

Pengolahan Limbah Batik dengan Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Besi dan Alumunium

Jauhar Dziban Assauqi^{1*}, Hanumi Oktiyani Rusdi¹, Khalishah Najla Nursyaf¹, Mohammad Ihya'¹
Ulumuddin¹, Nadia Paradipta Asha², Wahyu Aziz Siregar¹

¹Departemen kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang, Indonesia.

²Departemen fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang, Indonesia.

Corresponding author: dzibanassauqi15@gmail.com

Article history

Received: 09 November 2024

Received in revised form: 07
December 2024

Accepted: 16 December 2024

DOI:

10.17977/um0260v8i22024p016

Kata-kata kunci:

BOD (Biological Oxygen Demand),

COD (Chemical Oxygen Demand),

DO (Dissolved Oxygen),

Elektrokoagulasi,

Abstrak

Industri batik skala rumah tangga menghasilkan limbah cair berbahaya yang mengandung pewarna sintetis, COD tinggi (5000 mg/L), dan logam berat, sering dibuang tanpa pengolahan yang memadai. Penelitian ini menguji efektivitas metode elektrokoagulasi menggunakan elektroda aluminium (anoda) dan besi (katoda) dengan tegangan 20 volt selama 200 menit untuk mengolah limbah batik. Hasil menunjukkan penurunan signifikan parameter pencemar: COD turun 96,7% menjadi 161,48 mg/L, BOD turun 87,8% menjadi 6,26 mg/L, dan turbiditas berkurang 87,7% menjadi 24,4 NTU. Proses ini juga berhasil menurunkan TSS sebesar 70,9% dan menghilangkan CO₂ terlarut. Parameter lain seperti pH (9), suhu (26°C), dan kandungan logam Cr (<0,1 mg/L) telah memenuhi baku mutu sebelum dan sesudah pengolahan. Elektrokoagulasi menghasilkan flok yang mengendap dan membentuk lumpur. Meski efektif, diperlukan optimasi waktu kontak dan tegangan untuk mencapai standar COD secara penuh, serta pengelolaan lumpur hasil proses yang tepat guna memastikan keberlanjutan pengolahan limbah batik skala rumah tangga.

Abstract

The home-based batik industry generates hazardous liquid waste containing synthetic dyes, high COD levels (5000 mg/L), and heavy metals, often discharged without proper treatment. This study examines the effectiveness of electrocoagulation using aluminum (anode) and iron (cathode) electrodes at 20 volts for 200 minutes to treat wastewater from batik. Results show significant pollutant reduction: COD decreased by 96.7% to 161.48 mg/L, BOD dropped 87.8% to 6.26 mg/L, and turbidity was reduced by 87.7% to 24.4 NTU. The process also achieved a 70.9% reduction in TSS and complete removal of dissolved CO₂. Other parameters, including pH (9), temperature (26°C), and chromium content (<0.1 mg/L), already complied with regulatory standards before and after treatment. The electrocoagulation process produced settling flocs and sludge. While effective, further optimization of contact time and voltage is needed to fully meet COD standards, along with proper sludge management to ensure sustainable wastewater treatment for small-scale batik industries.

PENDAHULUAN

Industri tekstil, di Indonesia menunjukkan laju perkembangan yang pesat [1]. Batik, merupakan bagian dari industri tekstil yang ikut berkembang, mulai dari industri skala besar hingga skala rumah tangga (home industry) [2]. Hal tersebut tidak lepas dari penetapan batik dari Indonesia sebagai warisan budaya tak benda oleh UNESCO pada 2 Oktober 2009 [3]. Batik sendiri merupakan teknik

pewarnaan tekstil untuk menghasilkan berbagai jenis pakaian/kain dengan corak dan motif yang khas, dan telah yang banyak berkembang secara turun temurun di daerah asia tenggara, terutama Indonesia dan Malaysia [4].

Selama proses produksi, batik melalui beberapa tahapan seperti; tahap pemutihan, pewarnaan, pencetakan, pencucian, dan *finishing* [5]. Dari tahapan proses tersebut, air limbah yang dihasilkan mencapai 15-20 L/hari dari proses pewarnaan

(pencelupan dan pencucian) [6]. Pada saat ini, penggunaan pewarna pada industri batik didominasi pewarna sintetis karena harganya yang lebih terjangkau, mudah digunakan dan memiliki pilihan warna yang beragam [7].

