

Pengaruh Beda Potensial dan Waktu Elektrooksidasi-Elektrokoagulasi Dalam Penentuan Kandungan BOD, COD, dan TSS Limbah Cair Industri Tekstil Menggunakan Elektroda C-Fe dengan Sistem Semi Kontinyu

Eka Putri Ramadhani^{*)}, Tri Widayatno

Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

^{*)} Corresponding author: ramadhanieka07@gmail.com

(Received: 30 Oct 2021 • Revised: 16 May 2022 • Accepted: 30 May 2022)

Abstract

The textile industry is an industry that produces finished, semi-finished and yarn used to make cloth. In the industrial production process requires chemicals and water in large quantities so that liquid waste is one of the wastes produced by the textile industry. In the treatment of these wastes, generally using electrooxidation and electrocoagulation methods. In this study, the method chosen was to combine the two methods. In addition, the selected electrode is a C-Fe electrode. The aim to be achieved is to determine the effect of the selected method on the effectiveness of reducing organic content in batik wastewater. The variables observed in this study were the potential difference with variations (6, 11, 16 and 21) volts, and the electrooxidation-electrocoagulation time at two times, 5 and 20 minutes. The results of the analysis show that the method used can reduce BOD levels from 1479.9 mg/L to 243.9 mg/L with an efficiency of 83.52% decreasing BOD content and reducing COD levels from 827.2 mg/L to 177.6 mg/L with an efficiency of reducing COD content of 78.53%. In other words, based on these results, it could be concluded that the electrooxidation-electrocoagulation method was effective in treating batik liquid waste.

Abstrak

Industri tekstil merupakan suatu industri yang menghasilkan pakaian jadi, setengah jadi maupun benang yang digunakan untuk membuat kain. Dalam proses produksi industri memerlukan bahan kimia dan air dalam jumlah yang besar sehingga limbah cair merupakan salah satu limbah yang dihasilkan oleh industri tekstil. Dalam pengolahan limbah tersebut, umumnya menggunakan metode elektrooksidasi dan elektrokoagulasi. Pada penelitian ini, metode yang dipilih adalah dengan menggabungkan kedua metode tersebut. Selain itu, elektroda yang dipilih adalah elektroda C-Fe. Tujuan yang ingin dicapai adalah untuk mengetahui pengaruh metode yang dipilih terhadap efektivitas penurunan kandungan organik pada limbah cair batik. Variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah beda potensial dengan variasi (6, 11, 16 dan 21) volt, dan waktu elektrooksidasi-elektrokoagulasi pada dua waktu yaitu 5 dan 20 menit. Hasil analisis menunjukkan bahwa metode yang digunakan dapat menurunkan kadar BOD dari 1479,9 mg/L menjadi 243,9 mg/L dengan efisiensi penurunan kandungan BOD sebesar 83,52% dan menurunkan kadar COD dari 827,2 mg/L menjadi 177,6 mg/L dengan efisiensi penurunan kandungan COD sebesar 78,53%. Dengan kata lain, berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa metode elektrooksidasi-elektrokoagulasi efektif digunakan dalam pengolahan limbah cair batik.

Keywords : batik liquid wastes, electrocoagulation, electrooxidation, semi-continuous

PENDAHULUAN

Industri tekstil dibagi menjadi tiga sektor yaitu industri skala kecil, menengah, dan besar. Pada industri tekstil skala kecil, produk yang dihasilkan adalah pakaian jadi sehingga proses yang dilakukan adalah *sewing*, *cutting*, *washing*, dan *finishing*, sedangkan pada industri tekstil skala menengah dilakukan proses penganyaman benang menjadi kain berupa lembaran dan pemeyempurnaan yang bisa dilakukan dengan proses pewarnaan. Dan pada industri tekstil skala besar, produk yang dihasilkan berupa serat atau fiber yang dipintal menjadi benang [1].

Pada industri tekstil untuk proses pewarnaan saat ini banyak menggunakan pewarna sintetis karena lebih murah, mudah didapat, tahan lama dan pada proses pewarnaan lebih mudah jika dibandingkan dengan pewarna alami [2]. Zat warna tekstil sintetis umumnya susah terdegradasi baik secara biologis maupun kimiawi, karena dalam pewarna sintetis mengandung surfaktan, aditif dan komponen organik yang memiliki struktur kompleks sehingga dapat menyebabkan pencemaran [3].

