

APLIKASI ELEKTROKOAGULASI BERELEKTRODA *MULTIPLATE* Fe-Al UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS AIR LIMBAH INDUSTRI BATIK DOMESTIKEndang Susilowati¹⁾, Suryadi Budi Utomo¹⁾, Sri Retno Dwi Ariani¹⁾, Sugiyanti¹⁾

1) Program Studi Pendidikan Kimia PMIPA FKIP UNS

Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta, e-mail: endwati@yahoo.co.id

Abstrak

Metode elektrokoagulasi merupakan metode alternatif untuk pengurangi zat pencemar pada air limbah. Penelitian ini bertujuan untuk: 1) Mengaplikasikan metode elektrokoagulasi dengan *multiplate* elektrode Fe/Al untuk meningkatkan kualitas air limbah industri batik domestik. 2) mempelajari jumlah plat elektroda terhadap peningkatan kualitas limbah cair industri batik ditinjau dari pengamatan visual, COD, BOD dan pH. 3) Mengetahui kondisi optimum proses elektrokoagulasi berelektrode *multiplate* Fe/Al. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen labotatorium. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah industri batik domestik yang diambil dari kampung Sondakan, Mutihan, Laweyan, Surakarta. Volume sampel yang dielektrokoagulasi adalah 250 mL yang ditempatkan pada gelas beker 500 mL. Aplikasi *multiplat* elektrode e dilakukan dengan merangkai plat-plat elektrode Fe/Al dengan variasi jumlah plat 1, 2, 3, 4 dan 5. Ukuran untuk masing-masing pelat adalah panjang 12 cm, lebar 3 cm dan tebal 0,3 cm (Fe) / 0,2 (Al). Adapun tegangan listrik yang digunakan adalah 9 Volt dan waktu 2 jam. Pengaruh dari berbagai jumlah plat ini kemudian diamati parameter-parameter kimia-fisika diantaranya adalah warna, COD, BOD, TSS dan pH. Dari penelitian yang dilakukan disimpulkan: 1) Metode elektrokoagulasi berelektroda *multiplate* dapat diaplikasikan untuk meningkatkan kualitas air limbah industri batik domestik. 2) penggunaan jumlah plat elektroda berpengaruh terhadap peningkatan kualitas air limbah batik domestik; 3) Kondisi optimum elektrokoagulasi adalah pada perlakuan jumlah plat adalah 4 plat dengan waktu 2 jam dan tegangan 9 volt. 4) Terjadi peningkatan kualitas air limbah pada kondisi optimal elektrokoagulasi yaitu warna air limbah menjadi jernih, terjadi penurunan COD sebesar 63,3 %, BOD 86,3 %, dan pH berubah dari 8,44 menjadi 7,25; 5) Air hasil elektrokoagulasi dengan modifikasi *multiplate* elektrode pada kondisi optimal telah memenuhi baku mutu air ditinjau dari parameter COD, BOD, dan pH

Kata kunci: elektrokoagulasi, elektrode *multiplate*, limbah batik domestik**PENDAHULUAN**

Penanganan limbah cair industri telah menjadi masalah yang krusial di Indonesia. Mengingat bahwa pencemaran yang ditimbulkan dapat mengganggu kesehatan, maka diperlukan penanganan khusus sebelum dibuang ke lingkungan.. Berbagai cara penanganan untuk mengurangi pencemaran limbah cair telah dilakukan, diantaranya pengolahan secara biologi dan kimia. Pengolahan secara biologi adalah dengan menggunakan mikroorganisme yang dapat menguraikan bahan – bahan polutan, sedangkan secara kimiawi dengan cara koagulasi. Teknik koagulasi yang biasa digunakan adalah dengan menambahkan suatu polielektrolit. Koagulasi kimia menjadi kurang diminati sebab membutuhkan biaya yang tinggi, dikarenakan dalam proses perlu tambahan reagen koagulan dan flokulan. (Mahida, U.N, 1986).

Limbah cair diklasifikasikan sebagai salah satu pencemar utama pada kegiatan industri batik. Limbah cair industri batik ini memiliki warna yang pekat dan bersifat karsinogenik sehingga perlu mendapatkan perhatian yang serius. Permasalahan ini disebabkan karena pencemaran oleh zat warna tekstil sulit ditanggulangi dengan cara biologi (mikroorganisme) maupun zat kimia (koagulan maupun flokulan). Penangan

limbah secara kimia membutuhkan biaya yang tinggi, dikarenakan dalam proses perlu tambahan reagen koagulan dan flokulan. Banyaknya volume lumpur dan limbah berbahaya yang termasuk kategori logam hidroksida, tidak efektif apabila dihilangkan dengan koagulasi. (Franco, N. B. 1974, Duffey, J. G. 1983).

