

Penerapan Praktik Berkelanjutan Industri Batik: Edukasi Pewarna Alami dan Pengolahan Limbah IKM Batik

Silvia ^{1)*}, Reviana Inda Dwi Suyatmo ²⁾, Erfina Oktariani ³⁾, Isma Wulansari ⁴⁾, Maheswari Awidyadana ⁵⁾

^{1, 2, 3, 4, 5)} Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta
Jalan Letjen Suprpto, Jakarta Pusat, Indonesia

Email: silvia@stmi.ac.id

ABSTRAK

IKM Rumah Batik berdiri sejak tahun 2015, yang membuat batik khas Jakarta seperti ondel-ondel, Monas dan ikon Jakarta lainnya. IKM Rumah Batik masih menggunakan remazol sebagai pewarna dalam pembuatan batik dan menggunakan IPAL sederhana, yakni filter elektrolisis yang ditambah tawas dan kaporit. Proses pewarnaan batik menghasilkan limbah cair yang berpotensi mencemari lingkungan. Penggunaan bahan kimia sintetis dalam pewarnaan batik juga menjadi isu utama dalam keberlanjutan industri batik. Untuk mendorong IKM batik agar lebih berwawasan lingkungan dan berkelanjutan, perlu dilakukan edukasi dan pendampingan terkait penerapan praktik ramah lingkungan, seperti penggunaan pewarna alami serta pengolahan limbah skala kecil dengan proses elektrokoagulasi yang minim penggunaan bahan kimia. Telah dilakukan pengujian BOD dan COD pada limbah cair batik dan diperoleh nilai yang masih di atas ambang batas apabila dibandingkan dengan baku mutu limbah tekstil Permen LH No. 5 Tahun 2014: $BOD \leq 60 \text{ mg/L}$, $COD \leq 150 \text{ mg/L}$. Telah dilakukan penyuluhan teknis terkait solusi yang bisa diterapkan dan rekomendasi yang bisa dilakukan. Terkait pewarna alami, sudah dilakukan edukasi dengan memaparkan hasil penelitian dan PkM yang sudah ada.

Kata kunci: IPAL, limbah industri batik, pewarna alami, berkelanjutan

ABSTRACT

IKM Rumah Batik was established in 2015 and produces traditional Jakarta batik designs, including ondel-ondel, Monas, and other iconic Jakarta motifs. IKM Rumah Batik still uses Remazol as a dye in batik making and uses a simple wastewater treatment plant, namely an electrolysis filter added with alum and chlorine. The batik dyeing process produces liquid waste that can pollute the environment. On the other hand, the use of synthetic chemicals in batik dyeing is also a major issue in the sustainability of the batik industry. To encourage batik SMEs to be more environmentally aware and sustainable, education and mentoring are needed on implementing environmentally friendly practices, such as using natural dyes, as well as small-scale waste processing using electrocoagulation to minimize chemical use. BOD and COD tests have been conducted on batik liquid waste, and the values are still above the threshold when compared to the textile waste quality standards of the Ministry of Environment Regulation No. 5 of 2014: $BOD \leq 60 \text{ mg/L}$, $COD \leq 150 \text{ mg/L}$. Technical counseling has been carried out regarding applicable solutions and recommendations that can be carried out. Regarding natural dyes, educational outcomes have been presented by summarizing existing research and PkM.

Keywords: IPAL, batik industry waste, natural dyes, sustainability

1. Pendahuluan

Industri Kecil dan Menengah (IKM) batik memiliki peran strategis dalam perekonomian nasional sekaligus sebagai sarana pelestarian warisan budaya Indonesia. Namun demikian, praktik produksi batik konvensional masih menghadapi tantangan serius terkait aspek lingkungan, khususnya akibat penggunaan pewarna sintetis seperti *naphthol*, *indigo soluble*, remazol, dan berbagai jenis pewarna reaktif lainnya (Handayani dkk., 2018; Munir dkk., 2018). Zat-zat tersebut diketahui mengandung senyawa kimia berbahaya yang berpotensi mencemari lingkungan apabila limbah cair hasil proses pewarnaan tidak dikelola dengan memadai (Nachiyar et al., 2023). Limbah cair batik umumnya memiliki kandungan warna tinggi, bahan organik, serta senyawa toksik yang dapat merusak ekosistem perairan dan menimbulkan risiko kesehatan bagi masyarakat sekitar (Soebaryo, 2012; Handayani dkk., 2018).

