



Kaji Analisis Pengaruh Jumlah Pasangan Elektroda dan Waktu Proses Pengolahan Limbah Tekstil dengan Metode Elektrokoagulasi terhadap Penyisihan COD dan Penurunan Turbiditas

Yunus Tonapa, Agustinus Ngatin, Mukhtar Gozali

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung

Jl. Gegerkalong Hilir, Ds Ciwaruga, Bandung, Telp dan Fax (022) 2013789 dan 2013788

Abstrak

Industri tekstil merupakan salah satu industri penghasil limbah cair yang paling banyak dan memiliki masalah yang kompleks. Untuk itu dibutuhkan peralatan dan metode yang tepat sehingga buangan limbahnya tidak mengganggu lingkungan dan mahluk hidup didalamnya. Proses pengolahan yang diterapkan adalah metode elektrokoagulasi dengan variasi pasangan elektroda Al-Fe adalah 1, 2, 3 dan 4 dengan variasi waktu proses yaitu 30, 40, 50, 60, 70, 80 dan 90 menit dengan rapat arus 0,5 A/dm². Kapasitas reaktor proses adalah 5 L dengan ukuran 27,5 cm x 19,5 cm x 18 cm. Ukuran elektroda Al dan Fe adalah tercelup 9 cm x 15 cm Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah pasangan elektroda semakin banyak menunjukkan hasil penurunan turbiditas yang semakin baik. Berdasarkan variasi waktu diperoleh waktu optimum pada run 1 adalah 80 menit dengan nilai COD 158 mg O₂/L dengan efisiensi penyisihan COD sebesar 87,33%, nilai turbiditas 0,21 NTU dengan efisiensi penurunan turbiditas sebesar 98,78%, dan mempunyai pH akhir sebesar 9,27. Untuk waktu optimum pada run 2 adalah 70 menit dengan nilai COD 412,12 mg O₂/L dengan efisiensi penyisihan COD sebesar 80,43%, nilai turbiditas 0,73 NTU dengan efisiensi penurunan turbiditas sebesar 98,39%, dan mempunyai pH akhir sebesar 8,61. Run 1 dan 2 menunjukkan hasil yang berbeda disebabkan karakteristik limbah awal berbeda. Hal baru yang diperoleh dari penelitian tersebut adalah penggunaan kombinasi pasangan elektroda lebih dari satu pasang dan pengolahan limbah tanpa menggunakan bahan kimia.

Kata kunci: limbah tekstil, elektrokoagulasi, pasangan elektroda

Abstract

Textile industry is a type of waste water generating industries that generate the most waste water and complex problem. In order to support industrial waste water treatment, a large scale equipment and

method of waste water treatment is required. Prior to construction of a large-scale research is performed. This research aims to study the influence of Fe-Al electrode couple and processing time of textile waste treatment using electrocoagulation method on reduction COD and turbidity reduction. Reactor capacity of 5 L with dimension of 27,5 cm x 19,5 cm x 18 cm. Soaked Fe-Al electrode of 9 cm x 15 cm and Current density of 0,5 A/dm² was used in this research. Electrode couple varied by 1, 2, 3, and 4 then couple that gave the best result was treated in various processing time of 30, 40, 50, 60, 70, 80 and 90 minutes. Result of research showed that the more number of electrode couple gave the better turbidity reduction. Optimum time in 1st run obtained was 80 minutes which gave COD of 158 mg O₂/L and reduction efficiency of 87,33 %, turbidity of 0,21 NTU and turbidity reduction efficiency of 98,78 %, that gave and pH of 9,27. Optimum time in 2nd run obtained was 70 minutes which gave COD of 412,12 mg O₂/L and reduction efficiency of 80,34 %, turbidity of 0,73 NTU and turbidity reduction efficiency of 98,39 %, and pH of 8,61. Those two run gave different result due to difference of initial waste characteristics. The new innovation which take from this research was spend combination couple electrode and waste treatment without chemicals

