

Metode Elektrokoagulasi untuk Mengolah Limbah Cair Batik di Unit Kegiatan Masyarakat Rumah Batik Andalan PT. Riau Andalan *Pulp and Paper* (RAPP)

Yonna Yunitasari¹⁾, Shinta Elystia²⁾, Ivnaini Andesgur²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan, ²⁾Dosen Teknik Lingkungan
Laboratorium Pengendalian dan Pencegahan Pencemaran Lingkungan
Program Studi Teknik Lingkungan S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru, Panam,
Pekanbaru 28293
Email : yonnayunitasari@gmail.com

ABSTRACT

Batik wastewater have color contents as naphtol, indigosol, and remazol which is streamed directly to the environment without treatment can decrease environment quality because batik wastewater consist heavy metals, suspended solids, and organic matters. Batik wastewater can be treated by electrocoagulation method. These research targets are to determine the removal efficiency of TSS and pH, compare to the quality standard, and knowing the effect of voltage and contact time. The electrocoagulation basin reactor is made in 30 cm x 25 cm x 25 cm of dimentions with total volume of wastewater is 10 L, using aluminium electrode plates with size of plate is of 17 cm x 17 cm, the plate thickness is 3 mm the distance between plates is 1 cm. The variabele of research are voltage (10, 15, and 20 volts) and contact time 30, 45, and 60 minutes. The result showed that the most efficient is 20 volts of voltage 60 minutes of contact time. The percent removal for TSS is 99,11% with concentration of effluent is 11 mg/L. The pH value is 11,2. Based on the result TSS parameter already complied the standard of PERMENLH/5/XLII/2014, except pH parameter.

Keywords: *Aluminium, electrocoagulation, batik wastewater, voltage, time contact.*

1. PENDAHULUAN

Batik merupakan karya seni adiluhung bangsa Indonesia yang telah turun temurun (Syakur, 2008 dalam Sari dkk., 2015). Karya seni batik ini telah diakui oleh badan internasional UNESCO dan telah ditetapkan sebagai Warisan Kemanusiaan untuk Budaya Lisan dan Nonbendawi (*Masterpieces of the Oral and Intangible Heritage of Humanity*) sejak tanggal 2 Oktober 2009. PT. Riau Andalan *Pulp and Paper* (RAPP) telah

mengembangkan karya seni batik yaitu Unit Kegiatan Masyarakat Rumah Batik Andalan (UKM RBA) yang merupakan program unggulan PT. RAPP binaan Departemen *Comunity Development* (CD) dan resmi berdiri sejak Desember 2015. Kegiatan produksi batik akan menghasilkan produk batik dan juga limbah cair yang dapat berdampak terhadap lingkungan. Limbah cair batik yang dihasilkan di RBA merupakan hasil dari proses pewarnaan, pelorotan dan

pembilasan. Bahan kimia yang digunakan dalam proses pewarnaan antara lain zat warna naphthol, indigosol, dan remazol. Proses produksi batik di UKM RBA terus meningkat, sehingga limbah cair yang dihasilkan pun juga semakin meningkat. Limbah cair batik yang dihasilkan pada umumnya merupakan logam berat, padatan tersuspensi, dan zat organik. Oleh karena itu apabila air buangan batik ini dialirkan langsung ke lingkungan tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu, maka akan menurunkan kualitas lingkungan dan merusak kehidupan yang ada di lingkungan tersebut, terutama di lingkungan perairan dengan matinya organisme perairan (Purwaningsih, 2008).

Parameter pencemar dari limbah cair batik UKM RBA melewati baku mutu yang telah ditetapkan pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Lampiran XLII Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Tekstil, yaitu TSS sebesar 3247 mg/L dan pH 8,6. Oleh karena itu dibutuhkan teknologi pengolahan limbah cair batik yang dapat mereduksi parameter pencemar limbah batik UKM Rumah Batik Andalan.

