

PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI TAPIOKA DENGAN MENGGUNAKAN METODE ELEKTROFLOKULASI

Tri Widayatno¹⁾, Sriyani²⁾

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta^{1,2)}

Jl. Ahmad Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartosuro, Surakarta, 57102

Telp: (0271) 717 417 ext 224, Hp: 081392534330

Email: tri.widayatno@yahoo.co.uk¹⁾

Abstrak

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk pengolahan limbah cair adalah elektroflokulasi yang memiliki keunggulan diantaranya yaitu baik digunakan untuk menghilangkan senyawa organik, tanpa penambahan zat kimia dan baik untuk menghilangkan padatan tersuspensi. Sehingga tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari penerapan metode elektroflokulasi untuk pengolahan limbah cair industri tapioka dengan menguji beberapa variabel yaitu pengaruh voltase dan waktu terhadap TSS, COD dan pH.

Eksperimen dijalankan dengan kondisi proses kontinyu dengan debit 1 ml/detik, dan variabel tetap adalah elektroda dengan katoda logam Al memiliki luas permukaan efektif 100,48 cm², dan Anoda berupa Karbon dengan luas permukaan efektif 62,8 cm² serta susunan elektroda paralel dengan jarak 7 cm. Adapun variabel yang diamati adalah voltase (tegangan listrik) 6, 9, 12, 24, 36,48,60 volt dan waktu 1,2,3,4,5 jam. Sampel yang diambil pada tiap-tiap variabel kemudian dianalisis kadar TSS, COD dan pH.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar tegangan listrik dan waktu proses elektrolisis, semakin besar pula penurunan TSS dan COD serta pH semakin netral. Adapun kondisi optimal terjadi pada tegangan 60 dengan waktu 4 jam menghasilkan COD sebesar 160 ppm dan TSS sebesar 60 mg/L serta pH 6. Hasil pengolahan limbah ini telah memenuhi syarat baku mutu standar yang ditetapkan pemerintah untuk dibuang ke lingkungan

Kata kunci : Limbah cair tapioka, Elektroflokulasi, Elektrokoagulasi, Elektrokimia

PENDAHULUAN

Tumbuh dan berkembangnya industri-industri di Indonesia membantu peningkatan perekonomian dan kesejahteraan masyarakat Indonesia, tetapi disisi lain menimbulkan dampak yang kurang baik bagi lingkungan, yaitu adanya limbah yang dihasilkan sebagai hasil samping dari suatu proses pengolahan dalam industri. Limbah yang dihasilkan tersebut kadang kurang diperhatikan oleh pengelola industri dengan kata lain dibuang begitu saja tanpa melalui pengolahan limbah terlebih dahulu, sehingga membawa beberapa efek buruk bagi lingkungan. Pada industri rumah tangga biasanya limbah cair langsung dibuang ke lingkungan.

Penimbunan secara alami yang terus menerus berlangsung dari senyawa dalam limbah tersebut (misal: logam berat, zat warna sintesis atau senyawa organik) akan mempunyai dampak lingkungan yang serius. Apabila timbunan zat-zat tersebut terbawa ke dalam jaringan manusia akan bersifat dapat merangsang terjadinya kanker (karsinogenik). Selain

itu menimbulkan bau, rasa yang tidak sedap dan mengganggu ekosistem dalam air.[1]

Limbah cair industri tapioka dihasilkan dari proses kegiatan pencucian dan penguapan. Kandungan dari limbah tersebut diantaranya padatan tersuspensi, kasar dan halus terbanyak serta senyawa organik. Pemekatan dan pencucian pati dengan sentrifus menghasilkan limbah cukup banyak juga dengan kandungan padatan tersuspensi halus yang cukup tinggi. Kehadiran zat-zat tersebut dalam limbah cair dapat menimbulkan gangguan-gangguan sebagai berikut :

