

**PENGOLAHAN TERSIER LIMBAH CAIR INDUSTRI PANGAN DENGAN TEKNIK
ELEKTROKOAGULASI MENGGUNAKAN ELEKTRODA STAINLESS STEEL**

**ADVANCED TREATMENT OF FOOD INDUSTRY WASTEWATER BY ELECTROCOAGULATION
USING STAINLESS STEEL ELECTRODES**

Mutiara Windika Gameissa^{*)}, Suprihatin^{*)}, Nastiti Siswi Indrasti^{*)}

^{*)} Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Kampus IPB Dramaga, PO Box 220, Bogor, Jawa Barat, Indonesia
Email: gameissamutiara@yaho.com

ABSTRACT

Food industry wastewater contains large amount of organic contaminants that cause water pollution. Appropriate techniques for wastewater treatment can reduce the content of pollutants in the wastewater. Electrocoagulation is an alternative for treatment of the wastewater. This technique is principally a coagulation process that uses direct current through electrolysis. One of the advantages of this process is no need chemicals adding as coagulant. Electrocoagulation process has been carried out with a batch system on a scale of 1 Liter of wastewater using stainless steel electrodes with effective area of 108.9 cm². Electrocoagulation has been performed on voltage variation of 9 to 24 Volt and operating time of 30 to 60 minutes. Samples were taken at each variable and analyzed for following parameters pH, TSS, turbidity, color, COD and phosphate concentration. The results showed that the greater voltage and operating time of electrolysis, the greater removal of contaminants in wastewater. Electrocoagulation optimal condition occurs at a voltage of 24 Volt and 60-minute operating time with efficiency TSS removal of 88.02%, turbidity removal of 76.85%, color removal of 77.49%, phosphate removal of 100% and COD removal of 77.78%.

Keywords: advanced wastewater treatment, electrocoagulation, food industry wastewater

ABSTRAK

Limbah cair industri pangan dapat menimbulkan masalah pencemaran air karena mengandung kontaminan organik. Teknik pengolahan limbah cair yang tepat dapat mengurangi kandungan pencemar dalam limbah cair secara efektif dan efisien. Elektrokoagulasi merupakan proses koagulasi dengan menggunakan arus listrik searah melalui peristiwa elektrolisis. Salah satu kelebihan dari proses ini adalah tidak perlu penambahan bahan kimia. Proses elektrokoagulasi dilakukan dengan sistem *batch* pada skala limbah cair 1 Liter menggunakan elektroda *stainless steel* dengan luas efektif 108,9 cm². Percobaan elektrokoagulasi dilakukan pada variasi tegangan 9 sampai 24 Volt dan waktu kontak 30 sampai 60 menit. Sampel yang diambil pada setiap kombinasi perlakuan tegangan dan waktu kontak kemudian dianalisis nilai pH, TSS, kekeruhan, warna, konsentrasi fosfat dan COD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar tegangan listrik dan waktu kontak elektrolisis, semakin besar pula penyisihan kontaminan dalam limbah cair. Kondisi optimal elektrokoagulasi terjadi pada tegangan 24 Volt dan waktu kontak 60 menit dengan efisiensi penyisihan TSS 88,02%, kekeruhan 76,85%, warna 77,49%, konsentrasi fosfat 100% dan COD 77,78%.

Kata kunci: pengolahan tersier, elektrokoagulasi, limbah cair industri pangan

PENDAHULUAN

Kualitas dan kuantitas air limbah yang dihasilkan oleh suatu industri sangat bervariasi terkait dengan kegiatan atau proses dan bahan baku serta bahan pembantu yang digunakan oleh pabrik. Semakin banyak jumlah air yang digunakan maupun semakin banyak bahan-bahan asing yang masuk ke dalam air limbah maka akan semakin sulit pula pengolahan yang harus diterapkan untuk meningkatkan mutu dan kualitas air limbah tersebut. Limbah industri pangan dapat menimbulkan masalah karena mengandung sejumlah besar karbohidrat, protein, lemak, garam-garam mineral dan sisa-sisa bahan kimia yang digunakan dalam pengolahan dan pembersihan. Kandungan bahan

organik dalam limbah cair industri pangan yang tinggi dapat bertindak sebagai sumber makanan untuk pertumbuhan mikroba dan mereduksi oksigen terlarut yang terkandung dalam air sehingga bila limbah cair tersebut dibuang ke perairan tanpa pengolahan terlebih dahulu dapat menyebabkan beberapa hal, seperti aliran air yang semakin tercemar, merusak tatanan biota air serta merusak ketersediaan air bersih. Untuk mencegah terjadinya akibat-akibat tersebut, maka diadakan suatu upaya pengawasan atau pemantauan serta pengolahan terhadap limbah cair yang dibuang.