Dalam pewarna sintesis, zat yang terkandung dalam pewarna memiliki efek toksisitas jika terjadi kontak langsung dengan pengguna, diantaranya, menyebabkan iritasi kulit, dermatitis alergi, dan kanker [8]. Selain itu, pembuangan limbah ke lingkungan tanpa memperhatikan baku mutu dapat mengganggu keseimbangan ekosistem, terutama kehidupan organisme perairan, karena kadar oksigen yang semakin rendah akibat dari kandungan logam berat seperti; krom (Cr), Timbal (Pb), mangan (Mn), Nikel (Ni), dan tembaga (Cu) dalam konsentrasi yang tinggi [9–11].

Meski memiliki dampak pencemaran yang besar bagi lingkungan, saat ini masih banyak pelaku industri batik dalam skala rumah tangga yang membuang limbah cair tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu [12]. Sehingga limbah cair batik yang terbuang tidak sesuai dengan aturan baku mutu yang tertuang dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.16/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019 tentang Perubahan Kedua atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 mengenai Baku Mutu Air Limbah.

Pengolahan untuk limbah cair batik membutuhkan IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) yang dapat mendegradasi warna dan mengurangi kadar COD dan turbiditas. Terdapat banyak metode pengolahan air limbah batik baik secara fisika, kimia, dan biologi seperti sistem lumpur aktif, adsorpsi, proses oksidasi lanjutan, elektro degradasi, fotodegradasi, elektrokoagulasi, fito treatment, fotokatalitik dan koagulasi [2, 13]. Di Indonesia, pengolahan secara elektrokimia/elektrolisis banyak diteliti karena pada prosesnya tidak melibatkan bahan kimia dan tidak memerlukan penetralan terhadap pemakaian bahan kimia berlebih.

Salah satu metode pengolahan limbah cair untuk menurunkan kadar pencemar (partikel tersuspensi, logam-logam berat, kekeruhan, dan warna) pada limbah cair batik adalah elektrokoagulasi. Metode ini memanfaatkan sumber arus langsung dari dua elektroda [14]. Penelitian dengan metode elektrokoagulasi menggunakan elektroda Fe (katoda) dan Al (anoda) telah

menunjukkan kadar penurunan COD (94,01%), BOD (97,30%) dan TSS (76,08%) pada limbah batik [15]. Sehingga dari penjabaran yang ada, metode elektrokoagulasi dipilih untuk menurunkan kadar konsentrasi zat pewarna, BOD dan COD dari limbah cair hasil dari industri batik skala rumah tangga di Malang, karena lebih ramah lingkungan dan efektif dalam menurunkan kadar pencemaran dalam limbah. agian ini menyajikan kajian pustaka yang berisi paling sedikit tiga gagasan: (1) latar belakang atau rasional penelitian, (2) masalah dan wawasan rencana pemecahan masalah, (3) rumusan tujuan penelitian (dan harapan tentang manfaat hasil penelitian).

METODE

Alat

Alat yang digunakan untuk melakukan percobaan berikut diantara lainnya pipet tetes, penjepit kayu, gelas beaker 250 mL, gelas ukur, Corong, Indikator Universal, katoda dan anoda (besi dan aluminium) dan *power supply* dan 1 botol 600 mL, 3 Botol 1,5 L.

Bahan

Ada beberapa bahan untuk melakukan percobaan sebagai berikut kertas saring, air limbah batik, Larutan asam nitrat (HNO_3), Larutan asam sulfat (H_2SO_4), Aquades.

Prosedur Kerja

Pengambilan Sampel

Sampel diambil dari salah satu industri rumah tangga batik di Kota Malang, Jawa Timur. Lokasi pengambilan sampel berada di kawasan permukiman dengan karakteristik usaha skala kecil. Volume sampel air limbah yang diambil sebanyak 6 liter untuk keperluan analisis lebih lanjut.

Preparasi Sampel

Limbah air batik yang telah diambil bermula mulai ber pH 9 dan selanjutnya dipreparasi dengan Larutan Asam Nitrat dan Larutan sulfat. pada percobaan berikut memiliki 3 varian yang akan di preprasi yaitu 2 botol 1,5 L diisi dengan air limbah batik dan ditambahkan Asam Sulfat sampai pH dari air limbah tersebut menjadi 2 dan Asam sulfat yang digunakan untuk 1 botol 1,5 L yaitu 4 mL (80 tetes) kemudian 1 botol 1,5 L diisi dengan air limbah yang tidak ditambahkan asam sulfat maupun asam nitrat. pada 1 botol berkapasitas 600 mL ditambahkan air

limbah sebanyak 500 mL dan ditambahkan asam nitrat sampai pH dari air limbah batik tersebut menjadi 2 dengan asam Nitrat yang digunakan sebanyak 30 tetes, selanjutnya sampel yang tidak ditambahkan Asam nitrat dan Asam Sulfat disimpan pada tempat dingin yaitu seperti di kulkas dan pada air limbah yang ditambahkan Asam nitrat dan Asam Sulfat didiamkan pada suhu kamar tanpa terkena sinar matahari dan kedua disimpan selama kurang lebih beberapa hari dan selanjutnya di uji coba menggunakan metode elektrokoagulasi.

