

Penentuan Laju Alir Optimum Pada Penghilangan Warna Air Limbah Industri Tekstil Menggunakan Metode Elektrooksidasi Dengan Sistem Kontinyu

Determination of Optimum Flow Rate in Textile Industry Wastewater Color Removal Using Electrooxidation Method With Continuous System

Suseno^{1*}, Petrus Darmawan², Argoto Mahayana³

^{1,2,3}Program Studi D3 Analis Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Setia Budi, Jln. Letjen Sutoyo-Mojosongo Surakarta-57127 Telp. 0271-852578

*Corresponding Author : pakseno67@gmail.com

ABSTRAK: Telah dilakukan percobaan penghilangan warna air limbah tekstil dengan metode elektrooksidasi menggunakan elektroda grafit dengan sistim kontinyu. Alat elektrooksidasi terdiri dari bejana elektrooksidasi dengan ukuran (p x l x t) = 60 x 30 x 18) cm yang dilengkapi dengan 5 pasang elektroda grafit, alat pengukur laju alir dan adaptor (DC power). Percobaan dimulai dengan mengalirkan air limbah ke dalam alat elektrooksidasi dengan laju alir 0,3 liter per menit (LPM). Setelah itu DC power dihidupkan dan diatur pada tegangan 3 volt. Air limbah yang telah mengalami oksidasi diambil dari outlet alat elektrooksidasi setelah waktu proses 20 menit terhitung dari saat DC power dihidupkan. Percobaan ini diulangi dengan tegangan bervariasi yaitu 6, 9, 12 dan 15 volt dan pada laju alir 0,5; 1,0; 1,5 dan 2 LPM. Hasil percobaan menunjukkan bahwa pada setiap harga tegangan absorbansi minimum didapat pada laju air 0,5 LPM, hal ini menunjukkan bahwa laju alir air limbah optimum pada penghilangan warna air limbah tekstil dengan metode elektrooksidasi menggunakan elektroda grafit dengan sistim kontinyu adalah 0,5 LPM.

Kata kunci : absorbansi; air limbah; elektrooksidasi; grafit; kontinyu;

ABSTRACT: An experiment to remove the color of textile wastewater by electrooxidation method using graphite electrodes with a continuous system has been carried out. The electrooxidation apparatus consists of an electrooxidation vessel with a size (p x l x h) = (60 x 30 x 18) cm equipped with 5 pairs of graphite electrodes, a flow rate meter and an adapter (DC power). The experiment was started by flowing wastewater into an electrooxidation device at a flow rate of 0.3 liters per minute (LPM). After that DC power is turned on and set at 3 volts. Waste water that has undergone oxidation is taken from the outlet of the electrooxidation device after a processing time of 20 minutes from the time the DC power is turned on. This experiment was repeated with varying voltages of 6, 9, 12 and 15 volts and at a flow rate of 0.5; 1.0; 1.5 and 2.0 LPM. The experimental results show that at each value the minimum absorbance voltage is obtained at a water rate of 0.5 LPM, this indicates that the optimum wastewater flow rate for decolorizing textile wastewater by electrooxidation method using graphite electrodes with a continuous system is 0.5 LPM.

Keywords : absorbance; continuous; electrooxidation; graphite; wastewater

1. PENDAHULUAN

Industri tekstil mempunyai dampak negatif, yaitu menghasilkan air limbah yang dapat mengganggu lingkungan. Air limbah industri tekstil perlu diolah terlebih dulu sebelum dibuang ke lingkungan, hal itu

agar parameter air limbah memenuhi aturan yang berlaku sehingga dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Salah satu komponen air limbah industri tekstil adalah zat warna tekstil yang menyebabkan air limbah

