

PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI BATIK PADA SKALA LABORATORIUM DENGAN MENGGUNAKAN METODE ELEKTROKOAGULASI

Andik Yulianto, Luqman Hakim, Indah Purwaningsih, Vidya Ayu Pravitasari

Jurusan Teknik lingkungan - Universitas Islam Indonesia Yogyakarta
Jl Kaliurang Km 14,4 Sleman Yogyakarta

E-mail: andik_y@yahoo.com

Abstrak

Elektrokoagulasi adalah metode koagulasi dengan menggunakan arus listrik searah melalui peristiwa elektrokimia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemungkinan penggunaan metode elektrokoagulasi sebagai alternatif dalam pengolahan limbah cair industri batik yang banyak terdapat di Yogyakarta. Percobaan ini menggunakan limbah batik asli dengan parameter yang diamati adalah perubahan konsentrasi bahan organik (COD), warna, Total Suspended Solid (TSS) dan Minyak Lemak. Penelitian dilakukan pada skala laboratorium secara batch dengan menggunakan 3 lempengan stainless steel berukuran $6 \times 10 \text{ cm}^2$ sebagai anoda dan 3 lempeng aluminium berukuran sama sebagai katoda. Variasi dilakukan pada tegangan listrik dan jarak lempeng elektroda. Pengadukan menggunakan pengaduk eksternal berupa paddle. Variasi tegangan listrik yang digunakan adalah 25 dan 30 volt dengan kuat arus 1 Ampere. Jarak elektroda yang digunakan adalah 1,5 dan 3 cm. Volume reaktor efektif 12 l. Sampel diambil pada 5, 10, 15, 30, 45, dan 60 menit sejak elektroda mulai dialiri arus listrik. Analisa sampel dilakukan setelah sampel terlebih dahulu diendapkan selama 30 menit. Analisa laboratorium mengacu pada SNI 06-6989.2-2004 untuk parameter COD, SNI M-03-1989-F untuk parameter warna, SK SNI M-03-1989-F untuk parameter TSS, dan SNI 06-6989.10-2004 untuk analisa minyak lemak. Hasil analisa menunjukkan adanya persentase penyisihan konsentrasi COD tertinggi mencapai 30 % terjadi pada menit ke 60, tegangan 25 Volt, dengan jarak elektroda 3 cm. Parameter warna dengan prosentase penurunan maksimum sebesar 64% pada menit ke 30, 12 Volt, jarak elektroda 1,5 cm. Penurunan konsentrasi TSS dan minyak lemak dengan persentase tertinggi sebesar 77% untuk TSS dan 88% untuk minyak lemak yang terjadi pada menit ke 60, pada tegangan sebesar 25 volt dengan jarak elektroda 1,5 cm. Secara umum percobaan ini menunjukkan pada skala laboratorium pada kondisi batch, metode elektrokoagulasi cukup efektif untuk mengolah limbah batik dibandingkan dengan proses koagulasi secara konvensional.

Abstract

Batik industrial wastewater treatment with electro coagulation method. Electro coagulation is a coagulation process using direct electric current through electro-chemical process. This research was aimed to identify the efficiency of Chemical Oxygen Demand (COD) separation, color, oil-grease and Total Suspended Solid (TSS) in traditional batik clothing industry wastewater with electro coagulation process. Research using 3 plates of Stainless Steel as anode and 3 plates of Aluminum as a cathode. Both electrodes have area of $6 \times 10 \text{ cm}^2$. Variation made in distance between electrode (1,5 and 3 cm) and electricity strength (12 and 30 volt). Reactor volume is 12 l and set on batch condition. Sample was taken from at time 5, 10, 15, 30, 45 and 60 minutes after the start. Laboratory analysis referred to SNI Method. Laboratory result showed COD separation with highest percentage reached 30% at 60 minutes with current strength 25 Volt, with the 3 cm electrode distance. Color maximum separation was 64% at 30 minutes, 12 Volt, with electrode distance 1,5 cm. TSS and oil-grease separation efficiency 77% and 88% at 60 minutes, with electric strength 25 volt and electrode distance 1,5 cm. In general this research showed that in batch condition, electro coagulation methods was more effective than conventional coagulation process in batik industrial wastewater treatment.