Teknologi pengolahan limbah cair tekstil pada umumnya dapat dilakukan dengan menggunakan pengolahan secara kimia dan biologi. Pengolahan secara kimia dianggap efektif karena dapat mengolah limbah dalam skala besar dengan menggunakan penambahan bahan kimia, namun akan menghasilkan lumpur (*sludge*) dalam jumlah yang relatif besar. Pengolahan secara biologi memiliki kelemahan pada

kualitas mikroba yang harus dijaga agar tetap hidup dan aktif yaitu dengan pengaturan suhu dan pH air limbah, serta efisiensi penghilangan warna melalui proses biologi seringkali tidak memuaskan, karena zat warna mempunyai sifat tahan terhadap degradasi biologi (*recalcitrance*). Pengolahan limbah tersebut memiliki beberapa keterbatasan, sehingga hal ini menjadi alasan untuk mengembangkan metode alternatif untuk mengolah limbah cair. Salah satu metode yang banyak dikembangkan pada saat ini adalah metode elektrokoagulasi (Siregar, 2005; Zuhria, 2014).

Elektrokoagulasi merupakan metode pengolahan air secara elektrokimia dimana pada anoda terjadi pelepasan koagulan aktif berupa ion logam (biasanya aluminium atau besi) ke dalam larutan, sedangkan pada katoda terjadi reaksi elektrolisis berupa pelepasan gas hidrogen (Holt dkk., 2002). Elektrokoagulasi mampu menyisihkan berbagai jenis polutan dalam air, yaitu partikel tersuspensi, logam-logam berat, zat pewarna dan lain-lain. Kelebihan dari metode ini yaitu nilai efisiensinya cukup tinggi dan tidak memerlukan penambahan bahan kimia (Wahyulis dkk., 2014). Pemakaian bahan kimia pada proses pengolahan limbah saat ini harus benar-benar dipertimbangkan, untuk mengurangi beban pencemar lingkungan (Gameissa dkk., 2012).

Pada penelitian ini dilakukan pengolahan limbah cair batik dengan metode elektrokoagulasi. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi alternatif bagi UKM Rumah Batik Andalan (UKM RBA).

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghitung efisiensi metode elektrokoagulasi terhadap penyisihan konsentrasi TSS dan perubahan nilai pH pada limbah cair batik.
2. Mengetahui pengaruh faktor variasi waktu kontak dan tegangan listrik dalam proses elektrokoagulasi dengan analisis variasi (*Analysis of Variance / Anova*).
3. Membandingkan parameter pencemar dari limbah cair batik yang akan diuji setelah pengolahan dengan baku mutu air limbah yang diuji yang terdapat pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Lampiran XLII Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan / atau Kegiatan Industri Tekstil.

2. METODE PENELITIAN

Bahan

Limbah cair batik yang digunakan berasal dari hasil proses pewarnaan, pelorotan, dan pembilasan di Rumah Batik Andalan Binaan Departemen *Comunity Development* PT. Riau Andalan *Pulp and Paper* (RAPP), Pangkalan Kerinci.

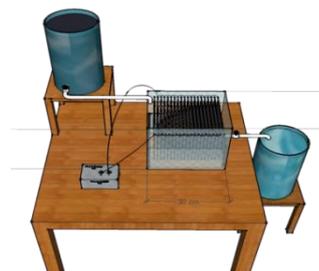
Alat dan Instrumentasi

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebuah reaktor elektrokoagulasi yang terdiri dari sebuah bak berbahan akrilik dengan dimensi panjang 30 cm, lebar 25 cm, dan tinggi 25 cm sebagai wadah limbah cair batik dengan kapasitas limbah cair batik sebanyak 10 L, plat elektroda yang terdiri dari plat

katoda dan plat anoda, plat terbuat dari bahan aluminium dengan ukuran 17 cm x 17 cm dan tebal 3 mm, kabel sambungan untuk katoda dan anoda, *power supply* arus searah (DC), multimeter digital, pH meter.

Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian yang dilakukan adalah perancangan dan pemasangan reaktor yang tersusun atas plat aluminium, kabel elektroda, *power supply*, multimeter digital dan dilengkapi dengan peralatan penunjang, antara lain: bak penampung *influent*, selang plastik, sambungan pipa *outlet*, pipa *drain*, kran air, dan bak penampung *effluent*. Kemudian dilakukan instalasi reaktor elektrokoagulasi.



Gambar 2.1 Reaktor Elektrokoagulasi

Percobaan Utama

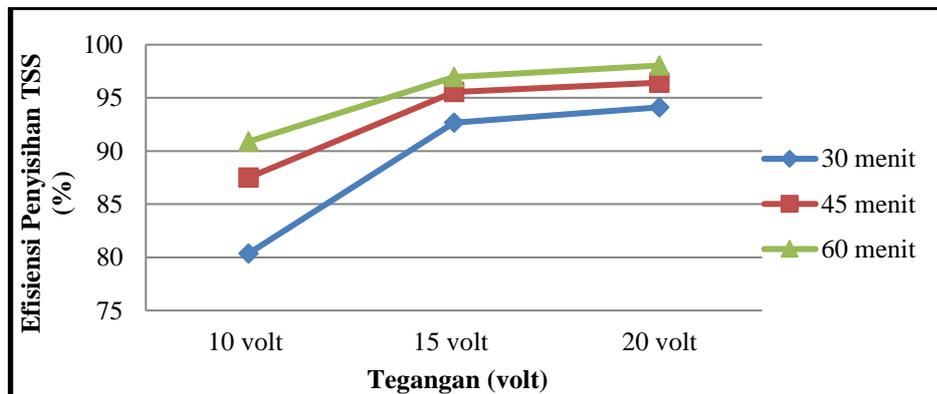
Percobaan utama ini dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu:

1. Persiapan alat pada reaktor elektrokoagulasi, kabel elektroda dipasangkan ke *power supply* DC dan disambungkan ke plat elektroda. Plat elektrokoagulasi diatur dengan jarak antar plat 1 cm.
2. Sampel limbah cair yang telah diuji karakteristik awalnya dialirkan sebanyak

- 10 liter ke dalam reaktor elektrokoagulasi.
3. *Power Supply* DC disambungkan ke arus listrik, dengan tegangan 10 volt selama 30 menit, 45 menit, dan 60 menit.
 4. Sampel pada pengolahan diambil pada menit ke 30, 45, dan 60 untuk diuji karakteristik setelah perlakuan variasi.
 5. Dilakukan pengujian TSS dan pH pada sampel air yang telah diberi perlakuan.
 6. Dilakukan hal yang sama untuk tegangan 15 dan 20 volt.
- Kemudian dilakukan analisis sampel *effluent* setelah proses elektrokoagulasi dengan prosedur analisis untuk TSS yaitu SNI 06-6989.3:2004 dan pH yaitu SNI 06-6989.11:2004. Efisiensi penyisihan dihitung dengan rumus efisiensi:
- $$\text{Efisiensi (\%)} = \frac{C_{in} - C_{ef}}{C_{in}} \times 100\%$$
- Kemudian dilakukan uji Anova dua faktor (*two way Anova*).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Tegangan dan Waktu Kontak terhadap Efisiensi Penyisihan TSS



Gambar 3.1 Grafik Efisiensi Penyisihan TSS terhadap Tegangan dan Waktu Kontak

Pada Gambar 3.1 dapat diketahui bahwa proses elektrokoagulasi dengan variasi tegangan dan waktu kontak terbaik yaitu pada tegangan 20 volt dan waktu kontak 60 menit dengan nilai *effluent* konsentrasi TSS yang didapatkan adalah 11 mg/L dan efisiensi penyisihan mencapai 98,04%. Sedangkan efisiensi penurunan nilai TSS terendah dicapai pada kondisi tegangan 10 volt dan waktu kontak 30 menit dengan nilai

