



## Penyisihan Minyak dalam Emulsi Air Bilga Menggunakan Proses Elektrokoagulasi

Soeprijanto<sup>1\*</sup>, Lily Pudjiastuti<sup>1</sup>, dan R.O. Saut Gurning<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Kimia, FTI, ITS, Keputih Sukolilo, Surabaya 60111

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Sistem Perkapalan, FTK, ITS, Keputih Sukolilo, Surabaya 60111

\*E-mail: [s.soeprijanto@gmail.com](mailto:s.soeprijanto@gmail.com); atau [s.soeprijanto@chem-eng.its.ac.id](mailto:s.soeprijanto@chem-eng.its.ac.id)

### Abstract

*Electrocoagulation is electrochemical water treatment and the simplest technology for wastewater treatment using an electrochemical cell in which the supply of DC power is applied to the electrodes made of aluminum, and the electrolyte is wastewater. The experiments were conducted using oily bilge water in an electrocoagulation batch reactor. The electrodes were aluminum with dimensions (20 cm × 8 cm × 0.2 cm) mounted at a distance of 4 cm vertically. Aluminum plate was then connected to a direct current power supply having a 220 V input and output of 10 V with electric current of 10-15 A. The total area of the effective working of the plate was 160 cm<sup>2</sup> when was immersed at a depth of 10 cm to the solution. The deposition process was maintained constant around 30-60 minutes. The results showed that the process could reduce the turbidity from 114.1 to 14.3 NTU and the highest solids concentration obtained was 12.54 g/l with initial oil concentration of 50 g/l within 60 minutes. The largest oil removal of 98.75% was obtained using the initial concentration of oil 75 g/l and the lowest of 96.25% was obtained with the initial oil concentration of 150 g/l.*

**Keywords:** electric current; electrocoagulation; aluminum electrodes; electrochemistry; oil suspension.

### Pendahuluan

Air limbah dengan kandungan minyak akan menjadi masalah lingkungan karena terakumulasi jumlah yang besar setiap harinya. Kapal dan vessel secara komersial merupakan salah satu penghasil air limbah minyak yang kebanyakan dalam bentuk air bilga dan air ballast. Air bilga yang dihasilkan merupakan salah satu masalah global yang terkait dengan kandungan minyak.

Air limbah minyak dapat dikategorikan menjadi tiga macam, yaitu minyak mengapung bebas, emulsi minyak/air tidak stabil, dan emulsi minyak/air sangat stabil. Minyak mengapung bebas dapat mudah disisihkan melalui pemisahan mekanik sementara emulsi minyak dalam air (M/A) yang tidak stabil harus diuraikan secara mekanik atau secara kimia dan dipisahkan secara gravitasi. Emulsi yang stabil walaupun demikian perlu pengolahan lebih lanjut untuk mencapai air buangan memenuhi standard (Cheryan, 1998).

Dewasa ini, pengolahan air limbah minyak di industri banyak dilakukan menggunakan beberapa metode seperti elektrokimia, ozonasi, foto katalitik/oksidasi Fenton dan iradiasi ultraviolet (UV) yang bekerja efektif. Diantara metode-metode itu, pengolahan elektrokimia, elektrokoagulasi dan elektrooksidasi bekerja lebih efektif.

Elektrokoagulasi adalah suatu proses melibatkan fenomena kimia dan fisika menggunakan elektrode-elektrode yang dikorbankan untuk pembentukan koagulan. Aluminium atau besi adalah bahan-bahan paling biasa digunakan sebagai anode elektrokoagulasi. Elektrokoagulasi merupakan suatu proses koagulasi alternatif konvensional dengan bahan koagulan yang terbentuk disitu melalui kelarutan anode yang dikorbankan secara elektrolisis dengan memberikan arus listrik diantara elektrode-elektrode anode-katode dengan pembentukan ion-ion hidroksil secara simultan dan gas hidrogen terjadi pada katode. Gas hidrogen juga akan membantu untuk mengapungkan partikel flokulasi terpisah dari air. Elektroda dapat diatur dalam mode mono-polar atau bi-polar (Chen, 2004; Adhoum et al., 2004). Reaksi elektrokimia dengan logam aluminium sebagai bahan anode bisa dijelaskan berikut ini:

Reaksi pada anode aluminium:



Pada suasana basa



Pada suasana asam





Selain itu, akan terjadi reaksi pembentukan oksigen



Reaksi pada katode aluminium adalah



Di dalam metode elektrokoagulasi, koagulan-koagulan yang dihasilkan terjadi secara langsung disitu tanpa ada penambahan bahan-bahan kimia dari luar. Koagulan-koagulan yang dihasilkan melalui proses oksidasi elektrolit yang berasal dari elektrode anode yang sesuai, seperti elektrode aluminium, yang dikurbankan mengalami oksidasi dan menghasilkan hidroksida logam. Hidroksida logam yang dihasilkan menginisiasi proses polymerisasi atau reaksi-reaksi kondensasi, yang membentuk komponen-komponen hidroksil logam polimer bermuatan sangat tinggi dan reaksi dapat ditunjukkan pada Persamaan (6).