- Menyebabkan perubahan rasa dan bau yang tidak sedap
- Menimbulkan penyakit: misalnya gatal-gatal
- Mengurangi estetika sungai [2]
- Menurunkan kualitas air sumur di sekitar pabrik tapioka [3]

Parameter limbah cair yang harus diperhatikan dan diuji sebelum dibuang ke lingkungan diantaranya yaitu pH, BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), DO (*Dissolved Oxygen*), padatan tersuspensi (TSS) dan kekeruhan air, dan Warna. Pemerintah telah menetapkan baku mutu

limbah cair yang diijinkan untuk dibuang ke lingkungan seperti terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Baku Mutu Limbah Cair Tapioka [1]

Parameter	Kadar maksimum (mg/l)	Beban pencemaran maksimum (kg/ton)
BOD	100	3.0
COD	250	7.5
TSS	60	2.4
Sianida (CN)	0.2	0.006
pH 6.0 – 0.9		
debit limbah cair makanan 30 ml/ton produk tapioca.		

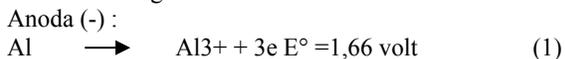
Berlaku bagi industri baru atau yang diperluas dan bagi semua industri mulai tahun 1995.

Dari hasil analisis sampel limbah industri rumah tangga tapioka didapatkan kadar TSS sebelum pengolahan adalah 1160 mg/L, kadar COD sebesar 1856 ppm, dengan pH 4,8. terlihat bahwa kualitas limbah yang dihasilkan industri tapioka tersebut melebihi ambang batas yang ditetapkan pemerintah untuk dibuang ke lingkungan, untuk itu diperlukan pengolahan terhadap limbah tersebut sebelum dibuang ke lingkungan agar memenuhi baku mutu standar yang ditetapkan pemerintah.

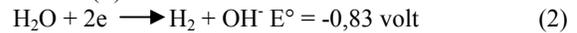
Salah satu metode yang sudah digunakan secara luas untuk pengolahan limbah adalah elektroflokulasi yang memiliki keunggulan diantaranya yaitu merupakan metode yang sederhana, efisien, baik digunakan untuk menghilangkan senyawa organik, tanpa penambahan zat kimia sehingga mengurangi pembentukan residu (*sludge*), dan baik untuk menghilangkan padatan tersuspensi. [4]

Metode elektroflokulasi telah digunakan dengan baik untuk mengolah limbah minyak dengan tingkat efisiensi sampai 99%, juga telah digunakan untuk mengolah limbah yang mengandung zat warna sintesis, limbah restoran, dan limbah yang mengandung nitrat dan fluoride. Serta dalam satu dasawarsa terakhir terbukti bahwa metode elektrokoagulasi/ elektroflokulasi juga efektif untuk mengolah limbah yang mengandung logam berat. [4]

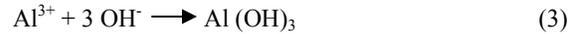
Prinsip pengolahan limbah cair dengan menggunakan elektroflokulasi adalah bahwa koagulan atau flokulan dihasilkan dari proses elektro-oksidasi dari anoda yang umumnya dibuat dari besi atau aluminium. Peralatan terdiri dari tiga tangki utama yaitu tangki elektrolisis, tangki pengendapan (sedimentasi) /flotasi dan tangki penyaringan. Pada tangki elektrolisis terjadi penggumpalan materi pencemar yang terkandung dalam limbah cair, yang dilakukan dengan mengalirkan tegangan listrik searah (DC) dari anoda menuju katoda. Sebagai anoda digunakan logam Aluminium dan katoda berupa karbon. Reaksi yang terjadi pada kedua elektroda sebagai berikut



Katode (+) :



Unsur-unsur tersebut akan membentuk gumpalan (flok) berupa $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang memiliki luas permukaan adsorpsi yang besar sehingga sangat cepat menjerap senyawa organik dan partikel koloid berdasarkan reaksi :



