

Sintesis Membran Karbon dan Pemanfaatannya untuk Pengolahan Limbah Batik pada Kolom Batch

Carbon Membrane Synthesis for Batik Dyeing Wastewater in Batch Column

Oki Alfernando¹, Sarah Fiebrina Heraningsih^{2*}, Patricia Permata Putri Pane³, Rainiyati⁴, Badariah⁵, Firdaus Akbar⁶

^{1,2,3}Prodi Teknik Kimia, Universitas Jambi, Jl. Jambi – Muara Bulian No.KM. 15, Jambi, Indonesia

⁴Prodi Agroekoteknologi, Universitas Jambi, Jl. Jambi – Muara Bulian No.KM. 15, Jambi, Indonesia

⁵Prodi Tadris Biologi, UIN Sulthan Thaha Saifuddin Jambi, Jl. Jambi - Muara Bulian No.KM. 16, 36361, Jambi, Indonesia

⁶Prodi Arsitektur, UIN Sulthan Thaha Saifuddin Jambi, Jl. Jambi - Muara Bulian No.KM. 16, 36361, Jambi, Indonesia

Email: ¹alfernandooki@unja.ac.id, ^{2*}sarah@unja.ac.id, ³panepatricia2952@gmail.com, ⁴rainiyati@unja.ac.id, ⁵badariah@uinjambi.ac.id

Article history: Received 22-07-2024, Accepted 02-08-2024, Published 29-01-2024

Abstrak

Air limbah dari usaha batik terlalu keruh dan mengandung terlalu banyak zat warna untuk dibuang ke lingkungan. Kandungan zat warna dari limbah batik berada diatas ambang batas sehingga tidak bisa langsung dibuang ke lingkungan. Penelitian ini menggunakan membran karbon sintetik untuk mendegradasi warna dan kekeruhan pada air limbah proses batik. Membran karbon alami yang dibuat tidak mahal. Setelah itu, membran dipasang pada peralatan dan melewati tiga siklus pemrosesan. Temuan penelitian menunjukkan bahwa menambahkan lebih banyak siklus pemrosesan dapat merejeksi kekeruhan dan warna masing-masing sebanyak 88,27% dan 71,79%. Secara keseluruhan, produksi membran karbon dan penggunaannya menawarkan metode pengganti yang murah, sederhana, dan efektif untuk menangani limbah batik.

Kata kunci: limbah batik; lingkungan; membran karbon sintetik

Abstract :

Wastewater from the batik industry is too turbid and contains too many dyes to be released into the environment. It cannot be thrown away in the environment directly. This study uses synthetic membranes to lower the amount of color and turbidity in wastewater from batik processes. The natural carbon membrane that was created is inexpensive. After that, the membrane is set up on the apparatus and goes through three cycles of processing. The study's findings demonstrated that adding more processing cycles can lower turbidity and dye by as much as 88.27% and 71.79%, respectively. Overall, the production of membranes and their use offer a low-cost, simple, and effective substitute method for handling waste material.

Keywords: batik wastewater; environment; synthetic membrane

1. Pendahuluan

Desain batik yang penuh warna dan rumit, teknik pewarnaan kain tradisional, sudah dikenal luas. Namun hal ini juga memiliki kelemahan, seperti kekeruhan air limbah dan kebocoran pewarna organik, yang sangat berbahaya bagi lingkungan [1]. Provinsi Jambi saat ini mempunyai jumlah usaha batik yang cukup banyak; semakin cepat industri ini berkembang, semakin banyak pula sampah yang dihasilkannya. Batik diproduksi melalui beberapa proses, termasuk pembuatan pola dengan menggunakan lilin, pewarnaan, pengikatan pewarna dan penghilangan lilin, serta pengeringan produk akhir [2], [3]. Berdasarkan tinjauan yang dilakukan oleh Referensi [4]; Limbah batik bersifat basa (sampai pH 12,1), berwarna tinggi (1469 ADMI), kebutuhan

