

PENENTUAN WAKTU PROSES DAN TEGANGAN OPTIMUM DEGRADASI ZAT WARNA TEKSTIL MENGGUNAKAN METODE ELEKTROKIMIA MULTI ELEKTRODA DENGAN SISTEM KONTINYU

Suseno*, Ig. Yari Mukti Wibowo

Program Studi D3 Analis Kimia Fakultas Teknik Universitas Setia Budi Surakarta,

Jl. Let.Jen. Sutoyo, Surakarta, 57127.

E-mail: pakseno67@gmail.com

Abstrak

Telah dilakukan penelitian degradasi campuran zat warna tekstil menggunakan metode elektrokimia multi elektroda dengan sistem kontinyu. Metode ini merupakan kombinasi metode elektooksidasi menggunakan elektroda grafit dengan metode elektrokoagulasi menggunakan elektroda besi. Tujuan penelitian ini adalah menentukan kondisi optimum waktu proses dan tegangan ditinjau dari persentase penurunan absorbansi / intensitas warna air limbah. Percobaan yang telah dilakukan adalah melakukan proses elektooksidasi yang dilanjutkan proses elektrokoagulasi terhadap air limbah artificial dengan variasi waktu proses dan tegangan. Parameter kualitas air limbah yang telah dianalisis adalah absorbansi / intensitas warna air limbah sebelum dan sesudah pengolahan, kemudian dihitung persentase penurunan absorbansinya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum waktu proses dan tegangan pada degradasi zat warna tekstil menggunakan metode elektrokimia multi elektroda sistem kontinyu adalah 20 menit dan 12 volt.

Kata Kunci : Absorbansi, Air Limbah, Elektrokoagulasi, Elektooksidasi, Kontinyu

1. PENDAHULUAN

Keberadaan industri tekstil menimbulkan bahaya yang mengancam yaitu dihasilkannya air limbah jika tidak diolah dengan baik. Air limbah industri tekstil dapat diolah dengan berbagai macam metode, antara lain filtrasi, adsorpsi, koagulasi dan mikrobiologi. Metode filtrasi dan adsorpsi mempunyai kelemahan yaitu dibutuhkan biaya yang mahal, selain itu metode ini pada prinsipnya hanyalah melokalisir zat pencemar pada material filter dan adsorben yang memerlukan perlakuan lebih lanjut (Fourcade *et al.*, 2013). Metode koagulasi menggunakan bahan kimia menghasilkan lumpur yang memerlukan perlakuan lebih lanjut (Kariyajjanavar *et al.*, 2010). Metode mikrobiologi efisiensinya rendah dan memerlukan waktu yang lama (Aquino *et al.*, 2010), oleh sebab itu perlu dikembangkan metode baru yang murah, cepat dan ramah lingkungan yang sekaligus dapat menjawab kelemahan metode - metode tersebut di atas. Salah satu alternatif metode tersebut adalah metode elektrokimia.

Penelitian tentang metode elektrokimia yang berhubungan dengan pengolahan limbah terus dilakukan, misalnya yang telah dilaporkan oleh Bensalah and Abdel-Wahab, (2010), Jović *et al.*, (2013), Kariyajjanavar *et al.*, (2011), Kusmierek *et al.*, (2011), Méndez-Martínez *et al.*, (2012), Uliana *et al.*, (2012), Canan *et al.*, (2013), Khandegar and Saroha, (2013), Azarian *et al.*, (2014), Bazrafshan and Mahvi, (2014), El-Sayed *et al.*, (2014), dan Alizadeh *et al.*, (2015). Penelitian tersebut menunjukkan bahwa kinerja metode elektrokimia dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain tegangan, waktu kontak, jenis elektroda, jumlah elektroda dan jarak antar elektroda, disamping itu metode elektrokimia dapat digunakan untuk menghilangkan warna, logam berat serta pencemar yang lain, namun demikian penelitian-penelitian tersebut masih melibatkan air limbah buatan dengan sistem *batch*.

Pengolahan air limbah dengan sisten *batch* akan tidak efisien jika diterapkan untuk mengolah air limbah industri tekstil, karena air limbah industri tekstil biasanya dihasilkan dalam jumlah besar. Untuk menghasilkan 1 kg produk dibutuhkan air sebanyak 125 - 150 liter (Bansal *et al.*, 2013). Berdasarkan hal tersebut maka penulis berinisiatif melakukan penelitian untuk mengetahui lebih dalam potensi proses elektrokimia untuk pengolahan air limbah industri tekstil. Proses pengolahan dengan metode elektrokimia dalam penelitian ini dilakukan dengan sistem kontinyu dan menggunakan 2 macam elektroda (multi elektroda).

