

OPTIMASI KERAPATAN ARUS DAN WAKTU ELEKTROLISIS DALAM PENGOLAHAN LIMBAH SURFAKTAN SECARA ELEKTROKOAGULASI

Yusbarina, Buchari

Program Pendidikan Kimia, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan,
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Indonesia
Program Studi Kimia, FMIPA, Institut Teknologi Bandung
Email: yusbarina_7@yahoo.com

ABSTRAK

Elektrokoagulasi adalah metode pengolahan limbah cair yang keefektifannya sangat dipengaruhi oleh parameter operasionalnya. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk optimasi parameter operasional yaitu kerapatan arus dan waktu elektrolisis dalam pengolahan limbah surfaktan secara elektrokoagulasi. Elektrokoagulasi dilakukan dengan sistem batch dengan menggunakan limbah simulasi sodium dodesil sulfat (SDS) pada kondisi operasional: konsentrasi SDS 200 mgL⁻¹, pH awal 4 dan tanpa penambahan elektrolit garam. Aluminium digunakan sebagai bahan elektroda. Variasi kerapatan arus adalah 25, 50, 75, 100 dan 150 A/m². Variasi waktu elektrolisis adalah 15, 30, 45 dan 60 menit. Pengolahan limbah surfaktan secara elektrokoagulasi efektif pada kerapatan arus 50 A/m² dengan waktu elektrolisis 60 menit dengan efisiensi penurunan kadar surfaktan sebesar 97,05%.

Kata kunci: elektrokoagulasi, surfaktan anionik, kerapatan arus, waktu elektrolisis

1. PENDAHULUAN

Surfaktan merupakan nama lain dari *surface active agent* yang merupakan senyawa organik yang bersifat *amphiphilic* yaitu memiliki gugus polar yang suka air (hidrofilik) dan gugus non polar yang suka minyak (lipofilik) sekaligus dalam satu monomer. Surfaktan digunakan secara luas dalam berbagai industri dan kegiatan rumah tangga karena kemampuannya menurunkan tegangan antar muka fluida.

Penggunaan surfaktan meningkat dari hari ke hari. Berbagai industri seperti industri deterjen, produk kebersihan dan kecantikan menggunakan surfaktan anionik sebagai bahan baku utama. Oleh karena itu dibutuhkan satu metode yang handal dan ekonomis untuk mengolah limbahnya sebelum dibuang atau dilepas ke sumber air.

Menurut Mollah dkk, (2001), Elektrokoagulasi (EC) memiliki begitu

banyak keuntungan dalam pengolahan limbah cair, diantaranya:

1. EC membutuhkan peralatan yang sederhana dan mudah dioperasikan.
2. Air limbah yang diolah dengan EC menjadi air yang jernih, tidak berwarna dan tidak berbau.
3. Lumpur yang dihasilkan EC relatif stabil dan mudah untuk dipisahkan, karena terutama berasal dari oksida logam. Selain itu lumpur yang dihasilkan sedikit.
4. Flok yang terbentuk pada elektrokoagulasi memiliki kesamaan dengan flok yang berasal dari koagulasi kimia. Perbedaannya adalah flok dari elektrokoagulasi berukuran lebih besar dengan kandungan air yang sedikit, lebih stabil dan mudah dipisahkan secara cepat dengan filtrasi.

5. Elektrokoagulasi menghasilkan effluen dengan nilai TDS yang lebih kecil jika dibandingkan dengan pengolahan kimiawi. Jika air ini digunakan kembali, kandungan TDS yang rendah akan mengurangi biaya *recovery*.
6. Proses elektrokoagulasi memiliki keuntungan dalam mengolah partikel koloid yang berukuran sangat kecil karena dengan pemakaian arus listrik menyebabkan proses koagulasi lebih mudah terjadi dan lebih cepat.
7. Proses elektrokoagulasi mencegah penggunaan bahan kimia sehingga tidak bermasalah dengan netralisasi kelebihan bahan kimia dan tidak membutuhkan kemungkinan pengolahan berikutnya jika terjadi penambahan konsentrasi bahan kimia yang terlalu tinggi seperti pada penggunaan bahan kimia.
8. Gelembung gas yang dihasilkan selama elektrolisis dapat membawa polutan ke atas permukaan sehingga flok tersebut dapat dengan mudah terkonsentrasi, dikumpulkan dan dipisahkan.
9. Proses elektrolisis pada sel elektrokoagulasi dikontrol dengan pemakaian listrik tanpa perlu memindahkan bagian di dalamnya, sehingga membutuhkan perawatan yang sedikit.
10. Teknik elektrokoagulasi dapat dengan mudah diaplikasikan di daerah yang tidak terjangkau layanan listrik yakni dengan menggunakan panel matahari yang cukup untuk terjadinya proses pengolahan.