Metode Elektrokoagulasi

Setelah preparasi, sampel akan diuji coba dengan menggunakan Elektrokoagulasi Dengan langkah pertama yaitu mengamplas katoda dan anoda (aluminium dan besi) yang akan digunakan, selanjutnya siapkan 1 buah erlenmeyer 500 mL dan diisi erlenmeyer menggunakan limbah cair batik yang sudah disaring memakai corong dan kertas saring. pasang aluminium dan paku sesuai dengan katoda dan anodanya, selanjutnya dilakukan elektrokoagulasi dengan besaran volt 20 volt sampai larutan terjadi endapan dan setelah itu limbah batik cair diencerkan dan dilakukan elektrokoagulasi kembali dan setelah selesai saring endapan yang terbentuk pada saat elektrokoagulasi berlangsung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Limbah Cair Batik

Setiap industri menghasilkan limbah cair dengan karakteristik unik yang dipengaruhi oleh bahan baku dan proses produksinya. Dalam konteks industri batik skala UKM, penggunaan intensif pewarna sintetis dan bahan kimia lainnya menghasilkan limbah dengan parameter pencemaran yang cukup kompleks. Analisis terhadap karakteristik limbah ini menjadi krusial untuk memastikan kualitas buangnya memenuhi standar baku mutu lingkungan yang ditetapkan. Limbah batik umumnya mengandung kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biological Oxygen Demand* (BOD), dan padatan tersuspensi yang relatif tinggi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dari ketiga parameter utama tersebut, hanya nilai COD yang seringkali melebihi ambang batas yang diizinkan. Sumber utama limbah berasal dari dua tahap produksi kunci: proses pewarnaan (pencelupan) yang menghasilkan sisa zat warna kimia, serta proses pelorotan lilin (pelodoran) yang meninggalkan residu malam dalam air limbah. Data

karakteristik limbah yang tercantum dalam **Tabel 1** memberikan gambaran menyeluruh tentang komposisi dan tingkat pencemaran limbah batik. Informasi ini menjadi dasar pertimbangan dalam menentukan metode pengolahan yang tepat sebelum limbah dibuang ke lingkungan, sekaligus memastikan industri dapat beroperasi secara lebih berkelanjutan.



Gambar 1. Wujud fisik limbah sebelum (kiri) dan setelah (kanan) instalasi pengolahan

Nilai pencemaran air limbah batik sebelum pengolahan terbilang cukup rendah dan sudah memenuhi baku mutu menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013, namun untuk nilai COD turbiditas masih berada di atas baku mutu yaitu COD sebelum pengolahan adalah 5000 dan turbiditas sebelum pengolahan adalah 25 NTU. Oleh karena terdapat 1 parameter air limbah yang belum terpenuhi, yaitu COD dan turbiditas, maka diperlukan pengolahan pada air limbah tersebut agar memenuhi standar baku mutu.

Suhu

Dalam setiap penelitian mengenai ekosistem air, pengukuran suhu air menjadi suatu hal yang mutlak dilakukan. Suhu menjadi indikator utama dari tingkat kehangatan atau dinginnya air limbah. Hal ini sangat penting karena suhu memiliki dampak yang signifikan terhadap berbagai reaksi kimia, laju reaksi, keberlangsungan hidup organisme air, dan juga penggunaan air dalam berbagai aktivitas sehari-hari. Aktivitas mikroorganisme bergantung pada suhu optimal yang berbeda-beda tergantung pada jenisnya. Akan tetapi, proses dekomposisi biasanya terjadi pada kondisi udara yang hangat [16]. Perubahan suhu juga dapat mempengaruhi

tingkat kandungan *Dissolved Oxygen* (DO) dalam air.

