

Analisa Perubahan BOD, COD, dan TSS Limbah Cair Industri Tekstil Menggunakan Metode Elektrooksidasi-elektrokoagulasi Elektroda Fe-C dengan Sistem Semi Kontinyu

Berliani Indah Yuniarti¹, Tri Widayatno²

Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, Indonesia

Email: berlianiiy@gmail.com¹, tri.widayatno@ums.ac.id²

Received 1 Oktober 2021 | Revised 1 November 2021 | Accepted 15 November 2021

ABSTRAK

Industri tekstil termasuk industri bahan pakaian dan batik. Dalam industri tekstil, bahan kimia dan air sangat penting untuk proses produksi. Elektrooksidasi dan elektrokoagulasi adalah metode yang sering digunakan dalam pengolahan limbah. Penelitian ini menggabungkan kedua metode untuk menentukan efektivitas pengurangan kandungan organik pada limbah cair batik. Kemudian proses pengolahan limbah dilakukan secara semi-kontinyu. Variasi yang digunakan untuk menentukan BOD, COD, dan TSS diantaranya tegangan (8, 12, 16, dan 20 volt) dan waktu untuk elektrooksidasi-elektrokoagulasi pada 15 dan 45 menit. Metode ini dapat menghasilkan BOD dari 1479,9 mg/L menjadi 104,91 mg/L, dan COD dari 829,2 mg/L menjadi 212,29 mg/L. Sedangkan pada TSS nilai kandungan TSS lebih tinggi dari 3000 mg/L yaitu 9400 mg/L pada tegangan 8 volt dan waktu 15 menit, serta 23800 mg/L pada tegangan 8 volt dan waktu 45 menit. Berdasarkan penelitian ini, metode elektrooksidasi-elektrokoagulasi efisien untuk pengolahan limbah cair industri tekstil.

Kata kunci: limbah cair batik, elektrooksidasi, elektrokoagulasi, semi-kontinyu

ABSTRACT

Textile industry includes garment and batik industries. In the textile industry, chemical materials and water are crucial to the production process. This leads to generate a copious waste which requires further treatment. Electrooxidation and electrocoagulation methods are often used in waste treatment since they have a number of advantages. This research used both of these methods to determine the effectiveness of organic content reduction in batik wastewater. The wastewater treatment were treated semi-continuously. Variations used to determined BOD, COD, and TSS include voltage (8, 12, 16, and 20 volt) and time for electrooxidation-electrocoagulation at 15 and 45 minutes. The results show that the methods reduced BOD from 1479,9 mg/L to 104,91 mg/L, and COD from 829,2 mg/L to 212,29 mg/L, while in TSS the value of TSS content is higher than 3000 mg/L which is 9400 mg/L at a voltage of 8 volts and a period of 15 minutes, and 23800 mg/L at a voltage of 8 volts and a period of 45 minutes.. Based on this research, electrooxidation-electrocoagulation are relatively efficient for textile industry wastewater treatment.

Keywords: batik wasewater, electrooxidation, electrocoagulation, semi-continuous

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman, proses produksi dalam suatu industri semakin maju terutama dalam penggunaan bahan baku dan teknologi untuk membantu proses produksi. Seperti halnya dengan industri tekstil, saat ini bahan dalam proses produksi lebih banyak menggunakan pewarna sintetis dengan alasan lebih murah, mudah didapatkan, dan warna yang dihasilkan lebih tahan lama [1]. Akan tetapi senyawa yang terdapat pada pewarna sintetis tidak mudah untuk didegradasi secara biologi maupun kimia, karena bahan penyusun zat warna memiliki struktur yang kompleks [1,2]. Sektor industri tekstil terdiri dari tiga jenis yaitu pengolahan bahan menjadi serat kain yang merupakan skala terbesar dalam industri tekstil, kemudian skala menengah yaitu pengolahan serat kain menjadi kain dengan cara penganyaman dan penyempurnaan produk dengan melakukan proses pewarnaan pada kain, dan skala terkecil adalah pengolahan kain menjadi produk jadi atau pakaian dengan cara *sewing*, *cutting*, *washing* dan *finishing* [3].