Elektrokoagulasi telah banyak digunakan untuk mengolah berbagai jenis limbah, diantaranya penghilangan warna pada limbah pabrik teh (Maghanga, J.K dkk, 2009), pengolahan limbah tekstil (Koby, M dkk, 2003), pengolahan limbah zat warna (Mollah, M.Y.A dkk, 2010, Alaton, I.A dkk

2008, Kashefialasl, M dkk, 2006), pemurnian air laut (Timmes, T.C, 2009), penghilangan hidrokinon dari air (Prabhakari, D dkk, 2010), dan penghilangan logam – logam berat di perairan (Vasudevan, S, 2009).

Keefektifan elektrokoagulasi sangat dipengaruhi oleh parameter operasional, yaitu pH awal, penambahan elektrolit garam, kerapatan arus, waktu elektrolisis dan konsentrasi awal surfaktan anionik. Pada penelitian ini, parameter yang dioptimasi adalah kerapatan arus dan waktu elektrolisis.

Pengaturan kerapatan arus sangat penting dalam proses elektrokoagulasi. Kerapatan arus sangat mempengaruhi kecepatan elektrolisis logam anoda dan produksi gelembung secara elektrolitik.

Rapat arus (I) didefinisikan sebagai arus (i) yang mengalir pada elektroda dengan luas permukaan (s) dari elektroda. Jika dimensi arus adalah ampere dan luas permukaan elektroda adalah cm^2 , maka dimensi rapat arus adalah ampere/ cm^2 . Karena reaksi elektrolisis dapat berlangsung pada anoda dan katoda maka rapat arus pun dinyatakan pula sebagai rapat arus anoda dan rapat arus katoda.

Pada proses elektrokoagulasi ini, pada anoda aluminium terjadi reaksi oksidasi aluminium menghasilkan ion Al^{3+} . Rapat arus anoda (I_A) merupakan laju reaksi oksidasi Al menjadi Al^{3+} yang terjadi pada permukaan anoda dengan luas tertentu. Sementara itu pada katoda reaksi yang terjadi adalah $2\text{H}_2\text{O} + 2e \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$. Secara fisik rapat arus katoda diartikan laju pembentukan gas H_2 yang terjadi pada permukaan katoda dengan luas tertentu.

Di bidang industri, penggunaan rapat arus lebih disukai daripada penggunaan arus, terutama di bidang industri pelapisan secara listrik (*electroplating*), dan industri

pengolahan hasil tambang (*electrometallurgy*). Sedangkan penggunaan arus lebih banyak di bidang analisis, seperti pada elektrogravimetri, coulometri dan voltametri.

Waktu elektrolisis sangat menentukan jumlah Al^{3+} yang ada di larutan. Optimasi waktu dimaksudkan untuk mencari kondisi dimana % penurunan kadar surfaktan SDS tinggi dan kadar Al^{3+} di larutan sekecil mungkin

2. METODOLOGI PENELITIAN

Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah peralatan gelas yang lazim digunakan di laboratorium penelitian kimia analitik, sumber arus listrik searah, voltmeter (multimeter), amperemeter (multimeter), pH-meter, konduktometer, pengaduk magnetik, batang pengaduk magnetik, neraca analitis Mettler AE 200, spektrofotometer UV-Vis Agilent, spektrofotometer serapan atom SpectrAA (PPPGL-Bandung).

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sodium dodesil sulfat (SDS), lempeng aluminium (95,6%), aquades, indikator fenolftalin, NaOH, $H_2SO_4(p)$, Metilen biru, $CHCl_3$ p.a., $HCl(p)$, $HNO_3(p)$, Al_2O_3 .

Prosedur Kerja

Reaktor

Pengoperasian dilakukan dengan sistem *batch*. Reaktor elektrokoagulasi yang digunakan berkapasitas 500 mL yang dilengkapi dengan peralatan stirrer untuk mengaduk larutan agar konsentrasi koagulan menjadi homogen. Elektroda yang digunakan sebagai anoda dan katoda adalah ukuran 4 cm x 7 cm sebanyak dua buah. Luas permukaan elektroda anoda pada penelitian ini adalah 0.0028 m^2 sehingga

diperoleh rasio luas permukaan elektroda anoda terhadap volume reaktor sebesar $5.6\text{ m}^2/\text{m}^3$. plat aluminium (95,6%) dengan Jarak antar elektroda adalah 9 mm. Pada Penelitian ini semua elektroda dihubungkan dengan arus listrik yang berasal dari arus DC, yaitu satu elektroda dihubungkan dengan kutub positif yaitu anoda dan satu elektroda dengan kutub negatif yaitu katoda.

