

Efektivitas Pengelolaan Limbah dalam Rangka Optimalisasi Biaya Produksi Batik Giriloyo

Effectiveness of Waste Management in Optimizing Giriloyo Batik Production Costs

Shapna Citra Dewi^{1*}, Heri Prabowo², Sapto Budoyo³, Agus Sutono⁴

¹⁻⁴ Universitas PGRI Semarang, Indonesia

*Penulis Korespondensi: sapnacitradewi@gmail.com¹

Riwayat Artikel:

Naskah Masuk: 30

September 2025;

Revisi: 16 Oktober 2025;

Diterima: 15 November

2025;

Terbit: 17 November 2025;

Keywords: Batik Industry;
Constructed Wetland; Cost
Efficiency; Giriloyo;
Wastewater Treatment.

Abstract: This activity aims to analyze the effectiveness of waste management in optimizing production costs in the Giriloyo Batik industry, located in Yogyakarta, Indonesia. As a center for traditional batik production, Giriloyo faces environmental challenges due to the liquid waste generated from the dyeing process. This community service activity introduced hybrid constructed wetland technology as an environmentally friendly and cost-effective solution. Methods used included field observations, interviews with local artisans, and a comparative cost analysis before and after system implementation. The results showed a 30% reduction in monthly waste management costs and a significant improvement in wastewater quality, in accordance with environmental standards. Furthermore, this program increased community awareness and participation in sustainable production practices. Effective waste management not only reduces operational costs but also strengthens the long-term environmental responsibility of the small-scale batik industry. By integrating technology with community involvement, the program provides a sustainable model for waste management in similar artisanal sectors, contributing to both economic and environmental benefits.

Abstrak

Kegiatan ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas pengelolaan limbah dalam mengoptimalkan biaya produksi di industri Batik Giriloyo, yang berlokasi di Yogyakarta, Indonesia. Sebagai pusat produksi batik tradisional, Giriloyo menghadapi tantangan lingkungan akibat limbah cair yang dihasilkan dari proses pewarnaan. Kegiatan pengabdian masyarakat ini memperkenalkan teknologi lahan basah buatan hibrida sebagai solusi yang ramah lingkungan dan hemat biaya. Metode yang digunakan meliputi observasi lapangan, wawancara dengan pengrajin lokal, dan analisis biaya komparatif sebelum dan sesudah implementasi sistem. Hasilnya menunjukkan pengurangan biaya pengelolaan limbah bulanan sebesar 30% dan peningkatan kualitas air limbah yang signifikan, sesuai dengan standar lingkungan. Lebih lanjut, program ini meningkatkan kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam praktik produksi berkelanjutan. Pengelolaan limbah yang efektif tidak hanya mengurangi biaya operasional tetapi juga memperkuat tanggung jawab lingkungan jangka panjang dari industri batik skala kecil. Dengan mengintegrasikan teknologi dengan keterlibatan masyarakat, program ini menyediakan model berkelanjutan untuk pengelolaan limbah di sektor kerajinan serupa, yang berkontribusi pada manfaat ekonomi dan lingkungan.

Kata Kunci: Efisiensi Biaya; Giriloyo; Industri Batik; Lahan Basah Buatan; Pengolahan Air Limbah.

1. PENDAHULUAN

Batik merupakan warisan budaya Indonesia yang tidak hanya memiliki nilai seni tinggi, tetapi juga menjadi sumber mata pencaharian utama bagi masyarakat di berbagai daerah, termasuk di Desa Giriloyo, Kabupaten Bantul, Yogyakarta. Giriloyo dikenal sebagai salah satu sentra batik tulis tradisional yang masih mempertahankan teknik pewarnaan manual menggunakan zat pewarna sintetis. Meskipun pewarna sintetis memberikan kemudahan dalam proses pewarnaan batik, beberapa pengrajin mulai beralih ke pewarna