Industri batik merupakan bagian dari industri tekstil, kota yang terkenal dengan industri batik adalah Surakarta dan Pekalongan. Kampung Laweyan adalah salah satu tempat industri batik yang terdapat di Kota Surakarta dengan skala industri rumah tangga. Pengolahan pada tiap industri batik tersebut masih belum menerapkan metode pengolahan limbah yang baik, limbah yang dihasilkan banyak yang dibuang secara langsung ke sungai sehingga dapat menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan terutama air sungai [4]. Pengolahan limbah cair batik di Kota Surakarta khususnya Kampung Laweyan masih belum optimal, oleh sebab itu penelitian ini dimaksudkan untuk menurunkan kandungan BOD, COD, dan TSS pada limbah cair batik.

Dalam proses produksi pembuatan kain batik dibutuhkan banyak bahan kimia dan air, bahan kimia yang digunakan adalah pewarna sintetis. Limbah cair yang dihasilkan oleh industri batik memiliki karakteristik berwarna keruh, berbusa, memiliki pH tinggi, terdapat minyak alkali, kandungan organik (BOD, COD, dan TSS), senyawa yang dihasilkan oleh zat warna, dan kandungan logam yang paling tinggi adalah Cr, Cu, dan Pb. Indikasi adanya pencemaran terhadap limbah cair dapat dilihat berdasarkan perubahan warna pada air [5]. Pewarna sintetis yang digunakan memiliki karakteristik sukar terurai dan memiliki kandungan zat warna tinggi, sehingga limbah cair yang dihasilkan berbahaya ketika langsung dibuang ke lingkungan [6]. Karakteristik dan komposisi limbah cair industri tekstil sebagai berikut [7]

Tabel 1. Karakteristik dan Komposisi Limbah Cair Industri Tekstil

Parameter	Nilai (mg/L)
pH	7,00-9,00
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

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 karbon dioksida [8]. Sedangkan elektrokoagulasi adalah metode elektrokimia yang memanfaatkan elektroda logam yang dimasukkan kedalam larutan kemudian dialiri listrik, pada metode ini dihasilkan fluokulan yang dapat

mengikat partikel dan kontaminan [9]. Kelebihan dari metode elektrokoagulasi juga mudah untuk dilakukan, murah, dan efektif. Elektroda yang digunakan dalam elektrokoagulasi adalah elektroda logam seperti Fe dan Al [10]. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan penggabungan metode elektrooksidasi 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 [11].

2. METODOLOGI

Penelitian dilakukan di laboratorium Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. Bahan yang digunakan dalam penelitian meliputi limbah cair batik, $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 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. Sedangkan alat yang digunakan diantaranya rangkaian alat elektrooksidasi-elektrokoagulasi, buret, *beaker glass*, *erlenmeyer*, pipet tetes, pipet ukur, elektroda Fe dan elektroda karbon, *voltage meter*, dan *stopwatch*. Prosedur yang digunakan dalam penelitian diantaranya:

Bahan baku yang diambil dari industri batik di Kampung Laweyan ditampung dalam bak penampungan dengan volume 20 liter. Limbah cair batik merupakan hasil dari proses pencucian dan pembilasan kain batik. Untuk melakukan metode elektrooksidasi-elektrokoagulasi dalam pengolahan limbah, limbah cair diambil 1 liter untuk dianalisa kandungan BOD, COD, dan TSS sebelum diberi perlakuan.

