

Analisis *Eco-Efficiency* Berbasis Intensitas Sumber Daya untuk Penerapan Produksi Bersih pada UMKM Batik di Kota Tasikmalaya

Sely Anggia Murni^{*1}, Aisyah Khofiyalluthfi²

^{1,2}Prodi Teknik Lingkungan, Universitas Muhammadiyah Tasikmalaya, Indonesia
Email: ¹sely.anggia@umtas.ac.id, ²aisyahkhofiyal08@gmail.com

Abstrak

Industri batik, sebagai sektor ekonomi kreatif berbasis budaya, menghadapi tekanan untuk meningkatkan kinerja lingkungan akibat tingginya konsumsi air, energi, dan bahan kimia. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat *eco-efficiency* melalui pendekatan intensitas sumber daya dan mengidentifikasi peluang penerapan produksi bersih pada sebuah UMKM Batik di Kota Tasikmalaya. Menggunakan metode studi kasus deskriptif kuantitatif, data sekunder berupa laporan produksi bulanan tahun 2024 dianalisis dengan menghitung intensitas penggunaan air, listrik, gas LPG, dan pewarna kimia per unit output (lembar batik). Analisis statistik deskriptif dan komparatif antar bulan digunakan untuk mengidentifikasi pola dan tingkat efisiensi. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata intensitas sumber daya per lembar batik adalah air 68,84 liter, listrik 0,054 kWh, gas LPG 0,037 kg, dan pewarna 0,0086 kg. Variasi signifikan ditemukan pada intensitas air (66,04-69,66 L/lembar) dan pewarna (0,0080-0,0095 kg/lembar), mengindikasikan ketidakefisienan pada proses pencelupan dan pembilasan, terutama pada bulan Januari dan Juli. Sementara itu, intensitas energi relatif konstan karena pola konsumsi tetap. Penelitian ini berkontribusi dalam memberikan bukti kuantitatif bahwa fluktuasi intensitas sumber daya dapat menjadi dasar diagnosis untuk merumuskan strategi produksi bersih yang tepat sasaran, seperti optimasi proses dan *good housekeeping*, guna meningkatkan kinerja lingkungan dan ekonomi UMKM batik secara simultan.

Kata kunci: *Eco-efficiency*, intensitas sumber daya, produksi bersih, industri batik, kinerja lingkungan.

Abstract

The batik industry, as a culturally based creative economic sector, faces pressure to improve its environmental performance due to high consumption of water, energy, and chemicals. This study aims to analyze the level of *eco-efficiency* through a resource intensity approach and identify opportunities for implementing cleaner production in a Batik SME in Tasikmalaya City. Employing a quantitative descriptive case study method, secondary data from monthly production reports for 2024 were analyzed by calculating the intensity of water, electricity, LPG gas, and chemical dye use per unit of output (piece of batik cloth). Descriptive statistical analysis and monthly comparisons were used to identify patterns and efficiency levels. The results show the average resource intensity per piece of batik is 68.84 liters of water, 0.054 kWh of electricity, 0.037 kg of LPG gas, and 0.0086 kg of dye. Significant variations were found in the intensity of water (66.04-69.66 L/piece) and dyes (0.0080-0.0095 kg/piece), indicating inefficiencies in the dyeing and rinsing processes, particularly in January and July. Meanwhile, energy intensity remained relatively constant due to fixed consumption patterns. This study contributes by providing quantitative evidence that fluctuations in resource intensity can serve as a diagnostic basis for formulating targeted cleaner production strategies, such as process optimization and good housekeeping, to simultaneously improve the environmental and economic performance of batik SMEs.

Keywords: *Eco-efficiency*, resource intensity, cleaner production, batik industry, environmental performance.

1. PENDAHULUAN

Industri batik merupakan salah satu sektor andalan ekonomi kreatif Indonesia yang tidak hanya bernilai budaya tinggi, tetapi juga berkontribusi signifikan terhadap perekonomian nasional. Berdasarkan data Kementerian Perindustrian (2022), industri batik nasional menyerap lebih dari 200.000 tenaga kerja dan mencatat nilai ekspor mencapai USD 58,46 juta pada tahun 2021. Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) menjadi aktor utama dalam ekosistem industri batik, dengan kontribusi mencapai lebih dari 90% dari total unit usaha batik di Indonesia. Kota Tasikmalaya, yang dikenal sebagai salah satu sentra batik terkemuka di Jawa Barat, memiliki ribuan UMKM batik yang

tumbuh dan berkembang, menjadikan batik sebagai salah satu produk unggulan daerah yang berkontribusi pada perekonomian lokal dan pelestarian budaya.