oksigen kimia (COD) (20900 mg/L) dan total padatan tersuspensi (TSS) (3180 mg/L). Menurut Referensi [5]; Iritasi kulit, dermatitis alergi, dan kanker merupakan efek toksisitas akibat paparan langsung zat pewarna yang digunakan selama proses pewarnaan. Limbah industri batik cair harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan karena banyak mengandung unsur berbahaya sehingga tidak dapat dibuang langsung ke lingkungan. Provinsi Jambi saat ini memiliki banyak usaha batik; semakin cepat industri ini berkembang, semakin banyak pula sampah yang dihasilkannya. Dalam hal ini, diperlukan strategi unik untuk mengatasi masalah ini, salah satunya ialah dengan menggunakan membran karbon yang terbuat dari prekursor alami sebagai cara yang terjangkau dan bermanfaat bagi lingkungan.

Teknologi membran yang merupakan salah satu metode penanganan limbah batik ini menerapkan proses pemisahan suatu bahan menjadi dua fasa atau lebih dengan menggunakan membran semipermeable [6]. Teknologi membran biasanya digunakan dalam operasi pemisahan mekanis untuk memisahkan aliran gas atau cairan. Teknologi membran menawarkan beberapa manfaat, antara lain kualitas air yang sangat baik, pengurangan penggunaan bahan kimia, kualitas air yang konsisten, kemudahan penggunaan (otomatis), dan kemampuan menghilangkan polutan dalam area yang luas tanpa memerlukan banyak ruang [1], [7].

Penggunaan bahan-bahan yang terjangkau dan ramah lingkungan telah mengambil peran penting dalam penelitian dan inovasi selama periode yang ditandai dengan meningkatnya kepedulian terhadap lingkungan dan meningkatnya kebutuhan akan solusi berkelanjutan. Lebih lanjut, bahan sisa pertanian seperti serbuk kayu, ampas tebu, batang jagung, dan jerami sangat tersedia dan mudah diperoleh sebagai sumber daya alam untuk berbagai aplikasi [8]. Lebih dari 40% limbah yang berasal dari industri kehutanan dan kayu adalah serbuk kayu [9]. Sebagian besar dari limbah serbuk kayu ini tidak diproses menjadi produk berguna dan dibuang di tempat pembuangan akhir atau dibakar [10]. Secara khusus, membran karbon telah menjadi pilihan yang layak karena kemampuan adaptasinya dan menjanjikan untuk berbagai kegunaan [11], [12]. Serbuk kayu dipilih sebagai media pendukung membran karbon karena karakteristiknya yang luar biasa, yaitu ringan, memiliki permeabilitas air yang lebih tinggi dalam kemasan kantong, dan mudah dipisahkan dari air [8]. Penelitian ini bertujuan untuk mengintegrasikan konsep keberlanjutan dan ilmu material tingkat lanjut. Ini berfokus pada sintesis membran karbon dari sumber daya alam yang mudah diakses dan potensi penerapannya dalam menyelesaikan isu-isu relevan yang terkait dengan industri tekstil.

2. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini serbuk kayu merupakan prekursor yang digunakan untuk membuat membran karbon. Serbuk gergaji yang digunakan merupakan sisa dari para perajin kayu yang biasanya membuat peralatan rumah tangga dari bahan kayu. Bahan alami seperti limbah serbuk gergaji organik dapat digunakan sebagai adsorben untuk menetralkan kadar logam pada limbah batik. Keuntungan penggunaan adsorben alami dalam proses adsorpsi selain mempunyai kemampuan adsorpsi yang baik juga lebih ekonomis [13]. Menurut penelitian sebelumnya mengenai pengolahan pencemaran air, metode adsorpsi sering dilakukan dengan menggunakan adsorben karbon aktif, seperti reduksi ion Besi dan Mangan dengan serbuk kayu kamper [14].



