



Dampak Rangkaian Sel Elektroda Al-C dalam Elektrokimia untuk Mendegradasi Limbah Tekstil

Ni Made Wiratini^{*)} dan Ngadiran Kartowasono

Jurusan Pendidikan Kimia, FMIPA, Universitas Pendidikan Ganesha
Jln. Udayana, Singaraja Bali; Telp. (0362)25072

^{*)}Penulis korespondensi: wiratininimade@gmail.com

Abstract

IMPACT OF AL-C ELECTRODE CELL CIRCUIT IN ELECTROCHEMISTRY FOR TEXTILES WASTE DEGRADATION. *The purpose of this study was to determine the impact circuit of Al-C electrode cell in electrochemical to degrade textile waste. To achieve these goals, 1) cells that were developed using 3 electrode by varying the electrochemical cell circuit such as: cell circuit 1 (anode: Al-C series, cathode C), cell circuit 2 (anode: Al-C parallel, cathode C), cell circuit 3 (anode: Al-C series, cathode: Al), and cell circuit 4 (anode: Al-C parallel, cathode: Al); 2) varying the electrode spacing, ie: 3, 6, 9 and 12 cm; and 3) varying the voltage, which is 3, 6, 9, and 13, 5 V. BOD, DO, COD, pH, and absorbance were measured before and after degradation in every varying cell circuit, electrode spacing, and voltage. The results showed black textile waste, odor, COD 2540 mg/L, DO 0 mg/L, BOD 0 mg/L, pH 11, and the absorbance was 0.92. While best cells circuit is cell circuit 2 (anode: Al-C parallel and c in cathodes), best electrode spacing for processing textile waste is 3 cm, and the best voltage to degrade textile waste is 13.5 V.*

Keywords: *degradation; electrochemical; set of cells; textile waste*

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui dampak rangkaian sel elektroda Al-C dalam elektrokimia untuk mendegradasi limbah tekstil. Untuk mencapai tujuan tersebut, 1) sel yang dikembangkan menggunakan 3 elektroda dengan memvariasikan rangkaian sel elektrokimia yaitu: rangkaian 1 (anoda: Al-C seri, katoda C), rangkaian 2 (anoda: Al-C paralel, katoda C), rangkaian 3 (anoda: Al-C seri, katoda: Al), dan rangkaian 4 (anoda: Al-C paralel, katoda: Al); 2) memvariasikan jarak elektroda, yaitu: 3,6, 9, dan 12 cm; dan 3) memvariasikan voltase, yaitu 3, 6, 9, dan 13, 5 V. BOD, DO, COD, pH dan absorbansi diukur sebelum dan sesudah degradasi pada setiap variasi rangkaian sel, jarak, dan voltase. Hasil penelitian menunjukkan limbah tekstil berwarna hitam, berbau, COD 2540 mg/L, DO 0 mg/L, BOD 0 mg/L, pH 11, dan absorbansi 0,92. Sedangkan rangkaian sel yang paling baik adalah rangkaian sell 2 (anoda: Al-C paralel dan katoda: C), jarak elektroda terbaik untuk pengolahan limbah tekstil adalah 3 cm, dan voltase yang terbaik untuk mendegradasi limbah tekstil 13,5 V.

Kata kunci: *degradasi; elektrokimia; rangkaian sel; limbah tekstil*

How to Cite This Article: Wiratini, N.M. dan Kartowasono, N., (2016), Dampak Rangkaian Sel Elektroda Al-C dalam Elektrokimia untuk Mendegradasi Limbah Tekstil, Reaktor, 16(2), 65-71, <http://dx.doi.org/10.14710/reaktor.16.2.65-71>

PENDAHULUAN

Pencemaran air oleh limbah pencelupan industri tekstil di Bali sudah mengkhawatirkan. Pencemaran tersebut disebabkan oleh zat warna tekstil sintetik. Zat warna tersebut tidak seluruhnya terserap ke dalam bahan tekstil pada proses pencelupan, sehingga residunya masih mengandung zat warna sekitar 20-50% dari zat warna yang digunakan. Kadar zat warna dalam limbah pencelupan dengan sistem perendaman dapat mencapai 60-70 mg/L (Wiratini dkk., 2011). Nilai parameter BOD dan COD limbah tekstil berturut-turut 80-6.000 mg/L dan 150-12.000 mg/L (Pandey dkk., 2007). Nilai tersebut berada jauh di atas nilai ambang baku mutu limbah cair industri tekstil yang dipersyaratkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI no. 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah bagi usaha kegiatan industri tekstil masing-masing sebesar 150 mg/L dan 60 mg/L.

Penurunan kadar pencemar oleh limbah zat warna industri tekstil sangat sulit dilakukan karena sukar didegradasi secara biologis dan kimiawi. Akibatnya, akan terjadi akumulasi zat warna tekstil sintetik dalam air yang dapat mengganggu kehidupan biota sungai, seperti gangguan fotosintesis pada lumut dan alga. Dampak lain gangguan kehidupan biota sungai adalah rantai makanan dalam sungai juga akan terganggu dan menyebabkan kemusnahan biota sungai (Shofian, 2005), karena zat warna tekstil juga bersifat toksik, karsinogenik, dan mutagenik (Mathur, 2005; Daneshvar dkk., 2007). Efek tersebut sangat berbahaya bagi kelangsungan hidup manusia.

