

PENURUNAN KADAR COD dan TSS LIMBAH CAIR TAHU MENGUNAKAN ELEKTRODA Al-C DENGAN METODE ELEKTROKIMIA

Sherlly MF Ledoh, Pius Dore Ola, Luther Kadang

Prodi Kimia, FST, Universitas Nusa Cendana, Jl. Adiscripto, Penfui, Kota Kupang, 85111

E-mail: Sherllymfl@gmail.com

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang Penurunan kadar COD, dan TSS limbah cair tahu menggunakan elektroda Al-C dengan metode elektrokimia Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk membandingkan kadar COD dan TSS limbah cair tahu sebelum elektrolisis dengan SNI, untuk mengetahui pengaruh variasi tegangan listrik (6, 9, dan 12 volt) serta variasi waktu elektrolisis (60,90, dan 120 menit) terhadap perubahan kadar COD dan TSS pada pengolahan limbah cair tahu dengan menggunakan elektroda Al-C secara elektrokimia. Metode yang digunakan adalah elektrodegradasi yang merupakan metode penguraian limbah organik dan anorganik melalui proses degradasi kontinyu dengan cara elektrolisis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh waktu terbaik adalah 120 menit dengan kadar COD 8.600 mg/l (% removal 9,66%) serta kadar TSS adalah 200 mg/l (persentasi removal 95,83%). Voltase optimum adalah 12 volt dengan kadar COD 8.600 mg/l (persentasi removal 9,66%) serta kadar TSS adalah 200 mg/l (% removal 95,83%)

Kata kunci: *Elektrokimia; elektrolisis; COD; TSS; elektroda Al-C*

Abstract

Research about decreasing levels of COD and TSS of tofu liquid waste using Al-C electrodes with electrochemistry method has been done. This research aims to compare the levels of COD and TSS of liquid waste tofu before electrolysis with the National Standard of Indonesia (SNI), to determine the influence of variations in electrical voltage (6, 9, and 12 volts) as well as variations in electrolysis time (60, 90, and 120 minutes) on changes in COD and TSS levels in the treatment of liquid waste tofu using Al-C electrodes with electrolysis method. This research used the electrolysis method, a method for organic and inorganic waste decomposition through a continuous degradation process through electrolysis. The results showed that the best time influence was 120 minutes with COD levels of 8,600 mg/l (9.66% removal) and 200 mg/l (95.83% removal) of TSS levels. Then the best voltage influence was 12 volts with COD levels of 8,600 mg/l (9.66% removal) and 200 mg/l (95.83% removal) of TSS levels.

Keywords: *Electrochemistry, electrolysis, COD, TSS, electrode Al-C*

PENDAHULUAN

Limbah cair tahu mengandung zat organik yang dapat menyebabkan pesatnya pertumbuhan mikroba dalam air. Hal tersebut akan mengakibatkan kadar oksigen dalam air menurun tajam. Limbah industri cair tahu mengandung zat tersuspensi, sehingga mengakibatkan air menjadi kotor atau keruh.

Limbah cair yang dihasilkan jumlahnya cukup banyak dan kebanyakan berasal dari air proses pencucian, perendaman serta pembuangan cairan dari campuran padatan tahu dan cairan pada proses produksi. Limbah cair tersebut mengandung kadar *chemical oxygen demand* (COD) dan *biological oxygen demand*

(BOD) yang tinggi. Berdasarkan PERMEN LH Nomor 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah bagi usaha atau kegiatan pengolahan kedelai adapun batas kandungan Biological Oxygen Demand (BOD) 100 mg/l, *Chemical Oxygen Demand* (COD) 275 mg/l, *Total Suspended Solid* (TSS) 100 mg/l dengan pH sebesar 6-9 dan suhu 38°C [1].

COD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat kimia yang ada dalam 1 liter air sampel air limbah. Tingkat COD tinggi menandakan banyaknya jumlah bahan organik yang teroksidasi pada sampel, yang akan mengurangi tingkat oksigen terlarut. TSS adalah residu dari padatan total

yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel lebih besar dari ukuran partikel koloid. TSS umumnya dihilangkan dengan flokulasi dan penyaringan. TSS adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak dapat mengendap langsung. [1,2]

Metode pengolahan limbah cair tahu secara kimia dibagi atas 4 diantaranya fotokatalitik, adsorpsi, filtrasi dan koagulasi. Namun metode-metode tersebut memiliki kelemahan yaitu menghasilkan limbah lain berupa sludge [2]. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka metode elektrodegradasi dapat dipilih sebagai metode pengolahan limbah tahu karena limbah yang dihasilkan sangat sedikit. Metode elektrodegradasi telah menjadi metode yang menarik dan dikembangkan dalam beberapa tahun belakangan ini [3]. Metode elektrodegradasi adalah salah satu proses elektrokimia untuk mengurangi konsentrasi zat warna organik menggunakan sel elektrolisis. Penelitian ini bertujuan untuk mengaplikasikannya ilmu elektrokimia dalam usaha pengelolaan limbah lingkungan.