Sebagai alternatif yang lebih berkelanjutan, pemanfaatan pewarna alami berbasis sumber nabati, seperti daun, kulit kayu, dan buah-buahan, mulai banyak dikembangkan (Handayani dkk., 2018; Martuti dkk., 2020). Pewarna alami memiliki keunggulan berupa sifat *biodegradable*, toksisitas rendah, serta dampak lingkungan yang lebih minimal dibandingkan pewarna sintetis. Penggunaan pewarna alami tidak hanya mendukung penerapan prinsip produksi bersih, tetapi juga berkontribusi terhadap implementasi ekonomi hijau dan penguatan keberlanjutan pada industri kreatif (Asir, 2023). Penerapan pewarna alami di kalangan IKM batik masih menghadapi berbagai kendala, antara lain keterbatasan pengetahuan teknis serta kebutuhan akan proses pencelupan berulang untuk memperoleh warna yang lebih pekat.

Pengolahan limbah cair batik yang diterapkan oleh sebagian besar IKM masih bersifat sederhana dan belum mampu menurunkan beban pencemar secara optimal (Budiyanto dkk., 2018; Naqsyabandi dkk., 2018; Rezagama dkk., 2020). Pengolahan limbah secara konvensional melalui penambahan koagulan kimia umumnya menghadapi kendala berupa efisiensi yang relatif rendah, produksi lumpur yang tinggi, dan peningkatan biaya operasional akibat kebutuhan bahan kimia serta penanganan residu (Luthfiah, 2023). Metode ini memanfaatkan arus listrik dan elektroda logam untuk mengendapkan zat pencemar, sehingga mampu menurunkan parameter seperti Chemical Oxygen Demand (COD), intensitas warna, dan kandungan logam berat dengan penggunaan bahan kimia yang minimal (Ubale dan Salkar, 2017; Kothai dkk., 2021; Putra dkk., 2020).

Salah satu IKM batik yang masih menghadapi permasalahan lingkungan adalah Rumah Batik yang berlokasi di Jakarta. IKM Rumah Batik diklasifikasikan sebagai Industri Kecil berdasarkan Peraturan Menteri Perindustrian RI Nomor 64/M-IND/PER/7/2016 dengan jumlah tenaga kerja 1-19 orang. Rumah Batik memiliki bidang usaha tekstil yang memproduksi batik khas Jakarta dengan motif ikonik daerah. Dalam proses produksinya, masih menggunakan pewarna sintetis remazol serta Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sederhana berbasis filtrasi dan elektrolisis yang dikombinasikan dengan bahan kimia seperti tawas dan kaporit. Limbah cair yang dihasilkan mengandung campuran bahan kimia, termasuk *waterglass* (natrium silikat), dengan keterbatasan kinerja sistem pengolahan yang ditandai oleh nyala katoda yang tidak stabil dan proses yang beralih menjadi sekadar pengadukan. Kondisi ini menunjukkan perlunya perbaikan baik dari sisi proses pewarnaan maupun teknologi pengolahan limbah.

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan upaya edukasi dan pendampingan yang terintegrasi bagi pelaku IKM batik untuk mendorong penerapan praktik produksi yang lebih ramah lingkungan. Pendekatan yang mengombinasikan pemanfaatan pewarna alami serta penerapan teknologi elektrokoagulasi skala kecil diharapkan dapat menjadi solusi yang aplikatif, ekonomis, dan berkelanjutan. Oleh karena itu, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan pelaku IKM batik dalam penggunaan pewarna alami dan pengolahan limbah cair berbasis elektrokoagulasi, sehingga dapat mendukung terciptanya sistem produksi batik yang berwawasan lingkungan dan berkelanjutan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Pewarna Alami dalam Industri Batik

Pewarna alami merupakan zat pewarna yang berasal dari sumber hayati, khususnya tumbuhan, seperti daun, kulit kayu, buah, biji, dan akar (Pujilestari, 2015). Berbagai jenis tumbuhan diketahui menghasilkan warna yang khas, seperti biru dari *Indigofera tinctoria*, merah kecokelatan dari secang (*Caesalpinia sappan*), serta coklat kemerahan dari mangrove dan mahoni. Keanekaragaman sumber pewarna alami tersebut menunjukkan potensi besar dalam pengembangan batik yang ramah lingkungan. Jenis tumbuhan yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber pewarna alami dengan variasi warna ditunjukkan pada Tabel 1. Hal ini menunjukkan fleksibilitas pewarna alami dalam menghasilkan ragam visual batik yang unik dan memiliki nilai artistik tinggi (Kurniawati dkk., 2024).

