

STUDI LITERATUR PENENTUAN METODE PENGOLAHAN LIMBAH YANG EFISIEN UNTUK LIMBAH CAIR BATIK

Rihhadatul 'Aisy Ansori dan Mufid

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia
aisyansori@gmail.com ; [mufidpolinema@gmail.com]

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara yang memiliki keragaman budaya yang sangat banyak. Salah satu budaya yang sering ada di masyarakat adalah batik. Batik sangat digemari oleh generasi muda karena fashion batik mengikuti selera anak muda. Dari hal tersebut industri batik semakin meningkat di Indonesia. Berkembangnya industri batik di Indonesia menjadikan tantangan bagi lingkungan sekitar terhadap limbah industri batik. Tujuan dari studi literatur ini untuk menentukan metode yang cocok digunakan dalam pengolahan limbah batik yang efisien dari segi hasil proses maupun ekonomi. Proses terbaik terdiri dari penurunan kadar berbahaya COD dan BOD, serta harga yang ekonomis. Hasil pembahasan menunjukkan metode yang cocok digunakan adalah metode adsorpsi, karena metode adsorpsi sangat efisien untuk menurunkan kadar berbahaya dari limbah batik seperti COD dan BOD. Selain itu metode ini cukup ekonomis atau murah dikarenakan bahan yang mudah ditemui disekitar kita, serta proses nya secara batch dapat digunakan pada lahan yang tidak cukup luas. Sehingga industri atau pengrajin batik dapat mengolah limbahnya sendiri sebelum dibuang ke lingkungan.

Kata kunci: adsorpsi, air limbah, batik, limbah batik, pengolahan limbah.

ABSTRACT

Indonesia is a country that has a lot of cultural diversity. One culture that often exists in society is batik. Batik is very popular with the younger generation because batik fashion follows the tastes of young people. From this, the batik industry is increasing in Indonesia. The development of the batik industry in Indonesia poses a challenge to the surrounding environment regarding batik industry waste. One of these challenges is the waste produced by the batik industry. The aim of this literature study is to determine a suitable method for processing batik waste that is efficient in terms of process results and economics. In each literature, compare each journal and review the journals obtained to determine the best process for processing batik waste. The best process consists of reducing dangerous levels of COD and BOD, as well as an economical price. The results of the discussion show that the method that is suitable to use is the adsorption method, because the adsorption method is very efficient in reducing dangerous levels of batik waste such as COD and BOD. Apart from that, this method is quite economical or cheap because the materials are easily found around us and the batch process can be used on land that is not large enough. So that batik industries or craftsmen can process their own waste before throwing it into the environment.

Keywords: adsorption, waste water, batik, batik waste, waste treatment.

1. PENDAHULUAN

Indonesia, sebagai negara kepulauan yang luas dan berpenduduk padat, memang memiliki kekayaan budaya, etnis, agama, dan linguistik yang sangat beragam [1]. Salah satu budaya yang dikenal masyarakat luas adalah batik. Setiap daerah di Indonesia memiliki ciri

motif batik yang khas, sehingga dapat menciptakan keanekaragaman yang memperkaya warisan budaya bangsa [2]. Era industri saat ini, generasi muda sering kali lebih menyukai fashion yang dipengaruhi oleh *trend* luar negeri [3]. Di kalangan generasi muda terdapat kecenderungan tidak suka atau bosan terhadap kegiatan membatik sebagai warisan budaya, namun banyak juga dari mereka yang berkesempatan untuk menuangkan ide kreatifnya dalam pelestarian batik [4]. Industri batik di Indonesia telah berkembang secara signifikan dan menjadi salah satu sektor yang penting bagi perekonomian nasional [5]. Berkembangnya industri batik di Indonesia menjadikan tantangan bagi lingkungan sekitar terhadap limbah industri batik.

Air limbah batik adalah sisa air yang dihasilkan dari proses produksi batik, termasuk air cucian, sisa mori, ceceran lilin, sisa air pewarnaan, dan sisa lilin [6]. Penggunaan pewarna sintetis dan proses lainnya dalam pembuatan batik seperti pelepasan lilin, pencucian, perendaman, dan pembilasan akan menghasilkan limbah cair yang mengandung zat pewarna dan minyak [7]. Selain itu, limbah cair batik memiliki karakteristik suhu, keasaman (pH), *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), serta *Total Suspended Solid* (TSS) yang tinggi [8]. Karakteristik limbah batik meliputi karakteristik fisika yaitu warna, bau, zat padat tersuspensi, temperatur, sedangkan karakteristik kimia yaitu bahan organik, anorganik, fenol [9]. Bila limbah yang mengandung senyawa kimia tertentu dengan berbagai bahan berbahaya dan beracun tertentu dilepas ke lingkungan maka akan mengakibatkan pencemaran, baik di sungai, tanah maupun udara [10]. Oleh karena itu, maka perlu dilakukan pengolahan limbah batik supaya aman sebelum dibuang ke lingkungan.