Key word: textile waste, electrocoagulation, electrode couple

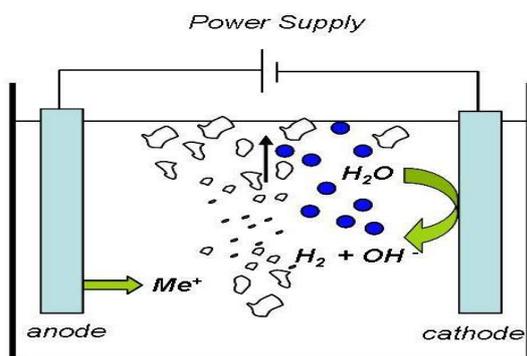
1. PENDAHULUAN

Limbah Cair Kawasan Industri adalah limbah dalam bentuk cair yang dihasilkan oleh kegiatan Kawasan Industri yang dibuang ke lingkungan hidup dan diduga dapat menurunkan kualitas lingkungan hidup (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 3, 1998). Salah satu industri yang memiliki masalah kompleks dalam limbah cair yang dihasilkan adalah limbah industri tekstil. Untuk menjamin kualitas air buangan dari industri tekstil, perlu dilakukannya



pengolahan terhadap limbah yang dihasilkan. Perlu dilakukannya pemilihan pengolahan air limbah secara tepat dan cermat karena pengolahan limbah memerlukan biaya investasi dan biaya operasi yang relatif tinggi.

Metode elektrokoagulasi merupakan salah satu yang merupakan salah satu aplikasi proses pengolahan limbah secara fisika dan kimia. Metode elektrokoagulasi merupakan metode pemisahan pengotor dalam limbah dengan mengalirkan arus listrik melalui dua buah elektroda yang dicelupkan ke dalam limbah tersebut dan tidak memerlukan penggunaan bahan kimia. Proses elektrokoagulasi mendestabilisasi suspensi, emulsi, dan larutan yang mengandung kontaminan dengan cara mengalirkan arus listrik melalui rangkaian dua buah elektroda yang dicelupkan dalam air limbah, menyebabkan terbentuknya gumpalan yang mudah dipisahkan. Untuk elektrokoagulasi, listrik yang dibutuhkan adalah listrik arus searah (DC= *direct current*), medianya adalah air limbah sebagai elektrolit. Elektroda yang digunakan adalah logam besi atau aluminium. Berikut ini merupakan gambar skematis proses elektrokoagulasi.



Gambar 1. Proses Elektrokoagulasi

Prinsip elektrokoagulasi adalah proses elektrokimia sebagai akibat adanya arus listrik searah (DC). Dalam suatu sel elektrokoagulasi, peristiwa oksidasi terjadi di elektroda positif (+) yaitu anoda, sedangkan reduksi terjadi di elektroda (-) yaitu katoda. Pada reaksi ini terjadi pergerakan 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).

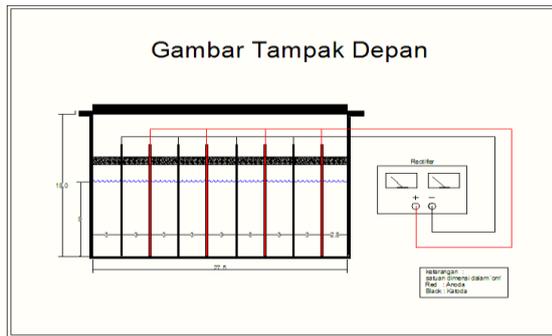
Teknik elektrokoagulasi telah dipakai untuk mengatasi permasalahan limbah industri tekstil Hafni, Kartini Noor (2007), pengolahan air gambut Suaib, Syamsul Bachri (2007), dan lain-lain. Teknik ini menunjukkan keefektifan teknologi dalam mengatasi permasalahan lingkungan, terutama untuk mengurangi permasalahan limbah (Chen, G., 2004).

Pada penelitian Kadir dan Asep (2008), menggunakan pasangan elektroda Al mampu menyisihkan kadar COD dengan efisiensi 97,01% efisiensi penurunan turbiditas 99,75% dan menggunakan elektroda Fe, efisiensi penyisihan COD 93,24% dan efisiensi penurunan turbiditas 91,40%. Menurut penelitian Tonapa dkk (2009), menggunakan elektroda Fe diperoleh kondisi rapat arus optimum 1 A/dm² dengan waktu proses 30 menit dan elektroda Al adalah 0,75 A/dm² dengan waktu proses 35 menit. Penelitian Faiqun dkk (2007) dengan rapat arus 0,562 A/dm² dan waktu proses 40 menit menghasilkan efisien penyisihan COD > 70% dan efisiensi penurunan turbiditas 96,74%.