Berbagai upaya telah dilakukan untuk menurunkan pencemaran limbah tekstil, seperti: adsorpsi teraktivasi (Copa and Meidl., 1986), flokulation/pengendapan (Tatsi dkk., 2003), biodegradasi (Wiszniewski dkk., 2006), oksidasi fenton (Zazo dkk., 2005), degradasi secara fotokimia (Cerqueira dkk., 2009), dan oksidasi lanjut (Wiratini dkk., 2012). Upaya-upaya tersebut belum efektif dan efisien, karena sangat banyak komposisi variabel limbah tekstil yang tidak dapat diatasi, sehingga biaya pengolahan limbah tekstil menjadi meningkat. Sebuah langkah sederhana dan efisien sangat diperlukan untuk menangani limbah tekstil. Langkah-langkah tersebut harus menggunakan bahan kimia dan ruang sekecil mungkin (Koby dkk., 2003).

Teknik pengolahan limbah pencemar air yang berkembang saat ini adalah melalui proses elektrokimia. Teknik tersebut telah berhasil mengurangi limbah organik beracun di air (Cerqueira dkk., 2009). Teknik elektrokimia dapat mengolah jenis limbah cair yang berbeda dengan memvariasikan jenis elektroda di anoda dan di katoda. Jenis elektroda yang telah digunakan dalam elektrokimia adalah Pt (Costa dkk., 2010), elektroda PbO_2/Ti , SnO_2/Ti , $Sn-Pd-Ru$ dilapisi titanium (SPR), $Ru-Ti$, $Al-C$ (Deng and Englehardt, 2007), $Fe-Fe$, $Fe-C$, $Al-Al$ (Sringransan dkk., 2009), dan elektroda karbon (Wiratini dkk., 2011).

Teknik elektrokimia yang berkembang saat ini adalah elektrooksidasi (Costa dkk., 2010) dan elektrokoagulasi (Sprykina, 2012). Jenis elektroda yang digunakan dalam elektrooksidasi adalah elektroda inert, seperti Pt dan karbon. Di dalam elektrooksidasi terjadi proses oksidasi secara tidak langsung dan oksidasi anoda secara langsung (Deng and Englehardt, 2007). Kelemahan proses ini adalah hasil perombakan limbah dapat menghasilkan senyawa yang masih berbahaya bagi kesehatan manusia (Wiratini dkk., 2011). Sedangkan jenis elektroda yang digunakan dalam elektrokoagulasi adalah Fe dan Al (Vapsalainen, 2012). Di dalam proses elektrokoagulasi terjadi proses koagulasi, adsorpsi, pengendapan, dan flotasi (Siringi dkk., 2012). Proses elektrokoagulasi sangat efisien digunakan dalam pengolahan limbah di air (Chaturvedi, 2013). Proses ini memiliki kelemahan, yaitu hanya mampu mengolah limbah secara fisik, akan tetapi belum mampu mengolah limbah secara kimia, seperti belum mampu merombak atau mendegradasi senyawa organik (Wiratini dkk., 2011).

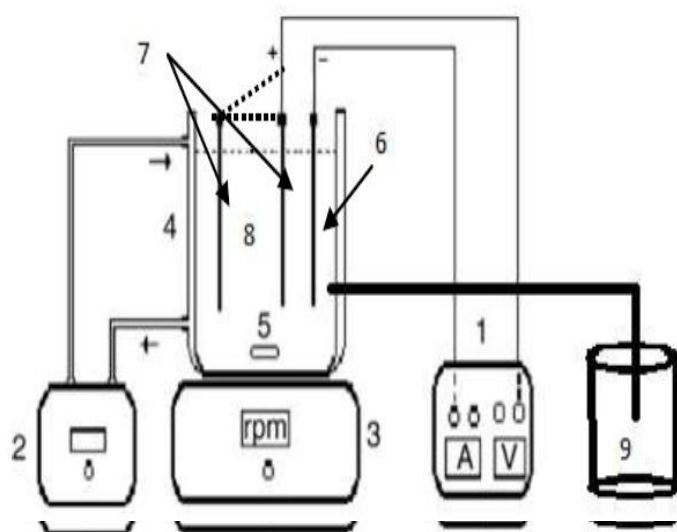
Untuk mengantisipasi kelemahan teknik elektrooksidasi dan elektrokoagulasi, maka dilakukan penelitian pengembangan sel elektrokimia sehingga dapat mengolah limbah secara komprehensif (fisika dan kimia). Kombinasi teknik elektrooksidasi dan elektrokoagulasi dalam sel elektrokimia merupakan jawaban dan sangat dibutuhkan dalam pengolahan limbah. Kombinasi kedua teknik tersebut dapat dilakukan melalui rangkaian elektroda pada sel elektrokimia. Karena pentingnya kombinasi tersebut, maka dilakukan penelitian untuk mengkaji efek rangkaian elektroda Al-C, jarak elektroda, dan voltase pada sel elektrokimia untuk mendegradasi limbah tekstil ditinjau dari kadar COD, DO, BOD, pH, dan absorbansi limbah tekstil.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Limbah tekstil diambil dari tempat pembuangan limbah industri rumah tangga tekstil dan menengah di Kabupaten Gianyar. Sedangkan air laut diambil dari air laut Kabupaten Buleleng. Limbah tekstil dan air laut difiltrasi dengan kertas saring *ashless grade* no. 388 untuk mengurangi jumlah padatan total. Elektroda karbon dibuat dari karbon lokal Kabupaten Buleleng, sedangkan elektroda aluminium dari limbah kerajinan aluminium di Kabupaten Buleleng.