Key words: Electro coagulation, batik industrial wastewater

1. Pendahuluan

Salah satu industri penghasil limbah cair yang banyak terdapat di Yogyakarta adalah Industri tekstil/batik. Karena sebagian besar industri batik adalah industri kecil atau *home industry* maka debit limbah yang dihasilkan tidak banyak tetapi menyebar. Hal ini menyebabkan sebuah sistem pengolahan limbah batik secara terpusat sulit diaplikasikan, dan pendekatan yang tepat adalah pengolahan sedekat mungkin dengan sumber pencemar. Kondisi yang ada di lapangan menunjukkan sebagian besar limbah tidak diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air. Pengolahan yang paling umum digunakan adalah pengendapan biasa, atau menampung limbah dalam suatu tampungan. Beberapa kandungan di dalam limbah industri batik yang berpotensi menimbulkan pencemaran air adalah kandungan bahan organik, padatan tersuspensi, serta minyak- lemak yang tinggi.

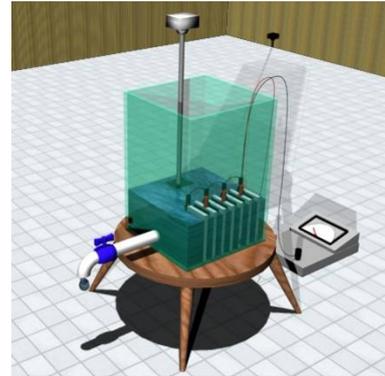
Elektrokoagulasi merupakan suatu proses koagulasi kontinu menggunakan arus listrik searah melalui peristiwa elektrokimia, yaitu gejala ekomposisi elektrolit, yang salah satu elektrodanya terbuat dari aluminium. Dalam proses ini akan terjadi reaksi reduksi dan didapatkan di kutub negatif, sedangkan elektroda positif (Fe) akan teroksidasi menjadi $Fe(OH)_3$ yang berfungsi sebagai koagulan [1].

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. Apabila dalam suatu elektrolit ditempatkan dua elektroda dan dialiri arus listrik searah, maka akan terjadi peristiwa elektrokimia yaitu gejala dekomposisi elektrolit, dimana ion positif (kation) bergerak ke katoda dan menerima elektron yang direduksi dan ion negatif (anion) bergerak ke anoda dan menyerahkan elektron yang dioksidasi [2]

Penelitian ini mencoba menggunakan proses elektrokoagulasi sebagai salah satu alternatif pengolahan limbah cair industri batik. Secara lebih khusus penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kuat arus, jarak elektroda dan waktu kontak pada metode elektrokoagulasi terhadap kadar COD, warna, TSS dan minyak lemak secara elektrokoagulasi.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium secara *batch*. Alat elektrokoagulasi yang dibuat terdiri dari dua komponen, yaitu bak elektrokoagulasi dan plat elektroda (Gambar 1).



Gambar 1. Alat percobaan elektrokoagulasi

Bak elektrokoagulasi dibuat dengan ukuran panjang 20 cm, lebar 20 cm dan tinggi 30 cm. Bak ini terbuat dari kaca dengan tebal 0,5 cm. Elektroda terdiri dari 3 buah katoda yang terbuat dari bahan aluminium dan 3 buah anoda terbuat stainless steel, masing-masing berukuran lebar 6 cm, panjang 10 cm dan tebal 8 mm. Katoda dialiri arus listrik searah dan disusun secara paralel.

Dalam penelitian ini dilakukan variasi kuat arus 12 volt dan 25 volt; variasi jarak antar elektroda 1,5 cm dan 3 cm; serta variasi waktu kontak 5 menit, 10 menit, 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit.