Tabel 1. Karakteristik Air Limbah Batik Sebelum & Setelah Pengolahan

No.	Parameter	Satuan	Sebelum Pengolahan	Baku Mutu (Pergub Jatim No. 72 Tahun 2013)	Keterangan	Setelah Pengolahan
1.	BOD	mg/L	51,4	60	Memenuhi	6,26
2.	COD	mg/L	5000	150	Tidak Memenuhi	161,48
3.	TSS	mg/L	0,22	50	Memenuhi	0,064
4.	Logam (Cr)	mg/L	<0,1	1,0	Memenuhi	
5.	pH	-	9	6-9	Memenuhi	-
6.	Warna	-	-	-	Biru pekat	-
7.	Bau	-	-	-	Sedikit berbau	-
8.	Turbiditas	NTU	199	25	Tidak memenuhi	24,4
9.	DO	mg/L	84	>3	Memenuhi	16,148
10.	CO ₂ terlarut	mg/L	0,502	-	-	Tidak terdeteksi
11.	Suhu	°C	26	28-31	Memenuhi	-

Berdasarkan **Tabel 1**, suhu yang diperoleh sekitar 26°C yang menunjukkan bahwa masih berada dalam kisaran normal (suhu ruangan) untuk pertumbuhan organisme. Secara umum, aturan mengindikasikan bahwa setiap kenaikan suhu sebesar 10°C akan meningkatkan laju metabolisme organisme sebanyak 2-3 kali lipat. Akibatnya, meningkatnya laju metabolisme akan menyebabkan konsumsi oksigen meningkat, sedangkan di lain pihak dengan naiknya suhu akan menyebabkan kelarutan oksigen dalam air akan berkurang [17].

Derajat Keasaman (pH)

Parameter pH merupakan parameter yang paling penting karena dibalik pH pada air limbah tidak sesuai dengan baku mutu mengindikasikan adanya zat-zat yang berbahaya di dalamnya, sehingga apabila dibuang langsung tanpa diolah dapat merusak lingkungan dan ekosistem [18]. Selain suhu, nilai pH berperan juga sebagai indikator bagi keberlangsungan proses dekomposisi (penguraian) oleh mikroorganisme dalam sistem pengolahan limbah.

Berdasarkan **Tabel 1**, nilai pH yang telah memenuhi standar kualitas limbah batik berkisar antara 6-9. Hasil pengukuran pH pada sampel (limbah batik) menunjukkan nilai pH 9 yang menandakan sifat basa. Hal ini sudah sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan. Kondisi baik dari sampel limbah batik menunjukkan aktivitas mikroorganisme yang optimal karena pH-nya tidak kurang dari 6 (terlalu asam) maupun lebih dari 9 (terlalu basa). Nilai pH dibawah 6 akan mempengaruhi aktivitas bakteri metanogenik dan berhentinya aktivitas bakteri, sedangkan nilai pH diatas 9 akan menyebabkan aktivitas mikroorganisme meningkat [19].

CO₂ Terlarut

CO₂ terlarut merupakan salah satu parameter yang mengindikasikan tingkat keasaman (pH) dalam limbah dan memberikan gambaran tentang keadaan keseimbangan dalam sistem perairan. Nilai pH berkaitan erat dengan nilai karbondioksida (CO₂), dimana bertambahnya nilai CO₂ dalam air akan terjadi penurunan nilai pH [20]. Limbah batik umumnya mengandung bahan kimia, seperti soda abu (Na₂CO₃) yang digunakan dalam proses pewarnaan. Soda abu dapat bereaksi dengan air dan menghasilkan ion karbonat (CO₃²⁻). Hal tersebut disebabkan oleh adanya proses pemisahan elektron dalam reaksi bikarbonat. Kenaikan pH akan bekerja dalam menurunkan kelarutan logam dari ion karbonat menjadi hidroksi dan membangun ikatan partikel dalam badan air [21].

Berdasarkan **Tabel 1**, sebelum proses pengolahan limbah batik, konsentrasi CO₂ terlarut yang terukur sebesar 0,502 mg/L yang mengindikasikan adanya potensi peningkatan keasaman dalam limbah batik. Namun, kondisi ini bisa disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk aktivitas produksi di pabrik batik, dekomposisi limbah organik, dan sebagainya. Tingginya konsentrasi CO₂ terlarut sebelum pengolahan dapat menjadi indikator bahwa limbah tersebut berpotensi memberikan dampak yang buruk terhadap lingkungan perairan. Setelah proses pengolahan limbah batik dilakukan, CO₂ tidak terdeteksi lagi dalam limbah. Hal ini menunjukkan bahwa proses pengolahan yang dilakukan efektif dalam mengurangi konsentrasi CO₂ terlarut. Kemungkinan proses-proses, seperti elektrokoagulasi atau penambahan bahan kimia tertentu yang telah berhasil mengurangi atau

menghilangkan CO₂ dalam limbah terhadap lingkungan perairan.