menjadi berwarna. Warna air limbah dapat dihilangkan dengan cara mendegradasi zat warna yang ada di dalamnya (Alizadeh, *et al.*, 2015). Degradasi zat warna dalam air limbah industri tekstil dapat dilakukan dengan berbagai metode, antara lain metode adsorpsi (Fourcade *et al.*, 2013), metode koagulasi menggunakan bahan kimia (Kariyajanavar *et al.*, 2010), metode mikrobiologi (Aquino *et al.*, 2010), metode elektrokoagulasi menggunakan elektroda aluminium (Bazrafshan and Mahvi, 2014) metode elektrokoagulasi menggunakan elektroda logam besi (Azarian, *et al.*, 2014) dan elektrooksidasi menggunakan elektroda grafit yang dilakukan dengan sistem *batch* (tidak kontinyu) (El-Sayed, *et al.*, 2014), (Bensalah, N., & Abdel-Wahab, A., 2010). Pengolahan air limbah dengan sistem *batch* akan tidak efisien jika diterapkan untuk mengolah air limbah industri tekstil, hal tersebut disebabkan karena air limbah industri tekstil biasanya dihasilkan dalam jumlah besar. Diperkirakan untuk menghasilkan 1 kg produk dibutuhkan air sebanyak 125 - 150 liter (Bansal *et al.*, 2013), (Kusmierek *et al.*, 2011). Berdasarkan hal tersebut maka penulis melakukan penelitian untuk mengetahui lebih dalam potensi proses elektrokimia khususnya elektrooksidasi untuk pengolahan air limbah industri tekstil khususnya degradasi zat warna tekstil. Proses pengolahan dengan metode elektrooksidasi dalam penelitian ini dilakukan menggunakan elektroda grafit dan dengan sistem kontinyu.

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari satu reaktor elektrooksidasi yaitu reaktor dengan elektroda grafit. Proses elektrooksidasi secara kontinyu dipengaruhi oleh beberapa parameter, yaitu voltase, laju alir air limbah, konsentrasi elektrolit dan lain lain (Camcioglu *et al.*, 2014). Penelitian ini dilakukan khusus untuk mengetahui laju alir optimum air limbah industri tekstil.

Elektrooksidasi melibatkan beberapa reaksi yaitu : Anoda jika berinteraksi dengan air akan melepaskan radikal hidroksil yang diadsorpsi pada permukaan anoda, radikal hidroksil ini kemudian akan mengoksidasi komponen organik (R) sesuai persamaan reaksi sebagai berikut :

$$\text{H}_2\text{O} + \text{M} \rightarrow \text{M}[\text{OH}^*] + \text{H}^+ + \text{e}^- \dots\dots (1)$$

$$\text{R} + \text{M}[\text{OH}^*] \rightarrow \text{M} + \text{RO} + \text{H}^+ + \text{e}^- \dots\dots (2)$$

RO mewakili zat organik (termasuk zat warna tekstil) yang telah mengalami oksidasi (Rajkumar and Muthukumar, 2012). Zat warna tekstil yang telah mengalami oksidasi akan terpecah menjadi beberapa senyawa yang lebih sederhana dan menjadi tidak berwarna, hal ini dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan persentase penurunan konsentrasi zat warna dalam air limbah industri tekstil yang dilihat dari penurunan intensitas warna air limbah yang berbanding lurus dengan parameter absorbansi. Absorbansi air limbah industri tekstil sebelum dan sesudah pengolahan ditentukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah neraca analitik (Mettler Toledo ME204 ME), *Sensor aliran* (Se^{al}) DN25), Digital Flowmeter Kuantitatif (ZJ-LCD-M), *DC Power* (RTVC PV-3010), spektrofotometer UV-Vis (Hitachi, U-2900).

Bahan yang digunakan adalah NaCl (Merck), zat warna tekstil (Yellow FG, Remazol Orange 3R, Remazol Red RB Conc, Remazol Blue 3R, Remazol Violet 5R) (*technical grade*).

