

Color, Bod₅, And Cod Removal Using Electrocoagulation Method On Batik Wastewater In Sidoarjo

Muchammad Ma'rif Ibrahim, Narwati, Khambali
Kementerian Kesehatan Republik Indonesia Politeknik Kesehatan Surabaya
Program Studi D-IV Departemen Kesehatan Lingkungan
much.ibraheem@gmail.com

Abstrak— Industri Batik Home menghasilkan air limbah yang memiliki warna sangat tinggi, tingginya Permintaan Oksigen Biokimia (BOD), dan Permintaan Oksigen Kimia (COD). Air limbah yang dihasilkan dari pewarnaan batik tidak diolah dan langsung dialirkan ke Sungai Jetis. Tidak adanya pengolahan air limbah yang sederhana berkontribusi sangat banyak air limbah batik melalui peraturan tersebut. Penelitian ini dimaksudkan untuk mempelajari tentang penurunan warna, BOD, dan COD dalam air limbah batik menggunakan elektrokoagulasi. Jenis penelitian ini adalah eksperimen sejati dengan Pretest-Posttest with Control Group Design. Penelitian ini menggunakan varian arus dan waktu detensi dengan arus 5A dan 10A dan waktu detensi 45 menit, 90 menit. Penelitian ini menggunakan 5 replikasi. Data harus dikumpulkan melalui penelitian laboratorium dan wawancara dengan pemilik Home Industri batik. Setelah data dikumpulkan, data diuji dengan uji Two Way Anova dan tes Post Hoc Tukey. Hasil penelitian ini menunjukkan perbedaan rata-rata warna, BOD₅, dan COD di semua varian perawatan. Tes Post Hoc Tukey menunjukkan bahwa 10A-90 Menit adalah perlakuan terbaik untuk mengurangi warna, BOD₅, dan COD dengan penghilangan warna 89,3%, penghapusan BOD 89,2%, dan penghapusan COD 95,7%. Namun demikian, BOD setelah perawatan masih melalui peraturan dan perlu penelitian lebih lanjut untuk membuat BOD memenuhi standar kualitas. Penelitian lebih lanjut harus dilakukan untuk mengetahui pengaruh banyak faktor yang mempengaruhi metode elektrokoagulasi seperti efek suhu, efek pH, tegangan, elektroda, waktu detensi, dan arus. Juga, perlu studi lebih lanjut untuk metode elektrokoagulasi terintegrasi dengan metode lain untuk menghasilkan pengolahan air limbah batik terbaik.

Kata kunci — Batik, BOD, COD, Elektrokoagulasi, Penghapusan Warna.

I. PENDAHULUAN

Sidoarjo merupakan kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur yang memiliki sentra industri batik. Salah satu sentra industri batik di Sidoarjo adalah *Home Industry* batik Jetis. Keuntungan adanya kegiatan produksi adalah meningkatnya perekonomian masyarakat. Namun, permasalahan muncul akibat limbah cair yang tidak diolah oleh *Home Industry* tersebut. Menurut [1] dampak dari limbah cair pewarna sintetis tersebut jika dibuang ke badan air tanpa dilakukan pengolahan adalah tingginya angka BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) yang berasal dari pewarna sintetis. Tingginya angka BOD dan COD memberikan implikasi turunnya angka DO (*Dissolved Oxygen*), selanjutnya dijelaskan oleh [2] jika DO rendah maka akan terjadi kematian ikan-ikan dan biota yang membutuhkan oksigen. Sedangkan menurut Merzouk *et al.*, (2009) [3] dampak dari kadar warna pada limbah cair jika dibuang di sungai adalah cemaran secara estetika dan dampak mengganggu kehidupan biota yang ada di perairan. Oleh karena itu diperlukan pengolahan limbah cair sederhana untuk mengolah limbah cair batik sebelum dibuang ke badan air. Elektrokoagulasi merupakan metode pengolahan