Penelitian ini menggunakan alat elektrokimia seperti Gambar 1. Bak reaktor memiliki dimensi 20x20x10 cm. Di dalam bak reaktor dipasang 3 elektroda, yaitu 2 di anoda dan 1 di katoda. Alat elektrokimia dilengkapi dengan adaptor yang dapat diatur voltasenya 3-12,5 V. Pengadukan limbah tekstil agar tetap homogen, bak reaktor dilengkapi dengan bak sirkulator berdimensi 20 15x10 cm dan *magnetic stirrer*.



- Keterangan:
- 10. Sumber arus
 - 11. Sirkulator air limbah
 - 12. *Magnetic stirrer*
 - 13. Bak
 - 14. Magnet
 - 15. Kanoda
 - 16. Anoda
 - 17. Air laut + limbah tekstil
 - 18. Air hasil treatment
 - rangkaian (seri/parallel)

Gambar 1. Rangkaian peralatan elektrokimia untuk pengolahan limbah tekstil

Rangkaian sel elektroda Al-C, variasi jarak, dan variasi voltase dijadikan variabel bebas dalam penelitian ini. Rangkaian sel dibuat bervariasi seperti Tabel 1.

Variasi jarak elektroda dibuat 3, 6, 9, dan 12 cm, sedangkan variasi voltase dibuat 3, 6, 9, dan 13,5 V. Volume air laut dan limbah tekstil dibuat tetap yaitu 450 dan 50 mL. Kadar klor air laut Buleleng 16,862 g/L.

Tabel 1. Variasi rangkaian sel elektroda

Rangkaian sel	Katoda*	Anoda*
1	C	Al-C seri
2	C	Al-C paralel
3	Al	Al-C seri
4	Al	Al-C paralel

*Keterangan: C= karbon, Al=aluminium

Prosedur Penelitian

Limbah tekstil diambil dari limbah tekstil industri rumah tangga dan menengah di Kabupaten Gianyar dan air laut Buleleng yang telah disaring dicampur dengan komposisi 450 mL air laut dan 50 mL limbah tekstil. Campuran tersebut dimasukkan ke bak reaktor elektrokimia sesuai dengan variabel bebas (rangkain sel, variasi jarak, dan voltase). Proses pengolahan limbah setiap variabel bebas adalah 1,5 jam dengan luas permukaan elektroda kontak dengan limbah tekstil masing-masing 10,8 cm² untuk karbon (C) dan 10,8 cm² untuk aluminium (Al). Limbah diaduk didalam *stirrer* dengan kecepatan 12 rpm dan disirkulasi melalui sirkulator setiap 15 menit. Hasil pengolahan limbah tekstil kemudian disaring dan dianalisis kadar DO, BOD, COD, pH, dan absorbansinya.

Analisis Hasil

Analisa hasil yang dilakukan dalam penelitian ini adalah DO, BOD, COD, pH, dan absorbansi. DO diukur dengan alat DO meter merek Hanna yang telah terkalibrasi. BOD₅ diukur dari selisih setelah DO 5 hari yang disimpan dalam botol winkler dengan DO 0 hari pada suhu 20°C. Sedangkan COD diukur dengan menggunakan metode spektroskopi (refluk tertutup) pada panjang gelombang 600 nm (Depkes RI, 1993) dan absorbansi diukur dengan *UV vis double beam 1700 shimadzu* pada panjang gelombang 511 nm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Limbah Tekstil Sebelum Diberi Perlakuan Berdasarkan Kadar DO, BOD, COD, pH, dan Absorbansi

Tabel 2 menunjukkan bahwa karakteristik limbah tekstil yang diambil dari industri tekstil skala rumah tangga dan menengah di Kabupaten Gianyar melampaui kadar limbah yang dipersyaratkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan hidup RI no 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah bagi usaha kegiatan industri tekstil.