Pengolahan tersier dilakukan apabila setelah pengolahan primer dan sekunder, limbah cair masih banyak mengandung polutan. Pengolahan ini dilakukan secara khusus tergantung jenis bahan

polutan yang terdapat dalam limbah cair. Pengolahan tersier dapat dilakukan dengan proses penyaringan seperti dengan menggunakan saringan pasir, saringan multimedia, vacuum filter, dan lain-lain. Selain itu, pengolahan tersier limbah cair juga dapat dilakukan dengan proses koagulasi dan flokulasi baik dengan penambahan bahan kimia maupun dengan perlakuan elektrik seperti yang dilakukan pada penelitian ini.

Parameter pencemar limbah cair yang harus diperhatikan sebelum dibuang ke lingkungan adalah pH, TSS (*Total Suspended Solid*), kekeruhan, warna, konsentrasi fosfat dan COD (*Chemical Oxygen Demand*). Untuk mencegah terjadinya pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh perkembangan industri tersebut maka perlu dilakukan upaya pengendalian pencemaran lingkungan dengan menetapkan baku mutu lingkungan. Baku mutu limbah cair sesuai Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta no 122 Tahun 2005 menunjukkan bahwa batas nilai BOD limbah cair yang diperbolehkan adalah < 50 mg/L, COD < 80 mg/L, TSS < 50 mg/L, dan nilai pH berada dalam kisaran 6-9.

Salah satu teknik pengolahan limbah cair secara kimia yang baru adalah dengan proses elektrokoagulasi. Pemakaian bahan kimia sebagai bahan utama maupun bahan pembantu pada proses pengolahan limbah saat ini harus benar-benar dipertimbangkan terkait dengan beban pencemar lingkungan. Elektrokoagulasi terdiri dari tiga proses dasar yaitu elektrokimia, koagulasi dan flotasi. Ketiga proses dasar ini saling berinteraksi dan berhubungan untuk menjalankan elektrokoagulasi (Holt 2002). Reaksi kimia yang terjadi pada proses elektrokoagulasi yaitu reaksi reduksi oksidasi sebagai akibat adanya arus listrik (DC). Pada reaksi ini terjadi pergerakan dari ion-ion yaitu ion positif (disebut kation) yang bergerak pada katoda yang bermuatan negatif. Sedangkan ion-ion negatif bergerak menuju anoda yang bermuatan positif yang kemudian ion-ion tersebut dinamakan sebagai anion (bermuatan negatif) (Purwaningsih 2008).

Proses elektrokoagulasi merupakan salah satu teknik pengolahan limbah cair dimana melibatkan reaksi elektrokimia didalamnya. Menurut Keenan *et al.* (1980), reaksi yang terjadi pada elektroda adalah reaksi reduksi oksidasi. Reaksi oksidasi pada anoda akan menghasilkan gugus $\text{Fe}(\text{OH})_3$ sebagai hasil reaksi ion Fe^{3+} dan ion OH^- . Ion OH^- dihasilkan melalui reaksi reduksi air (H_2O) di katoda, sedangkan ion Fe^{3+} terbentuk melalui reduksi elektroda *stainless steel* di katoda. Gugus $\text{Fe}(\text{OH})_3$ memiliki kemampuan untuk mengadsorpsi dan bertindak sebagai koagulan. Semakin lama elektrokoagulasi dan semakin besar tegangan yang diberikan maka logam besi yang mengalami reduksi menjadi ionnya akan semakin banyak sehingga semakin banyak pula gugus $\text{Fe}(\text{OH})_3$ yang terbentuk. Dengan banyaknya $\text{Fe}(\text{OH})_3$ yang berfungsi sebagai

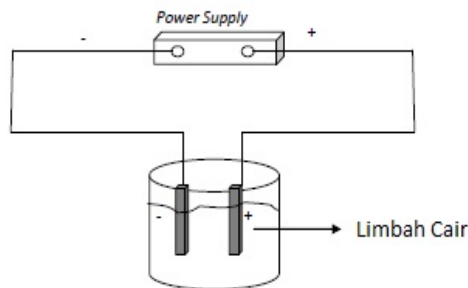
koagulan maka semakin tinggi pula kemampuan untuk pembentukan floknya. Reaksi reduksi ion H^+ pada katoda akan menghasilkan gas hidrogen (H_2). Pembentukan gas hidrogen ini akan membantu proses pencampuran dan koagulasi oleh koagulan yang terbentuk. Gas hidrogen membantu flok mengalami flotasi sehingga flok yang terbentuk akan berada dipermukaan cairan. Melalui reaksi reduksi-oksidasi inilah pencemar dalam limbah dapat dipisahkan. Reaksi reduksi-oksidasi mengganggu kestabilan limbah cair sehingga zat-zat yang terdapat pada limbah cair tersebut juga mengalami destabilitas yang menyebabkan zat-zat yang terdapat didalamnya membentuk flok untuk mencapai kestabilannya kembali dengan melakukan koagulasi. Flok-flok yang terflotasi lama kelamaan akan mengendap jika sudah mencapai bobot yang cukup.

