

Pengolahan Limbah Cair Tekstil Menggunakan Proses Elektrokoagulasi Dengan Sel Al – Al

Bambang Hari P

Jurusan Teknik Kimia – Universitas Jenderal Achmad Yani
e-mail: bhpujtk@yahoo.co.id

Abstract. Wastewater and its problems will emerge where human being have activity, thrown volume household wastewater can reach more than 60 %. Industrial wastewater around 30 – 40 %, but is always assumption contributor of biggest environ-mental pollution. Till now many industry not yet doing treating of wastewater to lessen burden of pollutant yielded before thrown to water body. Reason of the core important is operating expenses which is high enough.

Pre-treatment like aeration in pond or basin, adding chemicals to precipitated pollutant especially heavy metal which generate color and dangerous ought to earn to be done by every industry. Because continuity produce and the long time pre-treatment of wastewater causing all industrialist unwilling to operate pre-treatment is mentioned.

Electrocoagulation is not a new technology, but in Indonesia not yet applied in social activities in its applying. This process modestly and easy to applied good ability in coagulation of pollutant, for organic and inorganic materials. In this research using plate of aluminium and iron, and also combination from both.

This research have been done in laboratory of General Achmad Yani, giving result of well enough especially at degradation of content of total suspended solid (TSS), COD, and BOD. Research with 5 Liter capacities, specification of rectifier of current 30 Amp, 24 V. Variation of time 10, 15 ,20, 25, and 30 minute and also plate formation variation of anode and cathode; six plate of Al – Al, four plate of Al – Al, and two plate Al – two steel plate.

Reached result of process of electrocoagulation can degrade, TSS = 90.18%; COD= 83.60 %; BOD= 87,35% . the best result of process of electro-coagulation by using six plat Al – Al with duration time 25 minute.

Key word: aeration, electrocoagulation, wastewater, anode, cathode, pollutant,

Abstrak. Limbah cair dan permasalahannya akan muncul dimana manusia beraktivitas, limbah cair rumah tangga volume yang dibuang dapat mencapai 60% lebih. Limbah cair industri sekitar 30 – 40 %, tetapi selalu dianggap penyumbang pencemar lingkungan yang terbesar. Sampai saat ini belum banyak industri yang melakukan pengolahan limbah cair untuk mengurangi beban polutan yang dihasilkan sebelum dibuang ke badan air. Alasan utamanya adalah biaya operasional yang cukup tinggi.

Pengolahan awal seperti aerasi dalam kolam penampung, penambahan sedikit bahan kimia untuk mengendapkan pengotor dan polutan terutama logam berat yang menimbulkan warna dan berbahaya seharusnya dapat dilakukan oleh setiap industri. Tetapi karena kontinuitas produksi dan lamanya pengolahan limbah awal yang menyebabkan para pengusaha enggan mengoperasikan pengolahan awal tadi.

Elektrokoagulasi bukanlah teknologi baru, tetapi di Indonesia belum memasyarakat -

dalam penerapannya. Proses ini sederhana dan mudah diterapkan dengan kemampuan yang baik dalam menggumpalkan berbagai pengotor dan polutan, baik bahan organik maupun anorganik. Dalam penelitian ini akan digunakan plat alumunium dan besi, serta kombinasi dari keduanya.

Penelitian telah dilakukan di laboratorium Teknik Kimia Universitas Jenderal Achmad Yani, memberikan hasil yang cukup memuaskan terutama pada penurunan kandungan padatan terlarut (TSS), COD, dan BOD. Penelitian dengan kapasitas 5 Liter limbah yang diolah, spesifikasi penyedia arus 30 Ampere dan 24 Volt. Variasi waktu 10, 15, 20, 25, dan 30 menit serta variasi susunan plat anoda dan katoda; enam plat Al - Al, empat plat Al - Al dan dua plat Al - dua plat baja.

Hasil yang dicapai dari proses elektrokoagulasi ini dapat menurunkan:

- padatan terlarut total (TSS)	= 76,27 %
- Kekeruhan	= 90,18 %
- COD	= 83,60 %
- BOD	= 87,35 %

Hasil terbaik proses elektrokoagulasi dengan menggunakan enam plat Al - Al dengan lama waktu 25 menit.