Tabel 2. Hasil uji limbah tekstil

Parameter	Hasil penelitian	Peraturan Menteri Lingkungan hidup RI no 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah bagi usaha kegiatan industri tekstil
COD (mgO ₂ /L)	2540	Maksimum 150
DO (mg/L)*	0	-
BOD (mg/L)	0	Maksimum 60
pH	11	6,0-9,0
Warna (Abs)*	0,92	-

*Tidak diatur

Limbah tekstil berwarna hitam dan berbau. Tabel 2 menunjukkan bahwa oksigen yang terlarut 0 mg/L, artinya tidak ada oksigen yang terlarut dalam limbah tersebut, karena jumlah limbah tekstil yang terlarut dalam air sangat tinggi dan hal ini ditunjukkan dari absorbansi limbah tekstil yang mencapai 0,92 dan tingkat kebasahan limbah 11. Dengan demikian, makhluk hidup yang memerlukan oksigen, tidak dapat hidup di limbah tekstil. Hal ini dibuktikan dengan kadar BOD 0 mg/L.

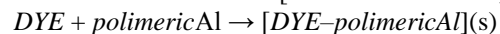
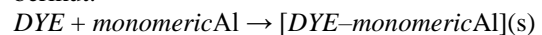
Efek Rangkaian Sel Al-C terhadap Kadar DO, BOD, COD, pH, dan Absorbansi

Sel elektrokimia terdiri dari katoda dan anoda. Di katoda terjadi reaksi reduksi dan di anoda terjadi reaksi oksidasi. Sistem sel elektrokimia tersebut dikembangkan berdasarkan tujuan dengan mengganti elektroda yang digunakan baik di katoda maupun di anoda dan memvariasikan rangkaian sel elektroda. Gambar 2 menunjukkan bahwa rangkaian 2 (anoda: Al-C paralel, katoda: C) dan rangkaian 4 (anoda: Al-C paralel, katoda: Al) menunjukkan kadar DO, BOD, COD, pH, dan absorbansi lebih baik dibandingkan rangkaian 1 (anoda: Al-C seri, katoda: C) dan rangkaian 3 (Anoda: Al-C seri, katoda: Al). Rangkaian sel anoda Al-C secara paralel, hambatan sel lebih kecil pada setiap elektroda dibandingkan dengan dirangkai secara seri. Dampaknya jumlah arus yang mengalir di anoda yang dirangkai secara paralel menjadi lebih besar dibandingkan dirangkai secara seri. Hal ini dijelaskan berdasarkan Hukum Ohm, besar arus listrik yang mengalir melalui sebuah penghantar selalu berbanding lurus dengan beda potensial yang diberikan kepada penghantar tersebut. Jika Hukum Ohm dikaitkan Hukum Faraday I "*Massa zat yang terbentuk pada masing-masing elektroda sebanding dengan kuat arus listrik yang mengalir pada elektrolisis tersebut*", menunjukkan bahwa semakin banyak kuat arus yang dialirkan maka semakin banyak proses oksidasi yang terjadi di anoda. Dengan demikian, elektroda Al di anoda mengalami oksidasi menjadi Al^{+3} dan elektroda C di anoda terjadi reaksi oksidasi Cl^- menjadi Cl_2 juga semakin banyak. Sedangkan, di katoda jumlah air yang tereduksi menjadi OH^- juga semakin banyak. Jumlah ion Al^{+3} , OH^- dan Cl_2 pada proses tersebut mempengaruhi proses degradasi dan koagulasi limbah tekstil. Dampak tersebut secara jelas dapat dilihat dari fluktuasi pH dan absorbansi. Absorbansi pada rangkaian seri lebih besar dibandingkan rangkaian paralel, karena $Al(OH)_3$ dan Cl_2 yang terbentuk lebih sedikit untuk mengkoagulasi dan mendegradasi limbah tekstil. Dampak terbentuk $Al(OH)_3$ mempengaruhi pH pada sistem pendegradasian dan pengkoagulasian limbah tekstil. Semakin banyak $Al(OH)_3$ terbentuk, maka pH semakin besar. Peristiwa tersebut digambarkan seperti Gambar 3.

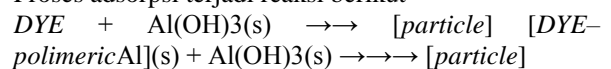
Gambar 2 juga menunjukkan rangkaian 2 lebih baik dari rangkaian 4 ditinjau dari kadar BOD, DO, COD, pH, dan absorbansi. Fenomena ini dapat

dijelaskan dari aturan umum elektrolisis, yaitu jika katoda terbuat dari logam selain alkali dan alkali tanah, maka ion logam hasil oksidasi elektroda di anoda yang terdapat di larutan akan diendapkan di katoda. Proses pada rangkaian 4 dapat dituliskan sebagai berikut: anoda: $Al(s) \rightarrow Al^{3+} + 3e$, katoda: $Al^{3+} + 3e \rightarrow Al(s)$, sehingga ion Al^{3+} yang terbentuk di anoda diendapkan di katoda dan ion Al^{3+} tidak bereaksi dengan OH^- untuk membentuk koagulan. Dampak peristiwa tersebut, limbah tekstil yang terkoagulasi menjadi sedikit.