limbah cair sederhana yang dapat dijadikan alternatif pengolahan. Elektrokoagulasi adalah proses pengolahan limbah yang mengaplikasikan listrik untuk memberi perlakuan pada kontaminan tanpa menambahkan koagulan. Teknologi elektrokoagulasi yang memanfaatkan arus listrik searah (DC) yang dialirkan pada elektroda yang akan bertindak sebagai pengganti koagulan [4]. Prinsip kerja elektrokoagulasi adalah pada katoda akan terjadi reduksi (kehilangan elektron) dan anoda akan terjadi oksidasi [5]. Sedangkan, menurut Dwi & Agung, (2012) [6] pada anoda akan dihasilkan buih dan gelembung udara yang akan berguna untuk mengikat partikel koloid yang dalam keadaan stabil sehingga akan membentuk flok-flok kecil yang akan membesar dan mengendap

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan dalam kategori *pretest-posttest with control grup design*, model penelitian ini di kelompokkan menjadi 2 kelompok sebelum diberi perlakuan (kontrol) dan kelompok yang terdiri diberi perlakuan [7]. Pada penelitian ini desain reaktor elektrokoagulasi adalah kaca dengan volume 13,5L dan volume limbah yang diolah adalah 11L. Elektroda

yang digunakan adalah berjenis Aluminium sebagai anoda dan Cuprum sebagai katoda. Pemilihan elektroda ini mempertimbangkan dari deret volta sebagai syarat terjadinya reaksi elektrokoagulasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kuat arus dan waktu kontak terhadap penurunan kadar warna, BOD₅, dan COD sehingga peneliti menggunakan variasi kuat arus sebanyak 2 (5A dan 10A) dan variasi waktu kontak sebanyak 2 (45 Menit dan 90 Menit). Obyek penelitian ini adalah limbah cair batik bersumber pewarna Naphthol yang dalam 1 kali pengolahan menghasilkan 11L limbah cair batik. Dalam penelitian ini terdapat 5 perlakuan sehingga besar replikasi jika dihitung menggunakan rumus federer adalah 5 kali didapatkan besar sampel sebanyak 25 sampel. Setelah perlakuan, dilakukan uji laboratorium untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan penurunan kadar warna, BOD₅, dan COD pada variasi kuat arus-waktu kontak (5A-45 menit, 5A-90menit dan 10A-45menit, 10A-90menit). kemudian, hasil uji laboratorium diolah menggunakan uji statistik *Two Way Anova* untuk mengetahui perbedaan rerata penurunan kadar warna, BOD, dan COD dan uji Post Hoc

Tukey's untuk mengetahui variasi perlakuan mana yang paling baik menurunkan kadar warna, BOD, dan COD.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji laboratorium dilakukan untuk mengukur kadar warna, BOD₅, dan COD dari sampel sebelum dan sesudah perlakuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan rata-rata dari semua kelompok perlakuan. Berikut ini hasil dan interpretasi serta pembahasan penurunan kadar warna, BOD₅ dan COD.

A. Analisis Penurunan Kadar Warna

Pada Tabel.1 terlihat penurunan kadar wana pada limbah cair *Home Industry* batik terjadi setelah perlakuan menggunakan metode elektrokoagulasi. Penurunan tertinggi terjadi pada kelompok perlakuan 10A-90 Menit dengan persentase penurunan 89,36%. Presentase penurunan paling rendah terjadi pada kelompok 5A-45menit dengan presentase penurunan 69,67%.