Gambar 1. Serbuk kayu

2.1. Jenis Penelitian

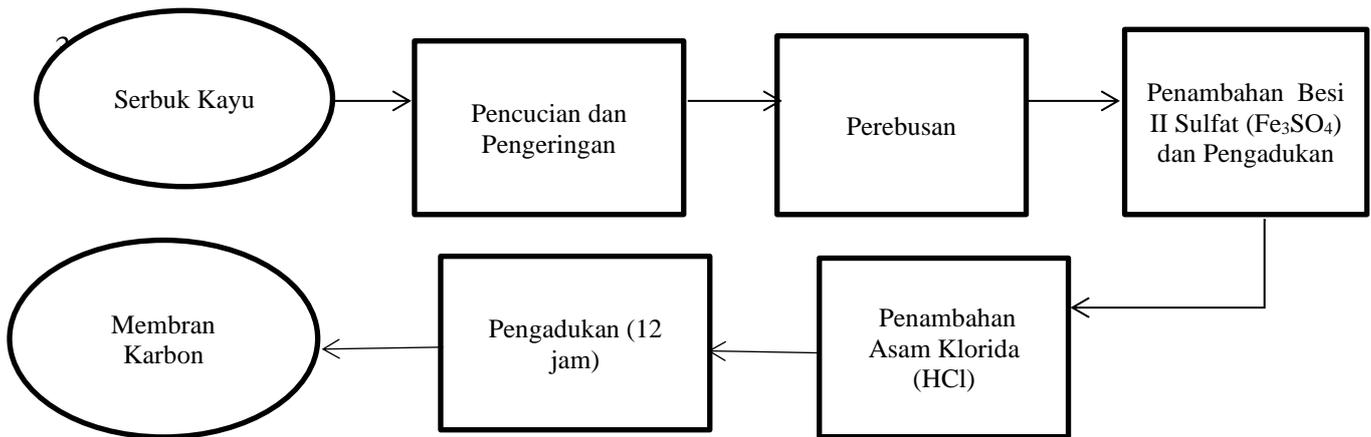
Penelitian ini dilaksanakan dengan perbandingan kualitatif dengan berpatokan pada warna hasil penyaringan hasil limbah batik

2.2. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Kampus Pondok Meja, Universitas Jambi

2.3. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian digambarkan pada gambar 2 untuk menjelaskan tahapan yang digunakan dalam proses pembuatan membran karbon. Membran Karbon kemudian dirangkai dalam sistem penyaringan air limbah untuk dapat diaplikasikan dalam pengolahan limbah batik.



Gambar 2. Diagram Alir Pembuatan Membran Karbon

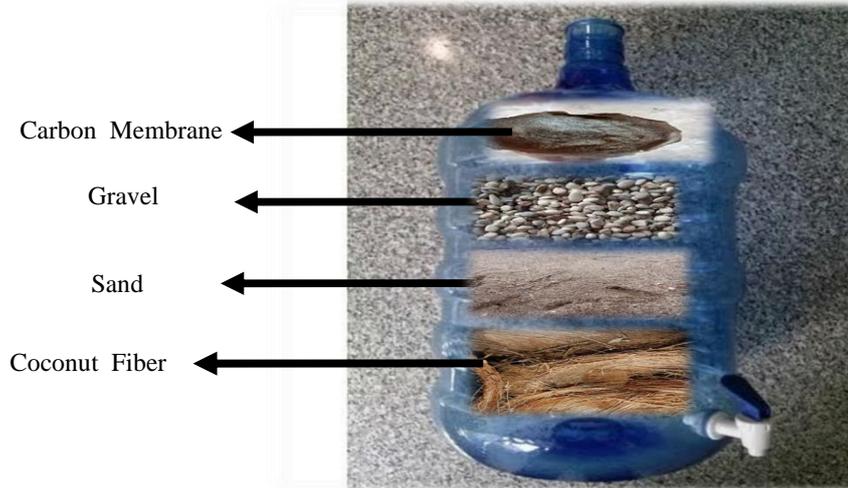
Prosesnya diawali dengan penyiapan bahan baku dimana serbuk kayu disiapkan sebagai prekursor membran karbon. HCL 0,5 M dan Besi II Sulfat adalah dua bahan kimia yang digunakan. Dalam proses pemurnian air, besi II sulfat dapat digunakan sebagai koagulan—bahan kimia yang diperlukan untuk proses pengendapan. Asam klorida (HCL) mempunyai peranan yang sangat penting dalam mengendalikan pH air limbah selain digunakan untuk membersihkan karat atau kerak serta mengatur kadar keasaman atau pH.