Aplikasi elektrokoagulasi yang telah dilakukan dalam beberapa tahun belakangan ini adalah penerapan elektrokoagulasi untuk pengolahan limbah petrokimia (Dimoglo *et al.* 2004), limbah cair destilasi alkohol (Ponselvan *et al.* 2008), emulsi minyak-deterjen (Iswanto *et al.* 2009), limbah cair tapioka (Widayatno 2008), limbah cair industri batik (Yulianto *et al.* 2009), peningkatan kualitas air (Ni'am *et al.* 2007). Selain itu elektrokoagulasi juga telah diteliti untuk pengurangan kandungan logam berat pada limbah cair (Al Anbari *et al.* 2008), proses dekolorisasi (Darmawan *et al.* 2006) dan (Orori *et al.* 2005), serta untuk pemisahan mikroalga (Afriyanti 2011). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tegangan dan waktu kontak elektrokoagulasi terhadap nilai pH dan penyisihan polutan (TSS, kekeruhan, warna, konsentrasi fosfat dan COD) dari limbah cair industri pangan serta mengetahui kombinasi terbaik dari tegangan listrik dan waktu kontak operasi pada proses elektrokoagulasi.

METODE PENELITIAN

Alat

Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah unit elektrokoagulasi. Rangkaian unit elektrokoagulasi terdiri dari gelas piala berukuran 1 L untuk menampung limbah yang akan diolah dan *power supply* yang dihubungkan dengan 2 buah elektroda *stainless steel*. Masing-masing elektroda memiliki ukuran 15 cm x 1,5 cm x 0,3 cm (luas efektif 108,9 cm²). Rancangan unit elektrokoagulasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rancangan unit elektrokoagulasi

Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair industri pangan. Limbah cair industri pangan yang digunakan merupakan efluen limbah cair yang telah mengalami proses biologis dengan sistem lumpur aktif.

Pelaksanaan Penelitian

Limbah cair industri pangan sebelum dilakukan proses elektrokoagulasi terlebih dahulu dikarakterisasi kandungan parameter pencemarnya meliputi pH, TSS, kekeruhan, warna, konsentrasi fosfat dan COD. Proses elektrokoagulasi dijalankan secara *batch* pada skala 1 L limbah cair. Variabel bebas yang dilakukan pada proses elektrokoagulasi ini diantaranya tegangan dan waktu kontak elektrolisis. Variasi tegangan elektrolisis yang diterapkan adalah 9, 12, 15, 18, dan 24 V, sedangkan variasi waktu kontak elektrolisis yang diterapkan adalah 30, 45, dan 60 menit.

Setelah dilakukan elektrokoagulasi kemudian dilakukan proses pengendapan selama \pm 30 menit agar flok-flok yang terbentuk dapat dipisahkan. Sampel efluen yang dihasilkan kemudian diuji nilai pH, TSS, kekeruhan, warna, konsentrasi fosfat, dan COD sesuai dengan metode pengujian berdasarkan pada APHA 2005.

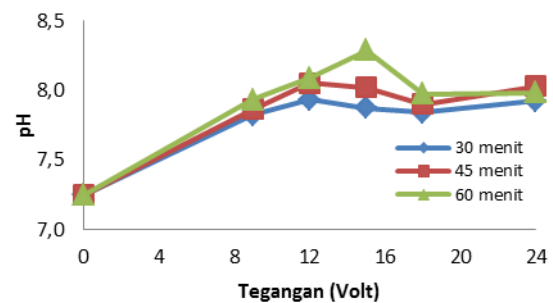
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengujian pH efluen proses biologis limbah cair industri pangan, nilai yang dihasilkan berkisar antara 7,25. Nilai pH yang dihasilkan masih berada pada kisaran netral, hal ini dikarenakan limbah ini telah mengalami pengaturan pH agar pengolahan biologis dapat berlangsung dengan optimum. Nilai TSS limbah cair industri pangan efluen proses biologis adalah 61 mg/L, kekeruhan 138 FTU, warna 758 PtCo, kadar fosfat 2,50 mg/L dan COD 349 mg/L. Terlihat bahwa kualitas limbah cair industri pangan ini masih melebihi ambang batas baku mutu yang berlaku, untuk itu diperlukan pengolahan limbah cair lebih lanjut.