Metode pengolahan limbah untuk limbah batik yang efektif dan berkelanjutan harus mempertimbangkan beberapa faktor seperti biaya operasional, efisiensi, dan tingkat degradasi zat warna. Penggunaan metode yang berbasis teknologi elektro kimia, adsorpsi, bioremediasi, ozonasi, ABR, dan biofilter dapat membantu mengurangi dampak negatif limbah batik terhadap lingkungan [11]. Teknologi elektro kimia adalah menggunakan sel elektrokimia, yang berupa dua elektroda, yakni katoda dan anoda, yang direndam dalam larutan konduktif atau elektrolit dan dihubungkan bersama melalui rangkaian listrik yang tersambung dengan sumber arus dan perangkat *control* [12]. Adsorpsi (penyerapan) adalah suatu peristiwa perubahan konsentrasi yang terjadi pada bidang batas antara dua fase, karena zat dari fase yang satu melekat pada fase yang lain (terjadi pada permukaan) [13]. Bioremediasi adalah memanfaatkan mikroba indigen untuk mengolah limbah dan pencemaran bahan toksik [14]. Ozonasi merupakan salah satu proses disinfeksi menggunakan ozon. Ozon dapat terbentuk melalui dua proses yang berbeda, yaitu melalui proses tumbukan dan melalui proses penyerapan cahaya [15]. *Aerobic Baffled Reactor* (ABR) merupakan tangki septik yang dimodifikasi untuk meningkatkan efisiensi penyisihan padatan terlarut dan tidak mengendap [16]. Biofilter adalah memanfaatkan aktivitas mikroorganisme yang tumbuh pada media filter untuk menguraikan bahan organik dan kontaminan lainnya [17]. Dari banyak nya jenis metode pengolahan limbah batik pastinya memiliki kekurangan dan kelebihan.

Tujuan dari studi literatur ini adalah menentukan metode yang cocok dari berbagai macam metode pada penjelasan sebelumnya untuk pengolahan limbah batik yang efisien dari segi hasil proses maupun ekonomi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Pada tahapan ini metodologi penelitian yang digunakan adalah ulasan literatur dengan mengikuti beberapa langkah yang terdapat pada penelitian terdahulu [18]. Langkah-langkah pemilihan metode pengolahan limbah batik akan dijelaskan berikut ini:

- a. Metodologi studi literatur dilakukan dengan cara mengumpulkan berbagai informasi deskriptif maupun data dari berbagai penelitian terdahulu mengenai topik yang telah diambil yaitu perbandingan metode teknologi elektro kimia, adsorpsi, bioremediasi, ozonasi, ABR, dan biofilter dalam pengolahan limbah batik.
- b. Informasi yang didapatkan dari berbagai sumber selanjutnya dilakukan analisa dan dibandingkan.
- c. Penilaian literatur dilihat pada efisiensi metode pengolahan limbah batik dari hasil akhir efluen dan dari segi ekonomi.
- d. Membuat kesimpulan yang mengarah pada jawaban dari rumusan masalah yang telah diambil.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil studi literatur dapat ditentukan keberhasilan dari masing-masing penelitian yang telah dikumpulkan. Kemudian data-data yang dikumpulkan akan dibandingkan untuk memilih metode pengolahan limbah yang cocok untuk mengolah limbah batik yang paling efisien untuk diterapkan pada penelitian selanjutnya. Informasi dari hasil penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Hasil penelitian terdahulu