Adonan membran karbon dimasukkan ke dalam teflon untuk mencetak membran. Setelah itu membran karbon yang telah dicetak dikarbonisasi dalam tungku bersuhu 700 °C dan didinginkan. Selanjutnya membran karbon siap diaplikasikan.



Gambar 3. Membran karbon yang sudah terbentuk

Membran yang dibuat ditambahkan ke sistem penyaringan air limbah untuk aplikasinya dalam pengolahan limbah batik. Filtrat alami, seperti kerikil, pasir, dan sabut kelapa, membentuk sistem air limbah. Filtrat alami ini ditambahkan untuk mengurangi jumlah kontaminan yang dapat menyebabkan kegagalan fungsi sistem, filtrat ini harus dibersihkan dan dikeringkan terlebih dahulu. Air limbah batik dikosongkan dari filter setelah dilakukan proses filtrasi.



Gambar 3. Sistem Penyaringan Air Limbah Batik

Pengolahan limbah batik dilakukan secara siklik dengan mengalirkan kembali limbah beberapa kali hingga terjadi tiga siklus, dan sampel diambil untuk diuji setiap siklus. Sampel yang diambil tersebut di simpan dalam botol bersih dan dilakukan uji kekeruhan dan uji zat warna pada tiap sampel tersebut.

2.4. Analisa

Analisis yang dilakukan pada penelitian ini ialah analisa kekeruhan dan analisa degradasi zat warna. Hasil analisa tersebut kemudian diolah untuk menghitung % rejeksi, persentase zat terlarut yang tertahan di membran atau biasa disebut juga efisiensi rejeksi, menggunakan persamaan berikut [1], [7] :

$$\text{Rejeksi (\%)} = \frac{(C_f - C_p)}{C_f} \times 100\% \dots\dots\dots \text{Persamaan 1}$$

Keterangan :

C_f = Konsentrasi Awal

C_p = Konsetrasi Permeate

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil penelitian dari parameter fisik menunjukkan : terjadi perbaikan aroma karena sebelum disaring baunya sangat menyengat setelah disaring baunya. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.16/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019 [15] yang merupakan perubahan kedua atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah untuk usaha dan/atau kegiatan industri tekstil, batas kandungan warna yang diperbolehkan adalah 200 Pt. Co. Kandungan limbah batik yang digunakan pada penelitian ini ialah 297,18 Pt-Co. Nilai zat warna dari hasil pengolahan melalui siklus 1, siklus 2 dan siklus 3 masing-masing ialah 296, 82 Pt. Co, 135,79 Pt. Co dan 83,81 Pt. Co. Hal ini menunjukkan bahwa pengolahan hanya dalam 1 kali siklus tidak efektif karena nilai zat warna masih diatas nilai ambang batas yang ditetapkan. Oleh karena itu direkomendasikan untuk melakukan pengolahan 2 siklus hingga 3 siklus untuk memperoleh hasil yang maksimal.

Selanjutnya untuk mengolah hasil penelitian seperti pH, kekeruhan, dan degradasi zat warna, Persamaan (1) digunakan. Hasil pengolahan data tersebut disajikan dalam Tabel 1. Gambar 4 menunjukkan hasil pengolahan limbah batik.Membran membantu mengurangi kekeruhan dan menghilangkan bau tak sedap dari

air limbah setelah disaring. Berdasarkan Gambar 4 dapat diambil kesimpulan bahwa semakin banyak siklus pengolahan yang dilewati maka akan jernih air olahan. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya [7], [16] yang memperlihatkan degradasi warna semakin cerah dari waktu ke waktu seiring dengan semakin banyaknya tahapan pengolahan dan lama waktu pengolahan.