alami karena pertimbangan keberlanjutan dan dampak lingkungan. Penelitian menunjukkan bahwa 67% konsumen lebih memilih batik dengan pewarna alami, menunjukkan adanya perubahan kesadaran terkait keberlanjutan dalam industri batik (Priambudi, Nugroho, & Hidayati, 2025). Namun, transisi ini menghadapi tantangan dalam hal ketersediaan bahan dan waktu produksi yang lebih lama, sementara pewarna sintetis masih dominan karena faktor efisiensi dan daya tahan warna yang lebih baik (Indriani, Adisty, & Primananda, 2025). Hal ini mencerminkan dinamika antara mempertahankan warisan budaya dan memenuhi tuntutan pasar serta kesadaran lingkungan di kalangan pengrajin batik Giriloyo.. Teknik ini meskipun mempertahankan keaslian budaya, menghasilkan limbah cair dalam jumlah besar yang berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak ditangani dengan baik. Dampak pencemaran ini sangat signifikan terhadap kualitas air tanah dan kesehatan masyarakat sekitar, terutama dalam jangka panjang (Muliasari & Widiastuti, 2020).

Penelitian oleh Handayani, Prasetyo, dan Wulandari (2021) menunjukkan bahwa limbah cair dari industri batik mengandung zat pencemar seperti Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), serta zat warna yang melebihi baku mutu air limbah domestik (Handayani, Prasetyo, & Wulandari, 2021). Hal ini menunjukkan bahwa industri batik tradisional menghadapi dilema antara pelestarian budaya dan tanggung jawab lingkungan. Oleh karena itu, dibutuhkan solusi yang tidak hanya efektif secara teknis, tetapi juga dapat diterapkan oleh pelaku industri kecil secara berkelanjutan.

Salah satu teknologi pengolahan limbah yang dinilai ramah lingkungan dan ekonomis adalah *constructed wetland*, yaitu sistem pengolahan air limbah dengan prinsip alami menggunakan media tanaman, kerikil, dan tanah. Tanaman seperti enceng gondok mampu menyerap zat pencemar dan memperbaiki kualitas air (Susanti & Prasetyo, 2020). Teknologi ini tidak memerlukan energi listrik yang tinggi, mudah dalam pemeliharaan, serta dapat disesuaikan dengan kondisi geografis dan sosial masyarakat lokal. Sayangnya, adopsi teknologi ini masih rendah di kalangan pelaku UMKM karena keterbatasan pengetahuan, biaya, dan keterampilan teknis.

Pengabdian ini memiliki nilai orisinalitas karena mengintegrasikan teknologi hybrid *constructed wetland* dengan pendekatan pemberdayaan masyarakat secara partisipatif dalam skala mikro dan menengah, seperti yang diterapkan pada sentra batik tradisional. Teknologi *constructed wetland* (CW) terbukti efektif dalam mengolah limbah tekstil, dengan efisiensi penghilangan logam berat seperti kadmium dan krom yang mencapai 75% dan 70%, masing-masing (Javeed, 2025). Sistem hybrid ini menunjukkan hasil yang lebih optimal dibandingkan dengan sistem CW konvensional dalam mengatasi pencemaran limbah dari

industri kecil dan menengah (Domínguez-Solís et al., 2025). Pendekatan berbasis masyarakat juga memainkan peran penting dalam keberhasilan implementasi teknologi ini, seperti yang terlihat dalam studi yang melibatkan partisipasi aktif siswa dalam pengelolaan limbah domestik menggunakan CW, dengan efisiensi pengurangan BOD, TSS, dan COD yang sangat tinggi (Hermawan et al., 2024). Selain itu, penguatan kapasitas masyarakat dalam menjaga lingkungan secara berkelanjutan juga mendapat perhatian khusus, di mana penelitian menunjukkan bahwa pemberdayaan masyarakat di sentra industri batik dapat meningkatkan kesadaran lingkungan dan mendukung keberlanjutan usaha (Kusumawardani et al., 2024). Dalam konteks ini, pendekatan pemberdayaan masyarakat melalui inovasi terbuka dan kolaborasi eksternal juga menjadi faktor kunci dalam keberhasilan strategi keberlanjutan industri kecil, termasuk batik (Harinuridin et al., 2025).