Tabel 1. Jenis Tumbuhan sebagai Sumber Pewarna Alami

No	Tumbuhan	Nama Latin	Bagian Tumbuhan	Hasil Warna
1	Tarum	Indigofera tinctoria L.	Daun	Biru
2	Jalawe	Terminalia bellirica	Kulit buah	Merah kecoklatan
3	Manggis	Garcinia mangostana L.	Kulit kayu	Merah, ungu, dan biru
4	Secang	Caesalpinia sappan Linn	Kayu	Oranye, merah muda dan ungu
5	Mangrove	Rhizophora mucronata	Kulit kayu	Coklat kemerahan
6	Tingi	Ceriops tagal	Kulit kayu	Coklat kemerahan
7	Mahoni	Swietenia mahagoni L. Jacq	Kulit kayu	Merah kecoklatan

Sumber: Kurniawati, dkk (2024)

2.2. Karakteristik dan Keterbatasan Pewarna Alami

Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat bahwa berbagai jenis tumbuhan dapat digunakan sebagai pewarna alami yang menghasilkan berbagai warna. Kekurangan pewarna alami adalah warna yang pucat/tidak terlalu terang, sehingga warna kain yang dihasilkan terkesan pudar. Penggunaan pewarna alami memiliki dampak positif yang signifikan bagi lingkungan, sekaligus menjaga kesinambungan seni batik serta mewariskan nilai budaya dan tradisi dari satu generasi ke generasi berikutnya. Seni batik, dengan kekayaan bahan pewarna alaminya, adalah penjelajahan yang tak ada habisnya (Kurniawati dkk, 2024)



Gambar 1. Hasil penelitian Erdawati dkk (2024) pada uji pewarnaan kain mori menggunakan pewarna alam

Pada Gambar 1 yang dilakukan oleh Erdawati dkk. (2024) yang melakukan ekstraksi pewarna alam, enkapsulasi pewarna alam dengan kitosan, dan penyuluhan mengenai pewarnaan kain batik dengan menggunakan pewarna alam yang baik dan benar. Ekstrak ampas kopi mengandung tanin berwarna coklat, ekstrak kunyit mengandung kurkumin berwarna kuning, dan ekstrak kayu secang mengandung brazilin berwarna merah, sementara warna biru dihasilkan oleh indigofera. Pewarna

alam yang dienkapsulasi dengan kitosan memberikan warna yang lebih cerah dan lebih stabil. Hasil uji coba pada kain batik menunjukkan warna yang dihasilkan lebih cerah, tidak luntur, dan tahan terhadap panas. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Vakhitova dkk. (2003) penggabungan zat warna dan kitosan meningkatkan intensitas dan karakteristik kekuatan zat warna saat diaplikasikan terhadap bahan kain katun. Gambar 1 menunjukkan hasil penyuluhan kepada IKM batik yang dilakukan oleh Erdawati dkk. (2024).

3. Metodologi

3.1. Desain dan Pendekatan Kegiatan

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini menggunakan pendekatan partisipatif dan aplikatif, yang mengombinasikan edukasi, pendampingan teknis, serta evaluasi kinerja lingkungan pada IKM batik. Pendekatan ini dipilih untuk memastikan bahwa solusi yang ditawarkan tidak hanya bersifat teoritis, tetapi juga dapat diterapkan secara langsung dan berkelanjutan oleh mitra. Kegiatan dilaksanakan di Rumah Batik selama periode 6–8 bulan.

3.2. Tahapan Pelaksanaan Kegiatan

Pelaksanaan kegiatan dilakukan secara bertahap dan sistematis sebagaimana ditunjukkan pada diagram alir kegiatan. Tahapan dimulai dengan survei IKM dan studi literatur untuk mengidentifikasi permasalahan utama yang dihadapi mitra, baik dari sisi proses pewarnaan maupun pengolahan limbah cair. Data yang telah diperoleh kemudian diolah dan dianalisis untuk mengevaluasi efektivitas sistem pengolahan limbah yang ada serta potensi penerapan teknologi elektrokoagulasi sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan. Tahapan akhir penyusunan kesimpulan, rekomendasi teknis, serta diskusi hasil sebagai bentuk penguatan pengetahuan dan peningkatan kapasitas pelaku IKM.