Beberapa industri tekstil di Indonesia yang terkenal yaitu di kota Solo dan Pekalongan. Ditinjau dari proses produksinya, industri tekstil menghasilkan limbah cair dengan volume yang cukup besar. Industri tekstil yang bergerak dalam bidang batik, *cap*, *printing* dan sablon sebagian besar masih membuang limbah cair langsung ke lingkungan. Karakteristik limbah cair tersebut adalah berwarna keruh, berbusa, pH tinggi, konsentrasi BOD tinggi, terdapat kandungan lemak alkali, serta terdapat bahan-bahan lain dari zat warna dan kandungan logam didalamnya. Pencemaran ini diakibatkan oleh limbah cair hasil dari proses perwarnaan industri tekstil, batik, sablon. Indikasi dari pencemaran sungai ditunjukkan dengan perubahan warna air sungai menjadi gelap dan keruh. Limbah logam tersebut mengandung Cr (krom/VI) yang dihasilkan dari aktifitas industri tekstil. Cr (krom/VI) sangat toksik, bersifat karsinogenik dan mutagenik serta dapat masuk ke dalam jaringan tanaman, hewan dan manusia [4]. Karakteristik dan komposisi yang terkandung dalam limbah cair tekstil dapat ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik dan Komposisi Limbah Cair Industri Tekstil

Parameter	Nilai (mg/L)
PH	7,0-9,0
BOD (mg/L)	80-6.000
COD (mg/L)	150-12.000
TSS (mg/L)	15-8.000
TDS (mg/L)	2.900-3.100
Klorida (mg/L)	1000-1600
Total kjeldahl nitrogen (mg/L)	70-80
Warna (Pt-Co)	50-2.500

Adanya kandungan zat warna dan logam-logam Cu, Pb, Dan Cr dalam sungai-sungai akibat industri tekstil sangat membutuhkan perhatian dan penanganan yang serius karena sungai-sungai tersebut digunakan untuk sarana irigasi sawah dan logam-logam tersebut termasuk jenis limbah B3 (bahan berbahaya dan beracun). Untuk itu perlu adanya sistem pengolahan limbah industri tekstil sebelum dibuang ke lingkungan [4].

Berdasarkan potensi limbah tekstil yang semakin meningkat dan belum optimalnya pengolahan limbah tekstil tersebut, maka penelitian ini dilakukan untuk menurunkan senyawa organik dan anorganik khususnya kandungan pH, COD, BOD, TSS, dan kadar logam yang terdapat dalam limbah cair tekstil. Metode yang digunakan adalah gabungan dari dua metode

elektrokimia yang paling sering digunakan dalam pengolahan limbah cair yaitu elektrooksidasi dan elektrokoagulasi, elektrooksidasi memiliki beberapa kelebihan diantaranya mudah dilakukan, tidak memerlukan bahan kimia tambahan, efektif, selektif, bebas polutan karena hasil dari proses elektrooksidasi adalah air dan karbondioksida [5]. Sedangkan elektrokoagulasi adalah metode elektrokimia yang memanfaatkan elektroda logam yang dimasukkan kedalam larutan kemudian dialiri listrik, pada metode ini akan dihasilkan fluokulan yang dapat mengikat partikel dan kontaminan [6]. Selain itu, metode elektrokoagulasi juga mudah untuk dilakukan, murah, dan efektif. Elektroda yang digunakan dalam elektrokoagulasi adalah elektroda logam seperti Fe dan Al [7]. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan penggabungan metode elektrokoagulasi dan elektrooksidasi untuk mendegradasi zat warna pada limbah cair industri tekstil, berdasarkan hasil yang didapatkan waktu dan tegangan optimum untuk mendegradasi zat warna pada limbah cair tekstil, selain itu penelitian dilakukan pada kondisi semi kontinyu sehingga waktu kontak antara air limbah dan elektroda lebih lama [8]. Sedangkan metode elektrooksidasi untuk menurunkan kadar COD dan warna dapat dipengaruhi oleh beberapa variabel seperti jenis elektroda yang digunakan. Metode elektrooksidasi menggunakan elektroda besi (Fe) dapat menurunkan kadar COD sebanyak 54,36% dan warna 90,59% dalam waktu 10 menit, sedangkan menggunakan elektroda aluminium (Al) dapat menurunkan kadar COD sebanyak 60% dan warna 72,33% dalam waktu 60 menit [9].

Oleh karena itu penelitian ini dilakukan dengan metode elektrooksidasi dengan elektroda C-Fe. Diharapkan penelitian ini mendapatkan hasil penurunan pH, BOD, COD, TSS dan kadar logam pada limbah cair industri tekstil setelah dilakukan metode elektrooksidasi pada sistem semi kontinyu yang optimum.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Surakarta. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi limbah cair industri batik skala rumahan di daerah laweyan, Surakarta. Metode yang digunakan adalah metode elektrolisis (elektrokoagulasi-elektrooksidasi). Dengan variasi berupa beda potensial (6, 11, 16, 21) volt dan waktu elektrooksidasi (5 dan 20) menit.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain rangkaian alat elektrooksidasi-elektrokoagulasi, buret, *beaker glass*, *erlenmeyer*, pipet tetes, pipet ukur, elektroda Fe dan elektroda karbon, *voltage meter*, dan *stopwatch*. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi limbah cair industri batik skala rumahan di daerah laweyan Surakarta, $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, H_2SO_4 , Kanji, KI, KMnO_4 , MnSO_4 , dan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Bahan tersebut digunakan untuk menguji kandungan BOD dan COD yang terdapat dalam limbah cair batik.