Biological Oxygen Demand (BOD)

Pada dasarnya analisa BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran pada air dan untuk membuat sistem pengolahan air limbah secara biologi. Berdasarkan dari data pengamatan diperoleh hasil berupa penurunan konsentrasi BOD, yang mana penurunan konsentrasi dapat dihitung melalui tolak ukur penurunan sebesar 87.82 % dengan waktu 200 menit dan tegangan 20 volt. Penurunan nilai BOD menyebabkan kandungan senyawa organik dalam air limbah akan mengalami penurunan [22].

Seperti penelitian yang dilakukan Koby dkk bahwa jumlah elektroda, waktu elektrokoagulasi dan besar tegangan yang digunakan mempengaruhi proses elektrokoagulasi dalam menurunkan konsentrasi BOD dalam limbah [23]. Seperti flok yang dihasilkan apabila semakin banyak maka kandungan BOD yang diturunkan lebih besar dan proses elektrooksidasi-elektrokoagulasi semakin efektif.

Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand atau sering disebut COD merupakan total keseluruhan oksigen yang diperlukan guna melakukan oksidasi bahan organik yang terdapat di dalam air secara kimiawi. Kadar COD pada air limbah batik harus sesuai baku mutu yang sudah ditetapkan yakni 150 mg/L. Nilai COD merupakan ukuran bagi tingkat pencemaran oleh bahan organik [24].

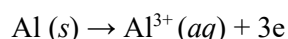
Berdasarkan **Tabel 1**, dapat diketahui terjadi penurunan COD yang semula 5000 mg/L menjadi 161,48 mg/L. Dari data tersebut dapat dihitung nilai efisiensi elektrokoagulasi dengan anoda (Al) dan katoda (Fe) menggunakan tegangan sebesar 20 volt selama 200 menit adalah sebesar 96,7%.

Penurunan konsentrasi COD dalam elektrokoagulasi ini disebabkan proses oksidasi dan reduksi di dalam reaktor elektrokoagulasi tersebut. Pada elektroda-elektroda terbentuk gas oksigen dan hidrogen yang akan mempengaruhi reduksi COD. Berdasarkan teori *double layer*, penurunan COD disebabkan flok yang terbentuk oleh ion senyawa organik berikatan dengan ion koagulan yang bersifat positif. Molekul-molekul pada limbah batik terbentuk menjadi flok, partikel koloid pada limbah bersifat mengikat partikel atau senyawa lain yang ada pada limbah misalnya koloid Al(OH)₃

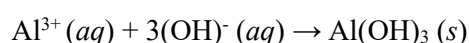
bermuatan positif karena permukaannya mengikat ion H⁺. Prinsip kerja yang terjadi pada elektrokoagulasi sama seperti teori double layer yaitu pembentukan flokulasi partikel bersifat adsorpsi, koagulan bermuatan positif akan menyerap ion negatif limbah seperti nitrit, fosfat, dan senyawa organik lainnya dan membentuk flok yang membantu proses penurunan COD [25].

Proses elektrokoagulasi ini dapat dijabarkan dengan reaksi dibawah ini :

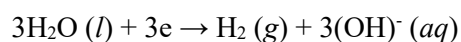
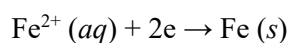
1. Pada permukaan elektroda positif (anoda):



2. Sekitar elektroda:



3. Pada permukaan elektroda negatif (katoda):



Pada permukaan elektroda positif ini, Al melepaskan elektronnya menjadi Al³⁺ yang mengikat OH membentuk Al(OH)₃ menjadi koagulan.

Dari persamaan kimia diatas terlihat pembentukan gas oksigen dan hidrogen mempengaruhi pereduksian COD. Gas hidrogen membantu kontaminan mengapung atau terangkat. Hal ini yang menyebabkan tereduksinya *dissolved organic* atau material terlarut termasuk flok Al(OH)₃ yang mengikat limbah organik serta menangkap sebagian limbah organik yang tidak terdeposit pada batang katoda.