Setelah mengalami proses elektrolisis, koagulasi dan flokulasi, limbah dialirkan menuju tangki penyaring. Tangki penyaring dilengkapi dengan kasa dan ijuk sehingga limbah cair yang keluar dari tangki penyaringan dapat seminimal mungkin mengandung kotoran. [5]

Gas H_2 yang dihasilkan membentuk gelembung-gelembung gas mempunyai fungsi yang penting dalam proses pemisahan yaitu mengangkat dan membawa partikel-partikel yang telah terkoagulasi dan terflokulasi ke permukaan cairan sehingga memudahkan proses penyaringan. [6]

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari efektivitas pengolahan limbah cair industri tapioka menggunakan metode elektroflokulasi. Mengingat keterbatasan-keterbatasan yang ada, tidak semua parameter yang dipersyaratkan dalam kriteria air baku diukur dalam penelitian ini. Adapun penelitian ini dibatasi dengan menguji beberapa variabel yaitu voltase dan waktu dan pengaruhnya terhadap parameter-parameter limbah TSS, pH, dan COD.

Penelitian terdahulu yang telah mempelajari penggunaan metode elektrokoagulasi diantaranya yaitu: Haryadi (2008), mempelajari pengaruh voltase terhadap kadar TSS pada pengolahan limbah cair tekstil. Dari hasil penelitian tersebut diperoleh hasil semakin tinggi tegangannya semakin baik hasil pengolahannya. Kondisi yang relatif baik adalah pada tegangan 30 volt, pH 7 dan harga TSS sebesar 119 mg/L.[7]

Aleboye et al (2008) telah menguji penerapan metode elektrokoagulasi pada penghilangan zat warna sintesis dari limbah cair dengan hasil 93% zat warna dapat dihilangkan [8].

I. Heidmann, W. Calmano (2008) menggunakan metode ini untuk penghilangan logam berat seperti Zn, Cu, Ag, Cr, dan Ni dengan hasil yang memuaskan [9]

Kai Neilson dan D.W. Smith (2005) melakukan penelitian dengan judul *Ozone-enhanced electroflocculation in municipal wastewater treatment* Dari hasil penelitian tersebut diperoleh hasil semakin besar kuat arus akan menurunkan harga TSS dan COD. Kuat arus yang optimum dalam penelitian tersebut adalah 300 Amper dengan konsentrasi Total Solid sebesar 45 mg / L dan konsentrasi COD sebesar 106 mg /L. [10]

A.E. Yilmaz et al.(2005) menyimpulkan dari penelitiannya bahwa metode elektrokoagulasi dapat digunakan untuk mengolah limbah industri yang

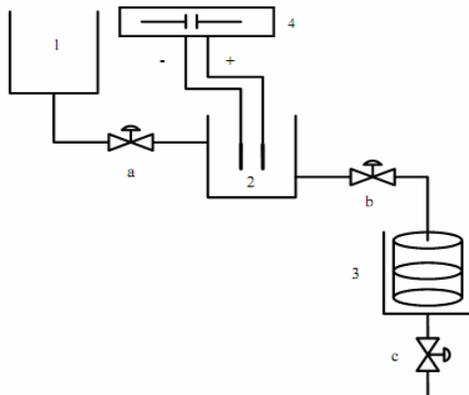
mengandung boron dengan pH 8 dan densitas arus yang tinggi [4]
Beberapa penelitian yang lain juga menunjukkan bahwa metode elektroflokulasi dapat digunakan untuk pengolahan limbah cair emulsi minyak dan air [11], limbah industri tekstil [12, 6], dan air kotor pH tinggi. [13]

METODE PENELITIAN

Pengolahan limbah cair industri tapioka yang diperoleh dari UKM tapioka di daerah wonogiri dengan menggunakan elektroflokulasi ini dilakukan di laboratorium Teknik Kimia FT UMS, dengan menggunakan rangkaian peralatan elektroflokulator seperti terlihat pada gambar 1. Eksperimen dijalankan dengan kondisi dan variabel tetap adalah proses kontinyu dengan debit 1 ml/detik, Elektroda : katoda = logam Al dengan luas permukaan efektif 100,48 cm², Anoda = Karbon dengan luas permukaan efektif 62,8 cm², susunan elektroda paralel dengan jarak 7 cm. Adapun variabel yang diamati adalah voltase (tegangan listrik) 6, 9, 12, 24, 36,48,60 volt dan waktu 1,2,3,4,5 jam. Sampel yang diambil pada tiap-tiap variabel kemudian dianalisis kadar TSS, COD dan pH.