Pengaruh Tegangan dan Waktu Kontak Elektrokoagulasi terhadap pH Limbah Cair Industri Pangan

Setelah mengalami teknik elektrokoagulasi pH limbah cair cenderung mengalami peningkatan. Nilai pH awal limbah cair industri pangan sebelum

dielektrokoagulasi adalah 7,25. Pada Gambar 2 terlihat bahwa terjadi peningkatan pH limbah cair industri pangan akibat elektrokoagulasi yang dilakukan. Pada waktu kontak 30 menit terjadi peningkatan pH menjadi 7,83; 7,94; 7,88; 7,84; 7,93 masing-masing pada tegangan 9, 12, 15, 18, dan 24 V. Pada waktu kontak yang lebih lama pH limbah cair juga cenderung mengalami peningkatan. Pada waktu kontak 45 menit, nilai pH untuk tegangan 9, 12, 15, 18, dan 24 V adalah 7,87; 8,06; 8,02; 7,90; 8,03, sedangkan pada waktu kontak 60 menit nilai pH untuk tegangan 9, 12, 15, 18, dan 24 V adalah 7,94; 8,09; 8,29; 7,98; 7,99.

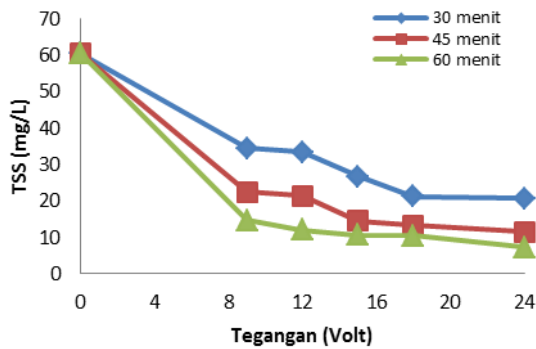


Gambar 2. Pengaruh elektrokoagulasi terhadap peningkatan pH limbah cair industri pangan

Peningkatan nilai pH yang terjadi disebabkan karena pada proses elektrokoagulasi terjadi akumulasi ion OH^- (Ni'am *et al.* 2007). Konsentrasi ion OH^- mengindikasikan kebasahan dari suatu larutan. Dengan demikian pada proses elektrokoagulasi yang terjadi, semakin banyak ion OH^- yang dihasilkan melalui reaksi reduksi air pada katoda maka nilai pH atau kebasahan dari limbah cair yang diolah akan semakin meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa efluen limbah cair proses elektrokoagulasi masih memenuhi baku mutu air limbah (pH 6-9) tanpa memerlukan penetralan.

Pengaruh Tegangan dan Waktu Kontak Elektrokoagulasi terhadap TSS Limbah Cair Industri Pangan

TSS (*Total Suspended Solid*) atau total padatan tersuspensi adalah padatan yang tersuspensi di dalam air berupa bahan-bahan organik dan inorganik (Metcalf dan Eddy 2003). Dapat dilihat pada Gambar 3 bahwa proses elektrokoagulasi memberikan pengaruh terhadap penurunan nilai TSS. Teknik elektrokoagulasi menunjukkan penurunan nilai TSS yang signifikan, dimana semakin besar tegangan dan waktu kontak yang diberikan maka penyisihan TSS semakin besar.

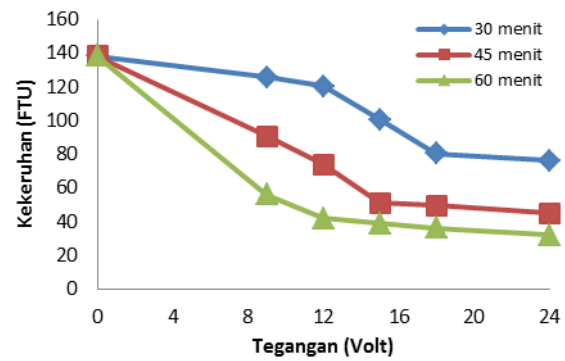


Gambar 3. Pengaruh elektrokoagulasi terhadap penurunan TSS limbah cair industri pangan

Nilai TSS limbah cair industri pangan sebelum dilakukan proses elektrokoagulasi adalah sebesar 61 mg/L. Efisiensi penurunan nilai TSS terbesar yang dicapai pada limbah cair industri pangan terjadi pada kombinasi tegangan 24 V dan waktu kontak 60 menit dengan nilai sebesar 88,02% (nilai TSS 7 mg/L). Sedangkan efisiensi penurunan nilai TSS terkecil dicapai pada kombinasi tegangan 9 V dan waktu kontak 30 menit dengan nilai sebesar 42,98% (nilai TSS 35 mg/L). Efluen limbah cair industri pangan hasil elektrokoagulasi juga telah memenuhi baku mutu air limbah. Baku mutu air limbah menetapkan bahwa nilai TSS limbah cair yang aman dibuang ke lingkungan adalah < 50 mg/L. Efisiensi penyisihan TSS lebih tinggi jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Yulianto *et al.* 2009). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukannya untuk pengolahan limbah cair industri batik pada skala lab, proses elektrokoagulasi dapat menurunkan kadar TSS dengan efisiensi sebesar 77% pada tegangan sebesar 25 Volt dan waktu kontak 60 menit menggunakan elektroda *stainless steel* dengan jarak elektroda 1,5 cm.