Oleh karena itu perlu dicari jalan alternatif untuk menangani limbah cair industri tekstil. Salah satu cara yang ditempuh adalah dengan metode koagulasi dengan elektrokimia atau elektrokoagulasi. Istilah elektrokoagulasi berasal dari kata electro artinya peristiwa listrik dan coagulation artinya pengendapan. Sehingga elektrokoagulasi adalah proses pengendapan zat – zat pencemar dari air karena peristiwa listrik. Proses elektrokoagulasi berdasarkan pada prinsip – prinsip ilmiah meliputi respon dari zat pencemar terhadap listrik yang kuat dan aliran listrik menyebabkan oksidasi dan reduksi. (Woytowich D. L.; et.al. 1993). Proses elektrokoagulasi dapat membunuh mikroorganisme dalam air dengan aliran listrik, selain itu juga dapat mengendapkan koloid. Aplikasi yang potensial adalah untuk membersihkan patogen dan logam berat dalam air minum serta kontaminasi dari air cucian dalam proses pembuatan makanan (Duffey, J. G. 1983, N Mameri et al, 1998)

Elektrokoagulasi merupakan peristiwa elektrolisis dimana kation-kation yang dihasilkan dari anoda akan menggumpalkan partikel-partikel koloid pada sistem larutannya dan akhirnya akan mengendapkan partikel tersebut. (Vik, E.A., et.al,1984) Berlangsungnya proses elektrokoagulasi melibatkan beberapa variabel penting yaitu model elektroda, tegangan listrik yang digunakan dan lamanya proses. Variabel-variabel tersebut perlu dikaji supaya didapatkan kondisi optimal dalam mengendapkan polutan yang terkandung dalam limbah cair. (Rina Rukmiawati, 2005).

Pada proses elektrokoagulasi digunakan elektroda logam sebagai katoda dan anoda. Pemilihan logam sebagai elektroda akan mempengaruhi efektifitas proses elektrokoagulasi. Logam yang telah berhasil digunakan untuk elektroda adalah besi, alumunium dan seng. Rina Rukmiawati (2005) telah melakukan penelitian penggunaan metode elektrokoagulasi dengan elektroda seng untuk menggumpalkan sistem koloid sintesis. Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan, dengan metode elektrokoagulasi terjadi penurunan kekeruhan atau turbiditas sampai 88,7%.

Kelebihan dari metode elektrokoagulasi ini adalah dapat menggantikan penggunaan reagen kimia yang mahal harganya (lebih ekonomis), menghasilkan kumpulan partikel tersuspensi lebih tahan lama dan lebih mudah disaring, dapat memproduksi air yang lebih bersih daripada dengan koagulasi kimiawi maupun dengan sedimentasi, serta bisa digunakan untuk pengolahan limbah yang memiliki turbiditas tinggi. (Donini, J.C, el.al, 1994), Di samping itu pelaksanaan pengolahan limbah dengan metode ini cukup sederhana dan terkontrol dari pada menggunakan koagulan kimia. Meskipun membutuhkan persiapan peralatan yang lebih rumit dan investasi yang lebih besar namun dalam jangka panjang metode elektrokoagulasi ini sangat menguntungkan. (Holt, P.K. , 2002).

Untuk mengoptimalkan proses elektrokoagulasi, salah satunya adalah dengan memodifikasi elektroda dengan plat lebih dari satu (*multiplate*). Dengan penggunaan *multiplate* elektroda ini, maka akan memperluas bidang sentuh permukaan elektroda dengan sampel yang diagulasi.

Berdasarkan uraian di atas, maka pada penelitian ini akan dilakukan pengolahan limbah cair menggunakan prototipe elektrokoagulasi skala laboratorium dengan kapasitas 500 mL. Limbah cair yang diteliti

diambil dari sentra industri batik di desa Sondakan Kecamatan laweyan Kodya Surakarta. Metode elektrokoagulasi ini digunakan modifikasi *multiplate* elektroda. Plat yang digunakan adalah plat besi sebagai anoda dan plat alumunium sebagai katoda. Adapun variabel yang dioptimasi adalah jumlah plat, waktu dan tegangan. Parameter air limbah yang diamati karena pengaruh perlakuan elektrokoagulasi adalah pengamatan visual, COD, BOD, dan pH.