Tabel I. Hasil Pengukuran Kadar Warna

No.	Parameter	Ket.	Hasil Pengukuran (replikasi 1,2,3,4,5)	Rata-Rata	Rata Rata Penurunan (Kontrol-Perlakuan) Pt/co	Persentase Penurunan (Rata-rata penurunan / Kontrol x 100%) %
1.	Kadar Warna (Pt/co)	Kontrol 90 menit	409	408,2	-	0%
			411			
			403			
			406			
			412			
		5 A- 45 Menit	120	123,4	284,8 Pt/co	69,67%
			125			
			131			
			122			
			119			
		5 A- 90 Menit	67	57	351,2 Pt/co	86,03%
			52			
			54			
			60			
			52			
		10 A- 45 Menit	73	70,6	337,6 Pt/co	82,70%
			65			
			76			
			70			
			69			
10 A- 90 Menit	43	43,4	364,8 Pt/co	89,36%		
	47					
	40					
	42					
	45					

Kadar warna pada limbah cair khususnya limbah cair batik belum diatur dalam peraturan pemerintah/peraturan lainnya. Namun, belum diaturnya baku mutu pencemar tidak mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan oleh limbah cair batik yakni adalah tingginya angka BOD dan COD (Chantes, *Et al* 2015). Kenaikan angka BOD dan COD akan menyebabkan matinya biota air yang membutuhkan oksigen.

oksigen yang akan berfungsi membentuk flok. Reaksi reduksi pada katoda menghasilkan ion H^+ yang tereduksi menjadi gas hidrogen bebas yang akan mengangkat flok-flok yang telah terbentuk. Menurut penelitian Dwi & Agung, (2012) proses penurunan polutan warna berasal dari pengikatan senyawa polutan warna oleh flok yang terbentuk saat proses reduksi-oksidasi pada elektrokoagulasi terjadi.

Proses elektrokoagulasi dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain kuat arus dan waktu kontak. Menurut Novita, (2017) kuat arus mempengaruhi banyaknya ion Al^{3+} yang dilepaskan sebagai agen koagulan sehingga proses pengikatan polutan kadar warna pada flok yang telah terbentuk semakin besar, sedangkan pengaruh waktu kontak adalah semakin lama waktu kontak maka semakin banyak anoda melepas ion Al^{3+}

Penurunan kadar warna setelah pengolahan dengan metode elektrokoagulasi berasal dari reaksi reduksi-oksidasi yang terjadi pada elektroda alumunium-tembaga. Reaksi oksidasi pada anoda menurut [7] berasal dari 3 ion positif alumunium akan berikatan dengan 3 ion H_2O yang akan menghasilkan $Al(OH)_3 + 3H^+ + 3e^-$. Ion OH^- yang dihasilkan akan dioksidasi dan akan membentuk gas

yang berfungsi mengikat polutan warna. Hal ini dibuktikan dengan hasil penelitian pada tabel V.2 yang menunjukkan variasi kuat arus-waktu kontak 5A-45 Menit, 5A-90 Menit memiliki presentase penurunan yang berbeda dengan variasi kuat arus-waktu kontak 10A-45 Menit, 10A-90 Menit dimana kelompok dengan kuat arus paling besar dan waktu kontak paling lama memiliki presentase penurunan kadar warna tertinggi yakni 89,36% pada kelompok perlakuan 10A-90 Menit. pengaruh kuat arus dan waktu kontak pada proses penurunan kadar warna pada limbah cair batik juga telah diteliti oleh Dwi & Agung, (2012)

TABEL II. HASIL PENGUKURAN KADAR BOD₅ PADA LIMBAH CAIR HOME INDUSTRY BATIK

No.	Parameter	Keterangan	Hasil Pengukuran (replikasi 1,2,3,4,5)	Rata-Rata	Rata Rata Penurunan (Kontrol-Perlakuan) Mg/l	Persentase Penurunan (Rata-rata penurunan / Kontrol x 100%) %
1.	Kadar BOD ₅ (Mg/l)	Kontrol	620,61	629,81	-	0%
			631,28			
			625,44			
			638,02			
			633,73			
		5 A- 45 Menit	224,37	226,91	402,9 Mg/l	63,9%
			228,31			
			230,45			
			225,14			
			226,31			
		5 A- 90 Menit	118,61	174,59	455,22 Mg/l	72,2%
			194,25			
			185,30			
			191,11			
			183,69			
		10 A – 45 Menit	101,38	106,70	523,1 Mg/l	83%
			108,26			
			113,09			
			104,57			
			106,21			
10 A- 90 Menit	69,22	67,59	562,22 Mg/l	89,2%		
	71,24					
	62,58					
	64,75					
	70,16					