Produksi H₂ yang dihasilkan dari reaksi redoks menyebabkan material organik dapat tereduksi. Sebagian molekul yang terdapat pada limbah ditangkap oleh ion Al(OH)₃ dan Fe(OH)₂ kemudian penyisihan oleh H₂ sebagai senyawa organik membentuk gelembung yang dapat menurunkan COD [24], tetapi penurunan yang terjadi belum memenuhi standar baku mutu limbah cair untuk industri batik yang ditetapkan oleh Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 yaitu sebesar 150 mg/L.

Dissolved Oxygen (DO)

Dissolved Oxygen (DO) adalah banyaknya oksigen yang terkandung di dalam air dan diukur dalam satuan miligram per liter. Semakin besar oksigen terlarut, maka menunjukkan derajat pengotoran yang relatif kecil. Adanya oksigen di dalam perairan sangat penting bagi organisme perairan karena jika

konsentrasi DO di dalam air rendah menunjukkan adanya bahan pencemar organik yang tinggi [26].

Dari hasil pengujian parameter DO diperoleh nilai DO sebelum elektrokoagulasi adalah sebesar 84 mg/L. sedangkan nilai DO setelah elektrokoagulasi adalah sebesar 16,148 mg/L. Nilai DO yang baik setelah proses pengolahan air limbah adalah minimal 3 mg/L [27]. Semakin besar nilai DO, maka semakin kecil tingkat pencemaran air atau semakin kecil nilai COD dan BOD. Sebaliknya, semakin tinggi tingkat pencemaran air atau semakin tinggi nilai COD dan BOD maka nilai DO semakin kecil. Nilai BOD dan COD yang tinggi berdampak pada penurunan oksigen terlarut karena mikroorganisme dalam air akan menghabiskan oksigen terlarut yang mengindikasikan bahwa perairan tersebut telah tercemar [28].

Penurunan nilai DO setelah pengolahan air limbah batik dengan elektrokoagulasi, meskipun pH, BOD, dan COD turun, dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Pertama, reaksi kimia yang terjadi selama proses elektrokoagulasi bisa menghasilkan produk sampingan yang mempengaruhi kadar oksigen terlarut dalam air. Selain itu, meskipun BOD dan COD menurun, masih ada residu organik yang tersisa dalam air limbah setelah pengolahan. Mikroorganisme yang mengurai residu organik ini mengonsumsi oksigen dalam prosesnya, yang dapat menyebabkan penurunan DO. Perubahan kondisi fisik dan kimia juga dapat terjadi selama proses elektrokoagulasi, seperti perubahan temperatur atau konsentrasi senyawa kimia tertentu, yang dapat mempengaruhi kelarutan oksigen dalam air. Pelepasan gas selama proses elektrokoagulasi juga mungkin mempengaruhi keseimbangan oksigen dalam air. Selain itu, fenomena elektrokimia yang terjadi selama proses pengolahan limbah juga dapat mempengaruhi ketersediaan oksigen dalam air.

TSS dan Turbiditas

Secara fisik kualitas air ditentukan oleh kandungan *Total Suspended Solid* (TSS) dan Kekeruhan (*Turbidity*) dimana diharapkan air itu jernih, tidak berwarna, dan tidak berbau [29]. Penentuan kekeruhan pada sampel air dapat dilakukan menggunakan alat turbidimeter sedangkan percobaan dengan metode TSS dapat dilakukan dengan menggunakan prinsip gravimetri.

Dari percobaan yang telah dilakukan didapatkan hasil berupa penurunan kandungan TSS dan kekeruhan. Nilai kekeruhan dan TSS dapat diturunkan sebesar 87.74% dan 70.91%. karena zat

warna dan senyawa kimia yang lain mampu dipisahkan dari limbah sehingga limbah hasil elektrolisis menjadi jernih. Efisiensi penurunan TSS pada limbah cair batik menunjukkan bahwa semakin lama waktu dan semakin besar tegangan (volt) yang digunakan untuk proses elektrokoagulasi dalam mengolah limbah cair batik maka efisiensi penurunan akan semakin besar. Berkurangnya TSS dalam limbah cair batik disebabkan karena pada proses pengolahan limbah cair batik semakin besar kuat arus dan tegangan yang diberikan semakin banyak pula dihasilkan volume flok-flok yang dapat mengikat kontaminan pada limbah. Flok-flok yang dihasilkan sebagian dapat mengendap dan sebagian lagi ada yang terflotasi ke atas permukaan air bersama dengan gelembung-gelembung gas. Hasil adsorpsi ini akan terpisahkan ke atas (terflotasi) sehingga terjadi penurunan konsentrasi TSS di dalam air limbah.