Berdasarkan ke-tiga peneliti tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh jumlah pasangan elektroda (satu, dua, tiga atau empat pasang elektroda) dan waktu proses terhadap penurunan penyisihan COD, dan kekeruhan pengolahan limbah tekstil. Dengan demikian, ruang lingkup penelitian meliputi pengolahan air limbah tekstil dengan kapasitas 5 L menggunakan elektroda Aluminium (Al) dan Besi (Fe). Analisa air buangan proses meliputi kadar COD, turbiditas, dan pH. Dengan metode elektrokoagulasi ini tujuannya difokuskan untuk mendapatkan jumlah pasangan elektroda yang tepat dan diharapkan terjadi penurunan penyisihan COD dan turbiditasnya dengan signifikan, bahkan jika memungkinkan dapat mendekati batas yang ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan untuk menyelesaikan masalah pada proses pengolahan limbah dilakukan secara eksperimen di laboratorium. Tahap penelitian meliputi analisis kandungan COD, turbiditas, dan pH air limbah industri tekstil untuk menentukan karakteristik air limbah awal, persiapan awal, proses elektrokoagulasi, dan analisis air buangan proses. Kondisi operasi proses elektrokoagulasi dilakukan dengan rapat arus 0,5 A/dm² dan dengan waktu 35 menit pada 1 pasang, 2 pasang, dan 3 pasang, dan 4 pasang elektroda. Dengan peralatan elektrokoagulasi dibuat rangkaian alat seperti gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Rangkaian Peralatan Elektrokoagulasi

Proses elektrokoagulasi untuk empat (4) pasang elektroda dilakukan dengan menggunakan rapat arus sebesar 0,5 A/dm², dengan variasi waktu 30, 40, 50, 60, 70, 80, dan 90 menit. Analisis air buangan proses dan limbah awal meliputi analisis kadar COD secara, turbiditas menggunakan turbidimeter, dan pH menggunakan pH -meter.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum memaparkan hasil penelitian maka terlebih dulu melihat

Tabel 2. Hubungan Jumlah Pasang Elektroda dan COD, Turbiditas, dan pH

No	Jenis	pH	Turbiditas (NTU)	COD (mg O ₂ /L)	Ef Turbiditas	Penr	Eff.Penyh. COD
1	Limbah Awal	7.62	47.28	4152.464			
2	1 pasang	8.64	32.23	2209.568	31.83		46.79
3	2 pasang	9.29	16.57	914.304	64.95		77.98
4	3 pasang	9.47	8,07	325,768	82,93		91,15
5	4 pasang	9,27	2,99	225,980	93,67		94,55

Karakteristik awal air limbah tekstil ditunjukkan pada table 1 berikut.

(1) Tabel 1 Karateristik Awal Air Limbah Tekstil

No	Parameter	Jumlah
1	pH	7,62
2	Turbiditas (NTU)	47,28
3	COD (mg O ₂ /L)	4152,464
4	TDS (mg/L)	8220
5	TSS (mg/L)	2215

Tabel 1. dijadikan sebagai acuan untuk menganalisa hasil penelitian seberapa jauh keberhasilan yang dicapai. Hasil penelitian yang dijabarkan dalam bentuk tabel dan grafik menunjukkan bahwa penelitian tersebut cukup berhasil karena dapat menurunkan COD dan turbiditas dengan signifikan.

Hubungan Jumlah Pasang Elektroda dengan COD, Turbiditas, dan pH air buangan dan efisiensi proses ditunjukkan pada tabel 2.