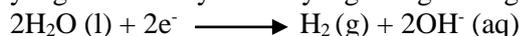
Limbah cair dimasukan kedalam bak penampung dengan kapasitas 10 liter, kemudian dialirkan reaktor pengolahan limbah dengan kapasitas 1 liter dan dilengkapi *magnetic stirrer* yang diatur dengan kecepatan 5 ppm agar limbah homogen. Kemudian elektroda Fe dipasang dan disambungkan dengan *voltage meter*, elektroda Fe dipasang pada bagian anoda (+) sedangkan elektroda karbon dipasang pada bagian katoda (-). Panjang dari elektroda yang digunakan adalah 20 cm kemudian bagian yang tercelup pada air limbah sepanjang 10 cm, sedangkan jarak antar elektroda yang digunakan adalah 5 cm. Elektroda Fe pada saat digunakan dalam metode elektrokoagulasi akan teroksidasi menjadi $\text{Fe}(\text{OH})_3$ yang menjadi koagulan [12]. Elektroda Fe digunakan karena lebih mudah dalam menghantarkan listrik dan tahan terhadap korosi, kemudian ketika elektroda berikatan dengan OH- akan menghasilkan koagulan yang baik. Elektroda besi pada deret volta logam terletak pada bagian kiri unsur hidrogen sehingga lebih mudah untuk melepaskan elektron dan merupakan reduktor yang kuat [13]. Sedangkan elektroda karbon adalah elektroda inert sehingga ketika dilakukan proses elektrolisis tidak bereaksi dengan larutan [12]. *Voltage meter* adalah alat yang digunakan untuk menentukan nilai beda potensial atau tegangan. Setelah alat terpasang besar tegangan diatur sesuai dengan variasi yang digunakan (8, 12, 16, dan 20 volt) dan metode elektrooksidasi-elektrokoagulasi dilakukan dalam waktu 15 dan 45 menit. Dalam penelitian ini proses elektrooksidasi-elektrokoagulasi yang terjadi berkaitan dengan elektroda yang digunakan. Pengolahan air limbah menggunakan metode elektrooksidasi menggunakan elektroda inert (C, Pt, dan Au) [8], sedangkan pada elektrokoagulasi elektroda yang digunakan adalah elektroda logam seperti Fe dan Al, pada metode elektrokoagulasi dengan bantuan medan listrik dan air akan menyebabkan proses reduksi koloid paling kecil lebih cepat karena medan listrik dan air dapat mempercepat proses pengendapan [9]. Karena karbon merupakan elektroda inert maka ketika dilakukan proses elektrolisis katoda yang tereduksi adalah air [12]. Reaksi yang terjadi pada katoda dan anoda sebagai berikut [13].

Reaksi pada katoda

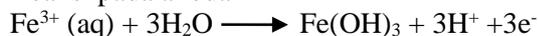
Ion H^+ akan direduksi menjadi gas hidrogen sehingga akan bebas sebagai gelembung gas

$$2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2(\text{g})$$

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 anoda

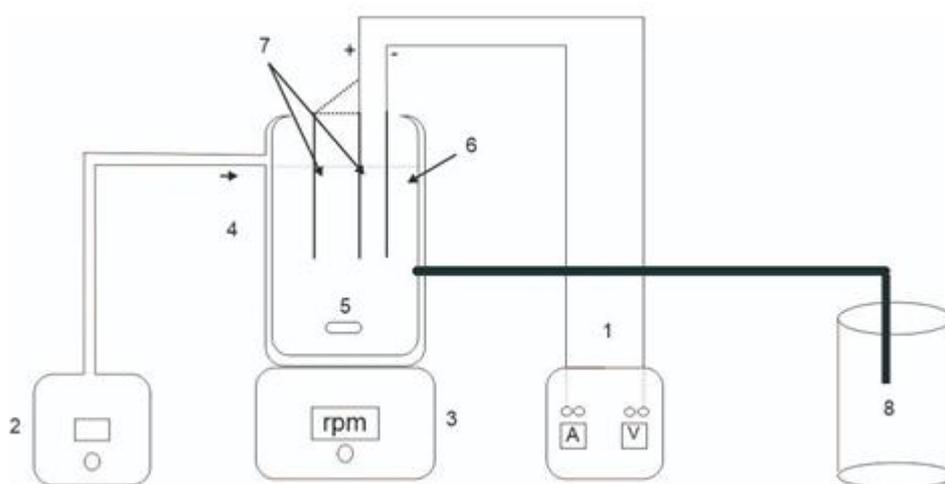


Ion OH^- akan teroksidasi dan membentuk gas oksigen



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

Berikut ini merupakan rangkaian alat yang digunakan pada proses elektrooksidasi-elektrokoagulasi.