3.3. Pengambilan dan Pengujian Sampel Limbah Cair

Pengambilan sampel limbah cair dilakukan pada sistem IPAL sederhana milik mitra, yaitu sebelum dan sesudah proses pengolahan. IPAL tersebut menggunakan filter elektrolisis yang dikombinasikan dengan penambahan bahan kimia berupa tawas dan kaporit. Sampel limbah cair yang diambil selanjutnya diuji untuk mengetahui kualitas air limbah berdasarkan parameter BOD dan COD. Pengujian BOD dan COD dilakukan di Laboratorium Pengujian Politeknik AKA Bogor sesuai dengan prosedur standar pengujian kualitas air limbah. Parameter BOD dan COD dipilih karena merupakan indikator utama tingkat pencemaran organik dan digunakan sebagai acuan dalam penilaian baku mutu air limbah industri.

3.4. Edukasi dan Pendampingan Mitra

Selain pengujian teknis, kegiatan ini juga melibatkan edukasi dan pendampingan kepada mitra terkait penerapan praktik ramah lingkungan. Edukasi difokuskan pada pemanfaatan pewarna alami sebagai alternatif pengganti pewarna sintetis serta pengenalan prinsip kerja dan keunggulan teknologi elektrokoagulasi dalam pengolahan limbah cair skala kecil. Pendampingan dilakukan melalui diskusi, sosialisasi, dan evaluasi bersama untuk meningkatkan pemahaman mitra serta mendorong adopsi teknologi yang berkelanjutan.

3.5. Indikator Capaian Kegiatan

Keberhasilan kegiatan dievaluasi berdasarkan indikator capaian pada setiap tahapan pelaksanaan, yang meliputi peningkatan pemahaman mitra, data hasil pengujian COD dan BOD limbah cair, meningkatnya pemahaman mitra terhadap praktik ramah lingkungan, serta perubahan kondisi mitra sebelum dan sesudah PkM. Indikator ini digunakan untuk menilai efektivitas pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat secara menyeluruh.

relevan dan aplikatif bagi IKM batik. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan kualitas visual batik, tetapi juga mengurangi ketergantungan terhadap bahan kimia sintetis.

4.3. Hasil Pengujian Kualitas Limbah Cair

Hasil pengujian kualitas limbah cair menunjukkan bahwa nilai BOD dan COD masih relatif tinggi. Berdasarkan Tabel 2 dan Tabel 3 limbah pekat memiliki nilai BOD sebesar 451 mg/L dan COD sebesar 1851 mg/L, sedangkan limbah encer memiliki BOD 112 mg/L dan COD 367 mg/L. Setelah melalui IPAL sederhana, nilai BOD menurun menjadi 203 mg/L dan COD menjadi 780 mg/L.

Tabel 2. Hasil Pengujian BOD dan COD limbah cair menggunakan metode titrimetri

Sampel	BOD (mg/L)	COD (mg/L)
Limbah Pekat	451	1851
Limbah Encer	112	367
IPAL Sederhana	203	780

Rasio BOD/COD yang diperoleh berada pada rentang 0,24–0,30, yang menunjukkan bahwa limbah batik cenderung sulit terurai secara biologis. Pada Gambar 3, hal ini mengindikasikan dominasi senyawa organik *nonbiodegradable* dan bahan kimia sintetis dalam limbah cair. Jika dibandingkan dengan baku mutu limbah tekstil (Permen LH No. 5 Tahun 2014), nilai BOD dan COD hasil pengolahan IPAL sederhana masih berada di atas ambang batas yang diizinkan.