METODE

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan yaitu limbah cair tahu dari industri pembuatan tahu di kelurahan Oesapa, Kupang, Nusa Tenggara Timur.

NaCl, asam sulfat pekat (H_2SO_4), larutan kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$) 0,25 N, perak sulfat (Ag_2SO_4), merkuri sulfat ($HgSO_4$), indikator feroin, ferro ammonium sulfat (FAS) 0,1 N, aluminium foil, kertas saring, elektroda Aluminium (Al dan elektroda C

Alat

Alat-alat yang digunakan yaitu adalah erlenmeyer 250 ml, gelas ukur, jerigen air, pengaduk, timbangan analitik, kertas pH, adaptor (*power supply*), oven, desikator, satu set alat titrasi, satu set alat penyaring vakum, reaktor elektrolisis, peralatan gelas.

Prosedur Kerja

Uji pendahuluan

Merupakan uji awal karakterisasi air limbah tahu secara kimia dengan tujuan untuk mengetahui kadar COD, dan TSS dari limbah cair tahu sebelum dilakukan elektrolisis.

a. Penentuan kadar COD [4]

Penentuan kadar COD ini dilakukan dengan menggunakan metode refluks terbuka. Larutan sampel limbah cair tahu sebanyak 10 mL dimasukan kedalam erlenmeyer 250 mL. Larutan kemudian ditambahkan dengan 0,2 gram serbuk $HgSO_4$, 5 mL $K_2Cr_2O_7$ 0,25 N dan 15 mL $Ag_2SO_4-H_2SO_4$. Larutan dikocok perlahan-lahan hingga homogen. Larutan tersebut direfluks selama 2 jam. Setelah didinginkan, larutan diencerkan dalam labu 100 ml kemudian dihomogenkan. Diambil 10 mL larutan tersebut ditambahkan 3 tetes indikator feroin dan dititrasi dengan larutan standar FAS 0,1 N. Titrasi akan dihentikan ketika warna hijau-biru berubah menjadi warna merah kecoklatan. Larutan blanko dibuat dengan menggunakan 10 mL aquades ditambahkan dengan semua reagen, kemudian direfluks dengan cara yang sama. Perhitungan kadar COD menggunakan rumus :

$$\text{Kadar COD } \left(\frac{mg}{L}\right) = \frac{(A - B)N.FAS \times 8000 \times FP}{mL \text{ Sampel}}$$

$$\% \text{ Penurunan COD} = \frac{(COD \text{ awal} - COD \text{ akhir}) \times 100\%}{COD \text{ awal}}$$

Keterangan : A = Blanko, B = Sampel, N = Normalitas FAS, FP= Faktor Pengenceran

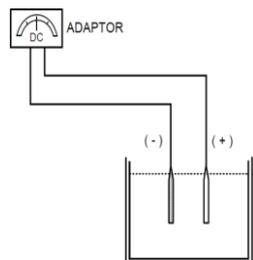
b. Penentuan kadar TSS [5]

Penentuan kadar TSS dilakukan dengan 2 tahap yaitu tahap pertama menghitung berat kertas saring kosong dan tahap kedua menghitung berat kertas saring berisi sampel. Tahap pertama kertas saring dicuci dengan aquades sebanyak 3 kali kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu $\pm 105^\circ C$ selama 1 jam. Kemudian kertas saring didinginkan pada desikator selama ± 15 menit. Lalu kertas saring hingga didapatkan berat konstan (B).

Tahap kedua Diambil 50 mL sampel limbah cair tahu lalu disaring. Dimana hasil penyaringan berupa filtrat dan residu. Untuk residunya, diangkat kertas saring secara hati-hati kemudian dikeringkan pada suhu $\pm 105^\circ C$ selama 1 jam. Setelah itu didinginkan selama ± 15 menit lalu ditimbang hingga didapatkan berat konstan (A). Perhitungan kadar TSS menggunakan rumus :