Persiapan Bahan Baku

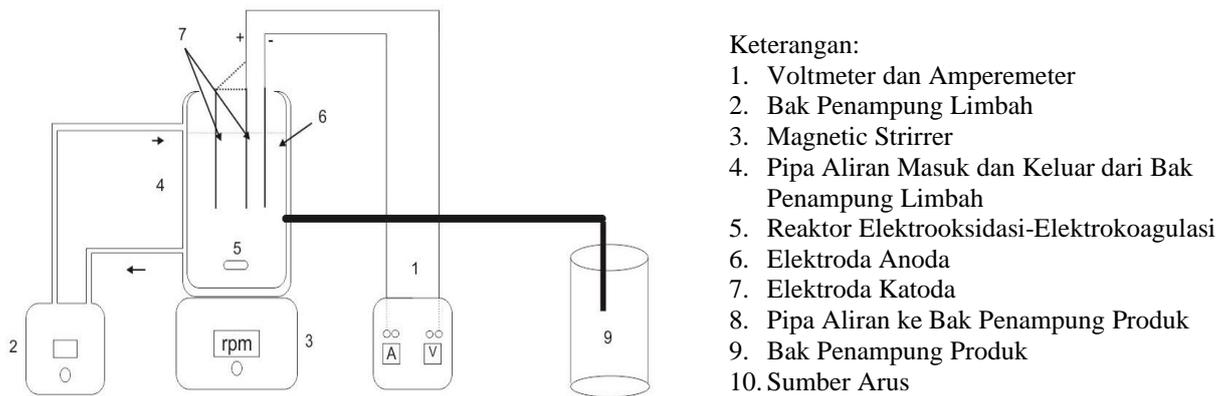
Bahan baku yang diambil dari industri batik di Kampung Laweyan ditampung dalam bak penampungan dengan volume 20 liter dan disimpan dalam suhu ruang untuk menghindari terjadinya kontak dengan lingkungan.

Uji Pendahuluan

Sebelum ke tahap proses elektrooksidasi-elektrokoagulasi, limbah cair tekstil diambil 1 liter untuk di uji kandungan organik (COD, BOD, dan TSS) yang ada dalam limbah industri tekstil.

Proses Elektrokoagulasi-Elektrooksidasi

Limbah cair dimasukkan ke dalam bak penampung dengan kapasitas 10 liter, kemudian dialirkan reaktor pengolahan limbah dengan kapasitas 1 liter yang dilengkapi dengan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 5 ppm agar limbah homogen. Kemudian elektroda karbon dipasang dan disambungkan dengan *voltage meter*, elektroda karbon dipasang pada bagian anoda (+) sedangkan elektroda Fe dipasang pada bagian katoda (-) dengan jarak antar elektroda sebesar 5 cm. Elektroda Fe pada saat digunakan dalam metode elektrokoagulasi akan teroksidasi menjadi Fe(OH)₃ yang menjadi koagulan [10]. Sedangkan elektroda karbon adalah elektroda inert sehingga ketika dilakukan proses elektrolisis tidak bereaksi dengan larutan [11]. *Voltage meter* adalah alat yang digunakan untuk menentukan nilai beda potensial atau tegangan. Setelah alat terpasang, besar tegangan diatur sesuai dengan variasi yang digunakan (6, 11, 16, dan 21 volt) dan metode elektrooksidasi-elektrokoagulasi dilakukan dalam waktu 5 dan 20 menit. Rangkaian alat yang digunakan pada proses elektrooksidasi-elektrokoagulasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Alat Proses Elektrooksidasi-Elektrokoagulasi

Pengujian Sampel

Hasil proses elektrooksidasi-elektrokoagulasi yang telah dilakukan sesuai dengan variasi, ditampung dalam botol sampel yang telah diberi tanda waktu dan tegangan yang digunakan. Berikut ini merupakan uji yang dilakukan pada limbah cair batik:

1. Uji BOD, limbah cair tekstil yang telah dilakukan proses elektrooksidasi-elektrokoagulasi diambil untuk menentukan nilai DO₀ dan DO₅, untuk menentukan nilai DO, bahan kimia yang digunakan antara lain H₂SO₄, Kanji, KI, MnSO₄, dan Na₂S₂O₃.