Kata Kunci: elektrokoagulasi, limbah cair, anoda, katoda, polutan, aerasi

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Keberadaan industri tekstil pada suatu daerah tentunya akan memberikan keuntungan secara ekonomi pada daerah tersebut, salah satunya adalah adanya penyerapan tenaga kerja dan pemasukan bagi daerah tersebut. Akan tetapi, seiring dengan keuntungan yang didapat tersebut, sebagian besar industri tekstil juga memberikan dampak negatif bagi lingkungan yaitu berupa limbah cair. Limbah cair tersebut berasal dari proses pencelupan, sehingga limbah yang dibuang ke lingkungan terlihat berwarna. Limbah cair tekstil yang dibuang dapat membahayakan lingkungan jika tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Salah satu kenyataan yang dihadapi oleh masyarakat yang berada dikawasan industri didaerah Cisirung Jalan Muhamad Toha Kabupaten Bandung. Limbah yang dibuang diindikasikan mengandung bahan-bahan kimia dan logam berat beracun (B3), sehingga menurunkan kualitas air sungai. Air sungai merupakan sumber air bagi penduduk para petani terutama yang berdekatan dengan sungai Citarum. Dampaknya adalah menurunnya produksi padi tersebut terjadi karena para petani menggunakan sungai yang sudah tercemar limbah industri tekstil sebagai sumber pengairan pertanian mereka.

Dampak lain yang nyata adalah pendangkalan sungai Citarum menjadi lebih cepat sehingga dapat kita ketahui bersama bila musim hujan tiba selalu terjadi banjir plus berbagai penyakit. Begitu pula jika musim panas mudah sekali kesulitan air dan kekeringan yang berkepanjangan.

Untuk mengatasi permasalahan limbah cair tekstil di atas diperlukan suatu metode pengolahan limbah yang inovasi, murah dan efektif sebelum limbah cair tersebut dibuang ke lingkungan. Metode elektrokoagulasi dapat digunakan untuk mengolah limbah cair tekstil dan memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan koagulasi dengan menggunakan bahan kimia. Elektrokoagulasi bukan merupakan teknologi yang baru, akan tetapi teknologi-

ini belum digunakan secara luas oleh industri disebabkan oleh mahalnya investasi awal untuk membangun instalasi pengolahan tersebut dibandingkan dengan terhadap teknologi pengolahan limbah cair yang lainnya. Berdasarkan uraian di atas, maka salah satu target dari usulan penelitian ini adalah merancang prototype yang dapat diterapkan dengan mudah oleh industri terutama yang menghasilkan limbah dengan kontinuitas dan kapasitas yang tinggi.

I.2. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

- a. Mengkaji kemampuan metode elektrokoagulasi terhadap penurunan kadar BOD, COD, dan warna yang dihasilkan karena logam berat dalam limbah cair industri tekstil.
- b. Menyajikan alternatif teknologi elektrokimia untuk mengolah limbah organik dan anorganik dengan biaya operasi yang terjangkau.

I.3 Rumusan Masalah

Ruang lingkup penelitian ini akan dibatasi pada masalah:

- a. Limbah cair yang diambil dari Industri Tekstil
- b. Variasi waktu kontak terhadap.
- c. Variasi daya listrik
- d. Variasi jenis elektroda
- e. Parameter yang akan diteliti adalah kandungan BOD, COD, dan TSS
- f. Percobaan menggunakan metode *batch*

Memberikan salah satu alternatif teknologi yang dapat digunakan untuk mengolah limbah cair tekstil dan limbah cair lainnya.