Proses yang terjadi pada rangkaian 2 adalah proses elektrokoagulasi limbah tekstil. Dalam proses tersebut, di anoda: $Al(s) \rightarrow Al^{3+} + 3e$, katode: $3H_2O + 3e \rightarrow 3/2 H_2(g) + 3OH^-$. Ion Al^{3+} dan OH^- bereaksi membentuk koagulan $Al(OH)_3$, dengan reaksi: $Al^{3+} + 3H_2O \rightarrow Al(OH)_3 + 3H^+$ (Cerqueira dkk., 2009). Apabila dikatoda dihasilkan ion OH^- berlebih maka akan terjadi reaksi: $2Al + 6H_2O + 2OH^- \rightarrow 2Al(OH)_4^- + 3H_2$. Jumlah $Al^{3+}(aq)$ dan OH^- di elektroda dapat membentuk berbagai spesi seperti $Al(OH)^{2+}$, $Al(OH)_2^+$, $Al_2(OH)_2^{4+}$, dan $Al(OH)^{4-}$. Spesi polimer yang terbentuk seperti: $Al_6(OH)_{15}^{3+}$, $Al_7(OH)_{17}^{4+}$, $Al_8(OH)_{20}^{4+}$, $Al_{13}O_4(OH)_{24}^{7+}$, $Al_{13}(OH)_{34}^{5+}$. Pembentukan terakhir adalah $Al(OH)_3$ (Kobyta dkk., 2003). Proses yang terjadi pada teknik elektrokoagulasi terhadap limbah tekstil (DYE) terjadi dua tahap, yaitu pengendapan dan adsorpsi (Kobyta dkk., 2003). Proses pengendapan terjadi seperti reaksi berikut:



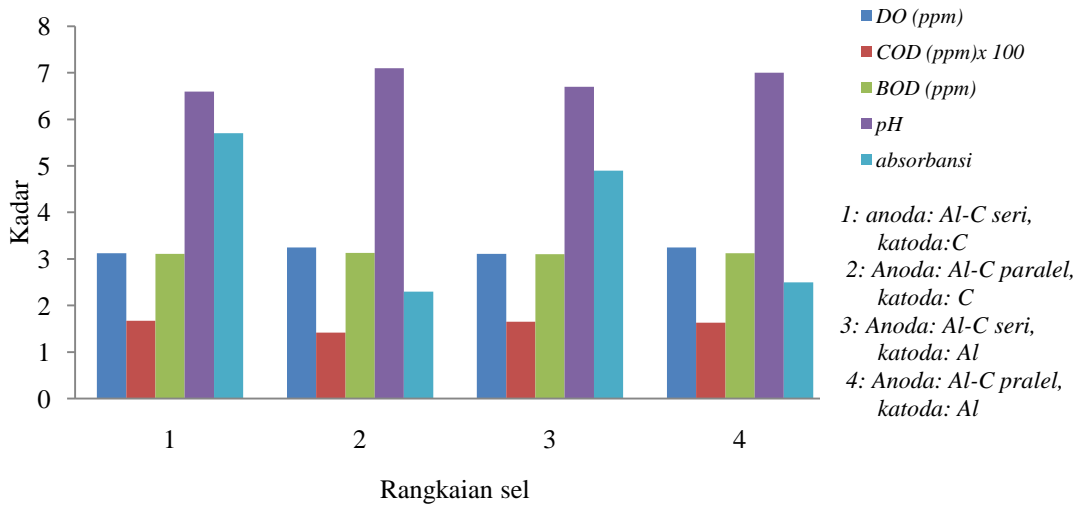
Proses adsorpsi terjadi reaksi berikut



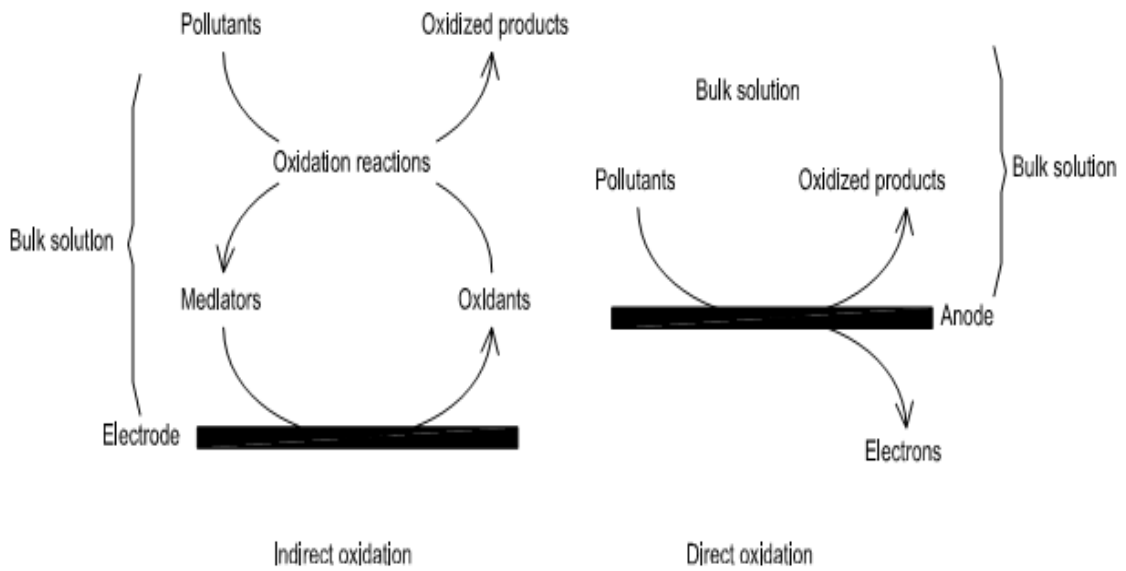
Proses yang terjadi di rangkaian 2 pada elektroda C di anoda dan katoda adalah proses elektrooksidasi. Di dalam elektrooksidasi, di anoda: $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e$ yang bersumber dari air laut dan di katoda terjadi $6H_2O + 6e \rightarrow 3H_2(g) + 6OH^-$. Klor (Cl_2) di dalam air dapat membentuk hipoklorit (OCl^-). Hipoklorit (OCl^-) adalah oksidator kuat yang mengoksidasi limbah tekstil (Deng dan Englehardt, 2007). Chiang dkk. (1995) melaporkan bahwa kepekatan klor sangat efektif dalam elektrooksidasi limbah tekstil dan menurunkan COD.