Menggunakan metode elektrokoagulasi, pengolahan bermacam-macam air limbah sudah banyak dilakukan. Seperti, leachate landfill, air limbah restoran, air limbah tekstil, pertambangan, refinery petroleum air limbah, air limbah pengalengan, air limbah laundry, penyisihan florida, pestisida dan logam berat dari lingkungan (Akbal dan Camci, 2011; Fouad et al., 2009). Elektrokoagulasi merupakan suatu teknologi dengan biaya ekonomis untuk mengolah dan menyisihkan kebanyakan polutan di air. Elektrokoagulasi banyak diaplikasikan secara untuk mengolah air limbah yang mengandung minyak dan lemak dan juga untuk emulsi (M/A) seperti air bilga minyak (Asselin et al., 2008), emulsi (M/A) sintesis (Canizares et al., 2008; Fouad et al., 2008), air limbah dari refinery petroleum (El-Naas et al., 2009), produksi biodiesel (Chavalparit dan Ongwadee, 2009), industri minyak nabati (Adhoum dan Monser, 2004; Un et al., 2009), restoran (Chen et al., 2000; Xu et al., 2004), dan agro-industri (Drogui et al., 2008; Bayar et al., 2011). Tujuan penelitian adalah mempelajari efektivitas reaktor elektrokoagulan untuk mengolah emulsi minyak/air (M/A) dari sampel berasal dari air bilga di PT. Pelindo pelabuhan Tanjung Perak Surabaya.

## Metode Penelitian

### Bahan-bahan Kimia

Air limbah minyak berasal dari air cucian bilga kapal diperoleh dari Pelabuhan PT Pelindo Marine Service di Surabaya.

Larutan NaOH, HCl digunakan untuk mengatur pH untuk produksi Merck, dibeli di Toko Kimia Surabaya. Garam dapur dapat dibeli di pasar tradisional.

### Alat Percobaan

Elektrode yang digunakan adalah logam aluminium dibeli di pasar besi di daerah pasar Demak Surabaya Jawa Timur.

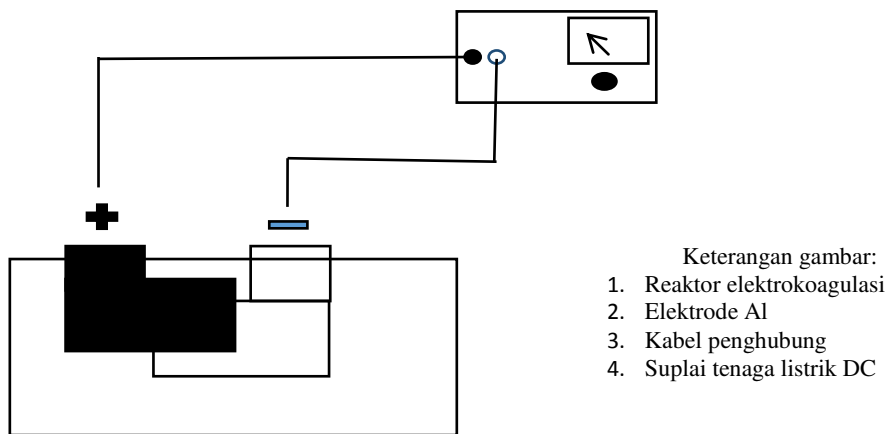
Elektrokoagulasi dilakukan dalam reaktor batch menggunakan bak kaca dengan volume sekitar 10 l. Elektrode-elektrode aluminium dengan dimensi 20 cm × 8 cm × 0,2 cm dengan jarak 4 cm dipasang vertikal (Gambar 1). Plat aluminium kemudian dihubungkan dengan suplai power arus searah (DC) digital (model) yang mempunyai input 220 V dan output bervariasi dari 10-12 V dengan arus listrik dari 10-12 A digunakan sebagai sumber arus searah. Total luas kerja efektif plat adalah 160 cm<sup>2</sup> bila dicelupkan pada kedalaman 8 cm kepada larutan. Waktu proses pengendapan dijaga konstan sekitar 15-120 menit. Untuk menghindari kepasifan pada elektrode - elektrode, sel elektrokimia secara keseluruhan dibersihkan setelah setiap eksperimen dengan detergent.