Gambar 1. Rangkaian Alat Proses Elektrooksidasi-Elektrokoagulasi

Keterangan:

1. Voltmeter dan Amperemeter
2. Bak Penampung Limbah
3. Magnetic Strirrer
4. Pipa Aliran Masuk dan Keluar dari Bak Penampung Limbah
5. Reaktor Elektrooksidasi-Elektrokoagulasi
6. Elektroda Anoda
7. Elektroda Katoda
8. Bak Penampung Produk Reaktor Elektrooksidasi-Elektrokoagulasi

Proses pengolahan air limbah menggunakan metode elektrooksidasi-elektrokoagulasi dilakukan semi kontinyu karena terdapat aliran masuk dan keluar yang dilakukan secara kontinyu untuk menjaga kondisi reaktor tetap pada kondisi volume 1 liter, ketika volume di reaktor telah 1 liter maka aliran masuk akan dihentikan. 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 berdasarkan *standard method 5210 B 22nd edition* (2011), limbah cair yang telah dilakukan proses elektrooksidasi-elektrokoagulasi diambil untuk menentukan nilai DO_0 dan

DO₅, untuk menentukan nilai DO bahan kimia yang digunakan diantaranya H₂SO₄, Kanji, KI, MnSO₄, dan Na₂S₂O₃.

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

- (2) Uji COD berdasarkan *modified permanganate method*, limbah cair yang telah dilakukan proses elektooksidasi-elektrokoagulasi diambil untuk menentukan nilai COD, untuk menentukan nilai COD bahan kimia yang digunakan diantaranya H₂C₂O₄·2H₂O, H₂SO₄, dan KMnO₄. Suhu yang digunakan untuk memanaskan limbah yang telah ditambahkan H₂C₂O₄·2H₂O dan H₂SO₄ [14].

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

a : Nilai standar kebutuhan titrasi

b : Nilai akhir titrasi

N : Normalitas

- (3) Uji TSS berdasarkan SNI 6989.3:2019, limbah cair yang telah dilakukan proses elektooksidasi-elektrokoagulasi diambil dan dimasukkan kedalam cawan yang telah ditambah kertas saring, kemudian dioven selama 15 menit dan didesikator selama 10 menit. Setelah itu cawan ditimbang untuk mengetahui nilai TSS.

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

a : Massa cawan + air limbah

b : Massa cawan kosong

c : Volume air limbah

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel limbah cair batik direaksikan pada reaktor berukuran 1 liter, proses berjalan secara semi kontinyu dengan membuat aliran masuk ke reaktor. Untuk melakukan metode elektooksidasi-elektrokoagulasi digunakan dua elektroda yaitu elektroda inert (karbon) dan elektroda logam (besi). Berdasarkan uji pendahuluan, kandungan BOD, COD, dan TSS pada limbah cair batik disajikan pada Tabel 2.

Pada **Tabel 2** kandungan organik yang terdapat pada limbah cair batik sebelum dilakukan proses elektokoagulasi-eklektrokoagulasi secara semi-kontinyu. Nilai kandungan BOD yang dihasilkan adalah 1478,9 mg/L, kandungan COD sebesar 829,2 mg/L, dan kandungan TSS sebesar 3000 mg/L.

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

Kandungan	Hasil Analisa (mg/L)
BOD	1479,9
COD	829,2
TSS	3000

Kandungan organik pada limbah cair batik yang tinggi dapat menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan seperti penurunan kelarutan oksigen pada air dan mengganggu kehidupan biotik pada air. Selain itu kandungan organik yang tinggi pada limbah cair akan menyebabkan kondisi anaerobic yang menghasilkan senyawa yang bersifat toksik terhadap lingkungan sehingga dapat menimbulkan

penyakit [15]. Kandungan organik pada limbah cair batik yang dihasilkan melebihi ambang batas yang telah ditentukan oleh Kementerian Lingkungan Hidup (Tabel 3), oleh sebab itu dilakukan penelitian pengolahan limbah dengan metode elektrokodisasi-elektrokoagulasi untuk menurunkan kandungan organik pada limbah cair batik menggunakan variasi tegangan (8, 12, 16, dan 20 volt) dan waktu elektrokodisasi-elektrokoagulasi yaitu 15 dan 45 menit. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.16/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019 baku mutu limbah cair tekstil ditunjukkan Tabel 3:

Tabel 3. Baku Mutu Limbah Cair Tekstil

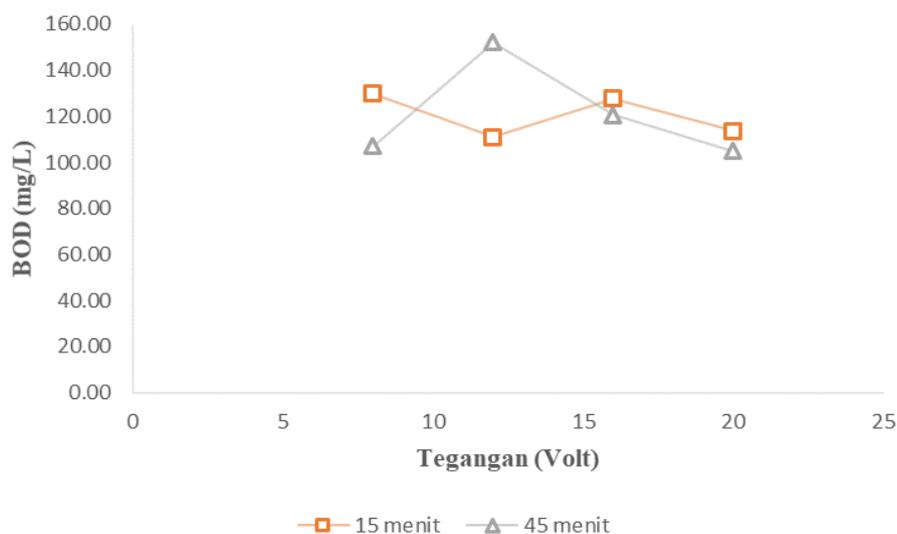
Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)		
	≤100	100<x<1000	≥1000
Debit limbah (m ³ /hari)			
BOD	60	45	35
COD	150	125	115
TSS	50	40	30
Fenol total	0,5		
Krom total	1,0		
Amonia total	8,0		
Sulfida	0,3		
Minyak dan lemak	3		
pH	6,0-9,0		

Prinsip pengolahan limbah menggunakan elektrokodulasi sama halnya dengan elektrokodisasi karena koagulan atau flok dihasilkan ketika proses elektrokodisasi dari anoda yang terbuat dari logam seperti besi atau aluminium, materi pencemar pada limbah cair akan menggumpal pada reaktor elektrolisis ketika dialirkan listrik dari anoda menuju katoda [13]. Anoda yang digunakan adalah Besi (Fe) sedangkan untuk katoda berupa karbon, reaksi reduksi oksidasi terjadi karena adanya pergerakan dari kation (ion positif) pada katoda bermuatan negatif, sedangkan anion bergerak menuju anoda bermuatan positif [16]. Pada proses elektrokodisasi-elektrokoagulasi dihasilkan gelembung-gelembung gas, sehingga kotoran atau endapan yang terbentuk dalam air akan terangkat ke permukaan. Semakin lama maka ukuran flok akan semakin besar [17].

Analisis BOD (*biological oxygen demand*) adalah analisa empiris untuk mendekati secara global proses mikrobiologi yang benar-benar terjadi pada air, analisa BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran pada air dan untuk membuat sistem pengolahan air limbah secara biologi [18]. Hasil penurunan kandungan BOD dapat dilihat pada **Tabel 4** dan **Gambar 2** yang menunjukkan gambar hubungan antara waktu elektrokodisasi-elektrokoagulasi selama 15 dan 45 menit dengan tegangan yang digunakan (8, 12, 16, dan 20 volt) terhadap hasil penurunan kandungan BOD setelah dilakukan proses elektrokodisasi-elektrokoagulasi.

Tabel 4. BOD Limbah Cair Batik Setelah Elektrokodisasi-Elektrokoagulasi

Tegangan (Volt)	BOD Limbah Cair Batik (mg/L)	
	15 menit	45 menit
8	129,83	107,10
12	110,92	152,12
16	127,86	120,65
20	113,65	104,91



Gambar 2. BOD Setelah Proses Elektooksidasi-Elektrokoagulasi

Tabel 4 dan **Gambar 2** menunjukkan bahwa berdasarkan hasil analisis nilai penurunan kandungan BOD paling tinggi yang dihasilkan adalah 104,91 mg/L dari konsentrasi awal yaitu 1479,9 mg/L. Penurunan kandungan BOD paling tinggi terjadi pada kondisi variasi waktu 45 menit dengan tegangan 20 dengan efisiensi penurunan kandungan BOD sebesar 92,91%. Berdasarkan baku mutu nilai BOD belum mencapai standar yang telah ditentukan yaitu 45 mg/L akan tetapi metode elektooksidasi-elektrokoagulasi telah berhasil dalam menurunkan kandungan BOD pada limbah cair batik.