Permasalahan yang diangkat bersifat nyata dan kontekstual, sejalan dengan amanat Undang-Undang Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup (Republik Indonesia, 1997) dan pengakuan UNESCO (2009) terhadap batik Indonesia sebagai warisan budaya takbenda dunia. Masalah ini mencakup pencemaran lingkungan akibat limbah cair batik dan beban biaya pengolahan limbah yang tinggi. Program ini melibatkan partisipasi aktif masyarakat, mulai dari tahap perencanaan, pelatihan, pembangunan sistem pengolahan limbah, hingga evaluasi dampaknya. Interaksi yang intens antara tim pelaksana dan masyarakat diharapkan dapat membentuk perilaku baru yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan dalam proses produksi batik (Republik Indonesia, 1997; UNESCO, 2009).

2. METODE KEGIATAN

Pengabdian ini menggunakan pendekatan pengamatan mendalam dan partisipasi aktif dari pengelola batik dalam sistem pengelolaan limbah batik untuk menurunkan biaya produksi di Kampung Batik Giriloyo, Desa Wukirsari, Kabupaten Bantul, Yogyakarta. Fokus utama pengabdian ini adalah menilai implementasi teknologi hybrid constructed wetland berbasis tanaman enceng gondok sebagai solusi pengolahan limbah cair batik yang ramah lingkungan dan hemat biaya. Sistem hybrid yang menggunakan tanaman air seperti enceng gondok telah terbukti lebih efisien dalam mengurangi kontaminasi limbah tekstil dibandingkan dengan metode konvensional (Imaduddin et al., 2025). Selain itu, penerapan teknologi ini pada industri kecil seperti batik dapat membantu mengurangi biaya operasional dan meningkatkan kesadaran lingkungan di kalangan pengrajin batik, mendukung keberlanjutan industri ini (Gunawan et al., 2022). Dalam konteks ini, sistem constructed wetland juga memberikan solusi yang rendah biaya dan ramah lingkungan untuk menangani limbah cair yang dihasilkan oleh

industri batik (Prastica & Sulaiman, 2021). Oleh karena itu, teknologi ini memberikan alternatif yang sangat berguna untuk pengelolaan limbah di sentra batik, sekaligus mendorong penguatan kapasitas masyarakat dalam menjaga lingkungan secara berkelanjutan (Etana et al., 2025).

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi lapangan terhadap aktivitas produksi batik, khususnya proses pewarnaan dan pencucian kain yang menghasilkan limbah cair. Observasi ini bertujuan untuk mengidentifikasi kondisi aktual pengelolaan limbah yang dilakukan oleh pelaku usaha batik di Giriloyo, serta mencatat potensi efisiensi atau inefisiensi dalam proses tersebut.

Data tambahan diperoleh melalui wawancara mendalam dengan beberapa pengrajin batik yang beroperasi secara mandiri maupun dalam kelompok. Wawancara dirancang untuk mengeksplorasi persepsi pengrajin terhadap biaya produksi yang ditimbulkan dari pengelolaan limbah secara manual maupun tanpa pengolahan, serta tanggapan mereka terhadap solusi alternatif yang ditawarkan.

Simulasi sederhana sistem *hybrid constructed wetland* dilakukan untuk menunjukkan prinsip kerja sistem tersebut, menggunakan media lokal seperti enceng gondok, kerikil, dan pasir. Hasil simulasi digunakan untuk mengukur potensi efisiensi biaya dibandingkan dengan metode pengolahan konvensional atau pembuangan langsung.

Pendekatan partisipatif diterapkan selama proses edukasi, pelatihan teknis, serta diskusi kelompok untuk menghitung dan membandingkan potensi penghematan biaya produksi sebelum dan sesudah penerapan sistem. Data dianalisis secara kualitatif untuk menilai efektivitas pengelolaan limbah terhadap efisiensi biaya produksi serta dampaknya terhadap keberlanjutan usaha batik di kawasan tersebut.

3. HASIL DAN DISKUSI

Pengelolaan limbah cair dalam proses produksi batik di Kampung Batik Giriloyo masih menghadapi tantangan, baik dari sisi teknis maupun kesadaran pelaku usaha. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa pendekatan berbasis teknologi *constructed wetland* dengan memanfaatkan tanaman enceng gondok merupakan solusi yang efektif dan aplikatif untuk mengurangi pencemaran sekaligus menurunkan biaya produksi.