Limbah yang digunakan dalam percobaan ini adalah limbah asli yang berasal dari tampungan hasil proses pematikan pada salah satu industri batik di Yogyakarta. Tempat pengambilan sampel ditunjukkan pada Gambar 2. Parameter yang diuji adalah bahan organik dalam bentuk Chemical Oxygen Demand (COD), warna, TSS, dan minyak-lemak. Pemeriksaan COD menggunakan metode refluks tertutup secara spektrofotometri mengacu pada SNI 06-6989.2-2004. Sedangkan analisa parameter TSS menggunakan metode gravimetri dengan mengacu pada Air SK SNI M-03-1989-F Standard 2 Metode Pengujian Kualitas Fisika. Untuk pengujian warna mengacu pada SNI M-03-1989-F secara spektrofotometri, dan analisa parameter minyak lemak menggunakan metode gravimetri, yang mengacu SK SNI M-68-1990-03.

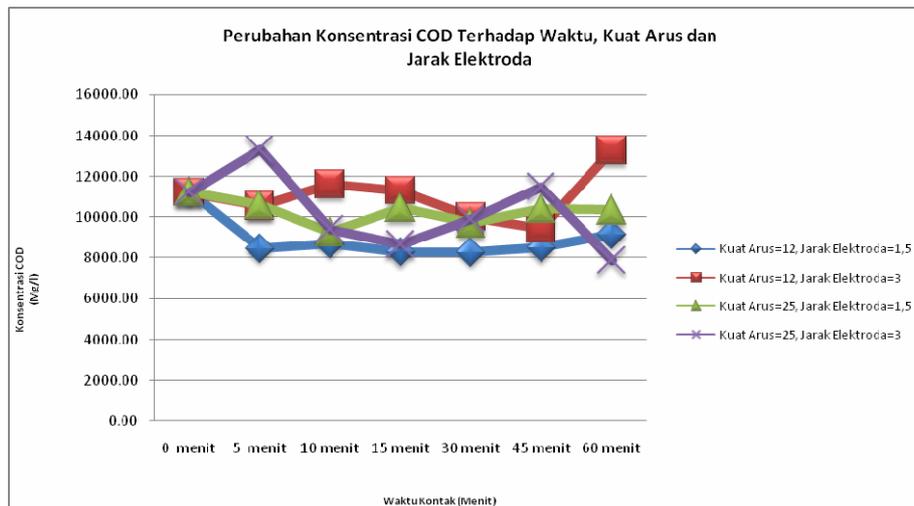


Gambar 2. Tempat pengambilan sampel

3. Hasil dan Pembahasan

Perubahan konsentrasi COD terhadap waktu, kuat arus dan jarak elektroda ditunjukkan pada Gambar 3. yaitu efisiensi penurunan konsentrasi COD terbesar adalah

29,75% pada 25 volt, jarak 3 cm, menit ke 60, dengan nilai COD sebesar 7891,55 mg/L. Sedangkan rata-rata efisiensi penurunan konsentrasi COD adalah 15,03 %.



Gambar 3. Perubahan konsentrasi COD terhadap waktu, kuat arus dan jarak elektroda

Penurunan konsentrasi COD dalam elektrokoagulasi ini disebabkan proses oksidasi dan reduksi didalam reaktor elektrokoagulasi tersebut. Pada elektroda-elektroda terbentuk gas oksigen dan hidrogen yang akan mempengaruhi reduksi COD. Berdasarkan teori *double layer*, penurunan COD disebabkan flok yang terbentuk oleh ion senyawa organik berikatan dengan ion koagulan yang bersifat positif. Molekul-molekul pada limbah batik terbentuk menjadi flok, partikel koloid pada limbah bersifat mengikat partikel atau senyawa lain yang ada pada limbah misalnya koloid $\text{Fe}(\text{OH})_2$ bermuatan positif karena permukaannya mengikat ion H^+ . Prinsip kerja yang terjadi pada elektrokoagulasi sama seperti teori *double layer* yaitu pembentukan flokulasi partikel bersifat adsorpsi, koagulan bermuatan positif akan menyerap ion negatif limbah seperti nitrit, fosfat, dan senyawa organik lainnya dan membentuk flok yang membantu proses penurunan COD [2].