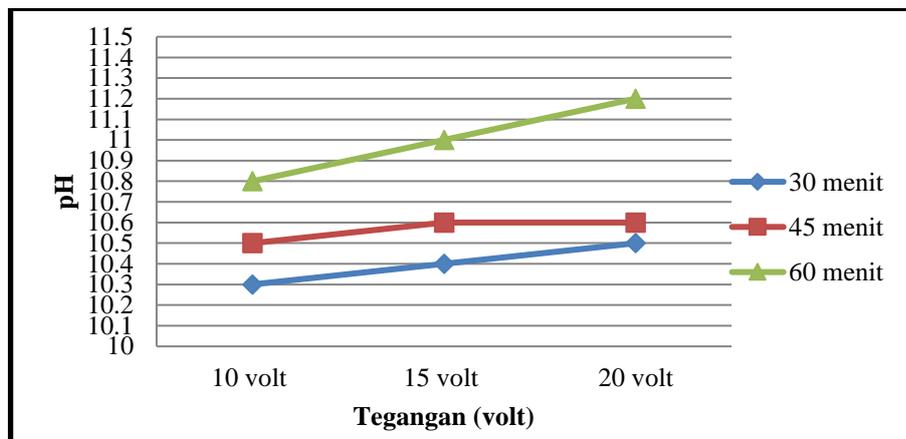
konsentrasi TSS yang didapatkan adalah 110 mg/L dan efisiensi penyisihan sebesar 80,36%. *Effluent* limbah cair batik setelah dilakukan pengolahan dengan elektrokoagulasi pada kondisi terbaik yaitu pada saat tegangan 20 volt dan waktu kontak 60 menit juga telah memenuhi baku mutu air limbah. Baku mutu air limbah menetapkan bahwa nilai TSS limbah cair yang aman dibuang ke lingkungan adalah < 50 mg/L.

Tegangan dan waktu kontak pada proses elektrokoagulasi memberikan pengaruh dalam menurunkan konsentrasi TSS. Semakin besar tegangan dan semakin lama waktu kontak maka efisiensi penyisihan TSS semakin besar. Hal ini disebabkan karena tegangan yang semakin besar akan memberikan potensial urai pada elektroda Al untuk melepas Al^{3+} semakin besar, sehingga flok $Al(OH)_3$ juga semakin besar, banyaknya $Al(OH)_3$ yang terbentuk dapat mengikat polutan yang lebih banyak pula (Widayatno, 2008). Pembentukan flok akibat proses koagulasi akan membentuk *sludge blanket* yang mampu menjebak dan menjembatani partikel

koloid yang masih ada di air limbah (Mollah, 2001).

Pengaruh waktu pada metode elektrokoagulasi ini adalah semakin lama waktu kontak dalam proses elektrokoagulasi, semakin banyak Al^{3+} yang dihasilkan dan semakin banyak $Al(OH)_3$ yang terbentuk dan bisa mengikat polutan lebih banyak. Hal ini sama dengan penelitian Haryadi (2008) yang mempelajari pengaruh voltase terhadap kadar TSS pada pengolahan limbah cair tekstil. Dari hasil penelitian tersebut diperoleh hasil semakin tinggi tegangannya semakin baik pengolahannya. Kondisi yang relatif baik adalah pada tegangan 30 volt, pH 7 dan harga TSS sebesar 119 mg/L.

Pengaruh Tegangan dan Waktu Kontak terhadap Perubahan Nilai pH



Gambar 3.2 Grafik Perubahan Nilai pH terhadap Tegangan dan Waktu Kontak

Nilai pH meningkat setelah dilakukan proses elektrokoagulasi. Nilai pH awal adalah 10,2 meningkat menjadi 10,3-11,2. *Effluent* limbah cair batik setelah dilakukan pengolahan dengan elektrokoagulasi tersebut tidak memenuhi baku mutu air limbah pada PERMENLH/5/XLII/2014. Baku mutu air limbah menetapkan bahwa nilai pH limbah cair yang aman

dibuang ke lingkungan adalah 6,0-9,0.