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari dua reaktor elektrokimia yaitu reaktor dengan elektroda grafit dan reaktor dengan elektroda besi. Elektroda grafit yang digunakan

adalah grafit dari baterai bekas sedangkan elektroda besi terbuat dari besi beton standar SNI yang biasa digunakan untuk konstruksi bangunan. Hal tersebut dilakukan dengan tujuan jika diaplikasikan pada industri tidak diperlukan biaya yang tinggi.

2. METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen laboratorium.

2.1 Alat Penelitian

Alat penelitian yang digunakan terdiri dari reaktor proses elektrooksidasi, reaktor proses elektrokoagulasi, neraca analitik dan spektrofotometer UV-Vis. Susunan alat percobaan ditunjukkan pada gambar 1 sebagai berikut :



Gambar 1. Susunan alat percobaan

2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Air limbah industri tekstil artificial yang merupakan larutan campuran 5 macam zat warna sintesis yaitu Remazol Yellow FG, Remazol Orange 3R, Remazol Red RB, Remazol blue RSP, Remazol violet dan NaCl sebagai elektrolit.

2.3 Pelaksanaan Penelitian

2.3.1. Penentuan waktu proses optimum degradasi zat warna tekstil menggunakan metode elektrokimia multi elektroda sistem kontinyu

Disiapkan bejana dengan volume 250 liter dilengkapi kran *outlet* dengan *flow meter* yang dipasang pada jarak 5 cm dari dasar bejana. Disiapkan 2 bejana elektrokimia ukuran (30 x 50 x 25) cm. Air limbah dimasukkan ke dalam ketiga bejana tersebut sampai tanda batas (10 cm) dari permukaan bejana, setelah itu ke dalam bejana elektrokimia yang pertama dimasukan 10 pasang elektroda grafit, sedangkan yang kedua dimasukan 3 pasang elektroda besi. Elektroda dihubungkan dengan DC *power supply* dan tegangan diatur pada 12 volt. Setelah itu air limbah dalam bejana penampung limbah dialirkan ke bejana elektrokimia yang berisi elektroda grafit kemudian dilanjutkan yang berisi elektroda besi dengan kecepatan alir 0,5 liter per menit dan proses elektrokimia dimulai dengan menghidupkan DC *power supply*. Pengambilan hasil pengolahan dilakukan setelah proses elektrokimia berlangsung selama 5 menit dihitung dari saat *power supply* dihidupkan. Percobaan tersebut diulangi dengan melakukan variasi waktu proses (10, 15, 20 dan 25) menit terhitung dari saat DC *power* dihidupkan. Air limbah hasil percobaan ini dianalisis absorbansinya menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis.

2.3.2. Penentuan tegangan listrik optimum degradasi zat warna tekstil menggunakan metode elektrokimia multi elektroda sistem kontinyu.

Disiapkan bejana dengan volume 250 liter dilengkapi kran *outlet* dengan *flow meter* yang dipasang pada jarak 5 cm dari dasar bejana. Disiapkan 2 bejana elektrokimia yang berupa bejana kaca ukuran (30 x 50 x 25) cm, dilengkapi kran *outlet* yang dipasang pada jarak 10 cm dari permukaan bejana. Air limbah dimasukkan ke dalam ketiga bejana tersebut sampai anda batas (10 cm) dari permukaan bejana, setelah itu ke dalam bejana elektrokimia yang pertama dimasukan 10 pasang elektroda grafit, sedangkan yang kedua dimasukan 3 pasang elektroda besi. Elektroda dihubungkan dengan DC *power supply* dan tegangan diatur pada 3 volt. Setelah itu air limbah dalam bejana penampung limbah dialirkan ke bejana elektrokimia yang berisi elektroda grafit kemudian dilanjutkan yang berisi elektroda besi dengan kecepatan alir 0,5 liter per menit dan proses elektrokimia dimulai dengan menghidupkan DC *power supply*. Pengambilan air limbah hasil pengolahan dilakukan setelah proses elektrokimia berlangsung selama waktu proses optimum hasil percobaan 3.3.1. yaitu 20 menit dihitung dari saat *power supply* dihidupkan. Percobaan tersebut diulangi dengan melakukan variasi tegangan listrik yaitu (6, 9, 12 dan 15) volt. Air limbah hasil percobaan ini dianalisis absorbansinya menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penentuan waktu proses optimum degradasi zat warna tekstil menggunakan metode elektrokimia multi elektroda sistem kontinyu