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk:

1. Membuat modifikasi elektrode *multiplate* untuk aplikasi elektrokoagulasi limbah industri tekstil
2. Menentukan pengaruh jumlah plat elektroda parameter kimia fisika dari limbah yang meliputi visualisasi, BOD, COD, dan pH.
3. Menentukan kondisi optimal proses elektrokoagulasi dengan modifikasi *multiplate* elektrode ditinjau dari parameter COD, BOD dan pH.
4. Menyelidiki apakah air hasil elektrokoagulasi dengan modifikasi *multiplate* elektrode memenuhi baku mutu air ditinjau dari COD, BOD dan

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Program Studi Kimia Jurusan PMIPA FKIP Universitas Sebelas Maret antara bulan Maret 2006 sampai bulan Juli 2007. Penelitian menggunakan metode eksperimen laboratorium.

Sampel yang digunakan adalah limbah industri batik domestic yang berasal dari dusun, Sondakan, Desa Mutihan, Kecamatan Laweyan, Kota Madya Surakarta. Sampel diambil dari proses pelorodan. Sampel diamati visualisasinya, BOD, COD, dan pH. Peralatan pokok yang digunakan adalah seperangkat alat elektrokoagulasi dengan menggunakan elektrode *multiplate* (elektrode lebih dari satu plat). Sebagai anoda adalah plat aluminium dengan ukuran panjang 12 cm x 3 cm x 0,2 cm dan sebagai katoda adalah plat besi dengan ukuran 12 cm x 3 cm x 0,3 cm.

Pada pelaksanaan elektrokoagulasi, elektroda dicelupkan kedalam 250 mL limbah yang diletakkan dalam gelas beker 500 mL. Adapun Variasi perlakuan adalah jumlah plat yang terdiri dari 1, 2, 3, 4, dan 5 plat. Jarak antar plat adalah 0,5 cm. Waktu yang digunakan dalam proses elektrokoagulasi adalah 2 jam dengan tegangan listrik 9 volt. Setelah elektrokoagulasi selesai dilakukan

pengamatan terhadap visualisasi, BOD, COD dan pH.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan modifikasi plat elektrode dengan model *multiplate* atau menggunakan elektrode lebih dari satu dengan dirangkai secara paralel. Pengaruh terhadap penggunaan elektrode ini diaplikasikan pada elektrokoagulasi terhadap limbah dengan melakukan variasi jumlah plat Fe/Al yang digunakan. Adapun sampel limbah yang digunakan pada penelitian ini diambil dari industri Batik domestik di dusun Sondakan, Kelurahan Mutihan, Kecamatan Laweyan, Kodya Surakarta

1. Limbah Cair Industri Batik Sebelum Elektrokoagulasi

Sebelum dilakukan elektrokoagulasi diamati parameter fisika dan kimia dari limbah industri batik. Parameter fisika meliputi warna, bau dan TSS, sedangkan parameter kimia meliputi kandungan logam krom. Penentuan parameter fisika yang meliputi warna dan bau dilakukan secara langsung dengan melihat dan mencium bau limbah cair, sedangkan nilai TSS ditentukan dengan metode gravimetri dan kandungan logam berat ditentukan dengan metode AAS. Hasil penelitian terhadap parameter fisika limbah cair batik sebelum perlakuan dapat dilihat pada Tabel 1.

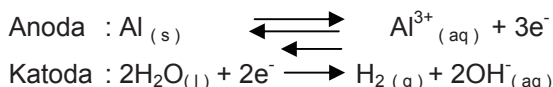
Tabel 1. Hasil Penelitian terhadap parameter fisika dan kimia limbah Industri Batik Domestik sebelum proses elektrokoagulasi

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa	Baku mutu limbah cair
1	Warna	-	Ungu tua pekat	-
2	Bau	-	Menyengat	-
3	COD	mg/L	189,2	150
4	BOD	mg/L	92,11	60
5	pH	-	8,22	6,0 – 9,0

Warna pada air limbah sebelum diberi perlakuan elektrokoagulasi adalah ungu tua pekat. Warna ungu pekat tersebut dimungkinkan adalah campuran antara warna batik, malam dan zat-zat pembantu yang biasanya digunakan dalam penyempurnaan proses pematikan

2. Aplikasi elektrokoagulasi berelektrode multiplate Fe/Al

Aplikasi elektrokoagulasi terhadap limbah industri tekstil (industri batik) dilakukan dengan memvariasi jumlah plat, waktu dan tegangan listrik. Masing-masing perlakuan dilakukan analisis sifat fisika dan kimianya. Elektrode yang digunakan adalah besi dan aluminium. Adapun reaksi elektrokimia yang terjadi adalah



Proses elektrokimia yang terjadi adalah proses elektrolisis dimana adanya energi listrik yang ditunjukkan dengan beda potensial (tegangan) akan dapat menyebabkan terjadinya reaksi redoks. Berdasarkan reaksi di atas dapat dilihat bahwa sebagai anoda adalah logam Al dan sebagai katoda adalah logam besi. Pada anoda akan terjadi proses oksidasi yang berupa logam aluminium menjadi ion aluminium bermuatan 3+. Sedangkan pada katoda akan terbentuk gas hidrogen karena terjadinya reaksi reduksi air.