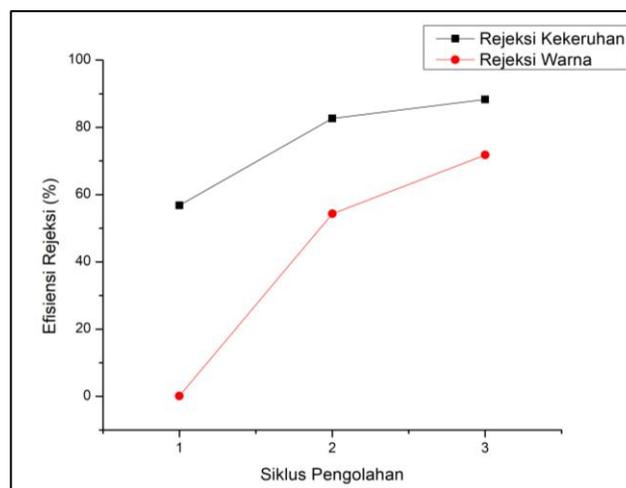
Tabel 1. Tabulasi Rejeksi Kekeruhan dan Rejeksi Warna Air Olahan Limbah Batik

Sampel	Rejeksi Kekeruhan (%)	Rejeksi Warna (%)
Siklus 1	56,8	0,121
Siklus 2	82,668	54,307
Siklus 3	88,276	71,798



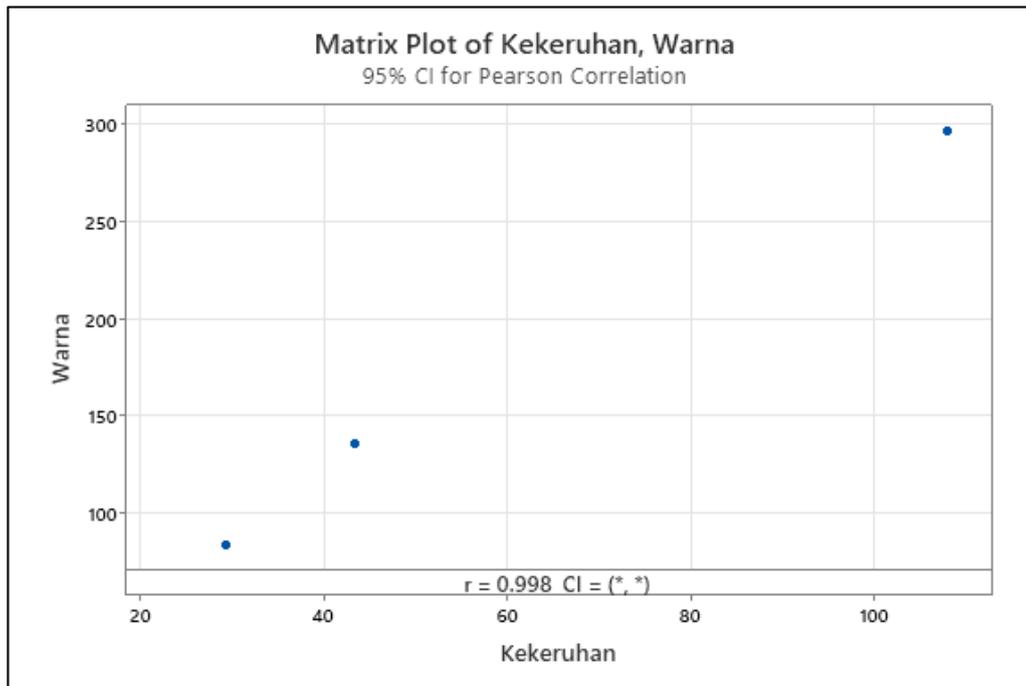
Gambar 4. Perubahan warna limbah batik dari beberapa siklus pengolahan

Pada sistem penyaringannya sendiri, filtrat yang ada juga membantu proses penyaringan air limbah batik, seperti kerikil menampung kotoran-kotoran besar, kemudian pasir menampung kotoran-kotoran kecil, lalu sabut kelapa membantu menjernihkan air dan mengurangi bau pada air limbah batik. Kekeruhan air merupakan salah satu faktor yang membantu menilai apakah air limbah sudah bersih kembali. Tingkat polutan dalam air meningkat seiring dengan kekeruhannya. Metode serupa juga diterapkan oleh [7] dan juga didapatkan hasil pengolahan yang memuaskan dengan adanya pengurangan polutan yang signifikan. Grafik rejeksi kekeruhan dan rejeksi warna ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Rejeksi Kekeruhan dan Rejeksi Warna pada setiap Siklus Pengolahan