Penelitian terdahulu	Judul	Variabel	Hasil
(Elektrokimia) Fauzi N dkk, 2019 [19]	Penggunaan Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Alumunium dan Besi pada Pengolahan Air Limbah Batik	Proses elektrokoagulasi ini dilakukan dengan menggunakan tegangan 3 volt, 6 volt, 9 volt, dan 12 volt dengan variasi waktu 90 menit, 150 menit dan 210 menit. Penelitian ini dilakukan dengan merangkai elektroda yang di susun secara parallel dengan jarak elektroda 1,5 cm	TSS yang diturunkan sebesar 76,08 %. COD persen removal yang diturunkan sebesar 94,01 %, konsentrasi BOD dengan persen removal sebesar 97,30 % pada waktu Segi ekonomi lebih mahal karena menggunakan energi listrik serta elektroda yang dipakai
(Adsorpsi) Rochma & Titah, 2017 [20]	Penurunan BOD dan COD Limbah Cair Industri Batik Menggunakan Karbon Aktif Melalui Proses Adsorpsi Secara <i>Batch</i>	Variasi adsorben 86 gram, 90 gram dan 278 gram. Waktu kontak yang digunakan 2,5 jam dan 5 jam	Penurunan COD dengan presentase 98,74%. Sedangkan penurunan BOD 92,30%. Segi ekonomi murah karena menggunakan karbon aktif yang mudah dijumpai.

Penelitian terdahulu	Judul	Variabel	Hasil
(Bioremediasi) Gala dkk, 2022 [21]	Bioremediasi Limbah Cair Batik di Yogyakarta Menggunakan Bahan Alami yang Diintegrasikan dengan <i>Saccharomyces Cerevisiae</i>	Menggunakan variabel 2 reaktor. Reaktor 1 berisi kava lonceng 15 buah, pasir, kerikil dan arang aktif. Reaktor 2 berisi <i>S. Cerevisiae</i> dan <i>Molases</i>	Penurunan COD dengan presentase 92,75%. Sedangkan penurunan BOD 89,96%. Segi ekonomi mahal karena menggunakan 2 reaktor yang harus membeli bahan untuk membuat reaktor
(Ozonisasi) Usuma dkk, 2022 [22]	Metode AOP-GAC dalam Penanganan Limbah Cair Batik di Kalurahan Wijirejo, Kepanewon Pandak, Kabupaten Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta	Variabel injeksi ozon sebanyak 1,5 ml dalam 1 liter air limbah batik selama 30 menit	Penurunan COD dengan presentase 98,6%. Sedangkan penurunan BOD 98,5%. Segi ekonomi mahal karena menggunakan tabung ozon dan injeksi ozon yang biayanya tidak murah
(ABR) Armesta dkk, 2023 [23]	Analisis Seeding dan Aklimatisasi pada <i>Anaerobic Baffled Reactor</i> – <i>Anaerobic Biofilter</i> (ABR – AF)	Variasi seeding dilakukan selama 14 hari dan aklimatisasi selama 2 hari	Penurunan COD dengan presentase 78,95%. Sedangkan penurunan TSS 77,55%. Segi ekonomi mahal karena menggunakan reaktor serta harga mikroba yang digunakan cukup mahal
(Biofilter) Firmansyah dkk, 2019 [24]	Optimalisasi Pengolahan Air Limbah Industri Batik Menggunakan Integrasi Biofilter dan Constructed Wetlands Sebagai Sumber Daya Air Terbarukan	Variabel yang digunakan adalah waktu operasi selama 7 hari	Penurunan COD dengan presentase 72,67 – 86,67%. Sedangkan penurunan TSS 95,85 – 98,18%. Segi ekonomi mahal karena menggunakan bahan biofilter yang relative mahal dan sekali pakai

Pengolahan limbah industri batik banyak dilakukan oleh banyak orang salah satunya menggunakan metode yang telah dijabarkan sebelumnya. Rincian hasil penelitian terdahulu dari berbagai metode dijelaskan pada sub bab bawah ini.

3.1. Metode Elektrokimia (Elektrokoagulasi)

Pada metode elektrokimia [19] dijelaskan elektroda yang digunakan yaitu aluminium sebagai anoda (Al) dan besi (Fe) sebagai katoda disusun secara parallel dengan jarak 1,5 cm dimana bahan tersebut tergolong mahal harganya ditambah pemakaian listrik. Kemudian penelitian elektrokoagulasi menggunakan tegangan 3 volt, 6 volt, 9 volt, dan 12 volt dengan variasi waktu 90 menit, 150 menit dan 210 menit. Hasil penelitian elektrokoagulasi

menunjukkan kadar konsentrasi TSS pada waktu 150 menit dengan tegangan 12 volt, persen removal yang diturunkan sebesar 76,08%. Konsentrasi COD pada waktu 90 menit, dengan tegangan yang diberikan 6 volt persen removal yang diturunkan sebesar 94,01 %, konsentrasi BOD dengan persen removal sebesar 97,30 % pada waktu 90 menit dengan tegangan 6 volt.