Pengaruh Tegangan dan Waktu Kontak Elektrokoagulasi terhadap Kekeruhan Limbah Cair Industri Pangan

Salah satu karakteristik limbah yang menjadi nilai penting bagi limbah sebelum dibuang ke lingkungan adalah kekeruhan. Kekeruhan atau *turbidity* digunakan untuk menyatakan derajat kegelapan di dalam air yang disebabkan oleh bahan-bahan yang melayang biasanya bahan organik dan inorganik. Semakin pekat atau keruh suatu limbah cair yang dibuang ke lingkungan maka kualitas limbah dan keamanannya terhadap lingkungan semakin buruk. Selain berpengaruh terhadap penurunan nilai TSS, elektrokoagulasi yang dilakukan juga berpengaruh terhadap nilai kekeruhan dari limbah yang digunakan.

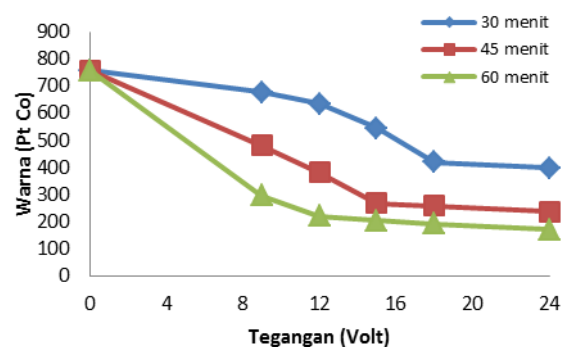


Gambar 4. Pengaruh elektrokoagulasi terhadap penurunan kekeruhan limbah cair industri pangan

Hasil pengaruh elektrokoagulasi terhadap nilai kekeruhan limbah (Gambar 4) dapat terlihat bahwa semakin tinggi tegangan yang diberikan dan semakin lama waktu kontak maka penurunan nilai kekeruhan semakin besar. Nilai kekeruhan awal limbah cair sebelum dielektrokoagulasi adalah 138 FTU. Efisiensi penyisihan kekeruhan yang tertinggi terjadi pada kombinasi tegangan 24 V dan waktu kontak 60 menit dengan besar efisiensi 76,85% (nilai kekeruhan 32 FTU), sedangkan efisiensi terendah terjadi pada kombinasi tegangan 9 V dan waktu kontak 30 menit dengan nilai sebesar 9,04% (nilai kekeruhan 126 FTU). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ni'am *et al.* (2007), proses elektrokoagulasi yang dilakukan pada 2 L limbah cair sintetik dari susu menggunakan elektroda besi dengan luas efektif 142,40 cm² dapat menurunkan nilai kekeruhan dari 447 NTU menjadi 9 NTU (efisiensi 98%) pada arus 5,62 mA/cm² selama 50 menit.

Pengaruh Tegangan dan Waktu Kontak Elektrokoagulasi terhadap Warna Limbah Cair Industri Pangan

Parameter lain yang dapat dijadikan indikasi baik tidaknya kualitas limbah cair adalah warna. Kemampuan penetrasi cahaya dipengaruhi oleh kekeruhan suspensi zat dalam air, dan planktonik (jasad renik).



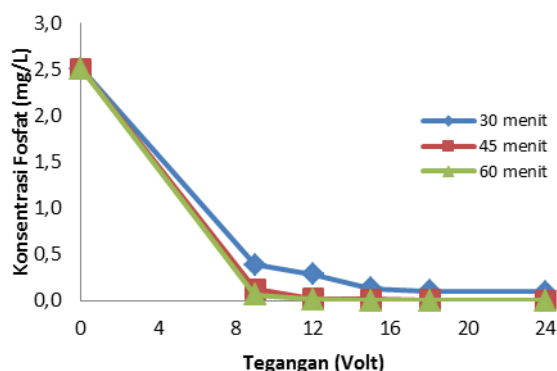
Gambar 5. Pengaruh elektrokoagulasi terhadap penurunan warna limbah cair industri pangan