2.2 Prosedur

2.2.1. Pembuatan air limbah artifisial

2.2.1.1. Pembuatan larutan zat warna stok dengan konsentrasi zat warna 1600 mgL⁻¹ sebanyak 10 liter.

Zat warna tekstil (Yellow FG, Remazol Orange 3R, Remazol Red RB Conc, Remazol Blue 3R, Remazol Violet 5R) masing – masing ditimbang sebanyak 16 gram, kemudian dilarutkan dengan akuades secukupnya dalam labu ukur 1 liter. Setelah itu ke dalam labu ukur tersebut ditambahkan akuades sampai tanda batas dan selanjutnya dituang ke dalam bejana plastik 10 liter. Setelah itu 9 liter akuades ditambahkan ke dalam bejana plastik tersebut dengan menggunakan labu ukur 1 liter. Sebagian akuades yang ditambahkan digunakan untuk membas labu ukur yang berisi larutan zat warna, air bilasan kemudian dijadikan satu dengan larutan zat warna lainnya (Alizadeh, *et al.*, 2015).

2.2.1.2. Pembuatan air limbah artifisial dengan konsentrasi masing – masing zat warna 12 ppm dan konsenrasi NaCl 12 gram/liter

Larutan stok zat warna diambil sebanyak 150 ml, kemudian dimasukkan ke dalam bejana plastik 20 liter. Kristal NaCl sebanyak 240 gram dilarutkan dengan 1 liter akuades selanjutnya dituang ke dalam bejana plastik 20 liter tersebut, kemudian ditambah akuades sampai volumenya menjadi 20 liter. Prosedur ini menghasilkan limbah artifisial dengan konsentrasi zat warna 12 ppm dan konsentrasi NaCl 12 gram/liter. Pembuatan larutan ini diulangi sampai kebutuhan larutan zat warna tercukupi (Uliana *et al.*, 2012).

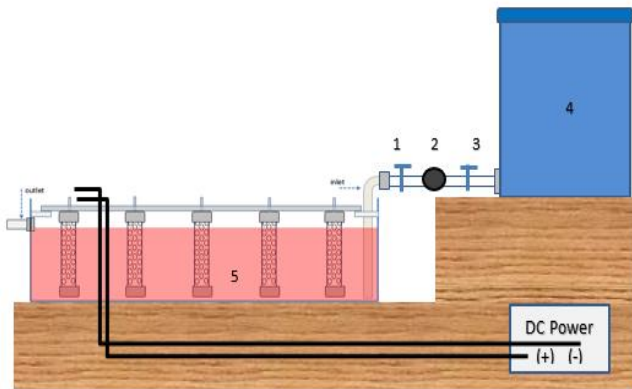
2.2.1 Pembuatan alat percobaan

2.2.1.1 Pembuatan elektroda grafit

Elektroda grafit dibuat menggunakan grafit dari baterai ABC bekas tipe D sebanyak 8 batang yang dimasukkan ke dalam pipa PVC berlubang dengan diameter pipa ½ inchi (Jović *et al.*, 2013).

2.2.1.2 Pembuatan alat elektrooksidasi

Alat elektrooksidasi dibuat dengan konstruksi sistem kontinyu yang terdiri dari bak penampung air limbah, bak elektrooksidasi dan flow meter (Canan *et al.*, 2013). Susunan alat elektrooksidasi sistem kontinyu ini ditunjukkan pada gambar 1 sebagai berikut :



Gambar 1. Alat elektooksidasi

Keterangan :

1. Keran untuk mengatur laju alir air limbah
2. *Flow Meter*
3. Keran untuk mengalirkan air limbah
4. Bak penampung air limbah dengan volume 250 liter
5. Bak elektooksidasi dengan ukuran (p x l x t) = (60 x 30 x 18) cm

2.2.2 Percobaan degradasi zat warna tekstil.

1. Bejana 4 dan 5 pada gambar 1 diisi penuh dengan limbah tekstil artifisial
2. Keran No. 3 dibuka penuh
3. Keran No. 1 dibuka secukupnya sampai laju alir menunjukkan 0,3 LPM, laju alir dapat dipantau menggunakan alat *flow meter* . Limbah artifisial dibiarkan mengalir selama 5 menit.
4. Power DC dihidupkan dengan voltase 3 volt, kemudian limbah artifisial yang telah mengalami degradasi diambil dari outlet setelah waktu proses 20 menit terhitung dari saat DC power dihidupkan. Perco-baan ini diulangi dengan tegangan bervariasi yaitu 6, 9, 12 dan 15 volt.
5. Air limbah sebelum pengolahan dan setelah pengolahan (degradasi) diukur