Efek Jarak Elektroda

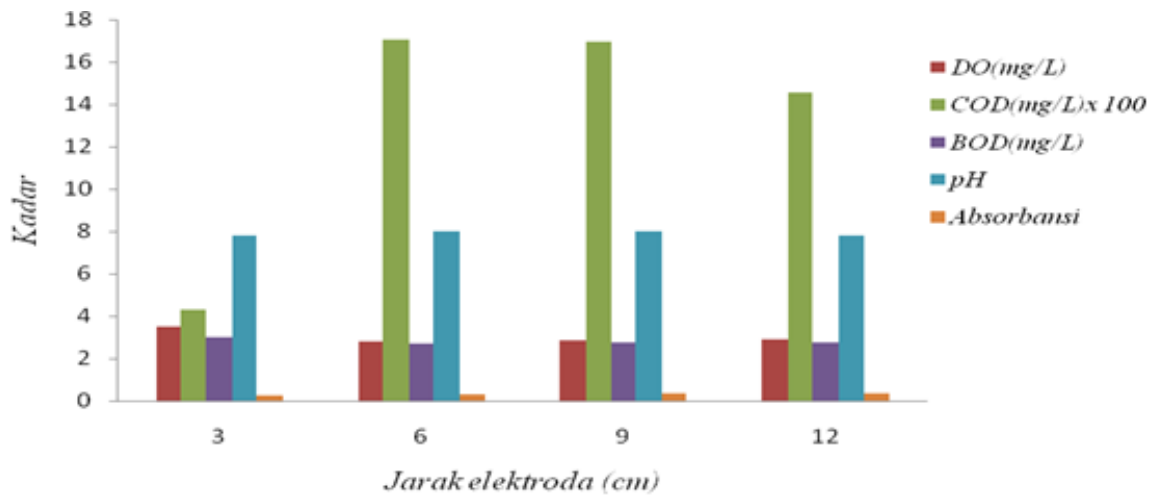
Efek jarak elektroda dalam mendegradasi limbah tekstil pada Gambar 4 menunjukkan bahwa terdapat kecenderungan semakin pendek jarak antar elektroda, kadar DO, BOD, pH, dan absorbansi semakin baik. Secara umum jarak elektroda 3 cm yang paling efektif. Hal ini menunjukkan mobilitas ion Al^{3+} dan Cl^- pada jarak elektroda 3 cm paling optimum, sehingga kecepatan reaksi pada Al^{+3} di anoda dengan OH^- di katoda membentuk koagulan $Al(OH)_3$ dan Cl^- menjadi Cl_2 dan OCl^- sangat baik.



Gambar 2. Hubungan antara kadar BOD, DO, COD, pH, dan absorbansi limbah tekstil terhadap rangkaian sel elektroda



Gambar 3. Proses penguraian limbah dalam reaktor (Li dkk., 2010)



Gambar 4. Hubungan antara kadar DO, BOD, COD, pH, dan absorbansi limbah tekstil terhadap jarak elektroda

Peristiwa ini dapat dijelaskan dari hukum ohm, yaitu hantaran suatu sel elektrokimia dipengaruhi oleh jarak antar kedua elektroda dan dirumuskan $C=KA/l$, dalam hal ini C: hantaran (*siemen*), K: hantaran jenis ($\text{ohm}^{-1}\text{cm}^{-1}$), A = luas elektroda (m^2), dan l=jarak antar elektroda (m). Berdasarkan rumus tersebut, semakin dekat jarak antar elektroda, maka hantaran semakin besar. Hantaran semakin besar menyebabkan perombakan limbah tekstil semakin efektif, seperti digambarkan pada Gambar 3. Kecepatan pembentukan koagulan $\text{Al}(\text{OH})_3$ dan OCI^- tersebut mempercepat dan memperbanyak jumlah limbah tekstil yang terdegradasi dan terkoagulasi. Dengan demikian mempengaruhi kadar DO, BOD, COD, pH, dan absorbansi.