Pada tahun 2017, Sutisna melakukan penelitian serupa yang memvariasikan siklus pengolahan [16]. Studi yang dilakukan menunjukkan bahwa ada korelasi positif antara jumlah siklus dan kadar pencemar. Hal tersebut sesuai dengan yang didapatkan dalam penelitian ini yang ditunjukkan oleh gambar 5 yaitu semakin banyak siklus pengolahan maka kadar polutan semakin rendah sehingga efektivitas rejeksi kekeruhan dan rejeksi warna semakin meningkat. Gambar 5 juga menunjukkan bahwa rejeksi kekeruhan dan rejeksi warna memiliki trend yang serupa dengan nilai rejeksi kekeruhan tertinggi 88,276% dan rejeksi warna tertinggi 71,789%. Alasan menurunnya warna ini oleh membrane karbon pada penelitian ini dipertegas oleh Georgouvelas dalam penelitiannya pada tahun 2021 [17], bahwa membran bertindak sebagai katalis dalam proses penghilangan zat warna, yang memulai reaksi hidrogenasi.



Gambar 6. Nilai Korelasi Warna dan Kekeruhan

Akhir dari pengolahan hasil penelitian ini adalah melakukan analisis korelasi dari dua parameter yang diujikan, yaitu kekeruhan dan warna yang ditunjukkan pada Gambar 6. Hasilnya menunjukkan nilai korelasi yang positif sebesar 0,998, yang menunjukkan bahwa kedua parameter saling menguatkan dan berhubungan [18], [19].

Kesimpulan

Terjadi perbaikan kualitas air olahan yang dihasilkan dari pengolahan limbah batik menggunakan membran karbon dengan 3 kali siklus pengolahan meliputi berkurangnya aroma dari air limbah, berkurangnya kekeruhan dan berkurangnya warna dari air limbah yang telah diolah. Nilai rejeksi kekeruhan maksimum mencapai 88,27% dan nilai rejeksi warna maksimum mencapai 71,79%. Warna dan kekeruhan dari air limbah batik memiliki korelasi positif sehingga berkurangnya kekeruhan akan mengurangi warna air olahan pada proses pengolahan menggunakan membran karbon. Membran karbon terbukti memiliki potensi untuk digunakan pada pengolahan limbah batik karena murah dan mudah untuk digunakan.

Daftar Pustaka

- [1] H. R. Rashidi, N. M. N. Sulaiman, and N. A. Hashim, "Batik Industry Synthetic Wastewater Treatment Using Nanofiltration Membrane," *Procedia Eng.*, vol. 44, pp. 2010–2012, 2012, doi: 10.1016/j.proeng.2012.09.025.
- [2] A. L. Ahmad, W. A. Harris, S. S., and B. S. Ooi, "Removal of Dye From Wastewater of Textile Industry