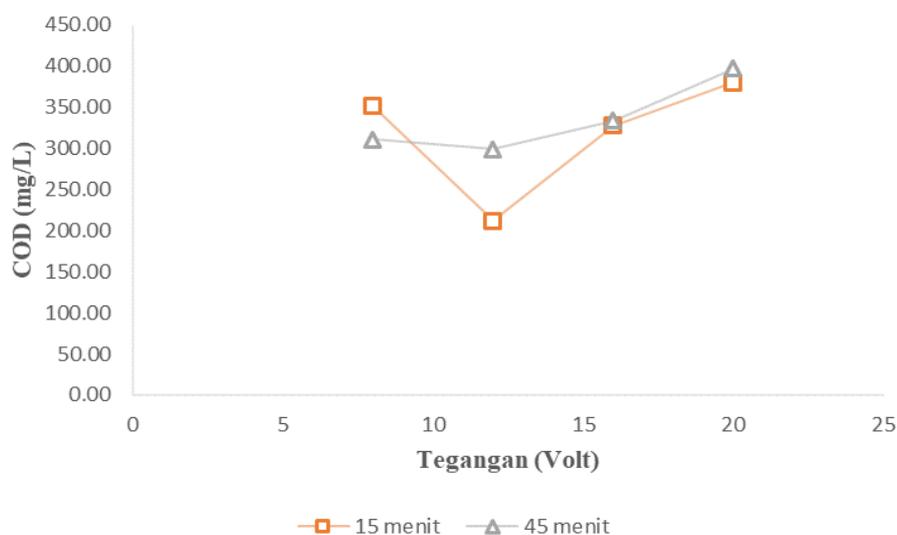
Jumlah elektroda, waktu elektooksidasi-elektrokoagulasi, dan besar tegangan yang digunakan akan berpengaruh pada proses elektooksidasi-elektrokoagulasi untuk menurunkan kandungan BOD pada limbah cair. Seperti flok yang dihasilkan apabila semakin banyak maka kandungan BOD yang diturunkan lebih besar dan proses elektooksidasi-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 bisa lebih singkat [19].

Pada penelitian sebelumnya oleh GilPavas et al. konsentrasi awal kandungan BOD pada air limbah tekstil yaitu 132,5 mg O₂/L, kemudian dilakukan pengujian dengan variasi metode yang digunakan yaitu elektrokoagulasi, elektooksidasi, dan kombinasi elektooksidasi-elektrokoagulasi. Kandungan BOD setelah proses elektrokoagulasi adalah 87 mg O₂/L, setelah proses elektooksidasi yaitu 121 mg O₂/L, dan setelah proses elektooksidasi-elektrokoagulasi kandungan BOD yang dihasilkan adalah 83 mg O₂/L. Berdasarkan hasil penelitian tersebut maka kombinasi elektooksidasi-elektrokoagulasi lebih efektif untuk menurunkan kandungan BOD pada air limbah tekstil, efisiensi dari pengolahan air limbah menggunakan kombinasi elektooksidasi-elektrokoagulasi adalah 37% [20].

Analisis COD (*chemical oxygen demand*) diperlukan untuk mengoksidasi zat organik dalam air [18]. Hasil penurunan kandungan COD dapat dilihat pada **Tabel 5** dan **Gambar 3** yang menunjukkan hubungan antara waktu elektooksidasi-elektrokoagulasi selama 15 dan 45 menit dengan tegangan yang digunakan (8, 12, 16, dan 20 volt) terhadap hasil penurunan kandungan COD setelah dilakukan proses elektooksidasi-elektrokoagulasi.