Proses elektrokoagulasi ini dapat dijabarkan dengan reaksi dibawah ini :

1. Pada permukaan elektroda positif (anoda):

$$\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}$$
2. Sekitar elektroda:

$$\text{Fe}^{2+} + 2(\text{OH})^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2$$
3. Pada permukaan elektroda negatif (katoda):

$$\text{Al}^{3+} + 3\text{e} \rightarrow \text{Al}$$

$$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} \rightarrow \text{H}_2 + 2(\text{OH})$$

Pada permukaan elektroda positif ini, Fe melepaskan elektronnya menjadi Fe^{2+} yang mengikat OH^- membentuk $\text{Fe}(\text{OH})_2$ menjadi koagulan.

Dari persamaan kimia diatas terlihat pembentukan gas oksigen dan hidrogen mempengaruhi pereduksian COD. Gas hidrogen membantu kontaminan mengapung atau terangkat. Hal ini yang menyebabkan tereduksinya *dissolved organic* atau material terlarut termasuk flok $\text{Fe}(\text{OH})_2$ yang mengikat limbah organik serta menangkap sebagian limbah organik yang tidak terdeposit pada batang katoda.

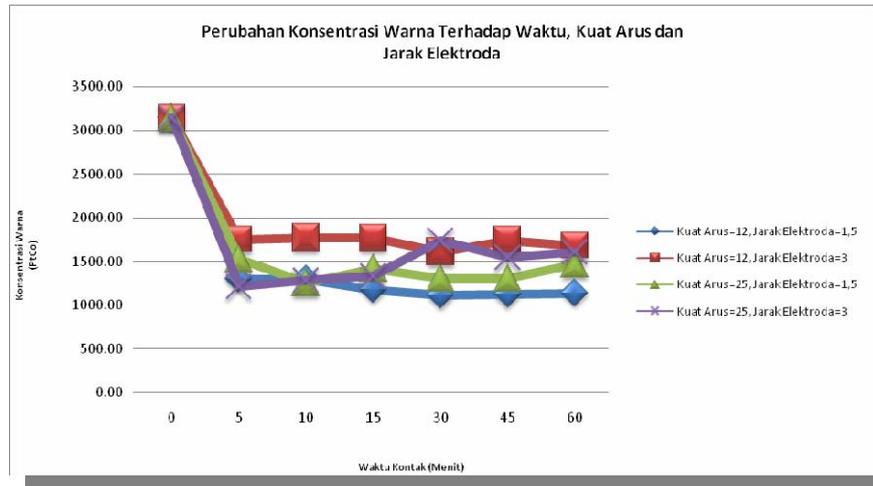
Produksi H_2 yang dihasilkan dari reaksi redoks menyebabkan material organik dapat tereduksi. Sebagian molekul yang terdapat pada limbah ditangkap oleh ion $\text{Fe}(\text{OH})_2$ dan $\text{Al}(\text{OH})_3$ kemudian penyisihan oleh H_2 sebagai senyawa organik membentuk gelembung yang dapat menurunkan COD [2], tetapi penurunan yang terjadi belum memenuhi standard baku mutu limbah cair untuk industri batik yang ditetapkan oleh Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta No. 281/KPTS/1998 yaitu sebesar 100 mg/l [3].

Perubahan warna terhadap waktu, kuat arus dan jarak elektroda ditunjukkan pada Gambar 4. Dari penelitian ini diperoleh nilai terendah untuk konsentrasi warna adalah 1117,05 PtCo, dengan efisiensi penurunan

konsentrasi warna maksimum sebesar 64% pada menit ke 30, 12Volt, jarak elektroda 1,5 cm, dan rata-rata efisiensi penurunan konsentrasi warna adalah 55%.