Pada prinsipnya modifikasi elektrode yang dilakukan pada penelitian ini adalah merangkai elektrode yang terdiri dari banyak plat elektrode. Modifikasi ini dimaksudkan untuk menambah luas permukaan elektrode sehingga akan dihasilkan jumlah ion hasil oksidasi anode lebih banyak, walaupun dilakukan pada waktu dan besarnya tegangantetap. Pada aplikasi ini digunakan waktu elektrokoagulasi 2 jam dengan tegangan listrik 9 volt. Hasil analisis terhadap sifat fisik dan kimianya dapat dilihat pada Tabel 2.

Dari analisis hasil analisis yang dilakukan yang tercantum dalam Tabel 1 maka terlihat bahwa jumlah plat sangat berpengaruh terhadap proses elektrokoagulasi. Dalam hal ini makin banyak jumlah plat maka makin banyak kation aluminium dan ion hidroksida yang dilepaskan, sehingga makin efektif dalam mengkoagulasi partikel-partikel koloid dalam limbah industri batik domestik. Secara visual dan sifat kimia hasil elektrokoagulasi dapat dilihat pada Gambar 1 dan Tabel 2.

Pengaruh metode elektrokoagulasi pada limbah industri batik domestik terhadap parameter COD, BOD dan pH dapat dilihat pada gambar 2, gambar 3 dan Gambar 4. Mengacu pada Gambar tersebut, bias dikatakan bahwa jumlah plat berpengaruh signifikan terhadap penurunan COD, BOD dan pH. Semakin banyak jumlah plat, maka

COD dan BOD semakin kecil sampai dibawah baku mutu. Sementara semakin banyak jumlah plat, pH larutan menuju ke pH netral yang tentunya menjadi harapan dalam sistem pengolahan limbah. Dari sisi golongan air

menurut PP No. 82 Tahun 2001, maka limbah cair yang dihasilkan dari proses elektrokoagulasi termasuk dalam air golongan III yang bias digunakan untuk keperluan peternakan dan pertanian.

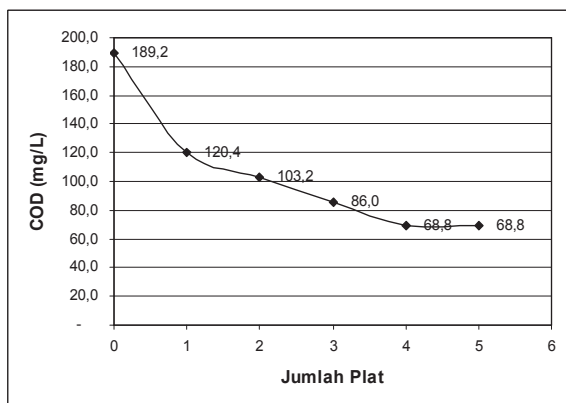
Tabel 2. Hasil analisis parameter fisika dari limbah batik setelah aplikasi elektrokoagulasi dengan variasi jumlah plat

Variasi Jumlah plat Fe/Al	Parameter				
	Warna	Bau	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	pH
1	ungu	Menyengat	120,4	77,7	7,98
2	ungu muda	Menyengat	103,2	41,6	7,90
3	agak jernih	agak menyengat	86,0	34,3	7,44
4	jernih	tidak berbau	68,8	12,7	7,25
5	jernih	tidak berbau	68,8	12,7	7,25