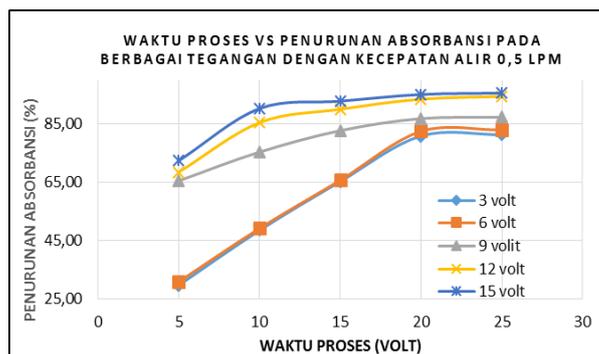
Penentuan waktu proses optimum pada proses elektrokimia multi elektroda sistem kontinyu terhadap kualitas air limbah dilakukan dengan cara melakukan proses elektrokimia air limbah industri tekstil artificial dengan sistem kontinyu. Proses elektrokimia ini merupakan kombinasi elektrooksidasi menggunakan elektroda grafit dengan elektrokoagulasi menggunakan elektroda besi. Proses elektrokimia ini dilakukan dengan variasi waktu proses yaitu 5, 10, 15 20 dan 25 menit terhitung dari saat DC power dihidupkan. Proses elektrokimia ini dilakukan pada tegangan listrik (3, 6, 9, 12 dan 15) volt dan kecepatan alir air limbah 0,5 liter per menit (LPM). Hasil percobaan disajikan pada tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1. persentase penurunan absorbansi pada variasi waktu proses

proses (menit)	penurunan absorbansi pada berbagai tegangan (%)				
	3 volt	6 volt	9 volt	12 volt	15 volt
5	29,82	30,96	65,60	68,58	72,48
10	48,62	49,31	75,46	85,55	90,37
15	65,37	65,83	82,80	90,14	92,89
20	80,96	82,57	86,93	93,58	95,18
25	81,42	83,03	87,39	94,50	95,64

Ket. kecepatan alir air limbah : 0,5 LPM

Dari data tersebut kemudian dibuat kurva hubungan antara waktu proses versus persentase penurunan absorbansi zat warna yang disajikan pada gambar 2.



Gambar 2. Kurva hubungan waktu proses vs penurunan absorbansi Pada berbagai tegangan dengan kecepatan alir 0,5 LPM

Dengan memperhatikan gambar 2 dapat diketahui bahwa persentase zat warna yang terdegradasi semakin meningkat dengan semakin bertambahnya waktu proses, hal itu ditunjukkan oleh semakin meningkatnya persentase penurunan absorbansi. Peningkatan persentase zat warna yang terdegradasi oleh karena bertambahnya waktu disebabkan oleh karena dengan bertambahnya waktu proses maka semakin bertambah pula waktu kontak antara zat warna dengan elektroda sehingga semakin banyak yang terdegradasi. Kurva pada gambar 1 menunjukkan bahwa dimulai pada waktu proses 20 menit kurva terlihat cenderung mendatar, hal itu menunjukkan bahwa sudah tidak ada lagi peningkatan yang berarti pada persentase zat warna terdegradasi, hal itu disebabkan karena sistem berjalan kontinyu sehingga zat warna mempunyai waktu maksimal untuk kontak dengan elektroda. Dengan memperhatikan hal tersebut dapat dikatakan bahwa waktu proses optimum adalah 20 menit.

3.2 Penentuan tegangan listrik optimum degradasi zat warna tekstil menggunakan metode elektrokimia multi elektroda sistem kontinyu.

Penentuan tegangan optimum pada proses elektrokimia multi elektroda sistem kontinyu terhadap kualitas air limbah dilakukan dengan cara melakukan proses elektrokimia air limbah industri tekstil artificial dengan sistem kontinyu. Proses elektrokimia ini merupakan kombinasi elektrooksidasi menggunakan elektroda grafit dengan elektrokoagulasi menggunakan elektroda besi. Proses elektrokimia ini dilakukan dengan variasi tegangan yaitu (3, 6, 9, 12 dan 15) volt, waktu proses (5, 10, 15, 20 dan 25) menit serta kecepatan alir air limbah 0,5 liter per menit (LPM).