intensitas warnanya menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis

6. Percobaan 2.2.2 ini diulangi dengan menggunakan laju alir 0,5; 1,0; 1,5; 2 LPM

2.2.3 Analisis Data

Data percobaan ini adalah absorbansi air limbah industri tekstil sebelum dan sesudah pengolahan. Absorbansi tersebut berbanding lurus dengan konsentrasi zat warna dalam air limbah industri tekstil. Persentase penurunan absorbansi dihitung menurut persamaan 1 sebagai berikut :

Penurunan Absorbansi (%) =

$$\frac{Abs_1 - Abs_2}{Abs_1} \times 100 \%$$

Keterangan :

Abs_1 = Absorbansi sebelum pengolahan

Abs_2 = Absorbansi setelah pengolahan

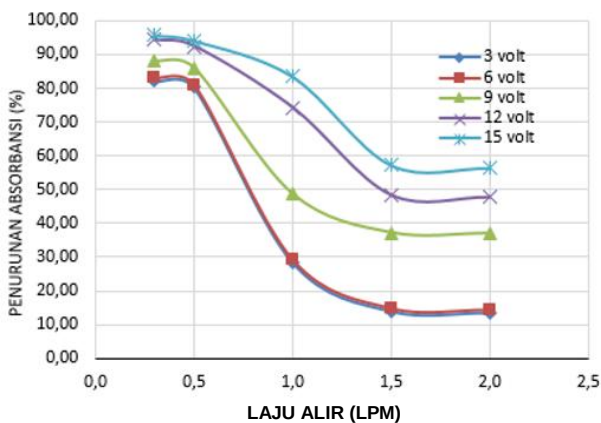
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan perhitungan persentase penurunan absorbansi, hasilnya disusun dalam tabel1 sebagai berikut :

Tabel 1. Persentase penurunan absorbansi air limbah tekstil artifisial setelah proses degradasi / oksidasi

Laju Alir (LPM)	Penurunan absorbansi pada berbagai tegangan (%)				
	3 volt	6 volt	9 volt	12 volt	15 volt
0,3	82,11	83,03	88,07	94,27	95,64
0,5	80,28	80,96	86,01	92,43	94,04
1,0	28,44	29,13	48,62	74,31	83,49
1,5	13,99	14,68	37,16	48,39	57,34
2,0	13,53	14,22	36,93	47,71	56,42

Hasil tersebut pada tabel 1 kemudian dibuat grafiknya dengan laju alir sebagai sumbu X sedangkan persentase penurunan absorbansi sebagai sumbu Y. Grafik disajikan pada gambar 2 sebagai berikut :



Gambar 2. Grafik laju alir vs penurunan absorbansi

Dengan mengamati grafik pada gambar 2 tersebut dapat diketahui bahwa pada laju alir (2.0 - 0,5) LPM terjadi peningkatan cukup tajam pada persentase penurunan absorbansi, tetapi dimulai dari laju alir 0,5 LPM grafik kelihatan cenderung mendatar, hal ini menunjukkan bahwa dimulai dari laju alir 0,5 LPM sudah tidak ada kenaikan persentase penurunan absorbansi yang signifikan.

laju alir sebetulnya berbanding terbalik dengan banyaknya zat warna yang teroksidasi, namun demikian pada kondisi tertentu penurunan laju alir tidak signifikan mempengaruhi banyaknya zat warna yang terdegradasi, hal tersebut dikarenakan prosesnya adalah kontinyu sehingga

banyaknya zat warna yang berada pada bak elektrooksidasi pada periode waktu tertentu relatif tetap. Dengan demikian dapat dipahami bahwa laju alir optimum pada degradasi zat warna tekstil menggunakan metode elektrooksidasi sistem kontinyu adalah 0,5 LPM.