KESIMPULAN

Proses elektrokoagulasi dengan menggunakan elektroda Al-Fe (20V, 200 menit) terbukti efektif mereduksi pencemar pada limbah cair batik skala rumah tangga di Malang, ditunjukkan oleh perubahan warna dari biru pekat menjadi lebih jernih. Selain itu terjadi penurunan signifikan pada parameter kritis yang meliputi, COD 96,7% (5000 menjadi 161,48 mg/L), BOD 87,82% (51,4 menjadi 6,26 mg/L), turbiditas 87,74% (199 menjadi 24,4 NTU), TSS 70,91% (0,22 menjadi 0,064 mg/L), serta hilangnya CO₂ terlarut. Meski COD akhir masih sedikit melebihi baku mutu (150 mg/L), turbiditas telah memenuhi standar (≤ 25 NTU) dengan DO residual cukup tinggi (16,148 mg/L).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. H. Y. Yanto, R. M. Chempaka, O. D. Nurhayat, B. D. Argo, T. Watanabe, Y. Wibisono, and Y.-T. Hung, "Optimization of dye-contaminated wastewater treatment by fungal Mycelial-light expanded clay aggregate composite," *Environ. Res.*, vol. 231, p. 116207, 2023.
- [2] N. Apriyani, "Industri Batik: Kandungan Limbah Cair dan Metode Pengolahannya," *Media Ilm. Tek. Lingkung.*, vol. 3, no. 1, pp. 21–29, Mar. 2018.
- [3] R. Febriani, L. Knippenberg, and N. Aarts, "The making of a national icon: Narratives of batik in Indonesia," *Cogent Arts Humanit.*, vol. 10, no. 1, p. 2254042, Dec. 2023.