Warna juga merupakan senyawa yang dapat digunakan dalam bentuk larutan sehingga penampangnya berwarna. Warna air limbah dapat dibedakan menjadi

dua, yaitu warna sejati dan warna semu. Warna yang disebabkan oleh warna organik yang mudah larut, beberapa ion logam ini disebut warna sejati. Jika air mengandung kekeruhan atau adanya bahan tersuspensi oleh penyebab warna sejati maka warna tersebut dikatakan warna semu karena adanya bahan-bahan tersuspensi termasuk koloid [4].



Gambar 4. Perubahan warna terhadap waktu, kuat arus dan jarak elektroda

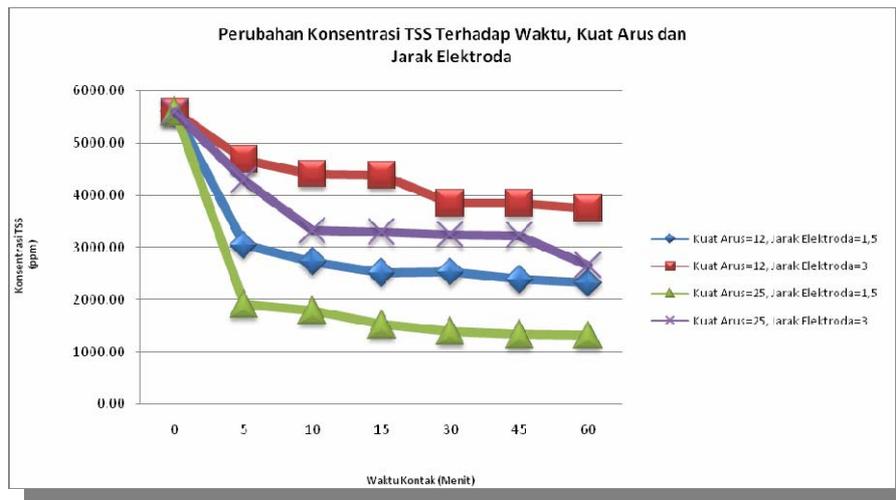
Penurunan warna disebabkan oleh proses adsorpsi, substansi molekul meninggalkan larutan limbah dan bergabung pada permukaan zat padat (koagulan) pada proses elektrokoagulasi. Proses adsorpsi disini berfungsi untuk menyisihkan senyawa-senyawa aromatik dan senyawa organik terlarut.

Umumnya warna yang digunakan pada industri batik adalah warna sintetis yaitu naphtol. Konsentrasi warna pada limbah cair yang mengandung kadar naphtol, setelah mendapat perlakuan elektrokoagulasi terjadi penurunan konsentrasi parameter warna hingga 55% dari konsentrasi awal 3143,15 PtCo dan konsentrasi rata-rata outlet adalah 1437,45 mg/L.

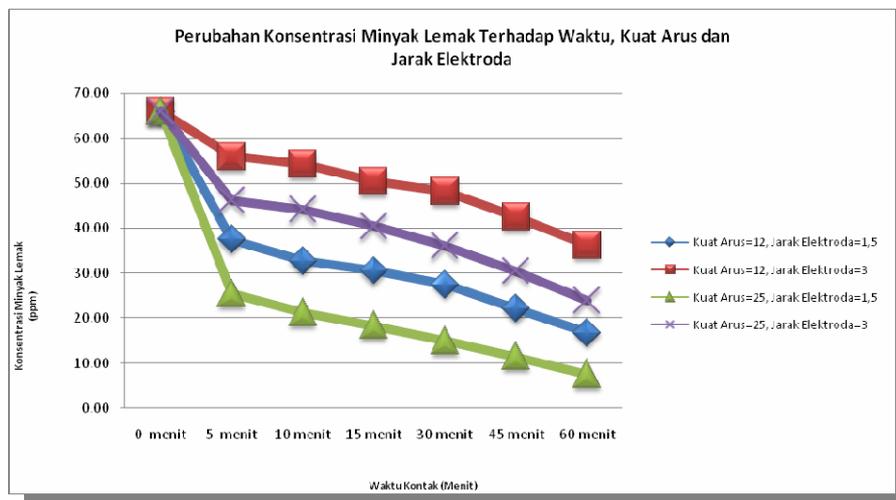
Penurunan konsentrasi warna pada penelitian ini belum memenuhi standar baku mutu limbah cair untuk industri batik yang ditetapkan oleh Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta No. 281/KPTS/1998. Kadar maksimal konsentrasi baku mutu warna adalah 50 PtCo.