Berdasarkan tabel 2 ditunjukkan bahwa jumlah pasang elektroda semakin banyak, maka pH larutan semakin tinggi. Hal ini terjadi karena proses elektrokoagulasi berjalan lebih cepat menunjukkan reaksi di setiap elektroda juga semakin cepat, sehingga produk hidroksida juga semakin naik. Kondisi ini, dalam waktu yang sama, dengan jumlah pasangan elektroda meningkat, maka pelarutan anoda semakin meningkat yang menyebabkan pembentukan $Al(OH)_3$ juga semakin meningkat dan pH air proses bersifat basa. Selain itu, pada tabel 2 ditunjukkan bahwa nilai turbiditas semakin menurun. Hal ini disebabkan efektifitas elektrokoagulasi dipengaruhi oleh jumlah elektroda yang digunakan (Holt dkk, 1999).

Turbiditas adalah kemampuan suatu larutan untuk melewati cahaya, maka semakin banyak jumlah pasang elektroda menyebabkan semakin banyak terbentuknya Al^{3+} sehingga kesempatan untuk

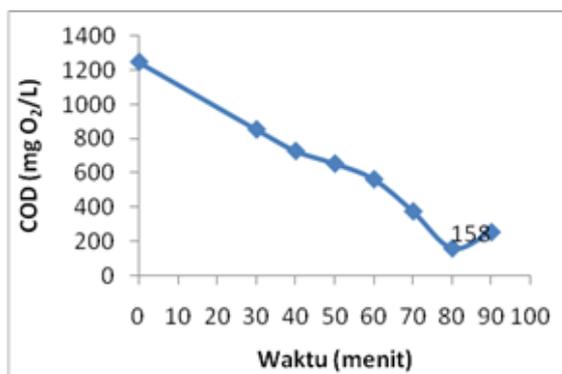
bereaksi dengan ion OH^- membentuk $Al(OH)_3$ untuk menggumpalkan padatan tersuspensi semakin besar. Padatan akan semakin cepat terendapkan dan sebagian lagi akan semakin cepat terflotasi oleh gas H_2 dan O_2 . Oleh karena itu, larutan akan semakin sedikit mengandung padatan. Padatan yang terdapat di larutan akan menyerap atau menghamburkan cahaya. Karena padatan yang terkandung sedikit maka cahaya yang dilewatkan semakin banyak dan nilai turbiditas menurun.

Dengan jumlah pasang elektroda meningkat juga ditunjukkan nilai COD dalam air limbah menjadi semakin kecil. Hal ini disebabkan semakin banyak jumlah pasang elektroda yang digunakan maka kontaminan limbah menjadi lebih kecil sehingga COD dalam air limbah menjadi kecil. Karakteristik air limbah pada pengujian menggunakan 4 pasang elektroda ditunjukkan pada tabel 3 berikut.

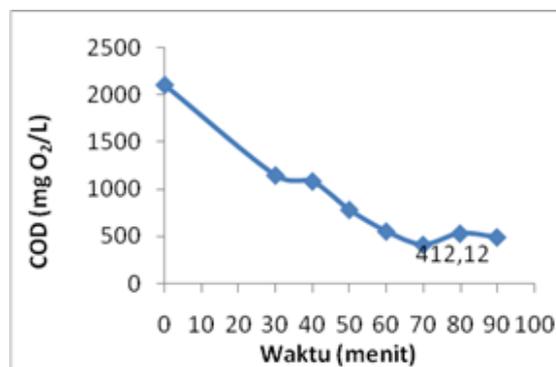
Tabel 3. Karakteristik awal air limbah tekstil

No	Parameter	Run 1	Run 2
1	pH	7.08	7.01
2	Turbiditas (NTU)	17.24	45.26
3	COD (mg O_2/L)	1247.376	2105.320

Pengaruh waktu proses untuk 4 pasang elektroda terhadap penurunan COD pada run 1 ditunjukkan pada gambar 3.(a) dan penurunan COD pada run 2 ditunjukkan pada gambar 3 (b).