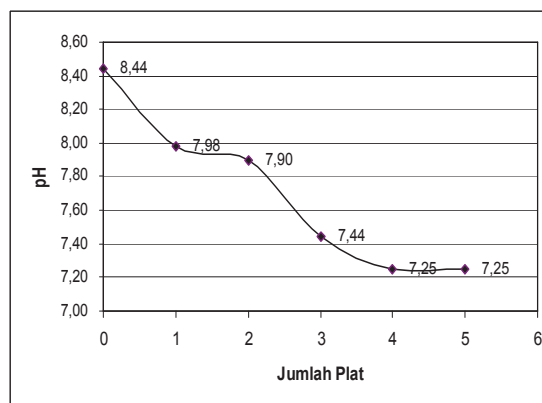


mula-mula 1 plat 2 plat 3 plat 4 plat 5 plat

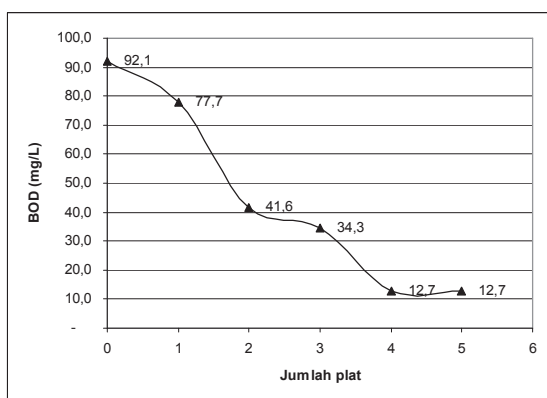
Gambar 1. Perubahan warna limbah industri batik dengan perlakuan jumlah plat



Gambar 2. Grafik hubungan antara COD dan jumlah plat elektrode Fe/Al



Gambar 5. Grafik hubungan antara pH dan jumlah plat elektrode Fe/Al



Gambar 4. Grafik hubungan antara BOD dan jumlah plat elektrode Fe/Al

SIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian yang dilakukan disimpulkan:

1. Metode elektrokoagulasi berelektroda *multiplate* dapat diaplikasikan untuk meningkatkan kualitas air limbah industri batik domestik.
2. penggunaan jumlah plat elektroda berpengaruh terhadap peningkatan kualitas air limbah batik domestik;
3. Kondisi optimum elektrokoagulasi adalah pada perlakuan jumlah plat adalah 4 plat dengan waktu 2 jam dan tegangan 9 volt.
4. Terjadi peningkatan kualitas air limbah pada kondisi optimal elektrokoagulasi

yaitu warna air limbah menjadi jernih, terjadi penurunan COD sebesar 63,3 %, BOD86,3 %, dan pH berubah dari 8,44 menjadi 7,2

5. Air hasil elektrokoagulasi dengan modifikasi *multiplate* elektrode pada kondisi optimal telah memenuhi baku mutu air ditinjau dari parameter COD, BOD, dan pH

Adapun saran yang diberikan adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian untuk pengolahan limbah lebih lanjut dengan variasi parameter yang lain seperti pH, daya hantar larutan, jarak antar elektroda dan nisbah jumlah sampel dan luas permukaan elektroda
2. Perlu dilakukan lebih lanjut dengan bahan elektroda yang lain, selain besi dan aluminium.
6. Perlu dilakukan penelitian yang lebih lanjut untuk mengolah limbah dalam skala industri domestik

DAFTAR PUSTAKA

- Donini, J.C, Kan, J.; Szykarczuk, J.; Hassan, T.A.; Kar, K.L., (1994), *Operating cost of electrocoagulation*, Canadian Journal of Chemical Engineering , Vol. 72, No. 6 (December),pp.1077-1012.
- Duffey, J. G. 1983. *Electrochemical Removal of Heavy Metals from Waste water*, Product Finishing, p. 72, August 1983
- Franco, N. B. 1974. *Electrochemical Removal of Heavy Metals from Acid Mine Drainage*. Environmental Protection

Agency Report EPA-670 12-74-023. May 1974

- Holt, P.K., Barton, G.W., Wark, M. and Mitchell, C.A. (2002). A quantitative comparison between chemical dosing and electrocoagulation. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, **211**, 233–248.
- Mahida, U. N. 1986. *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*. Jakarta : P.T. Rajawali.
- Oriyati S. dan Winarti Chatib. 1983. *Teori Penyempurnaan Tekstil 3*. Jakarta : P.T. Melton Putra.
- Rina Rukmiati. 2005. *Penurunan Kekeruhan dengan Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Pelat Seng*. Surabaya . Skripsi ITS: Surabaya
- Standar Nasional Indonesia (SNI). No.06/6986/2004. *Air dan air Limbah*. <http://www.wikipedia.com>. Diakses tanggal 22 Juli 2008.
- Vik, E.A., Carlson, D.A., Eikun, A.S. and Gjessing, E.T. (1984).

- Electrocoagulation of potable water. *Water Research*, **18**, 1355–1360.
- Vivian Robinson. 2000. *Electropure Industrial Austrial Pty Ltd*. <http://www.parsenviro.com/electro.html>. Diakses tanggal 22 Juli 2008
- Woytowich D. L.; Dalrymple C. W.; Britton M. G.; 1993. *Electrocoagulation (CURE) Treatment of Ship Bilgewater for the U. S. Coast Guard in Alaska*. Marine Technology Society Journal, Vol. 27, No. 1 p. 62, Spring 1993