Pada periode waktu tertentu, dalam proses batch elektrokoagulasi dilakukan analisa turbiditas (kekeruhan) diukur menggunakan Hach DR/ 4000 (Hach Method 10047), pH larutan diukur menggunakan Hanna pH-meter terhubung dengan elektrode dan kadar minyak (kandungan minyak) diukur secara gravimetri. Perhitungan efisiensi turbiditas dan penyisihan padatan tersuspensi setelah proses elektrokoagulasi dilakukan menggunakan Persamaan (7) (Daneshvar et al., 2006):

$$\text{Eff} = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \quad (7)$$

Dengan  $C_0$  dan  $C$  adalah konsentrasi air limbah sebelum dan sesudah proses elektrokoagulasi dalam NTU atau mg/l.



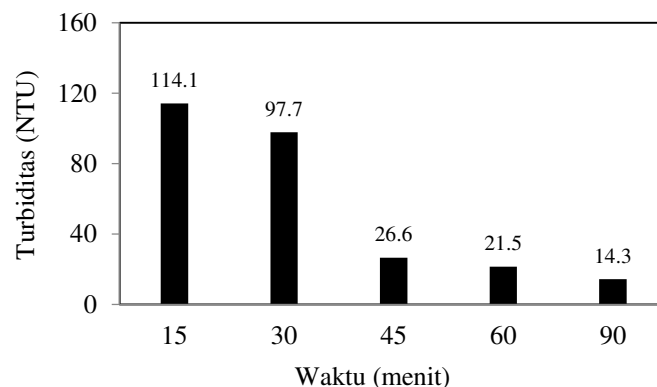


Gambar 1. Skema peralatan proses elektrokoagulasi air bilga.

## Hasil dan Pembahasan

### Perubahan Turbiditas Selama Proses

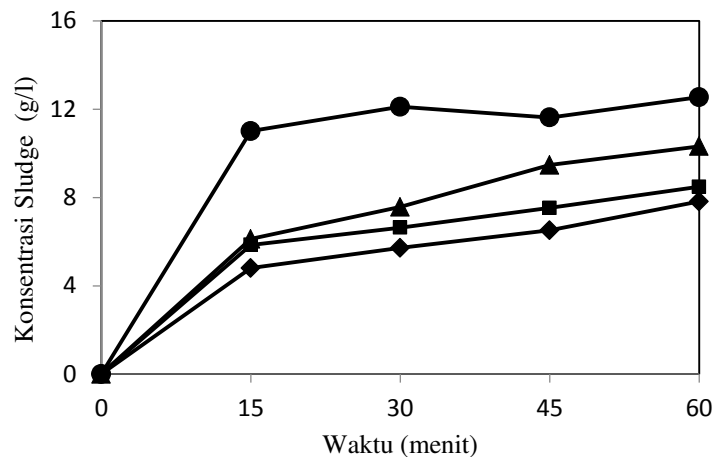
Perubahan turbiditas emulsi minyak air selama proses berlangsung ditunjukkan dalam Gambar (2). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai turbiditas mengalami penurunan terhadap waktu, dari waktu ke 15 hingga ke 90 menit dengan penurunan dari 114,1 hingga 14,3 NTU. Pada menit ke 45 terjadi penurunan yang sangat tajam yaitu sebesar 26,6 NTU, kemudian menurun pelan-pelan hingga menit ke 90 mencapai 14,3 NTU. Hal ini disebabkan oleh terjadinya peningkatan pelepasan ion-ion  $Al^{3+}$  yang berfungsi sebagai koagulan berasal dari anode aluminium yang dikorbankan mengikat dengan partikel-partikel hidroksida yang ada dalam emulsi minyak membentuk senyawa  $Al(OH)_3$ . Juga, terbentuknya  $Al(OH)_3$  mempunyai peranan sebagai bahan pengikat berbagai polutan baik organik maupun anorganik yang terdapat dalam air limbah, sehingga membentuk senyawa kompleks dengan berat molekul yang lebih besar dan mudah diendapkan. Semakin banyak elektroda yang digunakan semakin rendah turbiditas limbah karena semakin banyak ion  $Al^{3+}$  yang dilepaskan, sehingga kesempatan untuk bereaksi dengan ion-ion hidroksida  $OH^-$  membentuk padatan tersuspensi  $Al(OH)_3$  semakin besar. Sehingga dengan semakin banyak endapan yang terbentuk menyebabkan penurunan partikel polutan dalam air, dan kekeruhannya semakin lama semakin berkurang dan air limbah menjadi lebih jernih.