- Using Membrane Technology,” *J. Teknol.*, vol. 36, no. 1, pp. 31–44, 2002, doi: 10.11113/jt.v36.581.
- [3] 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, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e17284.
- [4] N. M. Daud, S. R. S. Abdullah, H. A. Hasan, N. I. Ismail, and Y. Dhokhikah, “Integrated physical-biological treatment system for batik industry wastewater: A review on process selection,” *Sci. Total Environ.*, vol. 819, p. 152931, 2022, doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.152931.
- [5] L. Sztandera, A. Garg, S. Hayik, K. L. Bhat, and C. W. Bock, “Mutagenicity of aminoazo dyes and their reductive-cleavage metabolites: A QSAR/QPAR investigation,” *Dye. Pigment.*, vol. 59, no. 2, pp. 117–133, 2003, doi: 10.1016/S0143-7208(03)00100-1.
- [6] A. Adeniyi, D. Gonzalez-Ortiz, C. Pochat-Bohatier, O. Oyewo, B. Sithole, and M. Onyango, “Incorporation of Cellulose Nanocrystals (CNC) derived from sawdust into polyamide thin-film composite membranes for enhanced water recovery,” *Alexandria Eng. J.*, vol. 59, no. 6, pp. 4201–4210, 2020, doi: 10.1016/j.aej.2020.07.025.
- [7] S. F. Heraningsih *et al.*, “Aplikasi Pengolahan Limbah Batik Menggunakan Membran Keramik Berbiaya Rendah pada Kolom Batch,” *J. Daur Lingkung.*, vol. 6, no. 1, p. 60, 2023, doi: 10.33087/daurling.v6i1.201.
- [8] G. Ungureanu, S. Santos, R. Boaventura, and C. Botelho, “Arsenic and antimony in water and wastewater: Overview of removal techniques with special reference to latest advances in adsorption,” *J. Environ. Manage.*, vol. 151, pp. 326–342, 2015, doi: 10.1016/j.jenvman.2014.12.051.
- [9] P. Akhator, A. Obonor, and A. Ugege, “Nigerian Wood Waste: A Potential Resource for Economic Development,” *J. Appl. Sci. Environ. Manag.*, vol. 21, no. 2, p. 246, 2017, doi: 10.4314/jasem.v21i2.4.
- [10] A. Demirbas, “Waste management, waste resource facilities and waste conversion processes,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 52, no. 2, pp. 1280–1287, 2011, doi: 10.1016/j.enconman.2010.09.025.
- [11] J. Barasarathi, P. S. Abdullah, and E. C. Uche, “Application of magnetic carbon nanocomposite from agro-waste for the removal of pollutants from water and wastewater,” *Chemosphere*, vol. 305, p. 135384, Oct. 2022, doi: 10.1016/j.chemosphere.2022.135384.
- [12] M. Dong *et al.*, “Low-pressure carbon nanotube membrane with different surface properties for the removal of organic dyes and PPCPs,” *J. Environ. Chem. Eng.*, vol. 11, p. 110131, May 2023, doi: 10.1016/j.jece.2023.110131.
- [13] R. Jalali, H. Ghafourian, Y. Asef, S. J. Davarpanah, and S. Sepehr, “Removal and recovery of lead using nonliving biomass of marine algae,” *J. Hazard. Mater.*, vol. 92, no. 3, pp. 253–262, 2002, doi: 10.1016/S0304-3894(02)00021-3.
- [14] I. Mandasari and A. Purnomo, “Penurunan Ion Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dalam Air dengan Serbuk Gergaji Kayu Kamper,” *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 1, pp. 1–6, 2016, doi: 10.12962/j23373539.v5i1.15113.
- [15] KLHK, “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 Tentang Baku Mutu Air Limbah,” 2019. [Online]. Available: file:///C:/Users/User/Downloads/fvm939e.pdf
- [16] S. Sutisna *et al.*, “Batik Wastewater Treatment Using TiO₂ Nanoparticles Coated on the Surface of Plastic Sheet,” *Procedia Eng.*, vol. 170, pp. 78–83, 2017, doi: 10.1016/j.proeng.2017.03.015.
- [17] D. Georgouvelas, H. N. Abdelhamid, J. Li, U. Edlund, and A. P. Mathew, “All-cellulose functional membranes for water treatment: Adsorption of metal ions and catalytic decolorization of dyes,” *Carbohydr. Polym.*, vol. 264, no. January, p. 118044, 2021, doi: 10.1016/j.carbpol.2021.118044.
- [18] A. Kaushik, A. Kansal, Santosh, Meena, S. Kumari, and C. P. Kaushik, “Heavy metal contamination of river Yamuna, Haryana, India: Assessment by Metal Enrichment Factor of the Sediments,” *J. Hazard. Mater.*, vol. 164, no. 1, pp. 265–270, 2009, doi: 10.1016/j.jhazmat.2008.08.031.
- [19] B. Badariah, N. Sukmawati, S. F. Heraningsih, R. Rainiyati, A. Riduan, and R. D. Putri, “Heavy metal contamination of Batanghari River, Jambi, Indonesia: determination based on sediment enrichment factor value,” *J. Degrad. Min. Lands Manag.*, vol. 10, no. 4, p. 4761, 2023, doi: 10.15243/jdmlm.2023.104.4761.