penurunan warna limbah cair industri pangan

Hasil pengujian pengaruh perlakuan elektrokoagulasi terhadap warna limbah (Gambar 5) terlihat bahwa semakin tinggi tegangan yang diberikan dan semakin lama waktu kontak maka penurunan nilai warna semakin besar. Nilai warna awal limbah cair industri pangan sebelum dielektrokogulasi (tegangan 0 V) adalah sebesar 758 PtCo. Efisiensi penyisihan warna yang tertinggi terjadi pada kombinasi tegangan 24 V dan waktu kontak 60 menit dengan besar efisiensi 77,49% (nilai warna 171 PtCo), sedangkan efisiensi terendah terjadi pada kombinasi tegangan 9 V dan waktu kontak 30 menit dengan nilai sebesar 10,56% (nilai warna 678 PtCo). Menurut Darmawan *et al.* (2006), konstanta adsorpsi zat warna merupakan fungsi kesebandingan dari voltase yang diberikan, dengan kata lain laju adsorpsi zat warna sebanding dengan voltase elektrolisis besi. Proses dekolorisasi dapat terjadi karena koagulasi zat warna yang terdapat dalam limbah cair oleh koloid besi hidroksida yang dilepaskan selama elektrokoagulasi. Proses koagulasi disebabkan oleh adanya perbedaan muatan pada kedua partikel tersebut (zat warna dan besi hidroksida). Semakin besar tegangan yang diberikan semakin besar pula arus yang mengalir pada larutan, sehingga menyebabkan semakin cepat reaksi pembentukan hidroksida koagulan. Dengan demikian semakin cepat pula reaksi dekolorisasi yang terjadi (Darmawan *et al.* 2006).

Pengaruh Tegangan dan Waktu Kontak Elektrokoagulasi terhadap Konsentrasi Fosfat Limbah Cair Industri Pangan

Konsentrasi fosfat pada limbah cair industri pangan adalah 2,50 mg/L. Proses elektrokoagulasi ternyata memberi pengaruh terhadap penurunan konsentrasi fosfat.



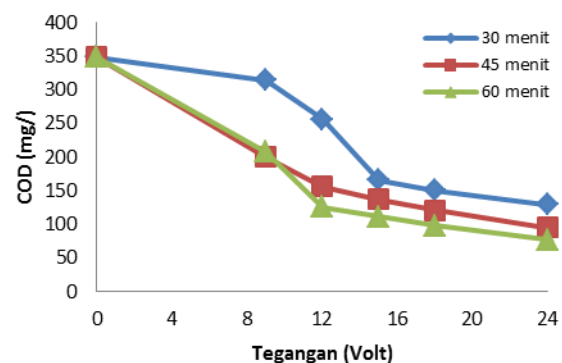
Gambar 6. Pengaruh elektrokoagulasi terhadap penurunan konsentrasi fosfat limbah cair industri pangan

Hasil pengujian pengaruh elektrokoagulasi terhadap konsentrasi fosfat (Gambar 6) menunjukkan bahwa semakin tinggi tegangan dan

semakin lama waktu kontak elektrokoagulasi yang diberikan maka semakin menurun konsentrasi fosfat dari limbah cair tersebut. Efisiensi penurunan konsentrasi fosfat tertinggi pada limbah cair industri pangan diperoleh pada tegangan 24 V dengan waktu kontak 60 menit yaitu sebesar 100 % (konsentrasi fosfat 0 mg/L), sedangkan efisiensi penurunan terkecilnya diperoleh pada tegangan 9 V dengan waktu kontak 30 menit mencapai 84,50% (konsentrasi fosfat 0,39 mg/L). Efisiensi penyisihan fosfat dapat dikatakan sangat tinggi, hal ini dikarenakan konsentrasi fosfat awal limbah cair yang tidak terlalu tinggi pula. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Afriyanti (2011) yaitu pemisahan mikroalga dari limbah cair rumah potong hewan menggunakan metode elektrokoagulasi, efisiensi penyisihan konsentrasi fosfat dapat mencapai 65,24%. Afriyanti (2011) menambahkan pengaruh elektrokoagulasi terhadap penurunan konsentrasi fosfat terjadi karena ion positif yang dihasilkan oleh anoda melalui reaksi oksidasi akan berikatan dengan ion negatif (PO_4^{3-}) sebagai fosfat dan membentuk koloid.

Pengaruh Tegangan dan Waktu Kontak Elektrokoagulasi terhadap COD Limbah Cair Industri Pangan

Menurut Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta No. 122 tahun 2005, baku mutu COD adalah < 80 mg/L sehingga nilai COD limbah cair industri pangan cukup tinggi yaitu sebesar 349 mg/L. Dengan nilai COD tersebut maka limbah cair industri pangan belum dapat memenuhi baku mutu lingkungan dan tergolong dalam kategori limbah yang berpotensi mencemari lingkungan. Hasil pengujian yang dilakukan menunjukkan adanya penurunan konsentrasi COD sebagai akibat proses elektrokoagulasi. Pengaruh variasi kombinasi teknik elektrokoagulasi terhadap limbah cair industri pangan dan air lindi dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengaruh elektrokoagulasi terhadap penurunan COD limbah cair industri pangan