II. Tinjauan Pustaka

Perkembangan industri tekstil dan industri lainnya di Indonesia akan memberikan dampak negatif. Pembangunan industri tekstil tersebut terutama dari limbah cair yang dihasilkan, misalnya dari proses pencelupan, *printing* dan pencucian adalah sumber pencemaran lingkungan apabila air limbahnya dibuang langsung ke selokan atau sungai tanpa diolah terlebih dahulu. Air selokan dan sungai menjadi berwarna dan merubah kualitas air selokan atau air sungai sehingga tidak sesuai peruntukannya. Dampaknya sudah dapat diketahui dan dirasakan langsung oleh penduduk sekitar industri dan sungai yang tercemar, berbagai penyakit mudah menjangkit, produksi pertanian menurun dan lain sebagainya.

II.1 Pengolahan Limbah Cair Industri Tekstil

Maksud dan tujuan pengolahan limbah cair industri tekstil adalah bagaimana menghilangkan atau menurunkan unsur-unsur dan senyawa pencemar dari limbah tekstil untuk mendapatkan *effluent* dari pengolahan yang mempunyai kualitas yang dapat diterima oleh badan air penerima buangan tanpa gangguan fisik, kimia dan biologis.

Ada tiga cara pengolahan air limbah batik berdasarkan karakteristik, yaitu :

1. Pengolahan limbah cair secara fisik

Bertujuan untuk menyisahkan atau memisahkan bahan pencemar tersuspensi atau melayang yang berupa padatan dari dalam air limbah. Pengolahan limbah cair secara fisik pada industri batik misalnya penyaringan dan pengendapan. Aerasi adalah proses awal yang selalu dilakukan secara terbuka maupun dengan paksa (injeksi udara). Proses penyaringan dimaksudkan untuk memisahkan padatan tersuspensi atau padatan-

terapung yang relatif besar seperti lilin batik, zat-zat warna, zat-zat kimia yang tidak larut dan kotoran-kotoran pada limbah cair. Proses penyaringan ini dilakukan sebelum limbah tersebut mendapatkan pengolahan lebih lanjut. Sedangkan proses pengendapan ditujukan untuk memisahkan padatan yang dapat mengendap dengan gaya gravitasi.

2. Pengolahan limbah cair secara kimia

Bertujuan untuk menghilangkan partikel-partikel yang tidak mudah mengendap (*koloid*), menetralkan limbah cair dengan cara menambahkan bahan kimia tertentu agar terjadi reaksi kimia untuk menyisihkan bahan polutan. Penambahan zat pengendap disertai dengan pengadukan cepat menyebabkan terjadinya penggumpalan, hasil akhir proses pengolahan biasanya merupakan endapan yang kemudian dipisahkan secara fisika. Zat-zat pengendap yang ditambahkan biasanya adalah Kapur, Fero Sulfat, Feri Sulfat, Aluminium Sulfat, Feri Klorida dan sebagainya.

3. Pengolahan limbah cair secara biologi

Pengolahan secara biologi ini memanfaatkan mikroorganisme yang berada di dalam air untuk menguraikan bahan-bahan polutan. Pengolahan limbah cair secara biologi ini dipandang sebagai pengolahan yang paling murah dan efisien. Pengolahan ini digunakan untuk mengolah air limbah yang *biodegradable*.

II.2 Elektrokoagulasi

Elektrokoagulasi merupakan suatu proses koagulasi kontinyu dengan menggunakan arus listrik searah melalui peristiwa elektrokimia, yaitu gejala dekomposisi elektrolit, dimana salah satu elektrodanya adalah aluminium ataupun besi. Dalam proses ini akan terjadi proses reaksi reduksi dimana logam-logam akan direduksi dan diendapkan di kutub negatif, sedangkan elektroda positif (Fe) akan teroksidasi menjadi $[\text{Fe}(\text{OH})_3]$ yang berfungsi sebagai koagulan.

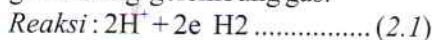
Reaksi kimia yang terjadi pada proses elektrokoagulasi yaitu reaksi reduksi oksidasi, sebagai akibat adanya arus listrik (DC). Pada reaksi ini terjadi pergerakan dari ion-ion yaitu ion positif (disebut kation) yang bergerak pada katoda yang bermuatan negatif. Sedangkan ion-ion negatif bergerak menuju anoda yang bermuatan positif yang kemudian ion-ion tersebut dinamakan sebagai anion (bermuatan negatif).