$$BOD = \frac{((\text{biangko 0} - \text{biangko 5}) - (DO_0 - DO_5)) \times (1 - \% \text{ pengenceran})}{\% \text{ pengenceran}} \dots\dots\dots(1)$$

2. Uji COD, limbah cair yang telah dilakukan proses elektrooksidasi-elektrokoagulasi diambil untuk menentukan nilai COD, untuk menentukan nilai COD bahan kimia yang

digunakan antara lain $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, H_2SO_4 , dan KMnO_4 . Suhu yang digunakan untuk memanaskan limbah yang telah ditambahkan $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dan H_2SO_4 adalah $70\text{-}80^\circ\text{C}$.

$$\text{COD} = \frac{((a+b) \times N \text{KMnO}_4) \times 8000}{10} \dots\dots\dots(2)$$

a : Nilai standar kebutuhan titrasi

b : Nilai akhir titrasi

N: Normalitas

3. Uji TSS, limbah cair yang telah dilakukan proses elektrooksidasi-elektrokoagulasi diambil dan dimasukkan kedalam cawan yang telah ditambah kertas saring, kemudian dioven selama 15 menit dan di desikator selama 10 menit. Setelah itu cawan ditimbang untuk mengetahui nilai TSS.

$$\text{TSS} = \frac{(a-b) \times 1000}{c} \dots\dots\dots(3)$$

a : Massa cawan + air limbah

b : Massa cawan kosong

c : Volume air limbah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan limbah cair batik dilakukan dengan metode elektrooksidasi-elektrokoagulasi menggunakan dua elektroda yaitu elektroda C (Karbon) dan Fe (Besi) dan proses tersebut berjalan secara semi kontinyu di dalam reaktor. Uji pendahuluan yang dilakukan sebelum metode elektrooksidasi-elektrokoagulasi diterapkan bertujuan untuk mengetahui kandungan organik (COD, BOD, dan TSS) yang ada di limbah cair batik. Berdasarkan uji pendahuluan tersebut, kandungan COD, BOD, dan TSS disajikan dalam Tabel 2.

Pada Tabel 2 kandungan organik yang terdapat pada limbah cair batik sebelum dilakukan proses elektrokoagulasi-eklektrokoagulasi secara semi-kontinyu. Nilai kandungan BOD yang dihasilkan adalah $1479,9 \text{ mg/L}$, kandungan COD sebesar $827,2 \text{ mg/L}$, dan kandungan TSS sebesar 3000 mg/L . Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa kandungan organik pada limbah cair batik tinggi. Kandungan organik pada limbah cair batik yang tinggi dapat menyebabkan pencemaran lingkungan seperti penurunan kelarutan oksigen dalam air dan mengganggu kehidupan biotik dalam air. Selain itu kandungan organik yang tinggi pada limbah cair akan menyebabkan kondisi anaerob yang menghasilkan senyawa yang bersifat toksik terhadap lingkungan sehingga dapat menimbulkan penyakit [12]. Kandungan organik pada limbah cair batik yang dihasilkan melebihi ambang batas yang telah ditentukan oleh Kementerian Lingkungan Hidup (Tabel 3), oleh karena itu dilakukan penelitian pengolahan limbah ini dengan metode elektrooksidasi-elektrokoagulasi untuk menurunkan kandungan organik pada limbah cair batik menggunakan variasi tegangan (6, 11, 16, dan 21 volt) dan waktu elektrooksidasi-elektrokoagulasi yaitu 5 dan 20 menit. Berdasarkan KEP-51/MENLH/10/1995 baku mutu limbah cair tekstil ditunjukkan Tabel 3.

Tabel 2. Kandungan Organik Limbah Cair Batik Sebelum Elektrooksidasi-Elektrokoagulasi

Kandungan	Hasil Analisis (mg/L)
BOD	1479,9
COD	827,2
TSS	3000

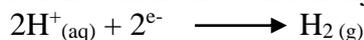
Tabel 3. Baku Mutu Limbah Cair Tekstil

Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)	Beban Pencemaran Maksimal (kg/ton)
BOD	85	12,75
COD	250	37,5
TSS	60	9
Fenol total	1	0,15
Krom total	2	0,3
Minyak dan lemak	5	0,75
pH		6,0-9,0
Debit limbah maksimum	150 m ³ per ton produk tekstil	