Tabel 5. COD Limbah Cair Batik Setelah Elektrooksidasi-Elektrokoagulasi

Tegangan (Volt)	COD Limbah Cair Batik (mg/L)	
	15 menit	45 menit
8	351,12	310,63
12	212,29	299,06
16	327,98	333,77
20	380,04	397,40



Gambar 3. 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 212,29 mg/L dari konsentrasi awal yaitu 829,2 mg/L. Penurunan kandungan COD paling tinggi dihasilkan pada kondisi waktu elektrooksidasi-elektrokoagulasi 15 menit dengan tegangan 12 volt dengan efisiensi sebesar 74,40 %. Kandungan COD yang dihasilkan seperti halnya kandungan BOD yang belum memenuhi standar COD yang diperbolehkan untuk dibuang ke lingkungan, akan tetapi metode yang dilakukan telah berhasil dalam menurunkan kandungan COD. Penurunan kandungan COD pada proses elektrooksidasi-elektrokoagulasi disebabkan oleh proses reduksi dan oksidasi yang terjadi pada reaktor, pada elektroda akan terbentuk gas hydrogen 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^+ [13].

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Gilpavas et al. untuk menentukan kandungan COD pada air limbah tekstil dengan menggunakan variasi proses pengolahan limbah, variasi yang digunakan yaitu proses elektrokoagulasi, elektrooksidasi, dan gabungan elektrooksidasi-elektrokoagulasi. Kandungan COD pada sampel air limbah tekstil adalah 702 mg O_2/L , kemudian setelah dilakukan proses elektrokoagulasi kandungan COD yang dihasilkan yaitu 110 mg O_2/L , setelah proses elektrooksidasi yaitu 177 mg O_2/L , dan setelah proses elektrooksidasi-elektrokoagulasi

kandungan COD pada air limbah tekstil yaitu 54 mg O₂/L. Berdasarkan hasil tersebut efisiensi kombinasi elektrooksidasi-elektrokoagulasi paling tinggi yaitu 73% [20].

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 elektrooksidasi-elektrokoagulasi dengan kondisi tegangan 8 volt pada waktu 15 dan 45 menit nilai kandungan TSS yang dihasilkan melebihi kandungan awal TSS sebelum dilakukan proses elektrooksidasi-elektrokoagulasi. Nilai TSS yang dihasilkan adalah 9400 mg/L dan 23800 mg/L. Berdasarkan hasil tersebut proses elektrooksidasi-elektrooksidasi belum berhasil dalam menurunkan kandungan TSS karena nilai yang dihasilkan semakin tinggi. Pada pengolahan limbah menggunakan metode elektrokimia seharusnya ditambahkan larutan elektrolit untuk menurunkan kandungan zat warna pada air limbah, ketika tidak ditambahkan larutan elektrolit zat warna pada air limbah akan menjadi molekul yang lebih sederhana dan dapat menjadi endapan. Oleh sebab itu kandungan TSS menjadi lebih tinggi daripada kondisi awal.

Pada penelitian sebelumnya oleh Fauzi et al. 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 elektrooksidasi-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 [19].

4. KESIMPULAN

Proses pengolahan limbah menggunakan metode elektrooksidasi-elektrokoagulasi telah dilakukan menggunakan elektroda besi sebagai anoda dan karbon sebagai katoda. Kemudian dapat disimpulkan metode elektrooksidasi-elektrokoagulasi efektif digunakan untuk menurunkan kandungan organik pada air limbah batik. Hasil maksimum penurunan kandungan BOD didapatkan pada kondisi waktu elektrooksidasi-elektrokoagulasi 45 menit dengan tegangan 20 volt, konsentrasi BOD yang dihasilkan adalah 104,91mg/L dari 1479,9 mg/L. Kandungan COD didapatkan pada kondisi waktu 15 menit dengan tegangan 12 volt, konsentrasi COD dari 829,2 mg/L menjadi 212,29 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 maka disarankan dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan sampel yang lebih banyak dan dilakukan secara kontinyu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fitriani, R. D. (2016). Degradasi Elektrokimia Zat Warna Naphthol Blue Black menggunakan Elektroda Pasta karbon Nanopori.
- [2] Gilpavas, E., Dobrosz-gómez, I., & Gómez-garcía, M. Á. (2018). Optimization of sequential chemical coagulation - electro-oxidation process for the treatment of an industrial textile wastewater Journal of Water Process Engineering Optimization of sequential chemical coagulation - electro-oxidation process for the treatment of an industrial textile wastewater. *Journal of Water Process Engineering*, 22(2018), 73–79.
- [3] Fauzi, I. G., Sari, I. N., Dwi, M. P., & Ananda, R. (2019). *Industri Tekstil*.