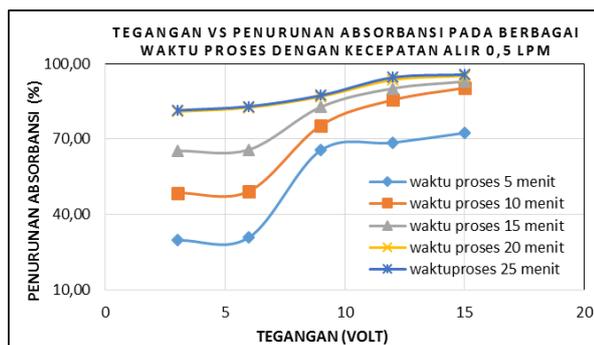
Hasil percobaan disajikan pada tabel 2 sebagai berikut :

Tabel 2. persentase penurunan absorbansi pada variasi tegangan listrik

tegangan (volt)	penurunan absorbansi pada berbagai waktu proses (%)				
	5 menit	10 menit	15 menit	20 menit	25 menit
3	29,82	48,62	65,37	80,96	81,42
6	30,96	49,31	65,83	82,57	83,03
9	65,60	75,46	82,80	86,93	87,39
12	68,58	85,55	90,14	93,58	94,50
15	72,48	90,37	92,89	95,18	95,64

Ket. kecepatan alir air limbah : 0,5 LPM

Dari data tersebut kemudian dibuat kurva hubungan antara tegangan versus persentase penurunan absorbansi zat warna, yang disajikan pada gambar 3 sebagai berikut :



Gambar 3. Kurva hubungan tegangan vs penurunan absorbansi pada berbagai waktu proses dengan kecepatan alir 0,5 LPM

Dengan memperhatikan gambar 3 dapat diketahui bahwa persentase zat warna yang terdegradasi semakin meningkat dengan semakin bertambahnya tegangan listrik, hal itu ditunjukkan oleh semakin meningkatnya persentase penurunan absorbansi. Peningkatan persentase zat warna yang terdegradasi oleh karena bertambahnya tegangan disebabkan oleh karena dengan bertambahnya tegangan maka proses reaksi oksidasi reduksi pada elektroda berjalan lebih cepat, sehingga lebih cepat pula mendegradasi zat warna. Kurva pada gambar 2 menunjukkan bahwa dimulai pada tegangan 12 volt kurva terlihat cenderung mendatar, hal itu menunjukkan bahwa sudah tidak ada lagi peningkatan yang berarti pada persentase zat warna terdegradasi, hal itu disebabkan karena sistem berjalan kontinyu sehingga zat warna mempunyai waktu maksimal untuk kontak dengan elektroda. Dengan memperhatikan hal tersebut dapat dikatakan bahwa tegangan listrik optimum adalah 12 volt.

4. KESIMPULAN

1. Waktu proses optimum degradasi zat warna tekstil menggunakan metode elektrokimia multi elektroda sistem kontinyu adalah 20 menit.
2. Tegangan optimum degradasi zat warna tekstil menggunakan metode elektrokimia multi elektroda sistem kontinyu adalah 12 volt.

DAFTAR PUSTAKA

- Alizadeh, M., Ghahramani, E., Zarrabi, M., & Hashemi, S. (2015). Efficient De-colorization 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.
- 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.
- 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., Jogttappa, N., & Nayaka, Y. A. (2011). Studies on degradation of reactive textile dyes solution by electrochemical method. *Journal of hazardous materials*, 190(1), 952-961.
- 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.
- Khandegar, V., & Saroha, A. K. (2013). Electrochemical treatment of textile effluent containing Acid Red 131 dye. *Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste*, 18(1), 38-44.
- Kusmierek, 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
- Méndez-Martínez, A. J., Dávila-Jiménez, M. M., Ornelas-Dávila, O., Elizalde-González, M. P., Arroyo-Abad, U., Sirés, I., & Brillas, E. (2012). Electrochemical reduction and oxidation pathways for Reactive Black 5 dye using nickel electrodes in divided and undivided cells. *Electrochimica Acta*, 59, 140-149.
- 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.