3.2. Metode Adsorpsi

Metode adsorpsi [20] yang telah dilakukan penelitian terdahulu diketahui hasilnya secara singkat pada tabel, penelitian pengolahan limbah batik dengan metode ini menggunakan karbon aktif yang banyak di jumpai disekitar kita dan harga nya yang murah dengan aktivator nya adalah HCl. Penelitian ini menggunakan variasi adsorben 86 gram, 190 gram, dan 278 gram. Sedangkan waktu kontak yang digunakan 2,5 jam dan 5 jam. Penelitian skala laboratorium ini menggunakan alat yang sederhana. Hasil proses adsorpsi yang dilakukan, efisiensi penyisihan COD terbesar adalah 16.444,08 mg/L. Dengan persentase penyisihan sebesar 98,74 % pada waktu kontak 2,5 jam. Sedangkan efisiensi penyisihan BOD terbesar adalah 1.640,70 mg/L. Dengan persentase penyisihan sebesar 92,30 % pada waktu kontak 2,5 jam. Jumlah adsorben yang menghasilkan nilai efisiensi penyisihan tersebut adalah sebesar 190 gram.

3.3. Metode Bioremediasi

Metode bioremediasi [21] pada penelitian sebelumnya untuk sistem pengolahan limbah secara alami dilakukan menggunakan tumbuhan seperti *Thalia geniculata* (kana lonceng) atau bahan-bahan sekitar, seperti pasir, kerikil, dan arang. Namun, metode tersebut membutuhkan waktu yang relatif lama dan efektivitas yang rendah. Kemudian peneliti mengusulkan metode bioremediasi dengan *Saccharomyces cerevisiae* sebagai peningkat efisiensi metode filtrasi alami tersebut. Awalnya, pewarna tekstil dialirkan pada tangki pertama yang berisi lahan basah buatan terdiri dari tiga lapisan, yaitu arang, kerikil, dan pasir yang ditanami kana lonceng untuk mengurangi kadar kandungan pencemar. Kemudian, limbah yang telah mengalami filtrasi dialirkan pada bioreaktor untuk diserap kandungan logam beratnya oleh *Saccharomyces cerevisiae* yang dimobilisasi dan diberikan nutrien tetes tebu. Proses ini mampu menurunkan kadar BOD sebanyak 89,96%, COD sebanyak 92,75%.

3.4. Metode Ozonisasi

Metode ozonisasi [22] penelitian ini menggunakan metode *Advanced Oxidation Processes (AOP) – Granular Activated Carbon (GAC)* untuk mendegradasi parameter BOD, COD, dan Fenol. Hasil penelitian dengan metode AOP –GAC yaitu injeksi ozon dengan larutan H₂O₂ (50%) sebanyak 1,5 ml dalam 1 liter limbah selama 30 menit merupakan waktu efektif. Penggunaan karbon aktif yang efektif yaitu sebanyak 6 gram dalam 1 liter limbah menghasilkan efisiensi yang dapat menurunkan 98,5% pada parameter BOD, COD sebanyak 98,6 %.

3.5. Metode ABR (*Anaerobic Baffled Reactor*)

Metode ABR (*Anaerobic Baffled Reactor*) [23] penelitian ini melakukan proses pengolahan limbah dengan proses *seeding* dan aklimatisasi menggunakan ABR – AF hingga fluktuasi penyisihan konsentrasi COD <10%. Jenis lumpur yang digunakan sebagai media biakan tersuspensi adalah lumpur tangki septik dan media biakan tercelup adalah kaldness (K1). Seeding dilakukan selama 7 hari secara batch dan aklimatisasi selama 14 hari dengan

proses feeding setiap 2 hari. Penurunan COD dengan presentase 78,95%. Sedangkan penurunan TSS 77,55%. Dari segi ekonomi mahal karena menggunakan reaktor serta harga mikroba yang digunakan cukup mahal.

3.6. Metode Biofilter

Metode biofilter [24] dari penelitian terdahulu merupakan mengolah air limbah industri batik menggunakan integrasi biofilter dan CWs. Penelitian dilakukan dengan membuat skala kecil dari alat integrasi biofilter dan *constructed wetlands* yang kemudian dilakukan uji coba kinerja alat dengan mengalirkan sampel air limbah industri batik. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi penurunan untuk masing-masing parameter COD, TSS, dan minyak & lemak sebesar 72,67-86,67%; 95,85-98,18%; dan 79,47-90,04%. Dari segi ekonomi penelitian ini menggunakan biofilter yang harganya lumayan mahal akan tetapi efisien dalam menurunkan kadar berbahaya dalam limbah batik.