Dari grafik diatas dapat terlihat bahwa semakin tinggi tegangan yang diberikan dan semakin lama waktu kontak maka penurunan konsentrasi

COD semakin besar. Efisiensi penyisihan konsentrasi COD yang tertinggi terjadi pada kombinasi tegangan 24 V dan waktu kontak 60 menit dengan besar efisiensi 77,78% (konsentrasi COD 77 mg/L), sedangkan efisiensi terendah terjadi pada kombinasi tegangan 9 V dan waktu kontak 30 menit dengan nilai sebesar 9,83% (konsentrasi COD 314 mg/L). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ni'am *et al.* (2007), efisiensi penyisihan COD dengan proses elektrokoagulasi dapat mencapai 72,28% dimana kuat arus listrik yang digunakan adalah 5,62 mA/cm² dengan waktu kontak selama 50 menit. Pada penelitian ini Ni'am *et al.* (2007) menggunakan air limbah susu dengan nilai konsentrasi COD awal 1140 mg/L. Penyisihan COD yang semakin besar seiring dengan besar tegangan yang diberikan disebabkan karena elektroda semakin

banyak melepaskan besi hidroksida, sehingga semakin banyak pula polutan yang teradsorpsi dan membentuk flok. Selain itu proses elektrokoagulasi juga melepaskan oksigen yang dapat bekerja secara aktif untuk dapat mengurai ikatan-ikatan polutan organik yang terdapat dalam limbah cair.

Dari hasil-hasil pengujian yang telah dilakukan dapat terbukti bahwa proses elektrokoagulasi dapat memperbaiki kualitas limbah cair. Proses elektrokoagulasi terbaik dalam meningkatkan kualitas limbah cair terjadi pada tegangan 24 V dan waktu kontak elektrokoagulasi selama 60 menit. Hasil perbaikan kualitas limbah cair industri pangan setelah elektrokoagulasi dengan menggunakan tegangan 24 V dan waktu kontak 60 menit dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbaikan kualitas limbah cair industri pangan setelah proses elektrokoagulasi 24 V selama 60 menit

Parameter	Satuan	Awal	Setelah Elektrokoagulasi	Efisiensi (%)
pH		7,25	7,99	
TSS	mg/L	61	7	88,02
Kekeruhan	FTU	138	32	76,85
Warna	PtCo	758	171	77,49
Konsentrasi Fosfat	mg/L	2,50	0	100
COD	mg/L	349	77	77,78

Proses elektrokoagulasi pada penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium, sehingga diperlukan kajian lebih lanjut mengenai *scale up* proses elektrokoagulasi. Hal ini penting dilakukan untuk melihat kemungkinan penerapan proses elektrokoagulasi dalam skala industri. Selain itu biasanya pada industri-industri, proses pengolahan limbah lebih sering dilakukan dengan sistem kontinyu. Hal ini dikarenakan kelebihan utama proses kontinyu, yaitu pemantauan dan pengendalian proses lebih sederhana. Proses pengolahan limbah cair melalui proses elektrokoagulasi dalam skala yang lebih besar (*pilot plant*) dan sistem kontinyu telah dilakukan oleh Mukimin (2006). Pada penelitiannya, Mukimin (2006) menggunakan limbah cair industri berbasis logam untuk diolah dengan teknologi elektrokoagulasi flotasi yang dilakukan pada skala 40 Liter dengan elektroda aluminium (Al) dan besi (Fe) dengan dimensi 25 x 50 cm sebanyak 4 pasang dimana rapat arus yang diterapkan adalah 10-50 A/m² dan laju alir 2-6 L/menit. Hasil terbaik dari penelitian yang dilakukan oleh Mukimin (2006) didapat dari rapat arus 50 A/m² dan laju alir 2 L/menit dimana efisiensi penyisihan COD-nya adalah 84,28%. Mukimin (2006) juga melakukan penelitian pendahuluan pada skala limbah 500 ml dalam sistem batch. Pada penelitian pendahuluannya, efisiensi penyisihan COD yang dicapai adalah sebesar 73,65%. Sehingga dapat terlihat bahwa penyisihan COD pada proses

elektrokoagulasi secara kontinyu dalam skala *pilot plant* lebih tinggi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Elektrokoagulasi dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas limbah cair sehingga limbah cair yang diolah memenuhi baku mutu lingkungan yang berlaku. Variasi tegangan dan waktu kontak elektrokoagulasi yang diberikan mempengaruhi penurunan nilai TSS, kekeruhan, warna, konsentrasi COD dan konsentrasi fosfat. Sedangkan untuk nilai pH cenderung mengalami peningkatan. Efisiensi tertinggi untuk penurunan nilai parameter pencemar dalam limbah cair industri pangan berturut-turut adalah sebagai berikut TSS 88,02%, kekeruhan 76,85%, warna 77,49%, konsentrasi fosfat 100% dan konsentrasi COD 77,78%. Sedangkan nilai pH tertinggi efluen proses elektrokoagulasi yang dicapai adalah 8,29. Dilihat dari segi efisiensi penyisihan parameter pencemar, kombinasi terbaik dicapai pada tegangan 24 Volt dan waktu kontak 60 menit. Semakin tinggi tegangan dan waktu kontak elektrokoagulasi yang diberikan maka kondisi akhir limbah cair yang digunakan semakin baik karena penurunan kadar parameter pencemar yang ada semakin tinggi.