Prinsip pengolahan limbah menggunakan metode elektrokoagulasi sama halnya dengan elektrooksidasi karena koagulan atau flok yang dihasilkan ketika proses elektrooksidasi dari anoda, materi pencemar pada limbah cair akan menggumpal pada reaktor elektrolisis ketika dialirkan listrik dari anoda menuju katoda [13]. Anoda yang digunakan adalah Karbon (C) sedangkan untuk katoda berupa Besi (Fe), reaksi reduksi oksidasi terjadi karena adanya pergerakan dari kation (ion positif) pada katoda bermuatan negatif, sedangkan anion bergerak menuju anoda bermuatan positif [14]. Reaksi yang dihasilkan oleh kedua elektroda sebagai berikut:

Reaksi pada anoda

Ion H⁺ akan direduksi menjadi gas hidrogen sehingga akan bebas sebagai gelembung gas



Jika larutan mengandung ion logam alkali atau alkali tanah maka ion tidak dapat tereduksi dari larutan yang bereduksi yaitu air yang mengandung gas hidrogen pada katoda



Reaksi pada katoda



Ion OH⁻ akan teroksidasi dan membentuk gas oksigen



Berdasarkan reaksi yang terjadi anoda akan menghasilkan ion logam dan gas hidrogen, sedangkan pada katoda akan menghasilkan gas halogen dan flok.

Pada proses elektrooksidasi-elektrokoagulasi menghasilkan gelembung-gelembung gas, sehingga kotoran atau endapan yang terbentuk dalam air akan terangkat ke permukaan. Semakin lama maka ukuran flok akan semakin besar [14].

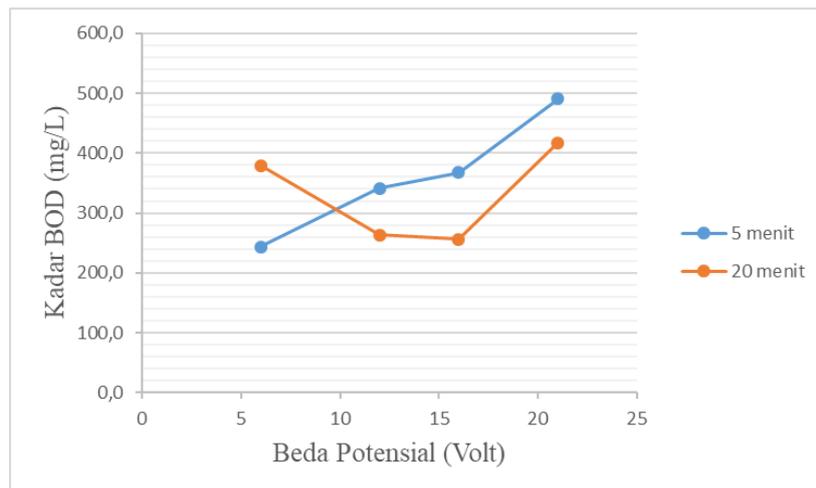
Analisis BOD (*biological oxygen demand*) digunakan untuk menentukan beban pencemaran pada air dan untuk membuat sistem pengolahan air limbah secara biologi [15].

Hasil penurunan kandungan BOD pada limbah cair batik dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 2 yang menunjukkan gambar hubungan antara waktu elektrooksidasi-elektrokoagulasi selama 5 dan 20 menit dengan tegangan yang digunakan (6, 11, 16, dan 21 volt) terhadap hasil penurunan kandungan BOD setelah dilakukan proses elektrooksidasi-elektrokoagulasi.

Tabel 4 menunjukkan bahwa proses elektrooksidasi-elektrokoagulasi dengan kondisi tegangan (6, 11, 16, dan 21 volt) pada waktu 5 menit penurunan kandungan BOD yang dihasilkannya sebesar 243,9 mg/L, 341,0 mg/L, 367,2 mg/L, dan 490,5 mg/L. Sedangkan pada kondisi waktu kontak 20 menit penurunan kandungan BOD sebesar 379,3 mg/L, 263,6 mg/L, 255,7 mg/L, dan 417,7 mg/L.

Tabel 4. Kandungan BOD Limbah Cair Batik Setelah Elektrooksidasi-Elektrokoagulasi

Tegangan (Volt)	Waktu elektrooksidasi- elektrokoagulasi (Menit)	
	5	20
6	243,9	379,3
11	341,0	263,6
16	367,2	255,7
21	490,5	417,7



Gambar 2. Kandungan BOD Setelah Proses Elektrooksidasi-Elektrokoagulasi

Tabel 4 dan Gambar 2 menunjukkan bahwa berdasarkan hasil analisis nilai penurunan kandungan BOD paling tinggi yang dihasilkan adalah 243,9 mg/L dari konsentrasi awal yaitu 1479,9 mg/L. Penurunan kandungan BOD paling tinggi terjadi pada kondisi variasi waktu 5 menit dengan tegangan 6 volt. Berdasarkan baku mutu, nilai BOD yang dihasilkan belum mencapai standar yang telah ditentukan yaitu 85 mg/L, akan tetapi metode elektrooksidasi-elektrokoagulasi telah efektif dalam menurunkan kandungan BOD pada limbah cair batik.