Peningkatan nilai pH yang terjadi yaitu dimana pada tegangan 10 volt nilai pH meningkat seiring dengan bertambahnya waktu kontak dengan nilai pH berturut-turut adalah 10,3; 10,5; dan 10,8. Peningkatan pH juga terjadi pada saat tegangan dinaikkan, hal ini dapat dilihat pada waktu kontak 30 menit, nilai pH pada tegangan 10, 15, dan volt

berturut-turut adalah 10,3; 10,4; dan 10,5. Peningkatan pH ini sama halnya dengan penelitian yang dilakukan oleh Gameissa, dkk (2012) pada pengolahan limbah cair industri pangan dengan teknik elektrokoagulasi dimana hasil yang didapatkan adalah Nilai pH awal limbah cair industri pangan sebelum dielektrokoagulasi adalah 7,25, 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 volt. 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 volt 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 volt adalah 7,94; 8,09; 8,29; 7,98; 7,99.

Nilai pH setelah proses elektrokoagulasi lebih besar dari nilai pH sebelum dilakukan pengolahan dengan proses elektrokoagulasi. Besarnya tegangan dan lamanya waktu kontak akan menghasilkan OH^- yang semakin banyak pula, banyaknya OH^- yang dihasilkan akan menaikkan pH dan larutan bersifat basa. Hal ini didukung dengan pernyataan Gupta dan Ali (2013) yang mengatakan bahwa pH larutan sedikit meningkat selama proses elektrokoagulasi karena pembentukan OH^- dan gas H_2 .

Peningkatan nilai pH ini disebabkan oleh meningkatnya ion hidroksida (OH^-) yang terbentuk, dengan banyaknya jumlah ion hidroksida yang terbentuk maka energi yang dibutuhkan untuk

pembentukan gas hidrogen atau oksigen semakin rendah sehingga akan menghasilkan gelembung gas yang banyak, meningkatnya jumlah gelembung udara dapat meningkatkan kinerja flotasi (Mukimin, 2006). Pembentukan hidroksida setelah proses pelepasan ion logam tergantung pada pH larutan, misalnya selama pelepasan aluminium, pembentukan berbagai hidroksida tergantung pada pH larutan, dalam rentang pH 4-9, terjadi pembentukan $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$, $\text{Al}(\text{OH})_2^+$, $\text{Al}_2(\text{OH})_2^{4+}$, $\text{Al}(\text{OH})_3$, dan $\text{Al}_{13}(\text{OH})_{32}^{7+}$. Permukaan hidroksida memiliki muatan positif dalam jumlah besar, yang membantu dalam proses adsorpsi dan reaksi penangkapan polutan. Pada pH > 10, banyak terbentuk $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ dan menunjukkan proses koagulasi yang terjadi lebih sedikit dibandingkan dengan yang sebelumnya. Pada pH rendah, Al^{3+} paling banyak terbentuk dan menunjukkan efek hampir tidak ada terjadi koagulasi. Hal ini juga menunjukkan bahwa ketika konduktivitas larutan yang tinggi, efek pH tidak terlalu signifikan dalam kondisi ini (Gupta dan Ali, 2013).

Uji Anova

Data hasil penurunan konsentrasi TSS dan perubahan nilai pH yang telah diperoleh dari proses elektrokoagulasi selanjutnya data digunakan untuk uji statistik menggunakan anova dengan SPSS. 16. Pengujian dilakukan untuk mengetahui adakah pengaruh antara dua variabel yaitu tegangan dan waktu kontak pada proses elektrokoagulasi untuk penurunan konsentrasi TSS dan perubahan nilai pH. Uji normalitas data dilakukan untuk mengetahui sebaran data yang

diperoleh normal atau tidak normal sebelum uji anova dilakukan dengan tingkat kepercayaan 95%, $\alpha = 0,05$. Hasil uji normalitas data untuk variabel tegangan dan waktu kontak terhadap penyisihan konsentrasi parameter TSS dan pH dapat dilihat pada tabel berikut.