Saran

Proses elektrokoagulasi dapat memperbaiki kualitas limbah cair yang diolah, namun sebaiknya dilakukan kajian lebih lanjut mengenai *scale up* proses dan penelitian dengan sistem kontinu agar dapat dilihat kemungkinan penerapannya pada skala industri. Pada penerapannya, sebaiknya diperhatikan besar penggunaan tegangan listrik yang juga menjadi titik kritis apakah proses elektrokoagulasi lebih menguntungkan jika dibandingkan dengan koagulasi dan flokulasi dengan penambahan bahan kimia.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriyanti N. 2011. *Kajian Teknik Elektrokoagulasi untuk Pemisahan Mikroalga*. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian, IPB Bogor.
- Al-Anbari RH, Albaidani J, Alfatlawi SM dan Al-Hamdani TA. 2008. Removal of Heavy Metals from Industrial Water Using Electro-Coagulation Technique. *Twelfth International Water Technology Conference*.
- APHA. 2005. *21th Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.
- Darmawan A, Suhartana dan Kristinawati L. 2006. Koagulasi Pewarna Indigo Karmina dengan Metode Elektrolisis menggunakan Anoda Seng. *JSKA*, IX (1).
- Dimoglo A, Akbulut HY, Cihan F dan Karpuzcu M. 2004. Petrochemical Wastewater Treatment by Means of Clean Electrochemical Technologies. *Clean Techn Environ Policy*, 6: 288-295.
- Holt P. 2002. *Electrocoagulation : Unravelling and Synthesising the Mechanisms Behind a Water Treatment Process*. Tesis. University of Sidney.
- Iswanto B, Silalahi MDS dan Purnama FD. 2009. Pengolahan Air Limbah Emulsi Minyak-Deterjen dengan Proses Elektrokoagulasi menggunakan Elektroda Alumunium. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 5(2): 55-61.
- Keenan CW, Kleinfelter DC, dan Wood JH. 1980. *Kimia untuk Universitas*. Penerbit Airlangga, Jakarta.
- Metcalf dan Eddy. 2003. *Wastewater Engineering*, Singapore, McGraw Hill International Edition.
- Mollah MYA, Schennach R, Parga JR dan Cocke DL. 2001. Electrocoagulation (EC)-Science and Applications. *J. Hazard. Mater.*, B84: 29-41.
- Mukimin A. 2006. *Pengolahan Limbah Industri berbasis Logam dengan Teknologi Elektrokoagulasi Flotasi*. Tesis. Universitas Diponegoro.
- Ni'am MF, Othman F, Sohaili J dan Fauzia Z. 2007. Removal of COD and Turbidity to Improve Wastewater Quality using Electrocoagulation Technique. *The Malaysian Journal of Analytical Science*, 11(1): 198-205.
- Orori BO, Etiegni L, Rajab MS, Situma ML dan Ofosu-Asiedu K. 2005. Decolorization of a Pulp and Paper Mill Effluent in Webuye Kenya by a Combination of Electrochemical and Coagulation Methods. *Proquest Agriculture Journals*, 106 (3): 21.
- Ponselvan FIA, Kumar M, Malviya JR, Srivastava VC dan Mall ID. 2008. Electrocoagulation Studies on Treatment of Biodigester Effluent using Alumunium Electrodes. *Water Air Soil Pollut*, 199: 371-379.
- Purwaningsih I. 2008. *Pengolahan Limbah Cair Industri Batik CV. Batik Indah Raradjonggrang Yogyakarta dengan Metode Elektrokoagulasi ditinjau dari Parameter Chemical Oxygen Demand (COD) dan Warna*. Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia.
- Widayatno TS. 2008. Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka dengan menggunakan Metode Elektroflokulasi. *Jurnal Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah-Surakarta*.
- Yulianto A, Hakim L, Purwaningsih I dan Pravitasari VA. 2009. Pengolahan Limbah Cair Industri Batik pada Skala Laboratorium dengan menggunakan Metode Elektrokoagulasi. *Jurnal Teknik Lingkungan UII-Yogyakarta*.