(a)



(b)

Gambar 3. (a) Pengolahan limbah IPAL (b) Sampel hasil pengolahan limbah

4.4. Pembahasan Efektivitas IPAL dan Rekomendasi Teknis

Efisiensi IPAL sederhana yang digunakan masih terbatas, terutama dalam menurunkan kadar senyawa organik *nonbiodegradable* dan kadar warna. Rendahnya rasio BOD/COD menunjukkan bahwa proses biologis saja tidak cukup efektif tanpa prapelakuan fisika-kimia.

$$Efisiensi (\%) = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100\% \quad (1)$$

Tabel 3. Efisiensi pengolahan limbah cair batik menggunakan IPAL sederhana

Parameter	Sebelum Pengolahan (mg/L)	Setelah Pengolahan (mg/L)	Efisiensi (%)
BOD	451	203	54,99
COD	1851	780	57,86

Berdasarkan hasil pengujian, IPAL sederhana yang diterapkan pada limbah cair batik mampu menurunkan konsentrasi BOD dari 451 mg/L menjadi 203 mg/L dengan efisiensi sebesar 55,0%. Sementara itu, konsentrasi COD mengalami penurunan dari 1.851 mg/L menjadi 780 mg/L atau setara dengan efisiensi 57,9%. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem pengolahan yang digunakan mampu

mengurangi kandungan bahan organik dalam limbah cair batik. Efisiensi penurunan COD yang sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan BOD mengindikasikan bahwa sebagian senyawa organik yang dapat teroksidasi secara kimia berhasil direduksi selama proses pengolahan.

Tabel 4. Rekomendasi teknis penggunaan pewarna alami dan pengolahan limbah

Aspek	Penggunaan Pewarna Alami	Pengolahan Limbah dengan Garam Kasar, Tawas, dan Kaporit
Kebutuhan Investasi	Bahan diperoleh dari sumber lokal	Tidak memerlukan modifikasi besar pada IPAL yang sudah ada
Kemudahan Operasional	Perlu penyesuaian formula	Mudah diterapkan
Ketersediaan Bahan	Mudah diperoleh di pasar lokal	Sangat mudah diperoleh di toko kimia
Potensi Keberlanjutan	Tinggi, selama pasokan bahan baku alami tersedia	Tinggi, biaya operasional relatif rendah

Berdasarkan hasil analisis, kombinasi pengolahan fisika-kimia seperti koagulasi-flokulasi, adsorpsi karbon aktif, serta teknologi lanjutan seperti elektrokoagulasi atau AOP berpotensi meningkatkan kinerja pengolahan limbah. Untuk skala IKM, pendekatan teknologi sederhana berbasis bioadsorben lokal, seperti arang aktif dari tempurung kelapa atau sekam padi, dinilai lebih realistis dan ekonomis. Di sisi proses pewarnaan, optimalisasi penggunaan pewarna alami melalui pemanfaatan mordan alami, pengaturan pH, serta prapelakuan kain berbasis bahan lokal dapat mempercepat proses pencelupan dan meningkatkan kualitas warna.

4.5. Rekomendasi yang Diberikan kepada Mitra

Pelaksanaan penyuluhan dan pendampingan teknis memberikan dampak positif bagi mitra, yang dapat dilihat pada Gambar 4. Berdasarkan hasil evaluasi dan surat keterangan dampak dari mitra, kegiatan PkM memberikan tambahan pengetahuan dan wawasan kepada mitra terkait pengolahan limbah batik, penggunaan pewarna alami, serta teknik penguncian warna yang dapat dilihat pada Tabel 1. Indikasi peningkatan pengetahuan ditunjukkan oleh kemampuan mitra untuk menjelaskan kembali tahapan pengolahan limbah dan alternatif penggunaan bahan alami setelah kegiatan berlangsung.



(a)



(b)

Gambar 4. peningkatan pemahaman mitra (a) pemaparan hasil (b) diskusi dan tanya jawab

Tabel 4. Perubahan Kondisi Mitra Sebelum dan Sesudah PkM

Aspek	Sebelum PkM	Setelah PkM
Pengolahan Limbah	Limbah belum pernah diuji kualitasnya	Mitra memahami pentingnya pengujian COD dan BOD
Operasional IPAL	Katoda pada IPAL dioperasikan 30 menit, dan dilanjutkan dengan pengadukan 30 menit	Mitra memperoleh edukasi mengenai proses operasi IPAL yang lebih tepat
Pewarna Alami	Kesulitan memperoleh warna yang diinginkan dan masih menggunakan bahan kimia	Mitra memperoleh pengetahuan mengenai pewarna alami dan teknik penguncian warna

Berdasarkan hasil pengujian kualitas limbah cair, analisis permasalahan proses produksi, serta kegiatan penyuluhan teknis yang telah dilakukan, tim Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) merekomendasikan beberapa langkah strategis kepada mitra untuk mendukung produksi batik yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Berdasarkan kondisi eksisting mitra, implementasi rekomendasi dilakukan secara bertahap agar sesuai dengan kapasitas sumber daya yang tersedia. Pada tahap jangka pendek, prioritas difokuskan pada optimalisasi pengoperasian IPAL, penggunaan bahan koagulan dan oksidator yang mudah diperoleh (garam kasar, tawas, dan kaporit), serta pemantauan kualitas limbah melalui pengujian COD dan BOD.