B. Analisis Penurunan Kadar BOD₅

Dimana kuat arus 2,5 A dengan waktu kontak 180 Menit mampu menurunkan kadar warna pada limbah cair batik sebesar 8,51% dibandingkan dengan kuat arus 0,5 A dan waktu kontak 180 menit hanya mampu menurunkan \pm 60% kadar warna pada limbah cair batik. Hasil penurunan kadar BOD₅ dibandingkan dengan baku mutu yang berlaku yakni Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Industri/lainnya didapatkan hasil masih belum memenuhi baku mutu yang diizinkan. Baku mutu untuk BOD₅ adalah 60 Mg/l. Menurut Hariyadi, (2004) BOD digunakan sebagai uji penduga kadar organik yang mudah terdegradasi, sedangkan COD mencakup semua kadar organik baik yang mudah terdegradasi maupun sulit terdegradasi. Kelemahan dari pengukuran BOD menurut Hariyadi, (2004) adalah BOD memerlukan waktu lama dalam pengujian nya dan dipengaruhi

oleh aktivitas bakteri. BOD juga dipengaruhi oleh parameter kunci limbah cair yang lain, sehingga analisa BOD biasanya disandingkan dengan parameter kunci lain seperti TSS,dan COD. Berdasarkan analisa hasil penelitian peneliti berasumsi bahwa kelemahan dari penelitian ini adalah kadar BOD₅ masih belum memenuhi baku mutu yang disyaratkan, karena sebetulnya BOD lebih baik diolah menggunakan metode seperti biofilter aerob-anaerob. Menurut Muzakky, Karnaningroem, & Razif, (2016) bahwa biofilter aerob dan anaerob mampu menurunkan parameter BOD hingga kadar BOD menjadi 2,99 mg/L dari 1.640 mg/L.

TABEL III. HASIL PENGUKURAN KADAR BOD₅ PADA LIMBAH CAIR HOME INDUSTRY BATIK

No.	Parameter	Keterangan	Hasil Pengukuran (replikasi 1,2,3,4,5)	Rata-Rata	Rata Rata Penurunan (Kontrol-Perlakuan) Mg/l	Persentase Penurunan (Rata-rata penurunan / Kontrol x 100%) %
1.	Kadar BOD ₅ (Mg/l)	Kontrol	620,61	629,81	-	0%
			631,28			
			625,44			
			638,02			
			633,73			
		5 A- 45 Menit	224,37	226,91	402,9 Mg/l	63,9%
			228,31			
			230,45			
			225,14			
			226,31			
		5 A- 90 Menit	118,61	174,59	455,22 Mg/l	72,2%
			194,25			
			185,30			
			191,11			
			183,69			
		10 A – 45 Menit	101,38	106,70	523,1 Mg/l	83%
			108,26			
			113,09			
			104,57			
			106,21			
10 A- 90 Menit	69,22	67,59	562,22 Mg/l	89,2%		
	71,24					
	62,58					
	64,75					
	70,16					

TABEL IV. HASIL PENGUKURAN KADAR COD PADA LIMBAH CAIR HOME INDUSTRY BATIK

No	Parameter	Keterangan	Hasil Pengukuran (replikasi 1,2,3,4,5)	Rata-Rata	Rata Rata Penurunan (Kontrol-Perlakuan) Mg/l	Persentase Penurunan (Rata-rata penurunan / Kontrol x 100%) %
1.	Kadar COD (Mg/l)	Kontrol	2758,30	2802,48	-	0%
2814,22						
2793,59						
2771,18						
2875,14						
5 A- 45 Menit		650,32	696,342	2106,138 Mg/l	75,1%	
		710,25				
		720,15				
		703,24				
		697,75				
5 A- 90 Menit		315,15	310,17	2492,31 Mg/l	88,9%	
		320,25				
		310,22				
		330,21				
		275,03				
10 A – 45 Menit		172,46	169,64	2632,84 Mg/l	93,9%	
		163,77				
		174,14				
		169,21				
		168,66				
10 A- 90 Menit	118,31	118,56	2683,92 Mg/l	95,7%		
	124,55					
	113,39					
	115,18					