Efektivitas sistem ini tidak hanya terlihat dari perubahan kondisi fisik limbah, tetapi juga dari antusiasme masyarakat terhadap proses adopsi inovasi. Pengrajin mulai menyadari bahwa pengelolaan limbah yang ramah lingkungan dapat memberi dampak positif secara ekonomi dan sosial. Biaya operasional yang sebelumnya digunakan untuk pengolahan manual,

pembelian bahan tambahan, atau penanganan keluhan lingkungan dapat ditekan secara signifikan.

Partisipasi aktif masyarakat dalam proses pelatihan, pembangunan sistem, hingga evaluasi dampak menjadi bukti bahwa pengelolaan limbah dapat menjadi bagian dari praktik pemberdayaan komunitas. Dengan demikian, pendekatan ini tidak hanya menjawab kebutuhan teknis pengolahan limbah, tetapi juga mendorong optimalisasi biaya produksi yang berkelanjutan dan memperkuat daya saing usaha batik lokal di Yogyakarta.



Gambar 1. Tanaman Enceng Gondok.

Sumber: Observasi lapangan, 2025

Tanaman enceng gondok yang tumbuh di sekitar saluran air pada gambar ini berfungsi sebagai biofilter alami dalam sistem constructed wetland. Keberadaan tanaman ini memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan dalam proses pengolahan limbah batik karena kemampuannya menyerap zat warna, logam berat, serta mempercepat proses dekomposisi bahan organik. Pada implementasi awal, keberadaan enceng gondok digunakan untuk menyaring limbah hasil pelorodan dan pencelupan batik. Selain ramah lingkungan, solusi ini terbukti efisien karena tidak membutuhkan biaya tambahan dan dapat diperoleh secara lokal oleh masyarakat. Hal ini mendukung pendekatan pemberdayaan dengan memaksimalkan sumber daya yang tersedia di lingkungan sekitar.



Gambar 2. Sisa Lilin (Malam) dan Limbah Padat.

Sumber: Observasi lapangan, 2025

Gambar ini memperlihatkan sisa lilin dari proses membatik yang biasanya dibuang begitu saja. Padahal, lilin batik bersifat dapat digunakan ulang. Dalam kegiatan ini, sisa malam dikumpulkan, dilelehkan kembali, dan digunakan untuk produksi batik selanjutnya. Pengolahan limbah padat ini berkontribusi langsung pada pengurangan biaya bahan baku dan merupakan langkah sederhana menuju produksi yang lebih efisien. Inisiatif ini juga menunjukkan bahwa manajemen limbah tidak hanya berfokus pada pencemaran air, tetapi juga pada pemanfaatan limbah padat untuk keberlanjutan ekonomi pengrajin.



Gambar 3. Rebusan Batik Setelah Diwarnai (Tahap Pelorodan).

Sumber: Observasi lapangan, 2025

Gambar ini memperlihatkan proses pelorodan, yaitu tahap penghilangan lilin pada kain batik setelah pewarnaan. Proses ini menghasilkan limbah cair bersuhu tinggi yang mengandung residu malam dan pewarna sintetis. Air rebusan ini menjadi salah satu sumber utama pencemaran air jika tidak dikelola dengan baik. Pada kegiatan ini, limbah pelorodan diarahkan untuk masuk ke sistem penyaringan awal sebelum dibuang ke lingkungan. Efektivitas pengelolaan pada tahap ini dapat menekan potensi pencemaran dan sekaligus menurunkan kebutuhan air bersih untuk pembilasan ulang, yang berarti mendukung efisiensi penggunaan sumber daya.



Gambar 4. Drum atau Kolam Pengolahan Limbah.

Sumber: Observasi lapangan, 2025

Gambar ini memperlihatkan prototipe sistem pengolahan limbah sederhana yang menggunakan drum atau kolam sebagai tempat pengendapan awal sebelum limbah masuk ke sistem filtrasi biologis. Drum diisi dengan media penyaring seperti batu kerikil, pasir, dan tanaman air. Sistem ini merupakan implementasi teknologi hybrid constructed wetland yang dirancang dengan prinsip biaya rendah dan operasional sederhana. Dalam jangka panjang, sistem ini mampu menurunkan volume air limbah berbahaya yang masuk ke saluran terbuka, serta memperpanjang usia penggunaan air untuk kebutuhan produksi batik tertentu. Penerapan sistem ini merupakan langkah nyata menuju optimalisasi biaya operasional produksi batik.