Langkah prioritas awal yang dapat segera diterapkan meliputi pemasangan saringan kasar (*coarse screen*) untuk menahan padatan besar, penyediaan bak penyangga (*equalization tank*) untuk menstabilkan fluktuasi debit dan konsentrasi limbah, serta pengaturan pH limbah ke rentang netral (6,5–8,5). Pengendalian limbah berbahaya dan penerapan alat pelindung diri (APD) bagi pekerja juga menjadi aspek penting dalam pengelolaan limbah pekat. Pada tahap jangka menengah, mitra didorong untuk meningkatkan pemanfaatan pewarna alami serta mengoptimalkan teknik penguncian warna agar diperoleh kualitas warna yang lebih stabil. Selanjutnya, pada tahap jangka panjang, rekomendasi diarahkan pada pengembangan sistem produksi batik yang lebih ramah lingkungan dan peningkatan nilai ekonomi melalui pemasaran produk berbasis konsep eco-batik. Pendekatan bertahap ini diharapkan dapat meningkatkan keberhasilan implementasi program secara berkelanjutan.

Untuk menurunkan nilai BOD dan COD secara efektif, pengolahan fisika-kimia melalui koagulasi-flokulasi dengan koagulan alum direkomendasikan, dilanjutkan dengan sedimentasi dan adsorpsi pada karbon aktif sebagai tahap polishing. Selain pengolahan limbah, optimalisasi proses pewarnaan alami perlu dilakukan melalui penggunaan mordan alami berbasis tanin, pengaturan pH larutan pewarna, serta substitusi bahan kimia sintetis dengan bahan alami lokal. Penerapan rekomendasi ini diharapkan dapat mengurangi penggunaan bahan kimia berbahaya, meningkatkan efisiensi produksi, serta meningkatkan nilai jual batik ramah lingkungan.

5. Kesimpulan

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) di IKM Rumah Batik berhasil mengidentifikasi permasalahan utama terkait penggunaan pewarna sintetis dan pengelolaan limbah cair batik yang belum optimal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa limbah cair batik memiliki nilai BOD dan COD yang masih melebihi baku mutu limbah tekstil, yaitu BOD sebesar 203 mg/L dan COD sebesar 780 mg/L setelah melalui pengolahan IPAL sederhana. Meskipun sistem IPAL yang digunakan mampu menurunkan BOD dan COD dengan efisiensi masing-masing sebesar 54,99% dan 57,86%. Kegiatan edukasi dan pendampingan yang diberikan telah meningkatkan pemahaman mitra mengenai pentingnya pengelolaan limbah cair, pemantauan kualitas limbah melalui pengujian BOD dan COD, serta penerapan pewarna alami sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan.

Berdasarkan hasil evaluasi, penerapan praktik produksi berkelanjutan melalui optimalisasi pengolahan limbah dan peningkatan penggunaan pewarna alami berpotensi diterapkan pada skala

IKM. Implementasi secara bertahap, dimulai dari optimalisasi operasional IPAL dan penggunaan bahan pengolahan yang mudah diperoleh, kemudian dilanjutkan dengan pengembangan pewarna alami dan sistem produksi eco-batik, diharapkan dapat meningkatkan kinerja lingkungan sekaligus memperkuat daya saing dan nilai tambah produk batik yang dihasilkan.