Peralatan Utama

Elektroflokulator adalah suatu alat pengolahan limbah yang menggunakan metode elektrolisis, pengendapan (sedimentasi)/flotasi dan penyaringan. Ini keunggulan elektroflokulator dibandingkan alat-alat pengolahan limbah cair lainnya.



Gambar 1 Rangkaian alat proses elektroflokulator

Keterangan :

1. Tangki umpan
 2. Tangki Elektroflokulator
 3. Tangki Penyaringan
 4. Elektroflokulator
- a, b dan c = valve

Bahan

- a. Limbah Cair Tapioka
Limbah cair tapioka didapatkan dari industri rumah tangga di kabupaten wonogiri
- b. Reagen
Semua reagen dan bahan kimia seperti NaOH, HCl, H₂C₂O₄, KMnO₄, H₂SO₄ didapat dari laboratorium Teknik Kimia UMS

Analisis hasil

$$a. \quad TSS = \frac{(a - b) \times 1000}{c} \quad (1)$$

Keterangan :

a = massa limbah cair + cawan sebelum proses

b = massa limbah cair + cawan setelah proses

c = volume limbah cair tapioca

- b. pH

Mencatat dengan pH meter

- c. Standarisasi larutan KMnO₄

$$N \text{ KMnO}_4 = \frac{(N.V) \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}}{a. \text{ml. KMnO}_4} \quad (2)$$

- d. Analisa kadar COD

$$\text{COD} = ((a+b) \text{ml} \cdot N \text{ KMnO}_4 \text{ standarisasi}) -$$

$$(N.V) \times \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \cdot 8000 \quad (3)$$

a = Volume titrasi blangko (ml)

b = Volume titrasi sample (ml)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Voltase dan waktu tinggal terhadap TSS (Total Solid Suspended) pada limbah cair tapioka

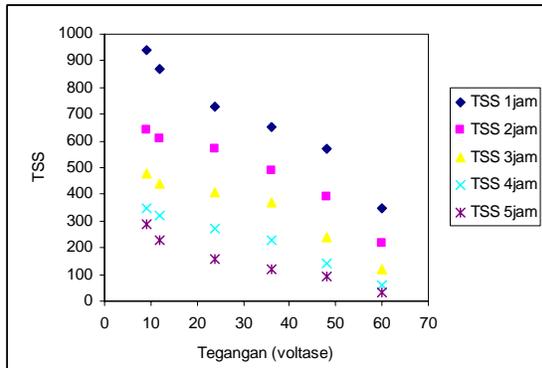
Dari hasil penelitian pengaruh voltase dan waktu tinggal terhadap Total Solid Suspended didapatkan hasil hubungan antara Voltase dan waktu tinggal terhadap Total Solid Suspended sebagai berikut :

Tabel 2. Hubungan antara Voltase dan waktu tinggal terhadap Total Solid Suspended (TSS)

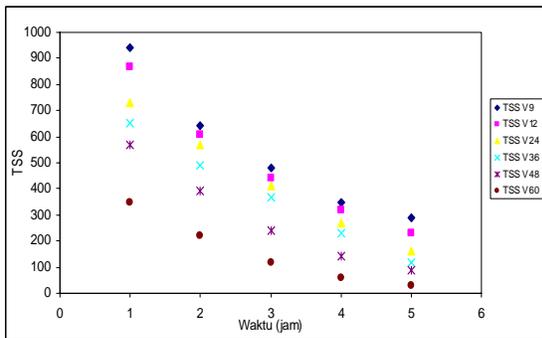
Voltase (Volt)	Total Suspended Solid (mg / L)				
	Waktu tinggal				
	1	2	3	4	5
9	940	640	480	350	290
12	870	610	440	320	230
24	730	570	410	270	160
36	650	490	370	230	120
48	570	390	240	140	90
60	350	220	120	60	30