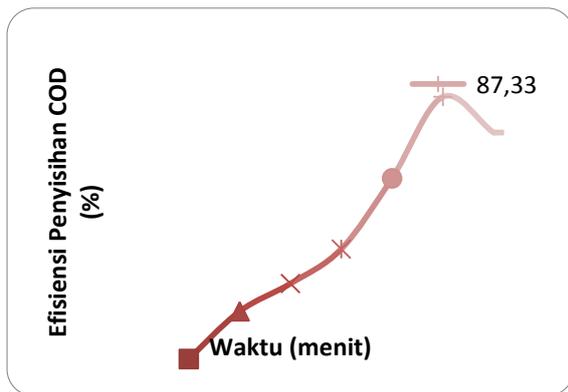
(a)



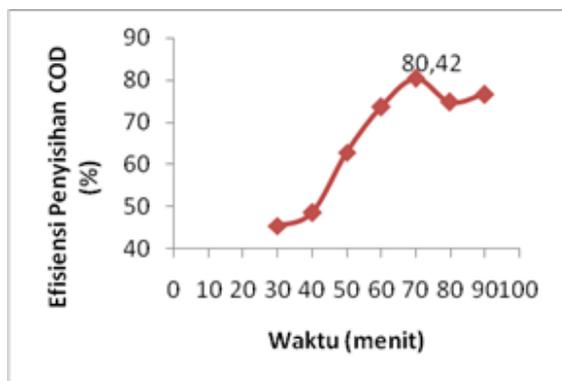
(b)

Gambar 3. Grafik Hubungan antara Waktu dan Penurunan COD (a) Run 1, (b) Run 2

Pengaruh waktu proses terhadap efisiensi penyisihan COD pada run 1 dan run 2 ditunjukkan pada gambar 4 (a) dan 4 (b)



(a)



(b)

Gambar 4. Grafik Hubungan Waktu dan Efisiensi Penurunan COD (a)Run 1, (b) Run 2

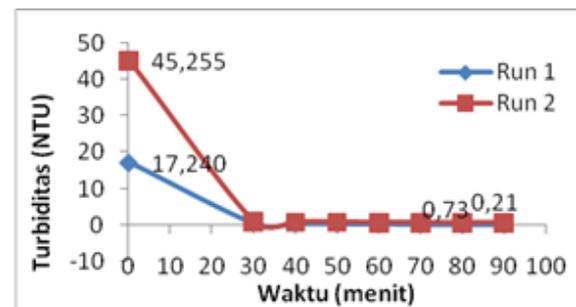
Dari tabel 3 dan gambar 3 dapat dilihat bahwa karakteristik air limbah pada run 1 mempunyai nilai COD yang lebih rendah dibandingkan nilai COD air limbah run 2. Pada run 1, pengolahan limbah paling optimum terjadi pada waktu 80 menit dengan nilai COD 158 mg O₂/L, sedangkan pada run 2 terjadi pada waktu 70 menit dengan nilai COD 412,12 mgO₂/L. Waktu optimum ditentukan pada saat nilai COD pada air hasil pengolahan paling kecil. Keduanya memiliki waktu optimum yang berbeda disebabkan karena karakter air limbah awal yang berbeda. Pada run 2, di waktu 80 menit, flok Al(OH)₃ kembali terurai sehingga efisiensi pengolahan menjadi berkurang.

Efisiensi pengolahan air limbah dapat dilihat pada tabel 3 dan gambar 4. Efisiensi proses pada run 1 sebesar 87,33% dan pada run2 sebesar 80,42% sehingga menunjukkan efisiensi proses pada run 1 lebih tinggi dibandingkan pada run 2. Hal ini terjadi karena penurunan jumlah senyawa organik pada run 1 lebih cepat karena jumlah senyawa organik yang terdapat di dalam air limbah lebih sedikit.

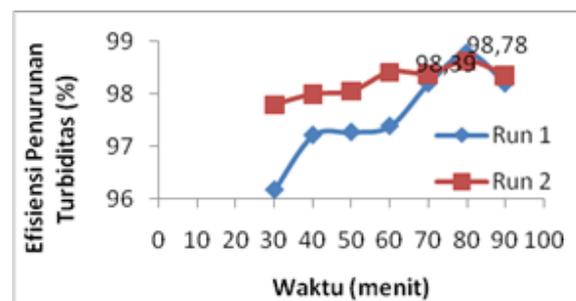
COD menunjukkan banyaknya kandungan organik yang terdapat di dalam suatu air limbah. Senyawa