Jumlah elektroda, waktu elektrooksidasi-elektrokoagulasi, dan besar tegangan yang digunakan akan berpengaruh pada proses elektrooksidasi-elektrokoagulasi untuk menurunkan kandungan BOD pada limbah cair. Seperti flok yang dihasilkan apabila semakin banyak

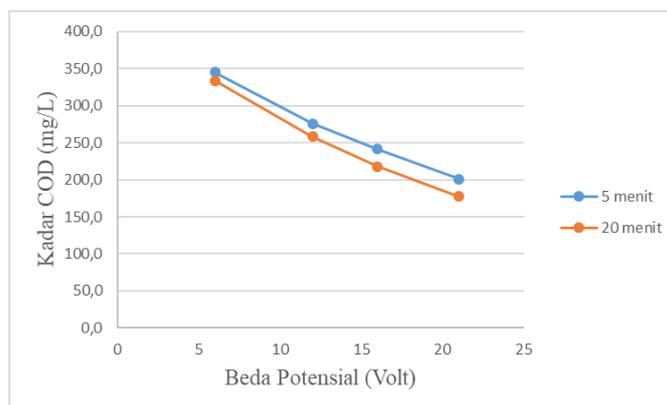
maka kandungan BOD yang diturunkan lebih besar dan proses elektrooksidasi-elektrokoagulasi semakin efektif. Kemudian jarak antara elektroda apabila semakin dekat maka arus yang dihasilkan semakin besar sehingga proses degradasi pada air limbah menjadi lebih efektif karena waktu yang dibutuhkan lebih singkat [16].

Analisis COD (*chemical oxygen demand*) diperlukan untuk mengoksidasi zat organik dalam air [15]. Hasil penurunan kandungan COD dapat dilihat pada Tabel 5 dan Gambar 3 yang menunjukkan hubungan antara waktu elektrooksidasi-elektrokoagulasi selama 5 dan 20 menit dengan tegangan yang digunakan (6, 11, 16, dan 21 volt) terhadap hasil penurunan kandungan COD setelah dilakukan proses elektrooksidasi-elektrokoagulasi.

Tabel 5 menunjukkan bahwa proses elektrooksidasi-elektrokoagulasi dengan kondisi tegangan (6, 11, 16, dan 21 volt) pada waktu 5 menit penurunan kandungan COD yang dihasilkan sebesar 345,3 mg/L, 275,9 mg/L, 241,2 mg/L, dan 200,7 mg/L. sedangkan pada kondisi waktu kontak 20 menit penurunan kandungan COD sebesar 333,8 mg/L, 258,6 mg/L, 218,1 mg/L, dan 177,6 mg/L.

Tabel 5. Kandungan COD Limbah Cair Batik Setelah Elektrooksidasi-Elektrokoagulasi

Tegangan (Volt)	Waktu elektrooksidasi-elektrokoagulasi (Menit)	
	5	20
	6	345,3
11	275,9	258,6
16	241,2	218,1
21	200,7	177,6



Gambar 3. Kandungan COD Setelah Proses Elektrooksidasi-Elektrokoagulasi

Berdasarkan Tabel 5 dan Gambar 3, diketahui bahwa penurunan kandungan COD limbah cair batik yang dihasilkan pada pengolahan limbah cair menggunakan metode elektrooksidasi-elektrokoagulasi yang paling tinggi adalah 177,6 mg/L dari konsentrasi awal yaitu 829,2 mg/L. Penurunan kandungan COD paling tinggi dihasilkan pada kondisi waktu elektrooksidasi-elektrokoagulasi 20 menit dengan tegangan 21 volt. Kandungan COD yang dihasilkan seperti halnya kandungan BOD yang belum memenuhi standar COD berdasarkan baku mutu yang diperbolehkan untuk dibuang ke lingkungan, akan tetapi metode yang dilakukan telah berhasil dalam menurunkan kandungan COD. Penurunan kandungan COD

pada proses elektooksidasi-elektrokoagulasi disebabkan oleh proses reduksi dan oksidasi yang terjadi pada reaktor, pada elektroda akan terbentuk gas hidrogen dan oksigen yang menyebabkan penurunan kandungan COD. Menurut prinsip *double layer* penurunan kandungan COD disebabkan oleh flok yang terbentuk dari ikatan ion senyawa organik dan koagulan. Molekul yang ada pada limbah cair batik akan menjadi flok, partikel pada limbah cair batik bersifat mengikat sehingga dapat mengikat senyawa lain seperti senyawa $\text{Fe}(\text{OH})_2$ yang bermuatan positif karena mengikat ion H^+ [11].