Gambar 2. Hubungan antara turbiditas terhadap waktu proses.

### Pengaruh Konsentrasi Minyak Terhadap Pembentukan Sludge

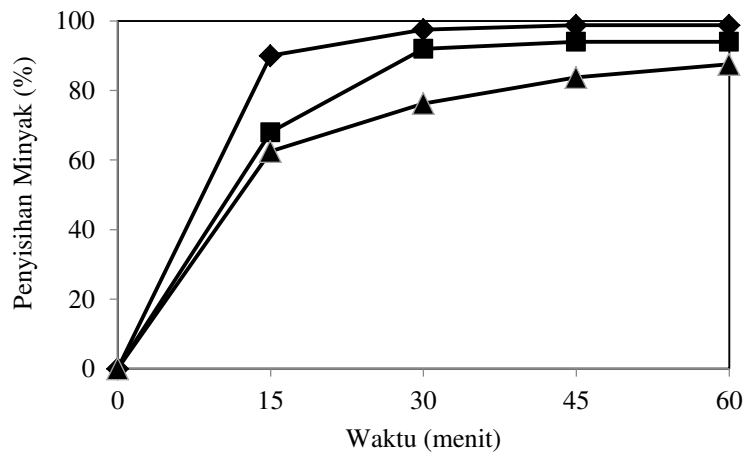
Gambar (3) menunjukkan hubungan antara konsentrasi sludge dan waktu selama 60 menit. Hasil menunjukkan bahwa semakin banyak konsentrasi minyak yang digunakan (10-50 g/l) maka semakin banyak endapan yang terjadi yaitu dari 7,82; 8,49; 10,32 dan 12,54 g/l. Konsentrasi padatan tertinggi diperoleh pada penggunaan minyak 50 g/l, yaitu 12,54 g/l dalam waktu 60 menit.



**Gambar 3.** Hubungan konsentrasi sludge terbentuk terhadap waktu. (Konsentrasi minyak: ◆ = 10, ■ = 15, ▲ = 30, ● = 50 g/l).

### Pengaruh Konsentrasi Minyak Terhadap Penyisihan Minyak

Dalam Proses batch elektrotokoagulasi dilakukan dengan memvariasikan penggunaan konsentrasi awal minyak (75; 90; dan 150 g/l) dan ditunjukkan pada Gambar (4). Hasil menunjukkan bahwa penyisihan minyak mengalami kenaikan yang tajam dalam waktu 30 menit yaitu dicapai masing-masing 97,5; 92; dan 76,25 g/l, setelah itu kenaikannya sedikit hingga dalam waktu 60 menit yaitu dicapai masing-masing 98,75; 94; dan 87,5 %. Penyisihan minyak terbesar dengan konsentrasi awal 75 g/l dengan penyisihan minyak sebesar 98,75% dan terendah diperoleh sebesar 87,5% dengan konsentrasi minyak awal 150 g/l.



**Gambar 4.** Penyisihan minyak dari berbagai konsentrasi awal minyak pada proses batch. (Konsentrasi minyak: ◆ = 75, ■ = 90, ▲ = 150 g/l).

### Kesimpulan

Proses elektrokoagulasi mempunyai potensi untuk mengolah emulsi minyak pada air bilga. Proses dapat menurunkan turbidity dari 3,4 NTU menjadi 0,62 NTU, TDS akan menurun dari 9,81 mg/l menjadi 8,26 mg/l dan konsentrasi padatan tertinggi diperoleh pada penggunaan minyak 50 g/l sebesar 12,54 g/l dalam waktu 60 menit. Dalam Proses batch penyisihan minyak terbesar diperoleh sebesar 98,75% menggunakan konsentrasi awal minyak 75 g/l dan terendah diperoleh sebesar 87,5% dengan konsentrasi minyak awal 150 g/l.

### Ucapan Terima Kasih

Kami menyampaikan terimakasih kepada Institut Teknologi Sepuluh Nopember telah memberikan Dana, Dalam Rangka Pelaksanaan Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi Tahun 2015 Nomor: 003246,150/ IT2.11/ PN.08/ 2015. Tanggal 5 Maret 2015.