- [4] Lolo, E. U., & Pambudi, Y. S. (2020). Penurunan Parameter Pencemar Limbah Cair Industri Tekstil Secara Koagulasi Flokulasi (Studi Kasus : IPAL Kampung Batik Laweyan , Surakarta , Jawa Tengah , Indonesia). *Serambi Engineering*, V(3), 1090–1098.
- [5] Riyanto. (2013). Elektrokimia dan Aplikasinya. In *Graha Ilmu* (Vol. 1, Issue 1).
- [6] Kiswanto, Wintah, & Maulana, J. (2015). Penurunan Warna, TSS, COD, dan Cr pada Limbah Batik Tulis secara Elektrolisis dan Biosand di Desa Kalipucang Wetan Kabupaten Batang. *RISTEK: Jurnal Riset, Inovasi Dan Teknologi Pekat*, 5, 7–17.
- [7] Al-Kdasi, A., Idris, A., Saed, K., & Guan, C. T. (2004). Treatment of textile wastewater by advanced oxidation processes– A review. *Global Nest Journal*, 6(1), 222–230.
- [8] Sastrawidana, D. K., & Racmawati, I. O. D. (2016). Efisiensi perombakan warna air limbah tekstil buatan yang diolah secara elektrokoksida pada variasi pH, konsentrasi garam dan beda potensial. *Prosiding Seminar Nasional MIPA*, 356–362.
- [9] 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.
- [10] Amri, I., & Destinefa, P. (2020). Pengolahan limbah cair tahu menjadi air bersih dengan metode elektrokoagulasi secara kontinyu. 5(1), 57–67.
- [11] Suseno, & Wibowo, Y. M. (2017). Penentuan Waktu Proses Dan Tegangan Optimum Degradasi Zat Warna Tekstil Menggunakan Metode Elektrokimia Multi Elektroda Dengan Sistem Kontinyu. *Prosiding SNST Ke-8 Tahun 2017*, 1(1), 43–48.
- [12] Yulianto, A., Hakim, L., Purwaningsih, I., & Pravitasari, V. A. (2009). Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Pada Skala Laboratorium Dengan Menggunakan Metode Elektrokoagulasi. *Jurnal Teknologi Lingkungan Universitas Trisakti*, 5(1), 6–11.
- [13] Fatimah, S., Suyata, & Setyaningtyas, T. (2016). Optimasi pH Dan Hidrogen Peroksida Pada Proses Elektrokolorisasi Rodamin B. *The 3rd Universty Research Colloquium*, 1(2000), 47–55.
- [14] Widayatno T, & Sriyani. (2008). Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka dengan Menggunakan Metode Elektroflokulasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknoin 2008 Bidang Teknik Kimia Dan Tekstil Mengandung*, 84–89.
- [15] Yuliani, I., Akkas, E., & Kimia, J. (2017). Penurunan BOD dan TSS pada limbah industri saus secara Elektrokoagulasi menggunakan Fe, Cu dan Stainless. *Jurnal Atomik*, 2(1), 134–139.
- [16] Gustiana, E. G. G., & Widayatno, T. (2020). Penurunan Kadar COD, BOD, dan TSS Limbah cair pabrik tahu dengan Metode Elektrokoagulasi secara kontinyu menggunakan elektroda besi. *The 11th University Research Colloquium 2020*, 72–78.
- [17] Widayatno T, & Sriyani. (2008). Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka dengan Menggunakan Metode Elektroflokulasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknoin 2008 Bidang Teknik Kimia Dan Tekstil Mengandung*, 84–89.
- [18] Rahmawati, A. A., & Azizah, R. (2005). Perbedaan kadar BOD, COD, TSS, dan MPN Coliform pada Air Limbah, sebelum dan sesudah pengolahan di RSUD Nganjuk. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 2(1), 97–111.
- [19] Fauzi, N., Udyani, K., Zuchrillah, D. R., & Hasanah, F. (2019). Penggunaan Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Alumunium dan Besi pada Pengolahan Air Limbah Batik. *SENATI 2019*, 213–218.
- [20] GilPavas, Edison, Paula Arbeláez-Castaño, José Medina, and Diego A. Acosta. 2017. “Combined Electrocoagulation and Electro-Oxidation of Industrial Textile Wastewater Treatment in a Continuous Multi-Stage Reactor.” *Water Science and Technology* 76 (9): 2515–25.