Setelah dilakukan pengolahan didapatkan hasil yang paling optimal pada waktu tinggal = 4 jam dan tegangan 60 volt yaitu sebesar 60 mg/L, sedangkan berdasarkan Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (BAPEDAL) kadar TSS yang menjadi baku mutu limbah cair tapioka yaitu sebesar 60 mg/ L, dengan diketahui parameter tersebut diatas maka pengaruh

voltase dan waktu tinggal terhadap penurunan kadar TSS pada limbah cair tapioka dengan metode elektroflokulator sudah cukup dari kadar TSS yang distandarkan oleh pemerintah.



Gambar 2. Hubungan antara voltase dan TSS



Gambar 3. Hubungan TSS dan Waktu

Dari tabel 2, gambar 2 dan 3 terlihat bahwa semakin besar tegangan maka semakin besar penurunan harga TSS. Hal ini disebabkan karena voltase semakin besar maka akan memberikan potensial urai pada elektroda Al untuk melepas Al^{3+} semakin besar sehingga flok $Al(OH)_3$ juga semakin besar. Begitu pula dengan semakin lama waktu proses TSS juga semakin turun

Pengaruh Voltase dan Waktu tinggal terhadap Chemical Oxygen Demand (COD) pada limbah cair tapioka

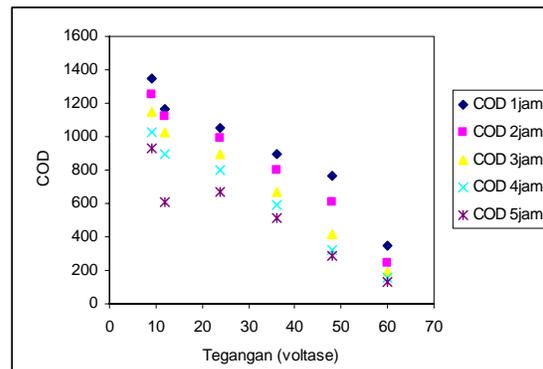
Chemical Oxygen Demand (COD) Merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan bahan-bahan organik dalam air. COD merupakan jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan-bahan yang dapat teroksidasi dalam limbah cair oleh oksidator. Dalam hal ini harga COD sebelum pengolahan adalah 1856 ppm. Setelah dilakukan pengolahan dengan elektroflokulator diperoleh harga COD yang semakin turun dan yang paling optimal pada waktu tinggal = 2 jam dan pada voltase 60 volt karena harga COD yaitu sebesar 240 ppm.

Sedangkan berdasarkan Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (BAPEDAL) untuk kadar COD yang menjadi baku mutu limbah cair yaitu sebesar 250

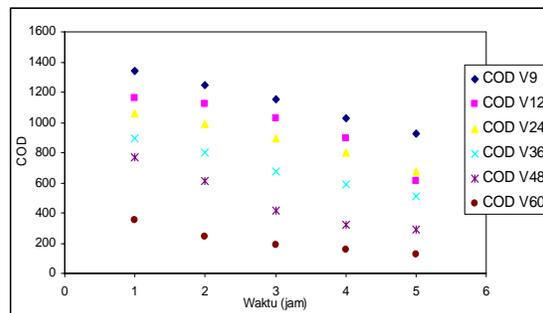
mg/L. Dengan diketahui parameter tersebut diatas maka pengaruh voltase dan waktu tinggal terhadap penurunan harga COD pada limbah cair tapioka dengan metode elektroflokulator cukup baik