Perubahan konsentrasi TSS terhadap waktu, kuat arus dan jarak elektroda ditunjukkan pada Gambar 5. Dalam industri batik beberapa zat warna dan zat kimia merupakan padatan terlarut misalnya: larutan zat warna reaktif, kostik soda, asam, zat pembasah. Sedangkan yang merupakan padatan koloid dan tersuspensi, misalnya gabungan zat warna naphtol dan garam diazo, zat warna indigosol, rapid, tapioka, lilin batik [3].

Efisiensi yang terjadi pada tegangan 12 volt dengan jarak elektroda 3 cm didapatkan sebesar 33%. Sedangkan untuk efisiensi pada tegangan 25 volt dengan jarak antar elektroda yang sama, terjadi peningkatan yaitu sebesar 54%. Dengan kuat arus yang sama yaitu 1 Ampere dan tegangan sebesar 12 volt dengan jarak elektroda 1,5 cm, menunjukkan tingkat efisiensi yang lebih besar daripada sebelumnya, yakni meningkat menjadi 59%. Kemudian efisiensi terbesar pada kuat arus 1 Ampere terjadi pada saat menggunakan tegangan 25 volt dengan jarak elektroda 1,5 cm yaitu sebesar 77%.



Gambar 5. Perubahan konsentrasi TSS terhadap waktu, kuat arus dan jarak elektroda



Gambar 6. Perubahan konsentrasi minyak-lemak terhadap waktu, kuat arus dan jarak elektroda

Pada anoda terjadi reaksi oksidasi terhadap anion (ion negatif), anoda yang terbuat dari logam seperti besi *stainless steel* akan mengalami reaksi oksidasi membentuk $\text{Fe}(\text{OH})_2$. Gas hidrogen dari katoda membantu flok $\text{Fe}(\text{OH})_2$ dalam larutan yang terangkut ke permukaan. Mekanisme pengendapan flok $\text{Fe}(\text{OH})_2$ pada bak elektrokoagulasi mengikuti prinsip koagulasi-flokulasi karena adanya pertumbuhan massa flok sehingga berat jenis flok menjadi besar dan akhirnya mengendap. Pengikatan flok pada proses elektrokoagulasi ini juga dibantu oleh kecepatan pengadukan yang dilakukan untuk mempercepat proses pengikatan flok dalam proses pengolahan sehingga cepat terjadi pengendapan.

Hal ini sangat berhubungan dengan besarnya kuat arus dan tegangan listrik yang diberikan pada saat proses elektrokoagulasi berlangsung. Semakin besar kuat arus dan tegangan yang diberikan semakin banyak pula

flok-flok dihasilkan yang dapat mengikat kontaminan pada limbah. Jarak antar plat elektroda sangat berpengaruh pada proses penurunan konsentrasi TSS. Semakin dekat jarak antar elektroda maka penurunan konsentrasi TSS lebih besar, sehingga dapat dikatakan penggunaan jarak antar elektroda yang berbeda mempunyai pengaruh terhadap penurunan konsentrasi TSS. Disebabkan semakin jauh jarak antar elektroda maka lintasan perputaran arus listrik semakin sedikit sehingga efisiensi proses penurunan konsentrasi TSS yang terjadi semakin kecil.