Elektroda dalam proses elektrokoagulasi merupakan salah satu alat untuk menghantarkan atau menyampaikan arus listrik ke dalam larutan agar larutan tersebut terjadi suatu reaksi (perubahan kimia). Elektroda tempat terjadi reaksi reduksi disebut katoda, sedangkan tempat terjadinya reaksi oksidasi disebut anoda. Menurut Johanes (1978) reaksi yang terjadi pada elektroda tersebut sebagai berikut:

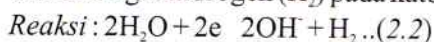
a) Reaksi pada Katoda

Pada katoda akan terjadi reaksi-reaksi reduksi terhadap kation, yang termasuk dalam kation ini adalah ion H^+ dan ion ion logam.

1. Ion H^+ dari suatu asam akan direduksi menjadi gas hidrogen yang akan bebas sebagai gelembung-gelembung gas.



2. Jika larutan mengandung ion-ion logam alkali, alkali tanah, maka ion-ion ini tidak dapat direduksi dari larutan yang mengalami reduksi adalah pelarut (air) dan terbentuk gas hidrogen (H_2) pada katoda.



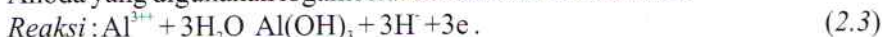
Dari daftar E° (deret potensial logam/deret volta), maka akan diketahui bahwa reduksi terhadap air limbah lebih mudah berlangsung dari pada reduksi terhadap pelarutnya (air).

K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Sn, Pb, Sb, Bi, Cu, Hg, Ag, Pt, Au.

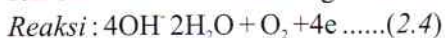
3. Jika larutan mengandung ion-ion logam lain, maka ion-ion logam akan direduksi menjadi logamnya dan terdapat pada batang katoda.

b) Reaksi pada Anoda

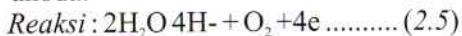
1. Anoda yang digunakan logam Aluminium akan teroksidasi:



2. Ion OH dari basa akan mengalami oksidasi membentuk gas oksigen (O₂):



3. Anion-anion lain (SO₄⁻, SO₃⁻) tidak dapat dioksidasi dari larutan, yang akan mengalami oksidasi adalah pelarutnya (H₂O) membentuk gas oksigen (O₂) pada anoda:



Dari reaksi-reaksi yang terjadi dalam proses elektrokoagulasi, maka pada katoda akan dihasilkan gas hidrogen dan reaksi ion logamnya. Sedang pada anoda akan dihasilkan gas halogen dan pengendapan flok-flok yang terbentuk.

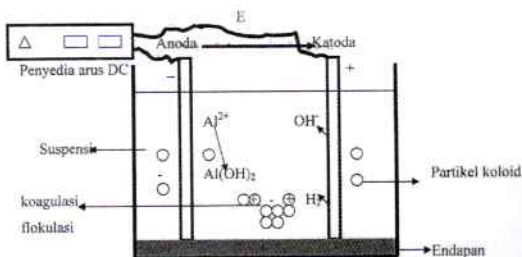
Proses elektrokoagulasi dilakukan pada bejana elektrolisis yang di dalamnya terdapat katoda dan anoda sebagai penghantar arus listrik searah yang disebut elektroda, yang tercelup dalam larutan limbah sebagai elektrolit.

Karena dalam proses elektrokoagulasi ini menghasilkan gas yang berupa gelembung-gelembung gas, maka kotoran-kotoran yang terbentuk yang ada dalam air akan terangkat ke atas permukaan air. Flok-flok terbentuk ternyata mempunyai ukuran yang relatif kecil, sehingga flok-flok yang terbentuk tadi lama-kelamaan akan bertambah besar ukurannya.

Setelah air mengalami elektrokoagulasi, kemudian dilakukan proses pengendapan, yaitu berfungsi untuk mengendapkan partikel-partikel atau flok yang terbentuk tadi. Kemudian efluen yang dihasilkan akan dianalisis di laboratorium.