Tabel 3. Hubungan antara Voltase dan waktu tinggal terhadap Chemical Oxygen Demand(COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) (ppm)					
Voltage (Volt)	Waktu tinggal				
	1	2	3	4	5
9	1344	1248	1152	1024	928
12	1184	1120	1024	896	612
24	1056	992	896	800	672
36	896	800	672	592	512
48	768	608	416	320	288
60	352	240	192	160	128



Gambar 4. Hubungan COD dan Voltase/Tegangan



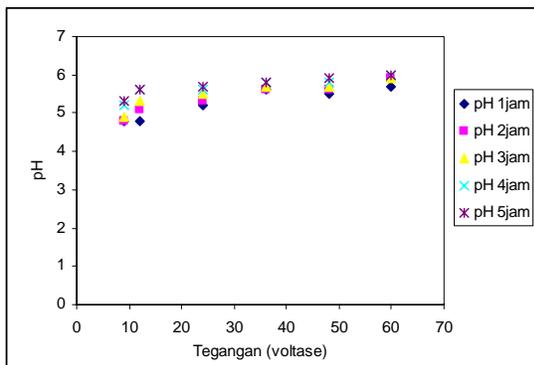
Gambar 5. Hubungan COD dan Waktu

Tabel 3, gambar 4 dan gambar 5 menunjukkan bahwa semakin besar tegangan maka semakin besar penurunan COD . Hal ini disebabkan karena tegangan listrik yang di alirkan pada kedua elektroda dapat menarik materi –materi pencemar dalam cairan limbah tapioka, semakin besar tegangan yang digunakan semakin banyak materi –materi pencemar yang tertarik dan flok –flok yang dihasilkan juga lebih banyak dan ini memberikan keleluasaan oksigen untuk dapat bekerja secara aktif menguraikan ikatan – ikatan pada bahan yang ada di dalam limbah cair tapioka.

Pengaruh Voltase dan Waktu tinggal terhadap pH pada limbah cair tapioka

Tabel 4. Hubungan antara Voltase dan waktu tinggal terhadap pH

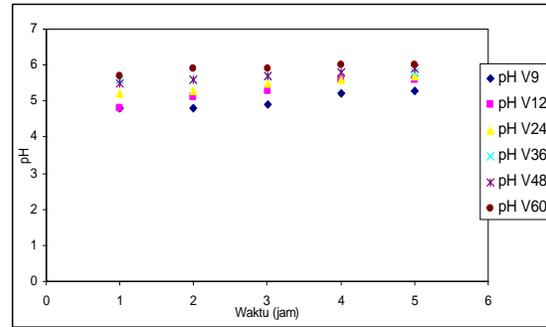
Voltage (Volt)	pH				
	Waktu tinggal				
	1	2	3	4	5
9	4.8	4.8	4.9	5.2	5.3
12	4.8	5.1	5.3	5.6	5.6
24	5.2	5.3	5.5	5.6	5.7
36	5.6	5.6	5.7	5.8	5.8
48	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9
60	5.7	5.9	5.9	6	6



Gambar 6. Hubungan pH dengan Voltase

pH merupakan parameter yang dapat menunjukkan sifat air dalam keadaan asam, basa atau netral. Dalam keadaan netral ditunjukkan dengan angka 7, asam < 7, dan basa > 7. pH ini sangat mempengaruhi kehidupan biologis dalam air dan lingkungan sekitar air tersebut. pH sebelum pengolahan adalah 4,8. Setelah dilakukan pengolahan didapatkan hasil yang paling optimal pada waktu tinggal = 4 jam dan tegangan 60 volt yaitu pH sebesar 6, sedangkan berdasarkan Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (BAPEDAL) untuk kadar pH yang menjadi baku mutu limbah cair tapioka yaitu pH sebesar 6, dengan diketahui parameter tersebut diatas maka pengaruh voltase dan waktu tinggal terhadap penurunan pH pada limbah cair tapioka dengan metode elektroflokulator sudah cukup dari pH yang distandarkan oleh pemerintah.