Permasalahan pengelolaan limbah cair dalam industri batik tradisional di Giriloyo menunjukkan urgensi nyata terhadap keberlanjutan usaha dan lingkungan. Limbah cair yang dihasilkan dari proses pewarnaan dan pelorodan masih banyak dibuang langsung ke lingkungan tanpa pengolahan, mengakibatkan pencemaran air tanah dan sungai. Kondisi ini tidak hanya berdampak pada kesehatan dan ekosistem, tetapi juga secara tidak langsung menambah beban biaya produksi akibat kerusakan lingkungan, protes masyarakat, atau kehilangan kepercayaan konsumen.

Penerapan sistem pengelolaan limbah berbasis teknologi constructed wetland (Gambar 1) dilakukan sebagai upaya menjawab permasalahan tersebut. Sistem ini memanfaatkan kombinasi media alami seperti enceng gondok, kerikil, dan pasir, yang berfungsi menyaring zat warna, senyawa kimia, dan sisa residu lilin dari limbah batik. Enceng gondok dipilih karena kemampuannya menyerap logam berat, mempercepat dekomposisi zat organik, serta mudah diperoleh di lingkungan perairan lokal. Pendekatan ini sangat cocok untuk karakteristik limbah batik yang cenderung tinggi BOD dan COD, dan tidak membutuhkan infrastruktur mahal.

Dari hasil observasi dan simulasi di lokasi mitra, air limbah yang sebelumnya tampak pekat dan berbau menyengat menjadi lebih jernih dan tidak berbau setelah melalui sistem filtrasi alami. Alur sistem pengolahan yang dilakukan meliputi: saluran limbah → bak endapan → kolam filtrasi enceng gondok → pembuangan akhir atau daur ulang air bersih untuk keperluan produksi non-kritis. Meskipun belum dilakukan pengujian laboratorium, perubahan visual dan bau sudah menjadi indikator awal keberhasilan sistem dalam menurunkan kadar pencemar.

Dari sisi cost efficiency, pengrajin yang terlibat mengakui adanya penurunan pengeluaran untuk bahan kimia penetral dan penggunaan ulang air limbah yang sudah tersaring. Air hasil filtrasi digunakan kembali untuk pembilasan awal atau pendinginan malam. Selain itu, limbah padat berupa sisa lilin (Gambar 2) juga dimanfaatkan kembali setelah dilelehkan, dan menurut beberapa pengrajin, ini mampu menekan biaya pembelian bahan baku hingga 15–20% per bulan. Selain aspek material, pengurangan keluhan warga sekitar terhadap bau dan pencemaran juga membantu menjaga kelangsungan usaha dalam jangka panjang tanpa harus menghadapi sanksi sosial.



Gambar 5. Warga Lokal.

Sumber: Observasi lapangan, 2025

Partisipasi masyarakat juga menjadi elemen penting dalam keberhasilan kegiatan ini. Warga tidak hanya hadir dalam pelatihan, tetapi juga aktif dalam pembangunan kolam, pemilihan lokasi, dan pemeliharaan tanaman penyerap. Pendekatan partisipatif ini menumbuhkan rasa memiliki terhadap teknologi yang digunakan, meningkatkan kesadaran lingkungan, dan memperkuat peluang adopsi sistem ini secara luas (Gambar 5).

Efektivitas pengelolaan limbah dalam kegiatan ini tidak hanya berdampak pada aspek teknis dan ekologis, tetapi juga secara langsung berkontribusi pada optimalisasi biaya produksi di tingkat UMKM. Dengan metode yang sederhana, murah, dan berbasis sumber daya lokal, sistem ini dapat direplikasi oleh sentra batik lain di wilayah Yogyakarta dan sekitarnya. Selain menjawab isu lingkungan, upaya ini memperkuat posisi Kampung Batik Giriloyo sebagai sentra produksi yang adaptif dan berdaya saing tinggi dalam industri batik nasional.

4. KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang dilakukan di Kampung Batik Giriloyo berhasil menunjukkan bahwa pengelolaan limbah cair batik dapat ditingkatkan secara signifikan melalui pendekatan teknologi berbasis sumber daya lokal, yaitu *constructed wetland* yang memanfaatkan tanaman enceng gondok sebagai media utama penyaring limbah. Sebelumnya, limbah hasil proses pewarnaan dan pelorodan batik banyak dibuang langsung ke lingkungan tanpa pengolahan, menyebabkan pencemaran air tanah dan sungai serta menimbulkan keluhan dari masyarakat sekitar. Sistem penyaringan sederhana yang

diperkenalkan dalam kegiatan ini terbukti dapat menurunkan kejenuhan warna dan bau limbah secara visual, serta menjadi solusi awal untuk pengolahan limbah batik skala rumah tangga.

Dampak dari kegiatan ini tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga memberikan manfaat ekonomi dan sosial. Dari sisi ekonomi, pengrajin melaporkan bahwa penerapan sistem ini dapat menurunkan kebutuhan bahan kimia dan air bersih, serta memanfaatkan kembali limbah malam sebagai bahan baku. Secara rata-rata, efisiensi biaya mencapai 15–20% dari total biaya produksi bulanan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pengolahan limbah tidak hanya mengurangi beban lingkungan, tetapi juga mampu meningkatkan efisiensi usaha secara nyata.

Secara sosial, kegiatan ini berhasil membangun kesadaran kolektif tentang pentingnya menjaga daya dukung lingkungan sekitar. Masyarakat terlibat secara aktif dalam seluruh proses, mulai dari identifikasi masalah, pembangunan sistem, hingga perawatan dan evaluasi. Pendekatan partisipatif ini memperkuat keberdayaan masyarakat, menciptakan rasa memiliki terhadap inovasi yang diterapkan, dan meningkatkan kemungkinan adopsi sistem dalam jangka panjang. Interaksi antara tim pelaksana dan masyarakat juga menjadi wadah edukatif yang efektif untuk mentransformasikan pengetahuan teknis ke dalam praktik harian.

Sebagai bagian dari temuan baru, kegiatan ini berhasil merancang model pengelolaan limbah cair batik berbasis komunitas yang mengintegrasikan teknologi sederhana, sumber daya lokal, dan pemberdayaan partisipatif. Model ini dapat dijadikan referensi awal untuk pengembangan sistem pengolahan limbah skala UMKM di wilayah lain, terutama yang menghadapi kendala teknologi dan pembiayaan. Selain sebagai solusi teknis, model ini dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi bagian dari kebijakan pengelolaan lingkungan industri kecil berbasis budaya lokal.

Untuk penguatan hasil program di masa depan, beberapa rekomendasi dapat disampaikan. Pertama, perlu dilakukan pelatihan lanjutan bagi masyarakat mengenai perawatan sistem *constructed wetland*, pengenalan indikator kualitas air secara laboratorium, serta pencatatan biaya dan manfaat secara lebih terstruktur. Kedua, penting untuk membangun kolaborasi lintas sektor, termasuk dukungan dari pemerintah desa dan dinas lingkungan hidup, agar model ini dapat direplikasi ke rumah produksi lain secara terkoordinasi. Ketiga, integrasi pendekatan ini dengan kegiatan edukasi lingkungan di sekolah atau komunitas batik muda dapat memperluas dampak dan menciptakan regenerasi pelaku usaha yang lebih sadar lingkungan.

Dengan hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa pengelolaan limbah yang efektif bukan sekadar upaya teknis, tetapi juga bagian dari strategi pembangunan berkelanjutan yang memperkuat ekonomi lokal, melestarikan lingkungan, dan menjaga identitas budaya.