Tabel 2.1 Kontaminan yang dapat direduksi melalui proses elektrokoagulasi

Kontaminan yang Direduksi	Persentase yang direduksi
BOD	90 %
TSS (Clay, coal, silika, dll)	99 %
Lemak, minyak, lemak	93 - 99 %
Air dari lumpur aktif	50 - 80 %
Logam-logam Berat	95 - 99 %
Fosfat	93 %
E-coli total	99 %



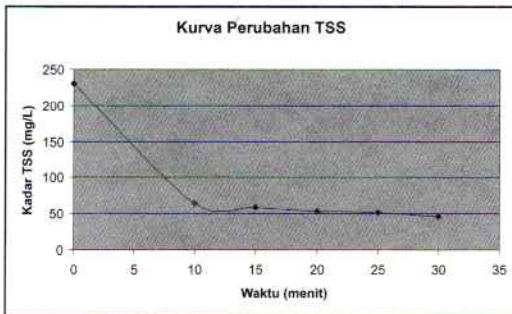
Gambar 2.1 Prinsip proses elektrokoagulasi

Sumber : GlobalSep Corporation

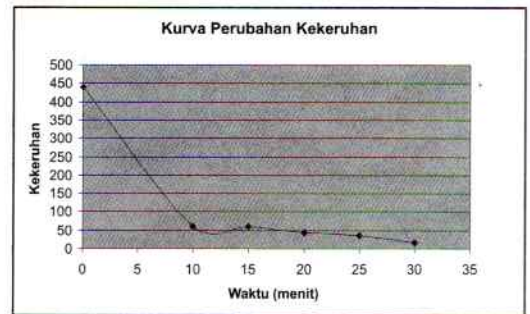
III. Hasil dan Diskusi

Tabel 3.1 Hasil setelah proses elektrokoagulasi kapasitas 5 Liter dengan menggunakan 6 plat Al – Al sebagai anoda dan katoda.

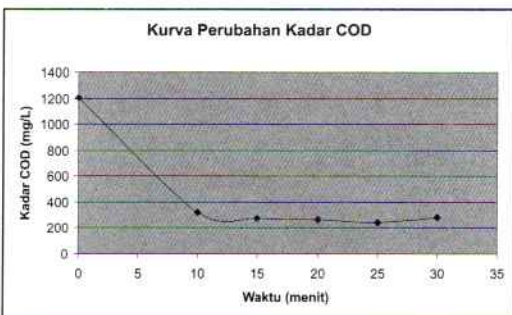
NO	Parameter	Variasi waktu (menit)				
		10	15	20	25	30
1	TSS (mg/L)	64	59	53	36	46
2	Kekeruhan (Cr)	59	60	45	36	16
3	(mg/L)	0,10	0,01	0,04	0,04	0,04
4	COD (mg/L)	320,1	271,5	266,7	244,2	278,6
5	BOD (mg/L)	181,4	153,9	151,2	138,4	157,9
6	pH	9,4	9,8	8,7	8,6	9,8



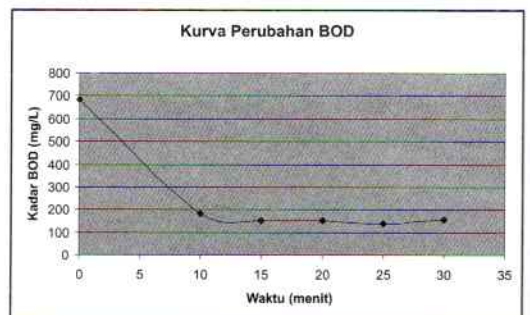
Gambar 3.1 Kurva hubungan antara perubahan kadar TSS terhadap waktu