KESIMPULAN

Laju alir optimum pada degradasi zat warna tekstil menggunakan metode elektrooksidasi sistem kontinyu adalah 0,5 LPM.

DAFTAR PUSTAKA

- Alizadeh, M., Ghahramani, E., Zarrabi, M., & Hashemi, S. (2015). Efficient Decolorization of Methylene Blue by Electro-coagulation Method: Comparison of Iron and Aluminum Electrode. *Iran. J. Chem. Chem. Eng.* Vol, 34(1).
- Aquino, J. M., Rocha-Filho, R. C., Bocchi, N., & Biaggio, S. R. (2010). Electrochemical degradation of the reactive red 141 dye on a β -PbO₂ anode assessed by the response surface methodology. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 21(2), 324-330.
- Azarian, G., Nematollahi, D., Rahmani, A. R., Godini, K., Bazdar, M., & Zolghadrnasab, H. (2014). Monopolar Electro-Coagulation Process for Azo Dye CI Acid Red 18 Removal from Aqueous Solutions. *Avicenna J Environ Health Eng.* 1(1):e354.
- Bansal, S., Kushwaha, J. P., & Sangal, V. K. (2013). Electrochemical treatment of reactive black 5 textile wastewater: optimization, kinetics, and disposal study. *Water Environment Research*, 85(12), 2294-2306.

- Bazrafshan, E., & Mahvi, A. H. (2014). Textile Wastewater Treatment by Electrocoagulation Process using Aluminum Electrodes. *Iranian journal of health sciences*, 2(1), 16-29.
- Bensalah, N., & Abdel-Wahab, A. (2010). Electrochemical Treatment of Synthetic and Actual Dyeing Wastewaters Using BDD Anodes. *Air, soil and water research*, 3, 45.
- Camcioglu, S., Canan Pekel, L., Polat, K., & Hapoglu, H. (2014). Experimental design of wastewater treatment with electro-coagulation. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 25(1), 86-95.
- Canan Pekel, L., Ertunc, S., Zeybek, Z., & Albaz, M. (2013). Optimization of electrochemical treatment of textile dye wastewater. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 24(4), 452-462.
- El-Sayed, G. O., Awad, M. S., & Ayad, Z. A. (2014). Electrochemical Decolorization of Maxilon Red GRL Textile Dye. *International Research Journal of Pure and Applied Chemistry*, 4(4), 402
- Fourcade, F., Delawarde, M., Guihard, L., Nicolas, S., & Amrane, A. (2013). Electrochemical reduction prior to electro-Fenton oxidation of azo dyes: impact of the pretreatment on biodegradability. *Water, Air, & Soil Pollution*, 224(1), 1-11.
- Jović, M., Stanković, D., Manojlović, D., Anđelković, I., Milić, A., Dojčinović, B., & Roglić, G. (2013). Study of the electrochemical oxidation of reactive textile dyes using platinum electrode. *Int. J. Electrochem. Sci*, 8, 168-183.
- Kariyajjanavar, P., Narayana, J., Nayaka, Y. A., & Umanaik, M. (2010). Electrochemical degradation and cyclic voltammetric studies of textile reactive azo dye cibacron navy WB. *Portugaliae Electrochimica Acta*, 28(4), 265-277.
- Kusmieriek, E., Chrzescijanska, E., Szadkowska-Nicze, M., & Kaluzna-Czaplinska, J. (2011). Electrochemical discolouration and degradation of reactive dichlorotriazine dyes: reaction pathways. *Journal of Applied Electrochemistry*, 41(1), 51-62
- Rajkumar, K., & Muthukumar, M. (2012). Optimization of electro-oxidation process for the treatment of Reactive Orange 107 using response surface methodology. *Environmental Science and Pollution Research*, 19(1), 148-160.
- Uliana, C. V., Garbellini, G. S., & Yamanaka, H. (2012). Electrochemical reduction of disperse orange 1 textile dye at a boron-doped diamond electrode. *Journal of Applied Electrochemistry*, 42(5), 297-304