Hasil dari penelitian ini jika dibandingkan dengan hasil penelitian dari Rekha, Srinidhi dan Murthy (2018) tentang “Degradasi Elektrokimia dari Remazol Merah Rb 133 Menggunakan Elektroda Sacrificial” didapatkan penurunan kadar COD sebanyak 54,36 % dan warna 90,59 % dalam waktu 10 menit dengan menggunakan metode elektooksidasi elektroda besi (Fe) sedangkan menggunakan elektroda aluminium (Al) dapat menurunkan kadar COD sebanyak 60% dan warna 72,33% dalam waktu 60 menit sedangkan dalam penelitian ini diperoleh penurunan kadar COD optimal sebanyak 75,73 % dalam waktu 5 menit dan 78,53% dalam waktu 20 menit dengan beda potensial 21 volt menggunakan elektroda Fe-C [9]. Jika dilihat dari penurunan kadar COD pada penelitian ini, kadar COD tersebut telah memenuhi standard baku mutu yang telah ditetapkan berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomer 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah.

Analisis TSS (*total suspended solid*) adalah metode yang dilakukan untuk mengetahui besarnya pencemaran air berdasarkan endapan yang dihasilkan. Pada uji pendahuluan dihasilkan TSS sebesar 3000 mg/L, kemudian dilakukan pengujian pada hasil proses elektooksidasi-elektrokoagulasi dengan kondisi tegangan 6 volt pada waktu 5 dan 20 menit nilai kandungan TSS yang dihasilkan melebihi kandungan awal TSS sebelum dilakukan proses elektooksidasi-elektrokoagulasi. Nilai TSS yang dihasilkan adalah 6200 mg/L dan 4000 mg/L. Berdasarkan hasil tersebut proses elektooksidasi-elektrokoagulasi belum efektif dalam menurunkan kandungan TSS karena nilai TSS yang dihasilkan semakin tinggi. Pada pengolahan limbah menggunakan metode elektrokimia seharusnya ditambahkan larutan elektrolit untuk menurunkan kandungan zat warna pada air limbah, tetapi dalam penelitian ini tidak ditambahkan larutan elektrolit. Larutan elektrolit dapat digunakan untuk menurunkan kandungan zat warna pada limbah, limbah yang tidak ditambahkan larutan elektrolit ketika proses elektooksidasi elektrokoagulasi molekul zat warna akan terpecah dan menjadi molekul sederhana sehingga terbentuk endapan. Oleh karena itu, kandungan TSS menjadi lebih tinggi daripada kondisi awal.

Pada penelitian sebelumnya penurunan kandungan TSS juga mengalami fluktuasi hal tersebut dikarenakan terjadi pembentukan partikel-partikel dari proses elektrokoagulasi yang terflotasi ke permukaan, semakin lama dan semakin tinggi tegangan yang digunakan maka flok yang terbentuk semakin besar dan akan mengendap pada permukaan reaktor elektooksidasi-elektrokoagulasi. Partikel yang belum mengendap secara sempurna akan terbawa saat pengambilan sampel untuk diuji kandungan TSS yang terdapat pada air limbah, oleh sebab itu kandungan TSS yang dihasilkan bisa lebih besar [16].

KESIMPULAN

Proses pengolahan limbah menggunakan metode elektooksidasi-elektrokoagulasi telah dilakukan menggunakan elektroda karbon sebagai anoda dan besi sebagai katoda. Kemudian didapatkan kesimpulan bahwa metode elektooksidasi-elektrokoagulasi efektif digunakan untuk menurunkan kandungan organik pada air limbah batik. Hasil maksimum penurunan kandungan BOD didapatkan pada kondisi waktu elektooksidasi-elektrokoagulasi 5 menit dengan tegangan 6 volt, konsentrasi BOD yang dihasilkan adalah 243,9 mg/L dari