$$\text{Kadar TSS } (mg/l) = \frac{(A-B) \times 100}{Volume \text{ sampel}, L}$$

Proses elektrodegradasi dengan variasi voltase dan waktu



Gambar 1. Rangkaian alat elektrolisis limbah cair tahu

Sebanyak 100 ml air limbah tahu dimasukkan kedalam reaktor elektrolisis. Kemudian air limbah tahu tersebut ditambahkan dengan natrium klorida (NaCl) sebanyak 0,1 gr sebagai elektrolit. Kemudian plat elektroda Al dan batang karbon baterai (C) dihubungkan dengan power supply DC menggunakan kabel buaya pada kutub positif dan negatif. Lalu elektrodadimasukkan kedalam sel elektrodegradasi tersebut dengan jarak keduanya 1 cm. Kemudian dilakukan proses elektrodegradasi dan diatur power supply DC dimulai dari voltase yang paling rendah yaitu, 60, 90 dan 12 Volt. Waktu elektrolisis dibuat varias 60, 90 dan 120 menit. Hasil elektrolisisnya dilakukan analisis COD dan TSS nya sesuai dengan prosedur yang ada.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Pendahuluan Limbah cair tahu

Sampel air limbah tahu yang digunakan memiliki karakteristik berwarna kuning kecoklatan, cairan lebih kental dibandingkan air murni, dan memiliki bau asam yang menyengat.

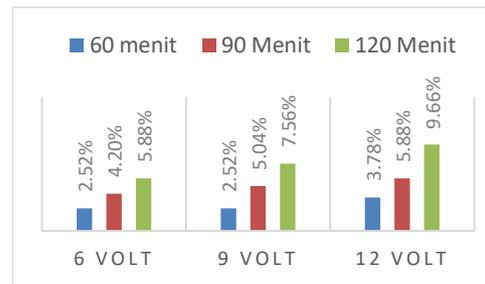
Hasil uji sampel limbah cair tahu tersebut digunakan sebagai karakteristik awal

Tabel 1. Hasil Uji Karakteristik Awal Limbah Cair Tahu

Para meter	Satuan	Konsentrasi	Baku mutu (Permen Lingkungan Hidup RI No. 5 Tahun 2014)
TSS	mg/l	4.800	100-2000
COD	mg/l	9.520	10-275

Analisis Penuruan kadar COD pada limbah cair tahu.

Hasil pengujian sampel air limbah tahu dengan variasi tegangan listrik dan waktu elektrolisis terhadap penurunan konsentrasi COD dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 2. Efisiensi penurunan kadar COD pada limbah cair tahu

Dari hasil penelitian dan pengolahan data yang ditampilkan dalam grafik diatas, untuk penurunan konsentrasi COD yang baik terjadi pada waktu elektrolisis 120 menit, yakni dengan tegangan 6 volt kadarnya 8.960 mg/l (efisiensi penyisihan sebesar 5,88%), tegangan 9 volt kadarnya 8.880 mg/l (efisiensi penyisihan sebesar 7,56%) dan tegangan 12 volt kadarnya 8.600 mg/l (efisiensi penyisihan sebesar 9,66%). Kemudian untuk pengaruh tegangan listrik, penurunan kadar COD yang baik terjadi pada tegangan 12 volt dengan waktu kontak 60 menit kadar COD 9.160 mg/l dengan efisiensi penyisihan penurunan sebesar 3,88%, waktu kontak 90 menit kadarnya 8.960 mg/l dengan efisiensi penurunan sebesar 5,88% dan waktu kontak 120 menit kadarnya menjadi 8.600 mg/l dengan efisiensi penurunan sebesar 9,66%.

Dari data-data tersebut dapat disimpulkan bahwa penggunaan metode elektrodegradasi menggunakan elektroda Al dan C dengan pengaruh waktu elektrolisis dan tegangan listrik dapat berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi COD. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu tinggal limbah dalam reaktor memberikan kesempatan kontaminan dalam limbah terurai dan proses elektrolisis yang lebih lama sehingga nilai konsentrasi COD pada air limbah semakin kecil. Dengan peningkatan waktu elektrolisis, ada peningkatan dalam efisiensi removal COD. Peningkatan waktu elektrolisis ini akan memperbanyak ion-ion yang terbentuk antara elektroda dengan air limbah sehingga mengakibatkan COD removal yang lebih tinggi [6]

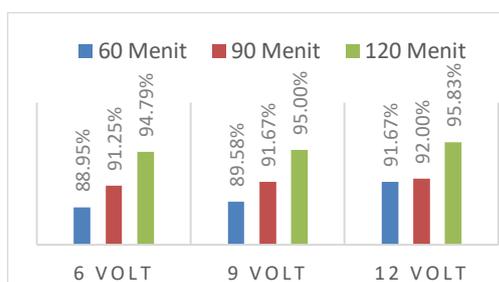
Semakin lama waktu elektrolisis yang digunakan akan menyebabkan terbentuknya jumlah spesies aktif yang semakin bertambah seperti O^* dan OH^* . Sehingga bahan-bahan organik yang teroksidasi semakin banyak [7]. Pernyataan yang lain juga dikemukakan oleh