Optimasi kerapatan arus dan waktu elektrolisis pada elektrokoagulasi

Untuk mengoptimasi kerapatan arus dan waktu elektrolisis maka dilakukan variasi pada 25, 50, 75, 100, dan 150 A/m^2 . Pada setiap kerapatan arus dilakukan pengambilan sampel setiap 15, 30, 45, dan 60 menit. Parameter yang lain dibuat tetap yaitu konsentrasi SDS = 200 mg/L, pH awal 4, dan tanpa penambahan elektrolit. Kemudian dimonitor penurunan kadar SDS setiap sampel dengan spektrofotometer secara biru metilen dan dihitung konsumsi energi.

Pengujian surfaktan anionik

Pada penelitian ini monitoring kadar surfaktan anionik dilakukan dengan spektrofotometer secara biru metilen yang mengacu pada SNI 06-6989.51-2005. Prinsip utama metode pengujian ini adalah surfaktan anionik akan bereaksi dengan metilen biru membentuk pasangan ion berwarna biru yang larut dalam pelarut organik. Intensitas warna biru yang terbentuk diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 652 nm. Serapan yang diukur setara dengan kadar surfaktan anionik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh kerapatan arus dan waktu elektrolisis terhadap efektivitas elektrokoagulasi surfaktan anionik

Kerapatan arus adalah arus yang dialirkan ke elektroda dibagi dengan luas permukaan elektroda. Kerapatan arus sangat

mempengaruhi kecepatan elektrolisis logam anoda dan produksi gelembung secara elektrolitik (Ankit Mohta, 2007). Menurut Malakootian, M. dkk, (2009) dengan meningkatnya arus listrik, efisiensi semakin besar. Pada potensial yang tinggi, ukuran dan kecepatan terbentuknya flok meningkat, sehingga semakin efektif proses elektrokoagulasi.

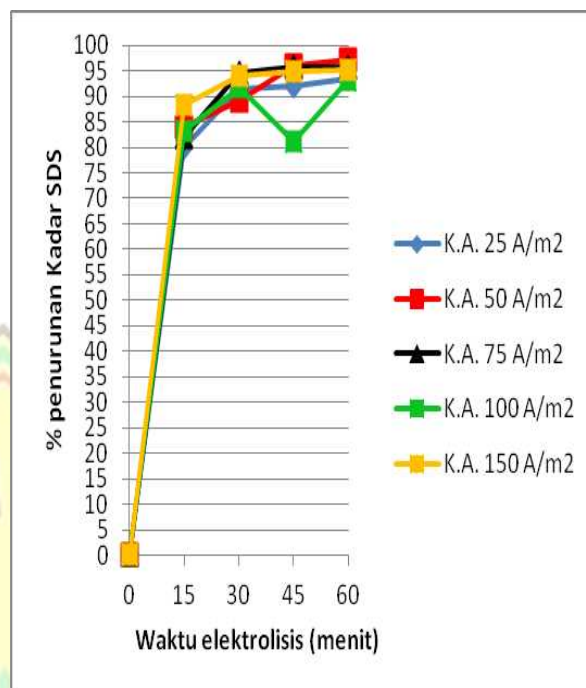
Pada kerapatan arus yang tinggi, pelarutan aluminium di anoda meningkat, menghasilkan jumlah Al^{3+} dan $Al(OH)_{n(s)}$ yang lebih banyak. Meningkatnya konsentrasi Al^{3+} dapat meningkatkan reaksi netralisasi muatan kontaminan membentuk flok. Selain itu, dengan meningkatnya kerapatan arus, kecepatan terbentuknya gelembung gas hidrogen di katoda meningkat dan ukuran gelembung gas hidrogen yang dihasilkan kecil. Gelembung yang lebih kecil memberi area permukaan yang lebih besar untuk mengikat partikel di larutan sehingga menghasilkan efisiensi pemisahan yang lebih baik.

Waktu elektrolisis sangat menentukan jumlah Al^{3+} yang ada di larutan. Optimasi waktu dimaksudkan untuk mencari kondisi dimana % penurunan kadar surfaktan SDS tinggi dan kadar Al^{3+} di larutan sekecil mungkin.