## Daftar Pustaka

- Adhoum, N., Monser, L. Decolourization and removal of phenolic compounds from olive mill wastewater by electrocoagulation, *Che. Eng. Process* 2004; 43:1281–1287.
- Akbal, F., Camcı, S. Copper, chromium and nickel removal from metal plating wastewater by electrocoagulation, *Desalination* 269, 214–222.
- Asselin, M., Drogui, P., Brar, S.K., Benmoussa, H., Blais, J-F. (2008). Organics removal in oily bilgewater by electrocoagulation process, *J. Hazard. Mater* 2011; 151: 446–455.
- Bayar, S., Yıldız, Y.S., Yılmaz, A.E., Irdemez, S. The effect of stirring speed and current density on removal efficiency of poultry slaughterhouse wastewater by electrocoagulation method, *Desalination* 2011. 280, 103–107.
- Canizares, P., Martinez, F., Jimenez, C., Saez, C., Rodrigo, M.A. Coagulation and electrocoagulation of oil-in-water emulsions, *J. Hazard. Mater* 2008. 151, 44–51.
- Chavalparit, O., Ongwandee, M. Optimizing electrocoagulation process for the treatment of biodiesel wastewater using response surface methodology, *J. Environ. Sci.* 2009; 21, 1491–1496.
- Chen, G. Electrochemical technologies in wastewater treatment, *Sep. Purif. Technol.* 2004; 38, 11–41.
- Chen, X., Chen, G., Yue, P.L. Separation of pollutants from restaurant wastewater by electrocoagulation, *Sep. Purif. Technol.* 2000; 19, 65–76.
- Chen, G. H. Electrochemical technologies in wastewater treatment. *Separation and Purification Technology*, 2004; 38, (1), 11–41.
- Cheryan, M., Rajagopalan, N. Membrane processing of oily streams, wastewater treatment and waste reduction, *J. Membr. Sci.* 1988; 151, 13–28.
- Daneshvar, N., Oladegaragoze, A. and Djafarzadeh, N. Decolorization of basic dye solutions by electrocoagulation: an investigation of the effect of operational parameters. *J. Hazard. Mat.*, 2006. B129, 116–122.
- Drogui, P., Asselin, M., Brar, S.K., Benmoussa, H., Blais, J-F. Electrochemical removal of pollutants from agro-industry wastewaters, *Sep. Purif. Technol.* 2008; 61, 301–310.
- Easton Thomas, Thomas Bryan (1989), De-emulsification of oils, Free Patents Online All. The Inventions of Mankind – <http://www.freepatentonline.com/4888107.html>. (viewed January, 2010)
- El-Naas, M.H., Al-Zuhair, S., Al-Lobaney, A., Makhlouf, S. Assessment of electrocoagulation for the treatment of petroleum refinery wastewater, *J. Environ. Manage.* 2009; 91, 180–185.
- Fakhru'l-Razi, A., Pendashteh, A., Abdullad, L.C., D.R.A. Biak, Madaeni, S.S, Abidin, Z.Z. Review of technologies for oil and gas produced water treatment, *J. Hazard. Mater.* 2009; 170, 530–551.
- Fouad, Y.O.A, Konsowa, A.H, Farag, H.A, Sedahmed, G.H. Performance of an electrocoagulation cell with horizontally oriented electrodes in oil separation compared to a cell with vertical electrodes, *Chem. Eng. J.* 2009; 145, 436–440.
- Tezcan Ün, Ü., Koparal, A. S., Bakir Ögütveren, Ü. and Durucan, A. Electrochemical process for the treatment of drinking water, *Fresenius Environmental Bulletin*, 2010; 19,(9), 1906–1910.
- Un, U.T., Koparal, A.S., Ogutveren, U.B.). Electrocoagulation of vegetable oil refinery wastewater using aluminium electrodes, *J. Environ. Manage.* 2009; 90, 428–433.
- Xu, X., Zhu, X. Treatment of refractory oily wastewater by electro-coagulation process, *Chemosphere* 2004; 56, 889–894.





**Lembar Tanya Jawab**  
**Moderator : Yuliusman (Universitas Indonesia Depok)**  
**Notulen : Susanti Rina (UPN "Veteran" Yogyakarta)**

1. Penanya : Resti (UPN)  
Pertanyaan :
  1. Bagaimana jika menggunakan Elektroda yang lain?
  2. Setelah proses penjernihan air hasil pengolahan bisa langsung dipakai tidak. Setelah melalui proses pemisahan, secara gravimetri?Jawaban : Fe dan Al mempunyai kemampuan penyesuaian lebih tinggi.
2. Penanya : Kunthi (UGM)  
Pertanyaan :
  1. Selain untuk limbah minyak, sistem ini dapat dilakukan dalam limbah apa?
  2. Bagaimana karakter (kriteria) limbah yang dipakai?Jawaban : Limbah batik, restoran, penjernihan air, bahan organik dan an organik/ logam berat.