Tegangan		Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.
TSS	10	.959	3	.613
	15	.964	3	.637
	20	.923	3	.463
pH	10	.987	3	.780
	15	.964	3	.637
	20	.855	3	.253
Waktu		Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.
TSS	30	.897	3	.377
	45	.824	3	.174
	60	.860	3	.266
pH	30	1.000	3	1.000
	45	.750	3	.000
	60	1.000	3	1.000

Dari hasil uji *Saphiro-Wilk* didapatkan data bahwa nilai yang diperoleh adalah $\text{sig} > 0,05$ sehingga sebaran data berdistribusi normal terpenuhi.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TSS

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	7541.778 ^a	4	1885.444	11.477	.018
Intercept	15047.111	1	15047.111	91.596	.001
Tegangan	6008.222	2	3004.111	18.287	.010
Waktu	1533.556	2	766.778	4.668	.090
Error	657.111	4	164.278		
Total	23246.000	9			
Corrected Total	8198.889	8			

a. R Squared = ,920 (Adjusted R Squared = ,840)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TSS

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	7541.778 ^a	4	1885.444	11.477	.018
Intercept	15047.111	1	15047.111	91.596	.001
Tegangan	6008.222	2	3004.111	18.287	.010
Waktu	1533.556	2	766.778	4.668	.090
Error	657.111	4	164.278		
Total	23246.000	9			
Corrected Total	8198.889	8			

b. Computed using alpha = ,05

Hasil uji statistik anova untuk parameter TSS dengan menggunakan taraf signifikan $\alpha = 5\%$, maka didapatkan pengaruh tegangan terhadap penyisihan TSS pada proses elektrokoagulasi ini memiliki nilai signifikan $\text{sig}_{(0,00)} < 0,05$ dan H_0 ditolak sehingga dapat dinyatakan bahwa tegangan memberikan pengaruh signifikan terhadap penurunan konsentrasi TSS. Sedangkan untuk pengaruh waktu kontak memiliki nilai $\text{sig}_{(0,00)} > 0,05$ dan H_0 diterima sehingga dapat dinyatakan bahwa waktu kontak tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap penurunan konsentrasi TSS. Berdasarkan pengujian anova didapatkan nilai *R-Square* pada *output* sebesar 0,920 yang menjelaskan bahwa hubungan antara faktor tegangan dan waktu kontak terhadap konsentrasi TSS memiliki tingkat korelasi sebesar 92,0%.

Tegangan	N	Subset	
		1	2
Duncan ^a 20	3	18.00	
15	3	27.67	
10	3		77.00
Sig.		.408	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 164,278.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Pada uji lanjutan menggunakan duncan diketahui bahwa tegangan 10 volt memberikan pengaruh yang berbeda secara signifikan terhadap penyisihan konsentrasi TSS.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: pH

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.658 ^a	4	.164	26.909	.004
Intercept	1021.868	1	1021.868	1.672E5	.000
tegangan	.082	2	.041	6.727	.053
waktu	.576	2	.288	47.091	.002
Error	.024	4	.006		
Total	1022.550	9			
Corrected Total	.682	8			

a. R Squared = ,964 (Adjusted R Squared = ,928)

b. Computed using alpha = ,05

Hasil uji statistik anova untuk parameter pH dengan menggunakan taraf signifikan $\alpha = 5\%$, maka didapatkan pengaruh tegangan dan proses elektrokoagulasi ini memiliki nilai signifikan $\text{sig}_{(0,00)} > 0,05$ dan H_0 diterima sehingga dapat dinyatakan bahwa tegangan tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap perubahan nilai pH. Sedangkan untuk pengaruh waktu kontak memiliki nilai $\text{sig}_{(0,00)} < 0,05$ dan H_0 ditolak sehingga dapat dinyatakan bahwa waktu kontak memberikan pengaruh signifikan terhadap perubahan nilai pH. Berdasarkan pengujian anova didapatkan *R-Square* pada *output* sebesar 0,964 yang menjelaskan bahwa bahwa hubungan antara faktor tegangan dan waktu kontak terhadap pH memiliki tingkat korelasi sebesar 96,4%.