organik ini meliputi padatan terlarut dalam air limbah. Pembentukan koagulan Al(OH)₃ mampu mengendapkan partikel terlarut di dalam air limbah. Selain itu, terbentuk gas H₂ di katoda dan O₂ di anoda mampu mengangkat sebagian partikel ringan (massa jenisnya kurang dari massa jenis air) naik ke permukaan. Oleh karena itu, penyisihan padatan terlarut sebanding dengan penyisihan senyawa organik. Nilai COD diwakili dengan banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mendegradasi senyawa organik karena senyawa organik yang dapat dioksidasi sebanding dengan jumlah oksigen dan dapat diukur menggunakan oksidator kuat dalam medium asam. Semakin sedikit kandungan oksigen yang dibutuhkan untuk mendegradasi senyawa organik, semakin sedikit pula senyawa organik yang harus didegradasi dan terkandung di dalam air limbah.

Grafik hubungan antara waktu proses terhadap penurunan turbiditas dan efisiensi penurunan turbiditas ditunjukkan pada gambar 5 (a) dan (b).



(a)



(b)

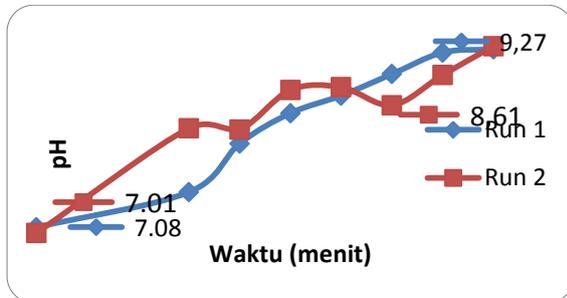
Gambar 5. Pengaruh Waktu terhadap (a) Penurunan Turbiditas, (b) %Ef. Penurunan Turbiditas

Pada gambar 5(a) ditunjukkan bahwa nilai turbiditas air limbah pada run 2 lebih tinggi daripada air limbah run 1, tetapi nilai turbiditas pada air buangan setelah proses hampir sama. Maka efisiensi proses elektrokoagulasi pada run 2 lebih baik daripada run 1. Hal ini seperti ditunjukkan gambar 5 (b) di atas. Pada waktu optimum, nilai turbiditas pada run 1



adalah 0,21 NTU dengan efisiensi 98,78% dan pada run 2 adalah 0,73 NTU dengan efisiensi 98,39%.

Grafik hubungan waktu proses dengan derajat keasaman (pH) ditunjukkan pada gambar 6 di bawah ini.



Gambar 6. Grafik antara waktu dan pH pada Run 1 dan Run 2

Selama proses elektrokoagulasi, di katoda terbentuk ion hidroksil (OH^-) yang lebih banyak dibandingkan ion H^+ di anoda sebagai reaksi samping. Hal ini menyebabkan sifat air limbah adalah basa. Dalam larutan kation Al^{3+} , hasil oksidasi dari logam Al di anoda, akan berikatan membentuk koagulan $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang bersifat basa. Oleh sebab itu, semakin lama waktu proses, semakin banyak terbentuk ion hidroksil (OH^-) sehingga pH air limbah akan semakin naik seperti ditunjukkan Gambar 6 dan pH pada waktu optimum untuk air buangan run 1 adalah 9,27 dan run 2 adalah 8,61. Pada run 1 dan run 2, pH air buangan unit elektrokoagulasi cenderung naik dengan meningkatnya waktu proses

Pada air limbah awal terlihat jelas warna larutan yang berwarna gelap dan setelah melewati proses elektrokoagulasi, warna air buangan proses elektrokoagulasi semakin berwarna bening. Hubungan waktu proses dengan perubahan warna yang terjadi ditunjukkan pada Gambar 7 berikut ini.



Gambar 7. Perubahan warna terhadap waktu proses

Berdasarkan Gambar 7 Semakin lama waktu proses, zat warna menjadi semakin berkurang. Zat warna mengandung senyawa organik dan biasanya berupa senyawa berikatan rangkap. Ikatan rangkap yang terdapat pada senyawa pembentuk warna akan

terputus akibat adanya arus yang mengalir sehingga zat warna akan pecah dan air buangan akan menjadi lebih bening. Selain itu, ion dari logam berat akan tereduksi sehingga membentuk atom logam yang tertarik ke katoda, lalu bercampur dengan pengotor dan terendapkan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu: Peningkatan jumlah pasang elektroda dengan Fe sebagai katoda dan Al sebagai anoda mempengaruhi efisiensi proses mengalami peningkatan.