Perubahan konsentrasi minyak-lemak terhadap waktu, kuat arus dan jarak elektroda ditunjukkan pada Gambar 6. Kadar konsentrasi minyak lemak yang paling kecil ditunjukkan pada percobaan dengan menggunakan tegangan 25 volt dengan jarak elektroda 1,5 cm sebesar 8 ppm dari konsentrasi minyak lemak awal 66 ppm. Jika dibandingkan dengan baku mutu yang telah

ditetapkan oleh Surat Keputusan (SK) Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta nomor 281 tahun 1998, dengan nilai sebesar 5 ppm, perbedaan nilainya

Pengujian parameter minyak dalam limbah batik ini relatif sulit karena pada bahan baku pembuatan lilin batik terdapat berbagai macam campuran yang berupa gondorukem, damar mata kucing, parafin, lilin tawon, gajih atau lemak binatang, minyak kelapa, dan lilin batik bekas lorodan.

Efisiensi penyisihan yang terjadi pada proses elektrokoagulasi hingga akhir proses pada tegangan 12 volt dengan jarak elektroda 3 cm pada waktu kontak 60 menit adalah sebesar 45,45%, sedangkan untuk efisiensi pada tegangan 25 volt dengan jarak elektroda yang sama terjadi peningkatan yang cukup tajam yaitu 63,64%. Untuk tegangan 12 volt yang diberikan dengan jarak elektroda 1,5 cm menunjukkan tingkat efisiensi yang lebih besar daripada sebelumnya yaitu 74,24%.

Efisiensi penyisihan yang mengalami penurunan terbesar pada kuat arus yang sama yaitu 1 Ampere terjadi pada saat menggunakan tegangan 25 volt dengan jarak elektroda 1,5 cm pada waktu kontak 60 menit yaitu 87,88%. Semakin jauh jarak antar elektroda maka lintasan perputaran arus listrik semakin sedikit sehingga efisiensi proses penurunan konsentrasi minyak lemak yang terjadi semakin kecil. Oleh karena itu pada penelitian ini bila dibandingkan dengan jarak elektroda yang digunakan sebelumnya, jarak antar elektroda paling optimum adalah 1,5 cm untuk penurunan konsentrasi kadar minyak lemak.

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah :

1. Efisiensi penurunan maksimum konsentrasi COD adalah 30%, dengan efisiensi rata-rata penurunan 15%. Sedangkan efisiensi penurunan konsentrasi warna 44%-64% dengan efisiensi rata-rata penurunan 55%.

tidak terlalu jauh diatas nilai baku mutu yang diperbolehkan.

2. Efisiensi penurunan konsentrasi TSS maksimum adalah 77% sedangkan efisiensi penurunan konsentrasi Minyak Lemak maksimum adalah 88%.
3. Dari variasi kuat arus, jarak elektroda dan waktu kontak yang paling signifikan untuk menurunkan kadar COD dan warna yaitu variasi jarak elektroda 1,5 cm, kuat arus 12 volt dan waktu kontak antara 30-45 menit.
4. Dibandingkan dengan metode koagulasi konvensional, metode elektrokoagulasi memberikan hasil penyisihan COD, warna, TSS, dan minyak-lemak yang relatif baik.
5. Perlu penelitian lanjutan dengan penambahan koagulan pembantu sehingga didapatkan hasil penyisihan parameter pencemar yang lebih optimum.

Daftar Acuan

- [1] Johanes, H., Listrik dan Magnet, Balai Pustaka, Jakarta, 1978.
- [2] Holt, P. K., Geoffrey W. Barton, Cynthia A. Mitchell, The future for electrocoagulation as a localised water treatment technology, Department of Chemical Engineering. University of Sydney, NSW, Sydney, Australia, 2006.
- [3] Anonim, Perencanaan Teknik Pengelolaan Pencemaran Industri Sekala Kecil Sentra Batik DIY, Balai Besar Penelitian dan Perkembangan Industri Kerajinan dan Batik. Yogyakarta, 1997.
- [4] Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering Treatment and Reuse, McGraw-Hill. New York, 2003.