- [4] N. M. Daud, S. R. S. Abdullah, H. A. Hasan, A. R. Othman, and N. 'Izzati Ismail, "Coagulation-flocculation treatment for batik effluent as a baseline study for the upcoming application of green coagulants/flocculants towards sustainable batik industry," *Heliyon*, vol. 9, no. 6, p. e17284, 2023.
- [5] R. Kishor, R. N. Bharagava, and G. Saxena, *Industrial Wastewaters: The Major Sources of Dye Contamination in the Environment, Ecotoxicological Effects, and Bioremediation Approaches*. USA: CRC Press, 2018.
- [6] N. Hidayat, M. B. Pangestuti, R. N. Utami, and S. Suhartini, "Potensi Limbah Cair Batik sebagai Sumber Bioenergi (Studi Kasus di UKM Batik Blimbing Malang)," *agriTECH*, vol. 41, no. 4, pp. 305–315, Nov. 2021.
- [7] A. Iqbal, A. Yusaf, M. Usman, T. Hussain Bokhari, and A. Mansha, "Insight into the degradation of different classes of dyes by advanced oxidation processes; a detailed review," *Int. J. Environ. Anal. Chem.*, vol. 104, no. 17, pp. 5503–5537, Dec. 2024.
- [8] A. Garg, K. L. Bhat, and C. W. Bock, "Mutagenicity of aminoazobenzene dyes and related structures: a QSAR/QPAR investigation," *Dye. Pigment.*, vol. 55, no. 1, pp. 35–52, 2002.
- [9] I. N. Jannah and I. Muhimmatin, "Pengelolaan Limbah Cair Industri Batik menggunakan Mikroorganisme di Kecamatan Cluring Kabupaten Banyuwangi.," *War. Pengabd.*, vol. 13, no. 3, pp. 106–115, 2019.
- [10] K. Kiswanto, L. N. Rahayu, and W. Wintah, "Pengolahan Limbah Cair Batik Menggunakan Teknologi Membran Nanofiltrasi di Kota Pekalongan=," *J. Litbang Kota Pekalongan*, vol. 17, pp. 72–82, Dec. 2019.
- [11] M. Zammi, A. Rahmawati, and R. R. Nirwana, "Analisis Dampak Limbah Buangan Limbah Pabrik Batik di Sungai Simbangkulon Kab. Pekalongan," *Walisongo J. Chem.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–5, Jun. 2018.
- [12] B. Suhardi, P. Laksono, and N. Fadhilah, "Analisis Penerapan Produksi Bersih pada Batik Printing IKM Batik Puspa Kencana Laweyan Surakarta," *J. Teknol. Ind. Pertan.*, vol. 27, no. 2, pp. 182–191, Nov. 2017.
- [13] Y. Yuliana, "Strategi Pengolahan Limbah Batik: Tinjauan Pustaka," *Pros. Semin. Nas. Ind. Kerajinan Dan Batik*, vol. 3, no. 1, pp. 1–7, 2021.
- [14] A. C. Ni'am, J. Caroline, and M. H. Afandi, "Variasi Jumlah Elektroda dan Besar Tegangan dalam Menurunkan Kandungan COD dan TSS Limbah Cair Tekstil dengan Metode Elektrokoagulasi," *Al-Ard J. Tek. Lingkungan*, vol. 3, no. 1, pp. 21–26, Mar. 2018.
- [15] N. Fauzi, K. Udyani, D. R. Zuchrillah, and F. Hasanah, "Penggunaan Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Alumunium dan Besi pada Pengolahan Air Limbah Batik," *Pros. SENIATI*, vol. 5, no. 4, pp. 213–218, 2019.
- [16] H. Effendi, *Telaah Kualitas Air*. yOGYAKARTA: Karnisius, 2003.
- [17] T. A. Barus, *Pengantar Limnologi Studi Tentang Ekosistem Air Daratan*. Medan: USU-Press, 2002.
- [18] A. Augustin, J. Yi, T. Clausen, and W. M. Townsley, "A Study of LoRa: Long Range & Low Power Networks for the Internet of Things," *Sensors*, vol. 16, no. 9, p. 1466, 2016.
- [19] R. Ramadani, S. Samsunar, and M. Utami, "Analisis Suhu, Derajat Keasaman (pH), Chemical Oxygen Demand (COD), dan Biological Oxygen Demand (BOD) dalam Air Limbah Domestik di Dinas Lingkungan Hidup Sukoharjo," *Indones. J. Chem. Res.*, vol. 6, no. 1, pp. 12–22, Aug. 2021.
- [20] K. Kordi, K. Gufran, and A. Tancung, *Pengolahan Air Terpadu*. Yogyakarta: Penerbit Andi, 2007.
- [21] Darmono, *Lingkungan Hidup dan Pencemaran: Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam*. Jakarta: UI Press, 2001.
- [22] G. B. Raju, M. T. Karuppiyah, S. S. Latha, S. Parvathy, and S. Prabhakar, "Treatment of wastewater from synthetic textile industry by electrocoagulation–electrooxidation," *Chem. Eng. J.*, vol. 144, no. 1, pp. 51–58, 2008.
- [23] M. Kobya, O. T. Can, and M. Bayramoglu, "Treatment of textile wastewaters by electrocoagulation using iron and aluminum electrodes," *J. Hazard. Mater.*, vol. 100, no. 1, pp. 163–178, 2003.
- [24] B. Wiyantoko, N. Rahmadani, P. Kurniawati, and T. E. Purbaningtiyas, "Method verification

- of chemical oxygen demand (COD) and total suspended solid (TSS) analysis from Mentaya River,” *AIP Conf. Proc.*, vol. 2229, no. 1, p. 30026, Apr. 2020.
- [25] D. Astuti, “Effectiveness of aluminum electrode in reducing bod, cod, ammoniac, and chromium in leather tanning waste with the electrocoagulation process,” *Sci. Midwifery*, vol. 10, no. 5, pp. 4378–4382, 2022.
- [26] M. A. Rouf, M. J. Islam, M. Roknuzzaman, M. N. Siddique, and M. R. Golder, “Vertical profile of dissolved oxygen and associated water variables in the Pasur-Rupsha estuary of Bangladesh,” *Heliyon*, vol. 8, no. 10, p. e10935, 2022.
- [27] N. Fadzry, H. Hidayat, and E. Eniati, “Analisis COD, BOD dan DO pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Balai Pengelolaan Infrastruktur Air Limbah dan Air Minum Perkotaan Dinas PUP-ESDM Yogyakarta,” *Indones. J. Chem. Res.*, vol. 5, no. 2, pp. 80–89, 2020.
- [28] Salmin, “Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan,” *J. Oseana*, vol. 30, no. 3, pp. 21–26, 2005.
- [29] F. L. Rahayu, R. Nuryanto, and L. Suyati, “Pengaruh Diameter Kanal Pelet Katalis Zeolit Aktif dan Ni-Zeolit terhadap Pirolisis Limbah Batang Pohon Sagu (*Metroxylon* sp.),” *J. Kim. Sains dan Apl.*, vol. 16, no. 1, pp. 33–37, Apr. 2013.