Variasi kerapatan arus yaitu 25, 50, 75, 100 dan 150 A/m^2 dimonitor penurunan kadar SDS pada menit ke 15, 30, 45 dan 60. Hasilnya dapat dilihat pada tabel dan grafik di bawah ini:

Tabel 1. Hasil % penurunan kadar surfaktan pada variasi kerapatan arus dan waktu elektrolisis

Kerapatan Arus (A/m^2)	% penurunan kadar surfaktan pada menit ke			
	15	30	45	60
25	79.89	91.49	91.9	93.58
50	84.12	89.25	95.94	97.05
75	81.88	94.72	95.78	95.76
100	83.19	91.68	81.24	93.19
150	88.26	94.05	94.79	95.07



Gambar 1.

Hasil % penurunan kadar surfaktan dengan variasi kerapatan arus yaitu 25, 50, 75, 100 dan 150 A/m^2 dimonitor menit ke 15, 30, 45 dan 60.

Kerapatan arus 50 A/m^2 dengan waktu elektrolisis 60 menit memberikan efektivitas yang paling tinggi. Di bawah dan di atas kerapatan arus ini memberikan efektivitas yang kurang baik. Dengan meningkatnya potensial listrik jumlah aluminium yang dioksidasi meningkat dan menyebabkan efektivitas meningkat. Tetapi kerapatan arus yang terlalu besar menyebabkan tidak ada waktu untuk pembentukan flok, sehingga efektivitas menurun.

4. KESIMPULAN

Pengolahan limbah surfaktan secara elektrokoagulasi efektif pada kerapatan arus 50 A/m^2 dengan waktu elektrolisis 60 menit dengan efisiensi penurunan kadar surfaktan sebesar 97,05%.

5. DAFTAR PUSTAKA

Alaton, I.A., Kabdasli I., dan Sahin, Y. (2008): Effect of Operating Parameters on the Electrocoagulation of Simulated

- Acid Dyebath Effluent, *Open Environ. Biol. Monit. J.* **1**, 1-7
- Kashefialasl, M., Khosravi, M., Marandi, R., dan Seyyedi, K. (2006): Treatment of dye solution containing colored index acid yellow 36 by electrocoagulation using iron electrodes, *Int. J. Environ. Sci. Technol.* **Vol. 2, No. 4**, 365-371
- Kobyta, M., Can, O.T., dan Bayramoglu, M., (2003): Treatment of textile wastewaters by electrocoagulation using iron and aluminum electrodes, *J. Hazard. Mater.* **B100**, 163-178
- Maghanga, J.K., Segor, F.K., Etiégni, L., dan Lusweti, J. (2009): Electrocoagulation method for colour removal in tea effluent: a case study of chemoni tea factory in rift valley, *Bull. Chem. Soc. Ethiop.* **23(3)**, 371-381
- Mohta, A. (2007): Electro-chemical Treatment of Wastewater, Master of Technology Dissertation, Thapar University, 21 – 22
- Mollah, M.Y.A., Schennach, R., Parga, J.R., dan Cocke, D.L. (2001): Electrocoagulation (EC) – science and applications, *J. Hazard. Mater.* **84**, 29–41
- Mollah, M.Y.A., Morkovsky, P., Gomes, J.A.G., Kesmez, M., Parga, J., dan Cocke, D.L. (2004): Fundamentals, present and future perspectives of electrocoagulation, *J. Hazard. Mater.* **114**, 199–210
- Mollah, M.Y.A., Gomes, J.A.G., Das, K.K., dan Cocke, D.L. (2010): Electrochemical treatment of Orange II dye solution—Use of aluminum sacrificial electrodes and floc characterization, *J. Hazard. Mater.* **174**, 851–858
- Prabhakari, D., Basha, C.A., Kannadasan T., dan Aravinthan P. (2010): Removal of hydroquinone from water by electrocoagulation using flow cell and optimization by response surface methodology. *J. Environ. Sci. Health., Part A*, **45**, 400–412
- SNI 06-6989.34-2005. Air dan Air Limbah-bagian 34: Cara Uji Kadar Aluminium (Al) dengan Spektrofotometer Serapan Atom.
- SNI 06-6989.51-2005. Air dan Air Limbah-bagian 51: Cara Uji Kadar Surfaktan Anionik dengan Spektrofotometer Secara Biru Metilen.
- Timmes, T.C., Chul Kim, H., dan Dempsey, B.A. (2009): Electrocoagulation pretreatment of seawater prior to ultrafiltration: Bench-scale applications for military water purification systems, *Desalination*, **249**, 895–901
- Vasudevan, S., Jayaraj, J., Lakshmi, J., dan Sozh, G. (2009): Removal of iron from drinking water by electrocoagulation: Adsorption and kinetics studies, *Korean J. Chem. Eng.*, **26(4)**, 1058-106