Masing-masing metode memiliki kekurangan dan kelebihan dari segi proses, hasil efluen bahkan segi ekonomi. Dari hasil analisa dan perbandingan yang telah dilakukan maka selanjutnya dapat dilakukan proses penilaian dan pemilihan metode yang cocok untuk pengolahan limbah cair batik. Metode yang cocok digunakan adalah metode adsorpsi, karena metode adsorpsi sangat efisien untuk menurunkan kadar berbahaya dari limbah batik seperti COD dan BOD. Selain itu metode ini cukup ekonomis atau murah dikarenakan bahan yang mudah ditemui disekitar kita serta proses nya secara batch dapat digunakan pada lahan yang tidak cukup luas. Sehingga para industri atau pengrajin batik dapat mengolah limbahnya sendiri sebelum dibuang ke lingkungan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil studi literatur menunjukkan bahwa metode yang cocok digunakan untuk pengolahan limbah batik adalah metode adsorpsi. Metode ini sangat efisien digunakan karena menggunakan adsorben yang murah serta banyak dijumpai di sekitar kita, kemudian penurunan kadar berbahaya seperti COD dan BOD yang efisien, serta proses adsorpsi ini tidak membutuhkan lahan yang luas.

Saran yang dilakukan untuk penelitian selanjutnya adalah menggunakan variasi adsorben untuk menentukan massa adsorben yang cocok untuk pengolahan limbah batik.

REFERENSI

- [1] B. L. O. M. I Hamid, Z. Zuriyati, dan I. Iskandar, "Systemic Literature Review: Makna Budaya di Indonesia," *Jurnal Pendidikan Tambusai*, vol. 7, no. 3, hal. 29219–29225, 2023.
- [2] M. S. Fattah, K. A. Faqih, and O. Purnawirawan, "Systematic Literature Review: The Influence of Regional Geographic Conditions on The Variety of Regional Batik Motif Patterns," *Prosiding Seminar Nasional Industri Kerajinan dan Batik*, hal. 1–15, 2023.
- [3] L. Sariroh, R. N. Aulia, dan O. Purnawirawan, "Systematic Literature Review: Peran Kearifan Lokal Masyarakat Indonesia Dalam Melestarikan Budaya Batik Di Era Revolusi Industri 4.0," *Prosiding Seminar Nasional Industri Kerajinan dan Batik*, hal. 1–14, 2023.
- [4] E. Mei, R. Sitepu, J. A. Nainggolan, dan R. A. Lumbansiantar, "Urgensi Bagi Pendidikan di Negera Indonesia yang sedang Berkembang," *Jurnal Edukasi Non Formal*, vol. 4, no. 1, hal. 100–109, 2023.