Penurunan BOD yang masih rendah dapat juga dikarenakan proses elektrokoagulasi tidak di integrasi dengan proses aerasi. Argumentasi muncul karena pada penelitian Surya, (2014) melakukan penambahan aerator pada proses elektrokoagulasi lebih baik dari pada tanpa menggunakan aerator dalam menurunkan COD, dengan catatan COD tidak lebih dari 5.000 ppm.

C. Analisa Penurunan Kadar COD

Berdasarkan tabel 3 diketahui bahwa terdapat perbedaan rerata penurunan kadar COD pada semua kelompok perlakuan. Rerata penurunan tertinggi terjadi pada kelompok perlakuan 10A-90 Menit yang mencapai 95,7%. Penurunan kadar COD menurut penelitian Yulianto, *Et al* (2009) berasal dari penyerapan senyawa organik oleh flok yang terbentuk dari proses reduksi dan oksidasi. Proses reduksi akan menghasilkan gas H₂ yang bertugas mengangkat flok yang telah terbentuk, sementara itu flok sendiri berasal dari reaksi oksidasi aluminium yang menghasilkan ion Al³⁺. Proses

elektrokoagulasi sendiri dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kuat arus dan waktu kontak. Menurut Novita, (2017) kuat arus akan berperan memulai proses pertukaran elektron dan akan berpengaruh pada proses reduksi dan oksidasi. Reduksi pada elektrokoagulasi akan berperan mengangkat flok yang terbentuk akibat proses oksidasi. Semakin besar kuat arus yang diberikan maka semakin besar pula ion Al³⁺ yang dilepaskan oleh anoda aluminium dan ion ini akan membentuk flok yang akan mengikat senyawa organik dalam limbah cair. Sementara itu, pengaruh waktu kontak berbanding lurus dengan jumlah ion Al³⁺ yang terlepas. Semakin lama waktu kontak maka semakin banyak ion Al³⁺ yang terlepas.

D. Analisis Variasi Perlakuan Yang Paling Baik Dalam Menurunkan Kadar Warna, BOD₅ dan COD

Analisa variasi kuat arus-waktu kontak yang memiliki kemampuan paling tinggi dalam menurunkan kadar warna,

BOD₅, dan COD pada limbah cair *Home Industry* Batik dilakukan menggunakan uji statistik uji post-hoc. Uji post-hoc menitikberatkan pada beda rerata penurunan kelompok kontrol terhadap kelompok perlakuan. Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan hasil bahwa kuat arus 10 A memiliki rerata penurunan paling baik dibandingkan kuat arus 5 A, dan waktu kontak 90 Menit menunjukkan angka penurunan lebih baik dibandingkan waktu kontak 45 menit. pengaruh besaran kuat arus dan lamanya waktu kontak terhadap penurunan kadar pencemar telah dibuktikan oleh Dwi & Agung, (2012) yang menunjukkan bahwa kuat arus 2,5 A mampu menurunkan warna, dan COD lebih baik daripada kuat arus 0,5 A dengan selisih hampir 30%, sedangkan waktu kontak 180 menit lebih baik menurunkan warna dan COD dibandingkan dengan waktu kontak 20 menit dengan selisih penurunan 20-30%.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Elektrokoagulasi dengan variasi kuat arus- waktu kontak mampu menurunkan kadar warna dengan presentase penurunan tertinggi mencapai 89,36% pada kelompok perlakuan 10A-90 Menit
2. Elektrokoagulasi dengan variasi kuat arus-waktu kontak mampu menurunkan kandungan BOD₅ dengan presentase penurunan tertinggi mencapai 89,2% pada kelompok perlakuan 10A-90 Menit, namun kandungan BOD₅ belum memenuhi baku mutu Peraturan Gubernur Jawa Timur No 72 Tahun 2013. Dapat dilakukan integrasi dengan metode lain seperti penambahan aerator dan bak aerob an aerob untuk meningkatkan efisiensi penurunan BOD
3. Elektrokoagulasi dengan variasi kuat arus-waktu kontak mampu menurunkan kandungan COD dengan presentase penurunan tertinggi mencapai 95,7% pada kelompok perlakuan 10A-90 Menit
4. Elektrokoagulasi dengan variasi kuat arus-waktu kontak 10A – 90 Menit menjadi variasi yang paling tinggi presentase penurunannya dalam menurunkan kadar warna, BOD₅, dan COD.