Daftar Pustaka

- Asir, H. A. Y. (2023). *An Eco-Friendly Dye For Batik Clothes : A Natural Dye Solution Made Of Mango Seeds Extract (Mangifera indica L.)*. 30(3), 37–47. <https://doi.org/10.15240/tul/008/2023-3-005>
- Budiyanto, S., Purnaweni, H., & Sunoko, H. R. (2018). Environmental analysis of the impacts of batik wastewater pollution on the quality of dug well water in the batik industrial center of Jenggol Pekalongan City. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 31, p. 09008). EDP Sciences.
- Erdawati., Widiyanti, R. C., & Hanifah, S. (2024). Enkapsulasi pewarna alam untuk meningkatkan efisiensi waktu dan kualitas batik di Rumah Batik Palbatu. In *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat* (Vol. 5, No. 1, pp. SNPPM2024LPK122-SNPPM2024LPK130).
- Esquivel, P. 2016. "Betalains." *Handbook on Natural Pigments in Food and Beverages: Industrial Applications for Improving Food Color* 81–99. doi: 10.1016/B978-0-08100371-8.00004-X.
- Handayani, W., Kristijanto, A. I., & Hunga, A. I. (2018). Are Natural Dyes Eco-Friendly? A Case Study on Water Usage and Wastewater Characteristics of Batik Production by Natural Dyes Application. *Sustainable Water Resources Management*, 1-11.
- Kothai, A., Sathishkumar, C., Muthupriya, R., & Dharchana, R. (2021). Experimental investigation of textile dyeing wastewater treatment using aluminium in electro coagulation process and Fenton's reagent in advanced oxidation process. *Materials today: proceedings*, 45, 1411-1416.
- Kurniawati, S., Ulfah, M., Filany, D. E., Firdaus, D. H., & Khoiriyah, M. W. (2024). Pengembangan Desain Batik berkonsep Biologi dengan Pewarna Alami untuk Pemberdayaan Pembatik Limbangan: Development of Batik Design with a Biological Concept with Natural Dyes to Empower Limbangan Batik Makers. *Komatika: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(1), 46-52.
- Luthfiah, M. A. (2023). Efisiensi kombinasi metode Anaerob dan penambahan Koagulan Tawas Al₂(SO₄)₃ untuk menurunkan kadar COD dan BOD pada limbah cair industri Tahu. *Jurnal Penelitian Biologi (Journal of Biological Research)*, 11(1), 45–54. <https://digilib.uinsgd.ac.id/73426/>
- Martuti, N. K. T., Hidayah, I., Margunani, M., & Alafima, R. B. (2020). Organic material for clean production in the batik industry: A case study of natural batik Semarang, Indonesia. *Recycling*, 5(4), 28.
- Munir, E., Rahayu, V., & Priyani, N. (2018). Decolorization of batik naphthol dye by local ligninolytic fungal isolates. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1116, No. 5, p. 052043). IOP Publishing.
- Nachiyar, C. V., Rakshi, A. D., Sandhya, S., Jebasta, N. B. D., & Nellore, J. (2023). Case Studies in Chemical and Environmental Engineering Developments in treatment technologies of dye-containing effluent : A review. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 7(March), 100339. <https://doi.org/10.1016/j.csee.2023.100339>
- Naqsyabandi, S., Riani, E., & Suprihatin, S. (2018). Impact of batik wastewater pollution on macrobenthic community in Pekalongan River. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2023, No. 1). AIP Publishing.
- Pujilestari, T. (2015). Review : sumber dan pemanfaatan zat warna alam untuk keperluan industri. *Dinamika Kerajinan dan Batik*, 32(2), 93–106.

- Putra, R. S., Annisa, A. D., & Budiarto, S. (2020). Batik wastewater treatment using simultaneous process of electrocoagulation and electro-assisted phytoremediation (EAPR). *Indonesian Journal of Chemistry*, 20(6), 1221-1229.
- Rezagama, A., Sutrisno, E., & Handayani, D. S. (2020). Pollution model of batik and domestic wastewater on river water quality. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 448, No. 1, p. 012074). IOP Publishing.
- Soebaryo RW (2012) Batik manufacturing workers. In: Rustemeyer T, Elsner P, Swan-Malte J, Maibach HI (eds) *Kanerva's occupational dermatology*. Springer, Heidelberg, pp 1289–1295
- Ubale, M. A., & Salkar, V. D. (2017). Experimental study on electrocoagulation of textile wastewater by continuous horizontal flow through aluminum baffles. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 34, 1044-1050.
- Vakhitova, N. A., and V. V. Safonov. 2003. Effect of Chitosan on the Efficiency of Dyeing Textiles with Active Dyes. *Fibre Chemistry* 35(1):27–28. doi: 10.1023/A:1023819521538.