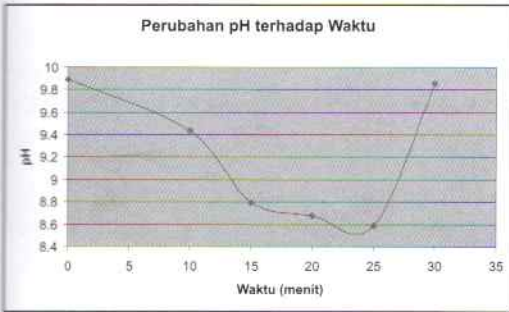
Gambar 3.2 Kurva hubungan antara penurunan kekeruhan terhadap waktu



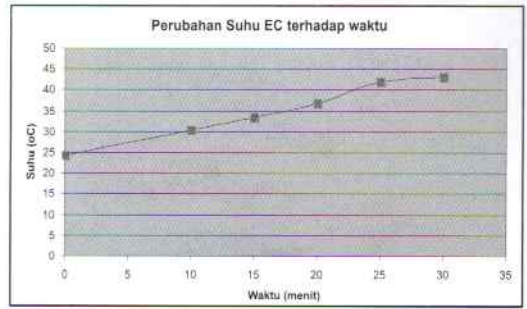
Gambar 3.3 Kurva hubungan antara perubahan kadar COD terhadap waktu



Gambar 3.4 Kurva hubungan antara perubahan kandungan BOD terhadap waktu



Gambar 3.5 Kurva hubungan antara perubahan pH terhadap waktu



Gambar 3.6 Kurva hubungan antara perubahan suhu terhadap waktu EC



Gambar 3.7 Kurva hubungan kehilangan berat plat Al terhadap waktu EC

Tabel 3.2 Perubahan kondisi limbah setelah proses elektrokoagulasi (EC) (Arus : 15 A; pH awal (rata): 10,52; suhu awal (rata): 24,5°C)

No	Waktu EC (menit)	pH	Suhu akhir (°C)	Massa Plat yang Hilang (g)
1	10	10,0	30,4	0,97
2	15	9,15	33,5	1,72
3	20	9,78	36,9	3,00
4	25	9,89	41,9	3,21
5	30	10,20	43,1	3,06

IV. Pembahasan

Hasil analisis setelah melalui proses elektrokoagulasi dengan plat Al – Al 6 (enam) lembar menunjukkan bahwa secara umum memberikan perubahan yang signifikan. Baik kadar TSS, kekeruhan, kadar COD, dan kadar BOD, sedangkan perubahan pH kurang signifikan bahkan pada proses elektrokoagulasi 15 menit dan 30 menit mengalami peningkatan. Pada proses elektrokoagulasi ini terjadi pembentukan endapan dan flok-flok yang terapung (flotation), hal ini sebagai indikasi bahwa ion-ion Al^{3+} mengikat polutan atau pengotor sangat efektif.

Kadar TSS mengalami perubahan yang cukup signifikan dengan penurunan rata-rata sebesar 76,27% dan semakin menurun terhadap waktu pada proses elektrokoagulasi 30 menit mencapai 80%, lihat gambar 4.1 kurva hubungan antara perubahan TSS terhadap waktu.

Kekeruhan atau *turbidity* mengalami perubahan yang lebih signifikan dibandingkan dengan kadar TSS yang rata-ratanya mencapai 90,18% dan semakin menurun terhadap waktu, pada proses elektrokoagulasi selama 30 menit penurunan dapat mencapai 96,36%. Gambar dalam bentuk grafik pada gambar 4.2.

Kadar COD (chemical oxygen demand) mengalami penurunan rata-rata mencapai 77,03%, dan penurunan tertinggi pada proses elektrokoagulasi dengan waktu 25 menit dengan penurunan sebesar 79,69%. Dalam bentuk grafik ditampilkan pada gambar 4.3.

Kadar BOD (biochemical oxygen demand) mengalami penurunan rata-rata mencapai 77,23% dan penurunan tertinggi pada proses elektrokoagulasi dengan waktu 25 menit dengan penurunan mencapai angka 79,87%. Dalam bentuk grafik ditunjukkan pada gambar 4.4.