	waktu	N	Subset	
			1	2
Duncan ^a	30	3	10.400	
	45	3	10.567	
	60	3		11.000
Sig.			.059	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,006.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Pada uji lanjutan menggunakan duncan diketahui bahwa waktu kontak 60 menit memberikan pengaruh yang berbeda secara signifikan terhadap perubahan nilai pH.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dalam pengolahan limbah cair batik dengan metode elektrokoagulasi, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengolahan limbah cair batik dengan metode elektrokogulasi mampu menurunkan konsentrasi TSS hingga 11 mg/L dengan efisiensi penyisihan tertinggi yang didapatkan adalah TSS 99,11%, pH akhir yang didapatkan adalah 11,2. Hasil terbaik didapatkan pada variasi tegangan 20 volt dan waktu kontak 60 menit.
2. Hasil penelitian menunjukkan parameter TSS sudah memenuhi baku mutu pada PERMENLH/5/XLII/2014 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Tekstil, sedangkan nilai pH belum memenuhi baku mutu.
3. Berdasarkan hasil uji statistik dengan anova dua arah menggunakan *software* SPSS 16 didapatkan bahwa tegangan memberikan pengaruh signifikan

terhadap penyisihan TSS dengan *R-Square* 92,0%, waktu kontak memberikan pengaruh signifikan terhadap perubahan nilai pH dengan *R-Square* 86,3% dan 96,4%.

DAFTAR PUSTAKA

- Gameissa M.W, Suprihatin, Indrasti N.S. 2012. Pengolahan Tersier Limbah Cair Industri Pangan dengan Teknik Elektrokoagulasi menggunakan Elektroda *Stainless Steel*. *E-jurnal Agroindustri Indonesia*, Volume 1 (No 1). Fakultas Teknik Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor, Jawa Barat.
- Gupta V.K and Ali I. 2013. *Environmental Water : Advances in Treatment, Remediation, and Recycling*. Elsevier. Amsterdam
- Haryadi S. 2008. Penggunaan Metode Elektrokoagulasi pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tekstil. Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Holt, P. K., Barton, G. W., Wark, M., and Mitchell, C. A. 2002. *A Quantitative Comparison Between Chemical Dosing and Electrocoagulation. Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng.*
- Mollah, M.Y.A., Schennach, R.,Parga, J.R., Cocke, D.L. 2001. *Electrocoagulation (EC)- Science and Applications. Journal of Hazardous Material*. Volume 84. Halaman 29 – 41.
- 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. *Skripsi*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Sari M.S, Hartini S, Sudarno. 2015. Pemilihan Desain Instalasi Pengelolaan Air Limbah Batik yang Efektif dan Efisien dengan Menggunakan Metode *Life Cycle Cost*. *Jurnal Teknik Industri Universitas Diponegoro*, Volume 10 (No 1). Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro. Semarang
- Siregar S.A. 2005. Instalasi Pengolahan Air Limbah. Edisi 1. Kanisius. Yogyakarta.
- Wahyulis N.C, Ulfin I, Harmami. 2014. Optimasi Tegangan pada Proses Elektrokoagulasi Penurunan Kadar Kromium dari Filtrat Hasil Hidrolisis Limbah Padat Penyamakan Kulit. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. Volume 3 (No 2) 2337-3520. Fakultas MIPA. Institut Teknologi Sepuluh November (ITS). Surabaya
- Zuhria F. 2014. Penurunan COD, BOD, dan TSS Limbah Cair Pewarnaan Industri Batik “Rara Djonggrang” dengan Metode Elektrokoagulasi. *Tesis*. Fakultas Teknik. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.