Michael Faraday [7] menyatakan bahwa semakin lama waktu elektrolisis hasil dari suatu reaksi kimia yang dikehendaki juga akan semakin bertambah. waktu yang panjang memberikan kesempatan yang lama untuk berlangsungnya proses elektrolisis, sehingga makin banyak bahan kimia dalam materi limbah yang dapat dinetralkan sehingga kadar COD dalam limbah tersebut menurun [7,8]

Untuk pengaruh tegangan listrik terhadap penurunan nilai COD, apabila voltase atau tegangan diperbesar maka reaksi reduksi dan oksidasi (redoks) yang terjadi didalam reaktor elektrolisis tersebut akan semakin cepat terjadi. Semakin cepat reaksi redoks maka jumlah senyawa organik yang teroksidasi juga akan semakin banyak. Indikator banyaknya senyawa organik yang teroksidasi adalah semakin besar % penurunan nilai konsentrasi COD [9].

Analisis Penurunan kadar COD pada limbah cair tahu.

Hasil pengujian sampel air limbah tahu dengan variasi tegangan listrik dan waktu elektrolisis terhadap penurunan konsentrasi TSS dapat dilihat pada gambar dibawah ini : Dari gambar dibawah ini dapat dilihat bahwa penurunan konsentrasi TSS yang baik yakni pada waktu elektrolisis 120 menit, yakni dengan tegangan 6 volt mengalami penurunan menjadi 250 mg/l dengan efisiensi penyisihan sebesar 94,79%, tegangan 9 volt kadar TSS menjadi 240 mg/l dengan efisiensi penyisihan sebesar 95% dan tegangan 12 volt kadar TSS menjadi 200 mg/l dengan efisiensi penyisihan sebesar 95,83%. Kemudian untuk pengaruh tegangan listrik yang baik pada tegangan 12 volt dengan waktu kontak 60 menit kadar TSS 400 mg/l dengan efisiensi penyisihan penurunan sebesar 91,67%, waktu kontak 90 menit kadar TSS menjadi 400 mg/l dengan efisiensi penurunan sebesar 91,67% dan waktu kontak 120 menit kadar TSS menjadi 200 mg/l dengan efisiensi penurunan sebesar 95,83%.



Gambar 3. Efisiensi penurunan kadar TSS pada limbah cair tahu

Metode elektrolisis menggunakan elektroda Aluminium dan Carbon dengan variasi waktu elektrolisis dan tegangan dapat berpengaruh terhadap nilai penurunan konsentrasi TSS. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu kontak akan membentuk massa partikel yang lebih besar dan lebih berat, sehingga akan mempengaruhi jumlah TSS yang ada pada air limbah tersebut. Selain itu juga, proses elektrolisis dengan waktu yang lama akan memberikan kesempatan partikel-partikel dalam air limbah menempel pada gelembung-gelembung gas yang dihasilkan dari proses elektrolisis sehingga kualitas air limbah tahu tersebut semakin baik. Pengaruh waktu terhadap TSS secara umum dapat dilihat bahwa semakin lama waktu elektrolisis, maka % removal TSS dalam air limbah semakin bertambah yang mengindikasikan TSS dalam air limbah semakin berkurang [7].

Kemudian untuk pengaruh tegangan listrik (voltase) terhadap penurunan kadar TSS, penurunan konsentrasi TSS ini disebabkan karena peristiwa flotasi yang terbentuk dari proses elektrolisis. Prinsip kerja pereduksian TSS pada proses elektrolisis adalah elektroda Al dan C yang dialiri arus listrik akan menyebabkan senyawa organik pada air limbah tahu akan terurai membentuk ion-ion dan terjadi proses reduksi oksidasi sehingga menghasilkan gas. Gas inilah yang berperan dalam menurunkan TSS melalui proses flotasi.

Atom oksigen akan membentuk ion bermuatan negatif (OH^-) dan atom hidrogen membentuk sebuah ion bermuatan positif (H^+). Pada kutub positif ion H^+ akan tertarik ke katoda yang bermuatan negatif, sehingga ion H^+ menyatu pada katoda. Atom hidrogen akan membentuk gas hidrogen dalam bentuk gelembung gas yang melayang keatas. Hal serupa terjadi pada ion OH^- yang menyatu pada anoda kemudian membentuk gas oksigen dalam bentuk gelembung gas [10].