Sedangkan pH tidak mengalami perubahan yang berarti dan ada kecenderungan stagnan pada penggunaan enam plat Al-Al, hal ini dimungkinkan karena ion Al^{+2} dapat menimbulkan suasana basa dalam limbah. Jadi dapat diprediksikan bahwa untuk limbah cair yang bersifat asam pengolahan dengan menggunakan elektrokoagulasi dapat menaikkan pH dengan efektif sampai dengan rentang pH yang dibolehkan oleh peraturan pemerintah sekitar pH 6 – 9.

Proses elektrokoagulasi melepaskan energi berupa panas atau perubahan suhu dalam limbah, semakin lama waktu proses EC terjadi peningkatan suhu

Terdapat kelemahan atau kekurangan dari proses elektrokoagulasi dengan limbah cair yang diolah dari industri tekstil, yaitu kadar bau belum dapat dikurangi walaupun secara visual dan analisis kimia kadar polutan dapat diturunkan.

Dari hasil percobaan dengan skala lab. kapasitas 5 (lima) Liter dan menggunakan penyedia arus (rectifier) dengan spesifikasi 30 A dan 24 Volt, kami mendapat kelemahan atau kekurangannya, diantaranya:

1. bau (bau busuk) belum dapat diturunkan atau dihilangkan
2. tegangan terhadap arus selalu berubah setiap waktu. (tabel perubahan tegangan terhadap arus pada lampiran 4).
3. terjadi peningkatan suhu terhadap lamanya waktu elektrokoagulasi, akibat dari berfluktuasinya tegangan terhadap arus.

V. Kesimpulan

Proses elektrokoagulasi dengan menggunakan plat Aluminium skala laboratorium dengan volume tangki 5 liter, sampel limbah yang dijadikan objek penelitian berasal dari industri tekstil. Memberikan hasil yang baik untuk pengolahan tahap awal dari rangkaian instalasi pengolah limbah dengan kualifikasi standar. Perubahan atau penurunan kadar polutan yang indikasinya ditunjukkan oleh parameter kadar TSS, kekeruhan, kadar COD, dan kadar BOD memberikan hasil dengan penurunan diatas 75%, dengan penurunan yang paling baik pada kekeruhan atau turbidity yang rata-rata (variasi waktu) mencapai 90,18% untuk penggunaan 6 (enam) plat Al-Al.

Sedangkan perubahan pH dari keadaan awal dan setelah proses elektrokoagulasi tidak -

mengalami penurunan yang signifikan. Penurunan sebesar 4,7 % pada proses elektrokoagulasi dengan waktu 10 menit. Setelah itu mengalami kenaikan lagi walaupun tidak melebihi keadaan awalnya. Proses elektrokoagulasi pada limbah tekstil ini belum dapat mengurangi bau.

Daftar Pustaka

1. Beagles.Abe.,Dr., **Electrocoagulation (EC)**– Science and Applications
2. Binnie., Chris., Kimber Martin., Smethurst. G., **Basic Water Treatment.**, Third edition., Royal Society of Chemistry., London 2002
3. Eckenfelder., W.,Wesley., **Industrial Water Pollution Control.**, Third Edition., Mc Graw Hill International Edition., Environmental Engineering Series., 2000
4. Metcalf & Eddy., **Wastewater Engineering Treatment and Reuse.**, Fourth Edition., New York., 2004
5. Prabowo, Bambang H., Wahyudi., Soleh., Hendriyana., **Prototype Perangkat Pengolah Limbah Elektroplating dan Recovery Logam Berharga.**, Laporan Hibah Bersaing Dikti.,2008
6. Sunardi., **Pengaruh Tegangan Listrik dan Kecepatan Alir Terhadap Hasil Pengolahan Limbah Cair yang Mengandung Logam Pb, Cd dan TSS Menggunakan Alat Elektrokoagulasi.**, Makalah Seminar Nasional III SDM Teknologi Nuklir., Yogyakarta Nopember 2007.,ISSN 1978-0176.
7. Wikipedia.,**Electrocoagulation.**, <http://en.wikipedi.org/electrocoagulation>
8. Zaroual.Z., Azzi. M., **Contribution to The Study Of Electrocoagulation Mechanism In Basic Textile Effluent.**, Journal of Hazardous Materials., http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6TG.....