Efek Voltase

Gambar 5 menunjukkan bahwa variasi voltase akan memberikan pengaruh yang berbeda pada nilai DO, BOD, COD, pH, dan absorbansi. Voltase 13,5 V menunjukkan kadar DO, BOD, COD, pH, dan absorbansi paling baik dibandingkan voltase yang lain. Semakin tinggi voltase maka semakin banyak kuat arus yang mengalir dan semakin banyak jumlah koagulan $\text{Al}(\text{OH})_3$ dan OCI^- di dalam sel. Dengan demikian maka jumlah limbah tekstil yang terendapkan oleh $\text{Al}(\text{OH})_3$ dan terdegradasi oleh OCI^- menjadi semakin banyak.

Kuat arus per unit luas elektroda dalam elektrolisis sangat mempengaruhi kecepatan reaksi. Kuat arus per unit luas merupakan kontrol dari kecepatan reaksi (Chen, 2004). Kuat arus per unit luas elektroda minimum yang dibutuhkan dalam elektrolisis adalah 5 mA/cm^2 (Li dkk., 2001). Penambahan voltase atau kuat arus meningkatkan pengurangan COD dan $\text{NH}_3\text{-N}$. Selama elektrooksidasi limbah tekstil dengan 25 mA/cm^2 , COD berkurang mendekati 50% dibandingkan dengan

$6,25 \text{ mA/cm}^2$ dalam muatan per liter yang sama yaitu $1,178.10^5 \text{ coulomb/L}$ (Deng dan Englehardt, 2007). Dengan demikian kadar DO, BOD, COD, pH, dan absorbansi menjadi berbeda dalam setiap voltase.

KESIMPULAN

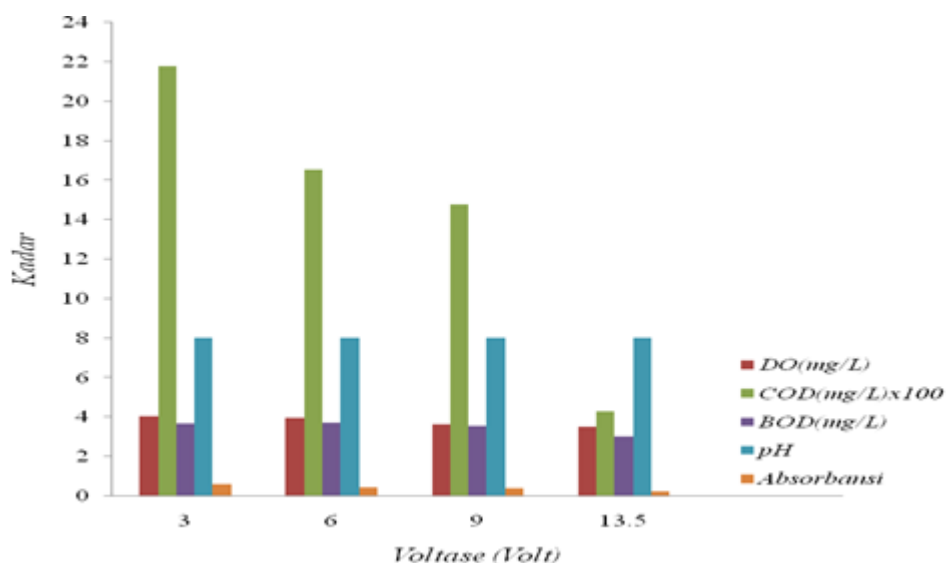
Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan, bahwa rangkaian sel, jarak elektroda, dan voltase memberi pengaruh terhadap penurunan kadar limbah tekstil ditinjau dari DO, BOD, COD, pH, dan absorbansi. Rangkaian sel yang paling baik adalah anoda: Al-C parallel dan katoda: C. Jarak elektroda terbaik untuk pengolahan limbah tekstil adalah 3 cm dan voltase yang terbaik untuk mendegradasi limbah tekstil 13,5 V.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian dapat dilakukan karena bantuan dari DIKTI melalui skim Hibah Bersaing Tahap I dengan surat kontrak No. 49/UN 48.14/PL/2015 dan berbagai pihak. Untuk itu, kami ucapkan terimakasih sebesar-besarnya atas segala bantuan yang telah diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Cerqueira, Russo, A.C., and Marques, M.R.C., (2009), Electroflocculation for textile wastewater treatment, *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 26(04), pp. 659-668.
- Chaturvedi, S.I., (2013), Electrocoagulation: A novel waste water treatment method, *International Journal of modern Engineering Research*, 3(I), pp. 93-100.
- Chen, G., (2004), Electrochemical technologies in waste water treatment, *Separation and Purification Technology*, 38(1), pp. 11-41.



