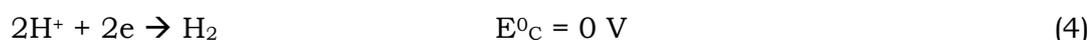
Pembentukan oksigen juga terjadi di anoda, reaksinya adalah sebagai berikut:



Selain itu, secara simultan terjadi reaksi di kutub katoda yaitu pembentukan gas hidrogen. Reaksi yang terjadi di katoda tergantung pada pH air yang diolah. Pada kondisi netral atau basa, gas terjadi dengan reaksi:



Sedangkan pada kondisi asam, reaksi pembentukan gas hidrogen adalah sebagai berikut:



Sehingga dapat disimpulkan bahwa metoda elektrokoagulasi dapat menetralkan pH limbah cair dan hasil penelitian sesuai dengan Baku Mutu yang ditetapkan oleh Permen LH No. 5 tahun 2014.

KESIMPULAN

Metoda elektrokoagulasi mampu menurunkan konsentrasi COD, BOD, TSS, dan pH limbah cair industri tahu. Kondisi optimum diperoleh pada variasi tegangan 12V dan laju alir 0,087 L/menit dengan peningkatan pH dari 3,6 ke 6,7, penurunan COD sebesar 72,17% dari 1017mg/L ke 283 mg/L, penurunan BOD sebesar 71,53% dari 513 mg/L ke 146 mg/L, serta penurunan TSS sebesar 90,90% dari 1100 mg/L ke 100 mg/L. Berdasarkan data hasil penelitian, maka metode penyisihan kontaminan seperti COD, BOD, TSS dan penetralkan pH limbah sesuai dengan baku mutu air limbah yang ditetapkan oleh Permen LH No.5 2014 tentang pengolahan limbah cair industri kedele untuk menghasilkan tahu.

DAFTAR PUSTAKA

- Fogler, H.S. 2006. *Elements of Chemical Reaction Engineering Fourth Edition. United States of America: Pearson Education, Inc.*
- Hudori dan Soewondo, P. 2009. Pengolahan deterjen Menggunakan Teknologi Elektrokoagulasi dengan Elektroda Aluminium. Bandung. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*. 1 (2): 117-125.
- Iswanto, B., Silalahi, M. DS., dan Purnama, F. D. 2009. Pengolahan Air Limbah Emulsi Minyak-Deterjen dengan Proses Elektrokoagulasi menggunakan Elektroda Aluminium. Jakarta. *JTL*. 5 (2): 55-61.

- Kamilul. 2008. Kelebihan dan Kekurangan Metode Elektrokoagulasi. *Skripsi Program Studi Kimia Jurusan Pendidikan Kimia FPMIPA UPI*. Bandung.
- Kementrian Lingkungan Hidup. 2014. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah*. Jakarta: KLH.
- Liu, H., Zhao, X., dan Qu, J. 2010. *Electrochemistry for the Environment*. C. Comninellis dan G. Chen, Eds.
- Ni'am, A. C., Caroline, J., dan Afandi, M. H. 2017. Variasi Jumlah Elektroda dan Besar Tegangan dalam Menurunkan Kandungan COD dan TSS Limbah Cair Tekstil dengan Metode Elektrokoagulasi. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya. 3 (1): 21-26
- Nohong. 2010. Pemanfaatan Limbah Tahu Sebagai Bahan Penyerap Logam Krom, Kadmium dan Besi dalam Air Lindi TPA. *Jurnal Pembelajaran Sains*. 6 (2): 257 – 269.
- Ratnani, R. D. 2012. Kemampuan Kombinasi Eceng Gondok dan Lumpur Aktif Untuk Menurunkan Pencemaran Pada Limbah Cair Industri Tahu. *Momentum*. 8 (1): 1-5.
- Setianingrum, N. P., Prasetyo, A., Sarto. 2016. Pengaruh Tegangan dan Jarak Antar Elektroda Terhadap Pewarna *Remazol Red Rb* dengan Metode Elektrokoagulasi. *Inovasi Teknik Kimia*.1 (2): 93-97
- Yolanda G.M. 2015. Pengolahan Limbah Cair Laboratorium dengan Proses Elektrokoagulasi. *Skripsi*. Departemen Teknologi Industri Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian Bogor.
- Yulianto, A., Luqman H., Indah P., Vidya Ayu P. 2009. Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Pada Skala Laboratorium dengan Menggunakan Metode Elektrokoagulasi. *Jurnal Teknologi Lingkungan*.