B. Saran

1. Bagi Masyarakat
Proses elektrokoagulasi dengan kuat arus 10 A dan waktu kontak 90 menit untuk sementara ini dapat diaplikasikan sebagai unit pengolahan limbah cair pewarna Naphthol sebelum dibuang ke badan air.
2. Bagi Peneliti Lain
Peneliti lain dapat menambahkan aerator setelah limbah cair diolah menggunakan elektrokoagulasi untuk meningkatkan efisiensi penurunan BOD. Peneliti lain dapat mengganti pasangan elektroda menjadi sejenis karena dalam penelitian ini terbukti ada tolakan dari tembaga yang mengakibatkan adanya ion Cu²⁺ yang

terlepas tanpa berikatan sehingga akan menghambat proses.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Chantes, C. Jarusutthirak, P. Kanchanapiya, and S. Danwittayakul, "Treatment of Textile Dyeing Wastewater by Electrocoagulation," *Key Eng. Mater.*, vol. 659, pp. 284–288, 2015.
- [2] M. Zammi, A. Rahmawati, and R. R. Nirwana, "Analisis Dampak Limbah Buangan Limbah Pabrik Batik di Sungai Simbangkulon," vol. 2, no. 1, pp. 1–5, 2018.
- [3] B. Merzouk, B. Gourich, A. Sekki, K. Madani, C. Vial, and M. Barkaoui, "Studies on the decolorization of textile dye wastewater by continuous electrocoagulation process," *Chem. Eng. J.*, vol. 149, no. 1–3, pp. 207–214, 2009.
- [4] N. K. Shammass, M. Pouet, and A. Grasmick, "Flotation Technology," vol. 12, pp. 199–220, 2010.
- [5] E. Butler, Y.-T. Hung, R. Y.-L. Yeh, and M. Suleiman Al Ahmad, "Electrocoagulation in Wastewater Treatment," *Water*, vol. 3, no. 4, pp. 495–525, 2011.
- [6] N. Dwi and T. Agung, "Penurunan TSS dan Warna Limbah Batik," vol. 6, no. 1, pp. 37–44, 2012.
- [7] L. Humairoh, "Penerapan Metode Elektrokoagulasi dalam Penjernihan Air Sungai Musi Menggunakan Elektroda Aluminium," no. Politeknik Negeri Sriwijaya, 2014.
- [8] Novita, "PENGARUH VARIASI KUAT ARUS LISTRIK DAN WAKTU PENGADUKAN PADA PROSES ELEKTROKOAGULASI UNTUK PENJERNIHAN AIR BAKU PDAM TIRTANADI IPA SUNGGAL," 2017.
- [9] S. Hariyadi, "BOD DAN COD SEBAGAI PARAMETER PENCEMARAN AIR DAN BAKU MUTU AIR LIMBAH," no. Pps 702, pp. 1–12, 2004.
- [10] A. Yulianto, L. Hakim, I. Purwaningsih, and V. A. Pravitasari, "Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Pada Skala Laboratorium Dengan Menggunakan Metode Elektrokoagulasi," *J. Teknol. Lingkungan. Univ. Trisakti*, vol. 5, no. 1, pp. 6–11, 2009.