Hasil percobaan pengaruh waktu proses dan voltase yang disajikan pada tabel 4, gambar 6 dan 7 menunjukkan bahwa pengolahan limbah dengan metode elektroflokulasi dapat menetralkan cairan limbah hingga pH 6. Variasi voltase dan waktu juga berpengaruh terhadap pH dengan semakin tinggi voltase dan semakin lama waktu pH juga semakin mendekati kondisi netral



Gambar 7. Hubungan pH dengan Waktu

KESIMPULAN

1. Metode elektroflokulator dapat digunakan untuk mengolah limbah cair tapioka, hal ini terlihat dari penurunan TSS, COD dan pH.
2. Faktor – faktor yang berpengaruh terhadap TSS, COD dan pH pada penelitian ini adalah voltase dan waktu tinggal.
3. Semakin besar voltase akan dapat menurunkan harga TSS ,COD dan pH.
4. Kondisi yang paling optimal untuk mengurangi harga TSS dalam penelitian ini adalah pada tegangan 60 volt dan waktu tinggal 4 jam. Sedangkan untuk COD kondisi optimal pada tegangan 60 volt dan waktu tinggal 2 jam. Diperoleh harga TSS yaitu sebesar 60 mg/L dan COD sebesar 240 ppm. Untuk pH kondisi optimal terjadi pada tegangan 60 volt dan waktu tinggal 4 jam.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Pamudja, K., 1994, Limbah Cair Berbagai Industri DI Indonesia Sumber Pengendalian dan Bahan Baku Mutu, EMDI-BAPEDAL, Jakarta

[2] MeNLH, Dokumen WWW, diakses 25 Agustus 2008, <http://www.menlh.go.id/usaha-kecil/index-view.php?sub=7>

[3] Sutapa, I.D.A (2000), Uji Korelasi Pengaruh Limbah Tapioka Terhadap Kualita Air Sumur, Jurnal Studi Pembangunan, Masyarakat & Lingkungan, Vol. 2, No. 1, 47-65

[4] Yilmaz A.E. et al.(2005), The investigation of parameters affecting boron removal by electrocoagulation method Journal of Hazardous Materials B125, 160–165.

[5] Robinson, V., 2005, *Electroflocculation in the Treatment Of Polluted Water*, <http://www.rotaloo.com/electrofloc>, 20 Maret 2008

[6] Koren, J.P.F and Syversen, U (1995), State-of-the Art Electroflocculation, Filtration and Separation, February, 1995

[7] Haryadi, S, (2008), Penggunaan metode elektroflokulasi pada pengolahan Limbah Cair Industri Tekstil, Jurusan Teknik Kimia FT UMS.

- [8] Aleboyeh, A. et al. (2008), Optimization of C.I. Acid Red 14 azo dye removal by electrocoagulation batch process with response surface methodology Chemical Engineering and Processing 47 827–832
- [9] IHeidmann, I and Calmano, W. (2008) Removal of Zn(II), Cu(II), Ni(II), Ag(I) and Cr(VI) present in aqueous solutions by aluminium electrocoagulation / Journal of Hazardous Materials 152 , 934–941
- [10] Neilson, K., dan Smith, D. W., 2005, *Ozone-enhanced electroflocculation in municipal wastewater treatment*, <http://pubs.nrc-cnrc.gc.ca/rp/rppdf/s04-043.pdf>, diakses pada 6 April 2008
- [11] Iswanto, 2001, Pengolahan Limbah Cair Emulsi Minyak-Air dengan Proses Elektroflokulasi dalam reaktor Berpengaduk Secara Kontinue, *iltration and Separation*, April 1996, p. 295
- [12] Ciardelli, G and Ranieri, N. (2001), Treatment and reuse of textile wastewater, *Wat. Res.* Vol. 35, No. 2, pp. 567±572
- [13] Heriyanto (2007), Pengolahan Air Kotor pH Tinggi dengan Arus listrik Searah, *Prosiding IES 2007*