1479,9 mg/L. Kandungan COD didapatkan pada kondisi waktu 20 menit dengan tegangan 21 volt, konsentrasi COD dari 827,2 mg/L menjadi 177,6 mg/L. Sedangkan pada penurunan TSS belum didapatkan hasil yang maksimal karena kandungan TSS lebih besar daripada kandungan TSS sebelum dilakukan proses pengolahan limbah. Berdasarkan hasil penelitian ini, maka disarankan melakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan sampel yang lebih banyak dengan pemilihan metode pengujian kandungan organik yang tepat dan efektif serta dilakukan secara kontinyu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik berkat bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu peneliti mengucapkan terima kasih kepada bapak Tri Widayatno, S.T., M.Sc.,Ph.D selaku pembimbing penelitian. Tidak lupa peneliti juga mengucapkan terima kasih kepada pihak Laboratorium Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Surakarta yang sudah memfasilitasi dalam melakukan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. G. Fauzi, I. N. Sari, M. P. D. Gultrom, and R. Ananda, "Industri Tekstil," 2019.
- [2] R. D. Fitriani, Degradasi Elektrokimia Zat Warna Naphthol Blue Black Menggunakan Elektroda Pasta Karbon Nanopori, Universitas Airlangga, 2016.
- [3] E. Gilpavas, I. D. Gómez, and M. Á. G. García, "Optimization of sequential chemical coagulation - electro-oxidation process for the treatment of an industrial textile wastewater Optimization of sequential chemical coagulation - electro-oxidation process for the trea," *Journal of Water Process Engineering*, vol. 22, pp. 73-79, 2018.
- [4] Riyanto, Elektrokimia dan Aplikasinya, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2013.
- [5] I. D. K. Sastrawidana, and D. O. Racmawati, "Efisiensi Perombakan Warna Air Limbah Tekstil Buatan yang Diolah Secara Elektrooksidasi pada Variasi pH, Konsentrasi Garam dan Beda Potensial," in *Prosiding Seminar Nasional MIPA*, 2016.
- [6] L. Yuliani and T. Widayatno, "Yuliyani, L., & Widayatno, T. (2020). Pengaruh Variasi Waktu Tinggal Dan Kuat Arus Terhadap Penurunan Kadar COD, TSS Dan BOD Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Elektrokoagulasi Secara Kontinyu. 48–55," in *URECOL (University Research Colloquium)*, Yogyakarta, 2020.
- [7] I. Amri, P. Destinefa, and Zultiniar, "Pengolahan limbah cair tahu menjadi air bersih dengan metode elektrokoagulasi secara kontinyu," *CHEMPUBLISH JOURNAL*, vol. 5, no. 1, pp. 57-67, 2020.
- [8] S. Suseno and I. Y. M. Wibowo, "PENENTUAN WAKTU PROSES DAN TEGANGAN OPTIMUM DEGRADASI ZAT WARNA TEKSTIL MENGGUNAKAN METODE ELEKTROKIMIA MULTI ELEKTRODA DENGAN SISTEM KONTINYU," in *PROSIDING SEMINAR NASIONAL SAINS DAN TEKNOLOGI SNST*, Semarang, 2017.
- [9] H. B. Rekha, M. S. Srinidhi, and U. N. Murthy, *Textile Wastewater Treatment by Electrochemical Oxidation—Response Surface Methodology*, Springer Singapore, 2018.
- [10] A. Yulianto, L. Hakim, I. Purwaningsih, and V. A. Pravitasari, "PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI BATIK PADA SKALA LABORATORIUM DENGAN MENGGUNAKAN METODE ELEKTROKOAGULASI," *Jurnal Teknologi Lingkungan Universitas Trisakti*, vol. 5, no. 1, pp. 6-11, 2009.
- [11] S. Fatimah, Suyata, and T. Setyaningtyas, "Optimasi Ph dan Hidrogen Peroksida pada Proses Elektrokolorisasi Rodamin B," in *The 3rd University Research Colloquium*

(URECOL) 2016 , Surakarta, 2016.

- [12] E. G. G. Gustiana and T. Widayatno, "PENURUNAN KADAR COD BOD DAN TSS LIMBAH CAIR PABRIK TAHU DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI SECARA KONTINYU MENGGUNAKAN ELEKTRODA BESI," in *The 11th University Research Colloquium 2020*, 2020.
- [13] T. Widayatno and Sriyani., "Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka dengan Menggunakan Metode Elektroflokulasi," in *Prosiding Seminar Nasional Teknoin*, 2008.
- [14] I. Yuliani, Alimuddin and E. Akkas, "PENURUNAN BOD dan TSS PADA LIMBAH INDUSTRI SAUS SECARA ELEKTROKOAGULASI MENGGUNAKAN ELEKTRODA Fe, Cu dan STAINLESS," *Jurnal Atomik*, vol. 2, no. 1, pp. 134-139, 2017.
- [15] A. R. Agnes and R. Azizah, "PERBEDAAN KADAR BOD, COD, TSS, DAN MPN COLIFORM PADA AIR LIMBAH, SEBELUM DAN SESUDAH PENGOLAHAN DI RSUD NGANJUK," *JURNAL KESEHATAN LINGKUNGAN*, vol. 2, no. 1, pp. 97-111, 2005.
- [16] N. Fauzi, K. Udyani, D. R. Zuchrillah, and F. Hasanah, "Penggunaan Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Alumunium dan Besi pada Pengolahan Air Limbah Batik," in *Prosiding SENIATI*, Malang, 2019.