- [5] P. Subekti, H. Hafiar, dan K. Komariah, "Word of mouth sebagai upaya promosi batik Sumedang oleh perajin batik (Studi Kasus pada Sanggar Batik Umimay)," *Dinamika Kerajinan dan Batik Majalah Ilmiah*, vol. 37, no. 1, hal. 41–54, 2020.
- [6] M. M. Sari, S. Hartini, dan S. Sudarno, "Pemilihan Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah Batik Yang Efektif Dan Efisien Menggunakan Metode Life Cycle Cost (Studi Kasus di Kampung Batik Semarang)," *Jurnal Teknik Industri Undip*, vol. 10, no. 1, hal. 27–32, 2015.
- [7] N. Apriyani, "Kandungan Limbah Cair Industri Batik," *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, vol. 53, no. 9, hal. 21–29, 2018.
- [8] L. Indrayani, "Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Sebagai Salah Satu Percontohan Ipal Batik Di Yogyakarta," *ECOTROPHIC: Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal of Environmental Science)*, vol. 12, no. 2, hal. 173, 2018.
- [9] N. Natalina dan H. Firdaus, "Penurunan Kadar Kromium Heksavalen (Cr6+) Dalam Limbah Batik Menggunakan Limbah Udang (Kitosan)," *Teknik*, vol. 38, no. 2, hal. 99, 2018.
- [10] M. Zammi, A. Rahmawati, dan R. R. Nirwana, "Analisis Dampak Limbah Buangan Limbah Pabrik Batik di Sungai Simbangkulon Kab. Pekalongan," *Walisongo Jurnal of Chemistry*, vol. 1, no. 1, hal. 1, 2018.
- [11] L. Indrayani, "Teknologi Pengolahan Limbah Cair Batik dengan IPAL BBKB Sebagai Salah Satu Alternatif Percontohan bagi Industri Batik," *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia. "Kejuangan,"* no. 8, hal. 1–9, 2019.
- [12] H. F. Kurniawan, "Pengaruh Kecepatan Pengadukan dan Jarak Elektroda terhadap Penurunan Kadar COD dan TSS pada Limbah Batik Menggunakan Metode Elektrokoagulasi," *Syntax Idea*, vol. 3, no. 11, hal. 2386–2394, 2021.
- [13] Nurlela, "Pengolahan Limbah Cair Industri Kerajinan Songket Tradisional dengan Adsorpsi Menggunakan Karbon Aktif," *Jurnal Health and Science*, vol. 3, no. 2, hal. 44, 2018.
- [14] H. R. Fidiastuti, C. A. Prabowo, A. S. Lathifah, M. Amin, dan Y. Utomo, "Bioremediasi Limbah Industri," *Forind*, hal.97, 2019.
- [15] M. Yulfarida, B. Bagaskoro, M. A. Ridho, A. B. A Komar, dan W. N. Safitri, "Efektivitas Proses Elektrokoagulasi dan Ozonasi sebagai Upaya Pengolahan Limbah Tekstil," *Prosiding SNST ke-9*, hal. 48–52, 2018.
- [16] Y. Marhayuni dan M. N. Faizi, "Pembuatan Ipal (Instalasi Pengolahan Air Limbah) Bersistem Abr (Aerobic Baffled Reactor) Untuk Mengatasi Limbah Domestik Sebagai Pengamalan Q.S Al a'Raf Ayat 56," *Prosiding Konferensi Integrasi Interkoneksi Islam Dan Sains*, vol. 4, hal. 35, 2022.
- [17] A. W. Satria, M. Rahmawati, dan A. Prasetya, "Pengolahan Nitrifikasi Limbah Amonia dan Denitrifikasi Limbah Fosfat dengan Biofilter Tercelup," *Jurnal teknologi Lingkungan*, vol. 20, no. 2, hal. 243, 2019.
- [18] A. J. Susilo dan T. S. Nugroho, "Sistem Pengoaaahan Limbah Cair Industri batik di Yogyakarta," *Jurnal Lingkungan*, vol. 1, no. 49, hal. 309–317, 2020.
- [19] N. Fauzi, K. Udyani, D. R. Zuchrillah, dan F. Hasanah, "Penggunaan Metode Elektrokoagulasi Menggunakan ElektrodaAlumunium dan Besi pada Pengolahan Air Limbah Batik," *Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri*, hal. 213–

- 218, 2019.
- [20] N. Rochma dan H. S. Titah, "Penurunan BOD dan COD Limbah Cair Industri Batik Menggunakan Karbon Aktif Melalui Proses Adsorpsi secara Batch," *Jurnal Teknik ITS.*, vol. 6, no. 2, hal. 2–7, 2017.
- [21] K. A. Gala, S. B. Pangaribuan, Y. S. Priyabekti, dan D. T. Hartono, "Bioremediasi Limbah Cair Batik Di Yogyakarta Menggunakan Bahan Alami Yang Diintegrasikan Dengan *Saccharomyces Cerevisiae*," *Karya Tulis Ilmiah Tingkat Nasional*, hal. 69–87, 2023.
- [22] I. S. I. Usama, A. R. A. Yudono, dan R. D. Asrifah, "Metode AOP – GAC dalam Penanganan Limbah Cair Batik di Kalurahan Wijirejo, Kepanewon Pandak, Kabupaten Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta," *Prosiding Seminar Nasional Teknik Lingkungan Kebumihan ke-IV*, vol. 4, no. 1, hal. 235–240, 2023.
- [23] L. Armesta, M. Apriani, dan U. P. Astuti, "Analisis Seeding dan Aklimatisasi pada Anaerobic Baffled Reactor - Anaerobic Biofilter (ABR - AF)," *Conference Proceeding on Waste Treatment Technology*, vol. 6, no. 1, hal. 220–224, 2023.
- [24] G. A. Firmansyah dan E. Rahmadyanti, "Optimalisasi Pengolahan Air Limbah Industri Batik Menggunakan Integrasi Biofilter Dan Constructed Wetlands Sebagai Sumber Daya Air Terbarukan," *Rekayasa Teknik Sipil*, vol. 3, no. 1, hal. 1–10, 2019.