Gambar 5. Hubungan antara kadar DO, BOD, COD, pH, dan absorbansi dengan voltase

- Chiang, L.C., Chang, J.E., and Wen, T.C., (1995), Indirect oxidation effect in electrochemical oxidation treatment of landfill leachate, *Water Research*, 29(2), pp. 671-678.
- Copa, W.M. and Meidl, J.A., (1986), Powdered carbon effectively treats toxic leachate, *Pollution Engineering*, 18 (7), pp. 32-34.
- Costa, C.R., Montilla, F., Morallon, E., and Olivi, P., (2010), Electrochemical oxidation of synthetic tannery wastewater in chloride free aqueous media, *Journal of Hazardous Materials*, 180, (1-3), pp. 429-435.
- Daneshvar, N., Khataee, A.R., Ghadim, A.R.A., and Rasoulifard, M.H., (2007), Decolorization of c.i. acid yellow 23 solution by electrocoagulation process: investigation of operational parameters and evaluation of Specific Electrical Energy Consumption (SEEC), *Journal of Hazardous Materials*, 148(3), pp.566.
- Deng, Y. and Englehardt, J.D., (2007), Electrochemical oxidation fo landfill leachate treatment, *Waste Management*, 27(3), pp. 380-389.
- Departemen Kesehatan RI, (1993), *Petunjuk Pemeriksaan Air Buangan dan Air Kolam Renang*, Jakarta: Departemen Kesehatan RI
- Kobya, M., Can, O.T., and Bayramoglu, M., (2003), Treatment of textile wastewaters by electrocoagulation using iron and aluminum electrodes, *Journal of Hazardous Materials B100*, pp. 163-178.
- Li, W., Zhou, Q., and Hua, T., (2010), Removal of organic matter from landfill leachate by advanced oxidation processes: A review, *International Journal of Chemical Engineering*, 2010, pp. 1-10.
- Li, X.M., Wang, M., Jiao, Z.K., and Chen, Z.Y., (2001), Study of electrolytic oxidation for landfill leachate treatment, *China Water and Wastewater*, 17(8), pp. 14-17.
- Mathur, N., (2005), Assessing mutagenicity of textile dyes from Pali (Rajasthan) using Ames Bioassy, *Applied Ecology and Environmental Research*, 4(1), pp .111-118.
- Pandey, A., Singh, P., and Lyengar, L., (2007), Bacterial decolorization and degradation of azo dyes, *International Biodeteoration and Biodegradation*, 59, pp. 73-84.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI no 5 tahun 2014 tentang *Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Kegiatan Industri Tekstil*.
- Siringi, D.O., Home, P., Joseph S.C., and Enno K., (2012), Is Electrocoagulation (EC) A solution to the treatmeant of wastewater and providing clean water for daily use, *ARNP Journal of Engineering and Applied Science*, 7(2), pp. 197-204.
- Shofian, M., (2005), *Kesan Perencat terhadap Keberkesanan Reagen Fenton dalam Mengolah Pewarna Industri tekstil*, Akademi Tentera, UT Malaysia.
- Sprykina, M.N., (2012), A new design of the electrocoagulation apparatus for removal of micromycetes from water, *Journal of Water Chemistry and Technology*, 34(5), pp 240-245.
- Sringransan, A., Ongwantee, M., and Chavalparit, O., (2009), Treatment of biodiesel by electrocoagulation process, *Environment Asia Journal* 2, pp. 15-19.
- Tatsi, A.A., Zouboulis, A.I., Matis K.A., and Samaras P., (2003), Coagulation-flocculation pretreatment of sanitary landfill leachates, *Chemosphere* 53 (2003), pp.737-744.
- Vapsalainen, M., (2012), *Electrocoagulation in the Treatment of Industrial Water and Wastewater*, *Desertation*, Jukaisija, Utgivare, <http://www.vtt.fi/publication/>, diakses 12 April 2014.
- Wiratini, N.M., Suja, I.W., dan Lasia, I.K., (2011), Perombakan zat warna tekstil diazo remazol black 5 dengan teknik elektrooksidasi menggunakan larutan NaCl, *Proseding Seminar Nasional Pengembangan Pendidikan Karakter Menuju Bangsa yang Mandiri Melalui Penelitian dan Pendidikan MIPA*, hal. 136-139 Singaraja: FMIPA Universitas Pendidikan Ganesha.
- Wiratini, N.M., Yuninggrat, N.W., dan Gunamantha, I.M., (2012), Degradasi pencemar organik dalam lindi dengan proses oksidasi lanjut, *Jurnal Sains dan Teknologi*, 1 (2), pp. 73-84.
- Wiszniewski, J., Robert, D., and Surmacz, G.J., (2006), Landfill leachate treatment methods: A review, *Environmental Chemical*, 4, pp. 51-61.
- Zazo, J.A., Casas, J.A., Mohendano, A.F., Gilarranz, and Rodriguez, J.J., (2005), Chemical path way and kinetics FF phenol oxidation by Fenton's reagent, *Environmental Sciences Technologies*, 39, pp. 9295-9305.