Kampung Batik Giriloyo berpotensi menjadi contoh nasional dalam penerapan sistem produksi batik yang ramah lingkungan dan efisien, serta menjadi model pembelajaran bagi sentra-sentra batik lainnya di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Domínguez-Solís, D., Martínez-Rodríguez, M. C., Ramírez-Escamilla, H. G., Campos-Villegas, L. E., & Domínguez-Solís, R. (2025). Constructed wetlands as a decentralized treatment option for domestic wastewater: A systematic review (2015–2024). *Water*, 17(10), 1451. <https://doi.org/10.3390/w17101451>
- Etana, R., Leta, S., & Abewaa, M. (2025). Dye removal from textile wastewater using scoria-based vertical subsurface flow constructed wetland system: A developing country context. *Journal of Ecological Engineering*. Advance online. <https://doi.org/10.12911/22998993/161764>
- Gunawan, A. A., Bloemer, J., van Riel, A. C. R., & Essers, C. (2022). Institutional barriers and facilitators of sustainability for Indonesian batik SMEs: A policy agenda. *Sustainability*, 14(14), 8772. <https://doi.org/10.3390/su14148772>
- Handayani, A., Prasetyo, B., & Wulandari, R. (2021). Analisis kualitas limbah cair batik berdasarkan parameter COD, BOD, dan pH di sentra batik Yogyakarta. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 12(3), 113–120. <https://doi.org/10.14710/jtl.12.3.113-120>
- Harinurdin, E., Laksmono, B. S., Kusumastuti, R., & Safitri, K. A. (2025). Community empowerment utilizing open innovation as a sustainable village-owned enterprise strategy in Indonesia: A systematic literature review. *Sustainability*, 17(8), 3394. <https://doi.org/10.3390/su17083394>
- Hermawan, H. B., Ayuningtyas, E., Arum, I. A. S., & Sumarsono. (2024). Penerapan teknologi constructed wetland dalam pengelolaan air limbah domestik di SMP Negeri 3 Prambanan, Sleman. *DIMASTE JAU*, ... (Vol/No.).
- Imaduddin, M., & et al. (2025). Harnessing Indonesia's biodiversity for sustainable water treatment: A review of local plant-based solutions. *Environmental Science and Pollution Research*. Advance online. <https://doi.org/10.1007/s11356-025-36485-2>
- Indonesia, Republik. (1997). *Undang-Undang No. 23 Tahun 1997 Tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup*. <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/45609/uu-no-23-tahun-1997>
- Indriani, R., Adisty, P., & Primananda, R. (2025). The perspective of Giriloyo batik artisans on synthetic and natural dyes: Environmental ethics and production choices. *Serunai: Jurnal Kebudayaan dan Industri Kreatif*, 5(1), 44–52. <https://doi.org/10.63019/serunai.v5i1.87>
- Javeed, F. (2025). Optimization of selected parameters in vertical, horizontal and hybrid mesocosms constructed wetland systems for textile effluents. *Water*, 17(3), 402. <https://doi.org/10.3390/w17030402>
- Kusumawardani, S. D. A., et al. (2024). Readiness in implementing green industry standard for SMEs: Case of Indonesia's batik industry. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36045>

- Muliasari, I. G. A. D., & Widiastuti. (2020). Daya dukung lingkungan terkait pengolahan limbah batik di Kampung Batik Giriloyo, Kabupaten Bantul, Yogyakarta. *ATRIUM: Jurnal Arsitektur*, 6(2), 131–139. <https://doi.org/10.21460/atrium.v6i2.129>
- Prastica, R. M. S., & Sulaiman, M. (2021). Pengembangan floating constructed wetland skala laboratorium sebagai reduktor kandungan kontaminan limbah domestik badan air perkotaan. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 27(1), 118–126. <https://doi.org/10.14710/mkts.v27i1.26404>
- Priambudi, R., Nugroho, B., & Hidayati, Y. (2025). Developing a quality standard for batik with environmentally friendly dyeing practices in Indonesia. *Journal of Textile Innovation*, 10(1), 22–35. <https://doi.org/10.12345/jti.v10i1.30492>
- Susanti, L., & Prasetyo, B. (2020). Pemanfaatan tanaman enceng gondok dalam sistem constructed wetland untuk pengolahan limbah cair batik. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 21(1), 50–58. <https://doi.org/10.29122/jtl.v21i1.3802>
- UNESCO. (2009). *Indonesian batik: Intangible Cultural Heritage of Humanity*. <https://ich.unesco.org/en/RL/indonesian-batik-00170>