1. Pada run 1 dengan rapat arus 0,5 A/dm² diperoleh waktu optimum 80 menit dengan efisiensi penyisihan COD sebesar 87,33 %, efisiensi penurunan turbiditas sebesar 98,78 % dan pH sebesar 9,27, run 2 waktu optimum dicapai pada waktu 70 menit dengan efisiensi penyisihan COD sebesar 80,42 % dan efisiensi penurunan turbiditas sebesar 98,39 % dan pH sebesar 8,61
2. Run 1 dan run 2 menunjukkan efisiensi yang berbeda karena perbedaan karakteristik limbah awal.
3. Pengolahan air limbah dengan metode elektrokoagulasi menyebabkan terjadinya penurunan COD, turbiditas serta perubahan pH dan warna dari limbah yang diolah.

Dari hasil yang dicapai sesuai tujuan dan sasaran, maka penelitian tersebut cukup berhasil, sebab dapat menurunkan parameter pencemar yang cukup signifikan dibandingkan air limbah awal. Selanjutnya ada rencana pada penelitian lanjutan akan dilakukan kajian baru mengenai perubahan proses dari system diam ke system mengalir dengan penambahan kapasitas *rectifier* yang lebih besar. Metode elektrokoagulasi dapat digunakan untuk pengolahan limbah industry dan kebutuhan air didaerah yang sedang dilanda banjir terutama untuk kebutuhan air dalam hal mandi dan mencuci. Pengolahan air dengan metode elektrokoagulasi tidak direkomendasikan untuk kebutuhan air minum.

UCAPAN TERIMAKASIH

Team peneliti mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Ir.Mei Sutrisno, MSc.,PhD selaku Direktur Politeknik Negeri Bandung



2. Dr. Ir. Ediana Sutjiredjeki, MSc, selaku ketua UPPM Politeknik Negeri Bandung
3. Dr. Carolus Bintaro, MT, selaku ketua panitia pelaksana INDUSTRIAL RESEARCH WORKSHOP & SEMINAR NASIONAL SAINS TERAPAN 2010 “PERAN SAINS TERAPAN DALAM MENINGKATKAN KAPASITAS INOVASI NASIONAL MENUJU KEMANDIRIAN BANGSA”

Sehingga kami diberi kesempatan untuk turut mengambil bagian dalam seminar tersebut di atas. Akhirnya penulis berharap semoga tulisan ini bermanfaat bagi kita semua.

DAFTAR PUSTAKA

1. Chen, G. 2004. *Electrochemical technologies in wastewater treatment*, Sep.Purif.Technol. 38 hal.11–41.
2. Faiqun, Ni'am, Moh. 2007. *Removal of COD and Turbidity to Improve Waste Water Quality Using Electrocoagulation Technique*. Journal of Analytical Sciences. Vol 11 No : 1, 2007 P : 198-205.
3. Faraday, Michael. 1834. *Philosophical Transactions of the Royal Society*.www.wikipedia.com (07/04/2008).
4. Hafni, Kartini Noor. 2007. *Pengolahan Air Buangan Pencelupan Tekstil dengan Proses Elektrokoagulasi Memakai Elektroda Aluminium*.
5. Hoo K, Suryo W. 1982. *Pengolahan Air Industri*. Bogor:Pusbangtepa IPB.
6. <http://id.wikipedia.org/wiki/Aluminium>(online tanggal 6 Agustus 2010)
7. <http://id.wikipedia.org/wiki/Besi>(online tanggal 6 Agustus 2010)
8. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: KEP-51/MENLH/10/1995.
9. Mollah, M.Y.A., R. Schennach, J.P. Parga, D.L. Cocke. 2001. *Electrocoagulation(EC)-science and Applications*. J.Hazard. Mater. B84, hal.29–41.
10. Suaib, Syamsul Bachri. 2007. *Pengaruh Rapat Arus Listrik, Jumlah dan Jenis Elektroda terhadap Efektifitas Penurunan Warna pada Air Gambut dengan Proses Elektrokogulasi*.