Sedangkan untuk perbandingan metode elektrodegradasi dengan metode constructed wetland dan metode drum dan kolom bisa dilihat dalam tabel berikut:

Tabel 2. Perbandingan % removal TSS pada beberapa metode

Metode	%Removal TSS
Elektrodegradasi	95,883 %

Constructed Wetland [11]	76,32 %
Biofilter [12]	80,60 %

Berdasarkan 3 metode diatas, metode elektrodegradasi adalah metode yang tepat dalam pengolahan limbah cair tahu untuk menurunkan kadar TSS karena memiliki % penurunan kadar TSS yang cukup besar bila dibandingkan dengan tentang metode *constructed wetland* [11] dan metode Biofilter [12]. Hal ini terjadi karena metode elektrodegradasi lebih cepat mereduksi kandungan koloid/partikel yang paling kecil. Hal ini disebabkan penggunaan listrik ke dalam air akan mempercepat pergerakan partikel di dalam air sehingga akan memudahkan proses untuk menurunkan kadar TSS dalam limbah tahu.

SIMPULAN DAN SARAN

Kadar COD, TSS dan pH dari limbah cair tahu sebelum proses elektrolisis melampaui standar baku mutu yang ada, dimana kadar COD sebelum elektrolisis adalah 9.520 mg/l dan TSS 4.800 mg/l

Semakin tinggi tegangan listrik dalam proses elektrolisis limbah cair tahu maka semakin kecil konsentrasi COD ataupun TSS. Kadar COD optimum pada voltase 12 volt adalah 8600 mg/l dengan efisiensi penyisihan sebesar 9,66% dan kadar TSS optimum pada voltase 12 volt adalah 200 mg/l dengan efisiensi penyisihan sebesar 95,83%.

Semakin lama waktu elektrolisis dalam pengolahan limbah cair tahu maka semakin kecil konsentrasi COD ataupun TSS. Kadar COD optimum pada waktu 120 menit adalah 8600 mg/l dengan efisiensi penyisihan sebesar 9,66% dan kadar TSS optimum pada waktu 120 menit adalah 200 mg/l dengan efisiensi penyisihan sebesar 95,83%.

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah dilakukan penentuan kondisi optimum baik itu konsentrasi elektrolit, waktu maupun voltasi yang digunakan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada Universitas Nusa Cendana atas pembiayaan dari dana DIPA Universitas Nusa Cendana, tahun anggaran 2022.

DAFTAR PUSTAKA

- 1 Alimsyah A, Damayanti A. 2013. Penggunaan Arang Tempurung Kelapa dan Eceng Gondok untuk Pengolahan Air Limbah Tahu dengan Variasi Konsentrasi. *J. Tek. Pomits.* **2**(1): 6.
- 2 Nugroho S. Elektrodegradasi Indigisol Golden Yellow IRK dalam Limbah Batik dengan Elektroda Grafit. Universitas Negeri Semarang.
- 3 Kariyajjanavar P, Jogtappa N, Nayaka YA. 2011. Studies on Degradation of Reactive Textile Dyes Solution by Electrochemical Method. *J. Hazard. Mater.* **190**(1): 952.
- 4 SNI 06-6989-15-2004. Air dan Air Limbah-Bagian 3 : Penentuan Kadar COD (Chemical Oxygen Demand) dengan Refluks Terbuka.
- 5 SNI 06-6989.3-2004. Air dan Air Limbah-Bagian 3 : Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (Total Suspended Solid, TSS) Secara Gravimetri.
- 6 Khandegar V, Saroha AK. 2012. Electrochemical treatment of distillery spent wash using aluminum and iron electrodes. *Chinese J. Chem. Eng.* **20**(3): 439.
- 7 Hudha MI, Jimmy, Muyassaroh. 2014. Studi Penurunan COD dan TSS Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Proses Elektrokimia. *Pros. Semin. Nas. Kim.* (September): 185.
- 8 Soemargono S, Ismiati E, Lazuardi L. 2006. Pengolahan Limbah Rumah Tangga Dengan Proses Elektrolifokulator Secara “ Batch .” *Rekayasa Perenc.* **3**(1): .
- 9 Suyata, Irmanto, Rastuti U. 2015. Penerapan Metode Elektrokimia untuk Penurunan Chemical Oxygen Demand (COD) dan Total Suspended Solid (TSS) Limbah Cair Industri Tahu. *Molekul.* **10**(1): 74.
- 10 Andewi MAY, Hadi W. Produksi Gas Hidrogen Melalui Elektrolisis Air Sebagai Sumber Energi. Jurusan Teknik Lingkungan ITS, Surabaya. 2011.