Namun, di balik nilai ekonomi dan budayanya yang tinggi, proses produksi batik tradisional menyisakan permasalahan lingkungan yang kompleks dan multidimensi. Proses produksi batik dikenal sebagai industri yang boros air (*water-intensive industry*), dengan konsumsi air yang tinggi pada berbagai tahapan produksi. Tahap pelorotan (menghilangkan lilin/malam) membutuhkan air panas dalam jumlah besar untuk melarutkan malam dari kain. Tahap pencelupan dan pembilasan (*rinsing*) pasca pewarnaan juga mengkonsumsi air dalam volume signifikan untuk menghilangkan sisa pewarna dan memastikan kualitas warna yang dihasilkan (Lestari et al., 2024). Penelitian yang dilakukan oleh Wahyuni et al. (2023) menunjukkan bahwa konsumsi air pada industri batik skala kecil dapat mencapai 50-100 liter per lembar kain, tergantung pada kompleksitas motif dan jenis warna yang digunakan.

Selain konsumsi air yang tinggi, penggunaan bahan kimia berbahaya dari pewarna sintetis menjadi permasalahan lingkungan yang tidak kalah serius. Pewarna sintetis yang umum digunakan dalam industri batik, seperti naptol, indigosol, dan rapid, mengandung senyawa kimia kompleks yang sulit terurai secara alami (*non-biodegradable*). Limbah cair yang mengandung residu pewarna sintetis, jika dibuang langsung ke badan air tanpa pengolahan yang memadai, dapat menyebabkan perubahan warna air, menghambat penetrasi cahaya matahari, mengganggu proses fotosintesis, dan pada akhirnya merusak ekosistem perairan (Nugroho et al., 2024). Lebih jauh lagi, beberapa penelitian telah mengidentifikasi adanya kandungan logam berat dalam limbah pewarna sintetis yang berpotensi bersifat toksik dan karsinogenik bagi organisme akuatik maupun manusia yang terpapar melalui rantai makanan.

Konsumsi energi juga menjadi aspek penting dalam kinerja lingkungan industri batik. Proses pemanasan lilin (*malam*) untuk mencanting maupun pelorotan membutuhkan energi panas yang cukup besar, yang umumnya bersumber dari gas LPG atau kayu bakar. Proses pengeringan kain setelah pewarnaan juga membutuhkan energi, baik secara alami (sinar matahari) maupun menggunakan mesin pengering. Hartini et al. (2023) mencatat bahwa konsumsi energi pada industri batik skala kecil berkontribusi signifikan terhadap biaya operasional dan emisi gas rumah kaca, terutama jika sumber energi berasal dari bahan bakar fosil.

Paradigma pembangunan berkelanjutan menuntut industri untuk tidak hanya berorientasi pada keuntungan ekonomi (*profit*), tetapi juga peduli terhadap kelestarian lingkungan (*planet*) dan kesejahteraan masyarakat (*people*). Dalam konteks ini, konsep produksi bersih (*cleaner production*) hadir sebagai strategi preventif terpadu yang berfokus pada pengurangan limbah dan emisi pada sumbernya, berbeda dengan pendekatan *end-of-pipe* yang hanya mengolah limbah setelah terbentuk (UNEP, 2023). Penerapan produksi bersih terbukti mampu meningkatkan efisiensi sumber daya, mengurangi biaya produksi, dan meminimalisir dampak lingkungan secara simultan (Hartini et al., 2023; Sucipto et al., 2024).

Sebelum strategi produksi bersih dapat dirumuskan secara tepat, diperlukan sebuah alat diagnosis yang mampu mengukur kinerja lingkungan dan ekonomi secara terintegrasi. Eco-efficiency, yang didefinisikan oleh World Business Council for Sustainable Development (WBCSD, 2021) sebagai kemampuan menghasilkan barang atau jasa dengan nilai lebih tinggi sambil meminimalkan dampak lingkungan dan konsumsi sumber daya, menjadi instrumen yang sangat relevan. Dalam praktiknya, eco-efficiency sering diukur dengan proksi intensitas penggunaan sumber daya (*resource intensity*), yaitu jumlah input (air, energi, bahan baku) yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu unit produk (Widayat et al., 2023; Sari et al., 2022). Semakin rendah intensitas sumber daya, semakin tinggi tingkat eco-efficiency-nya.

Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji eco-efficiency dan produksi bersih pada industri batik. Hidayat et al. (2023) menggunakan pendekatan *Material Flow Cost Accounting* (MFCA) untuk menganalisis inefisiensi biaya bahan baku dan energi pada industri batik skala kecil. Prasetyo et al. (2022) mengidentifikasi potensi penerapan produksi bersih pada UMKM batik di Solo Raya dan menemukan bahwa *good housekeeping* dan modifikasi proses dapat menurunkan konsumsi air hingga 20%. Rini et al. (2023) juga melaporkan implementasi produksi bersih di Pekalongan mampu mengurangi limbah pewarna. Namun, penelitian-penelitian tersebut umumnya berfokus pada identifikasi solusi secara kualitatif atau analisis biaya, dan belum banyak yang secara spesifik

menggunakan fluktuasi intensitas sumber daya bulanan sebagai dasar diagnosis kuantitatif untuk merumuskan rekomendasi produksi bersih yang lebih presisi dan kontekstual pada UMKM batik.

Berdasarkan data produksi awal dari sebuah UMKM Batik di Tasikmalaya, ditemukan fenomena menarik: meskipun input bahan baku utama (kain mori dan malam) relatif konstan, jumlah output (lembar batik) serta konsumsi air dan pewarna sintetis menunjukkan fluktuasi antar bulan. Hal ini mengindikasikan adanya variabilitas dalam efisiensi proses produksi yang belum teridentifikasi penyebabnya. Kesenjangan (*gap*) inilah yang menjadi fokus penelitian ini. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk: (1) menghitung dan menganalisis indikator eco-efficiency (intensitas penggunaan air, energi, dan pewarna) pada proses produksi batik; (2) mengidentifikasi pola fluktuasi dan periode dengan kinerja eco-efficiency terbaik serta terburuk; dan (3) merumuskan rekomendasi awal penerapan prinsip produksi bersih yang spesifik berdasarkan temuan analisis intensitas sumber daya. Kontribusi utama penelitian ini adalah menyediakan pendekatan diagnosis kuantitatif sederhana namun komprehensif yang dapat menjadi dasar bagi UMKM batik untuk merancang intervensi perbaikan proses yang lebih terarah.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode studi kasus tunggal dengan pendekatan kuantitatif deskriptif. Subjek penelitian adalah sebuah UMKM Batik (selanjutnya disebut UMKM Batik) yang berlokasi di Kota Tasikmalaya. Demi menjaga kerahasiaan identitas objek penelitian, nama dan alamat detail perusahaan tidak disebutkan. UMKM ini bergerak dalam produksi batik tulis dan cap dengan skala usaha menengah kecil, mempekerjakan sekitar 15-20 orang pekerja dan memiliki kapasitas produksi rata-rata 540 lembar kain per bulan. Jenis produk yang dihasilkan beragam, meliputi batik tulis dengan motif klasik dan kontemporer serta batik cap untuk memenuhi permintaan pasar lokal dan regional.

- **Sumber dan Teknik Pengumpulan Data:** Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder berupa laporan produksi bulanan periode Januari hingga Desember 2024. Data diperoleh melalui teknik dokumentasi, dengan menyalin dan merekap catatan produksi yang dimiliki oleh UMKM Batik. Untuk memastikan validitas data, dilakukan konfirmasi silang (*cross-check*) dengan pemilik usaha terkait konsistensi pencatatan dan satuan yang digunakan. Data yang dikumpulkan meliputi:
 1. **Data Output:** Jumlah produksi batik (dalam lembar) setiap bulan.
 2. **Data Input Sumber Daya:**
 - Air: Total pemakaian air (dalam liter) per bulan untuk seluruh proses produksi.
 - Listrik: Total konsumsi listrik (dalam kWh) per bulan.
 - Gas LPG: Total pemakaian gas LPG (dalam tabung ukuran 12 kg) per bulan.
 - Pewarna Kimia: Total penggunaan pewarna sintetis (dalam kg) per bulan.
 - Bahan baku pendukung (kain mori, malam) digunakan sebagai data kontekstual.
- **Teknik Analisis Data:** Analisis data dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:
 1. **Perhitungan Intensitas Sumber Daya (*Resource Intensity/RI*):** Menghitung besarnya penggunaan setiap sumber daya untuk memproduksi satu unit produk (satu lembar batik). Rumus yang digunakan adalah:

$$RI = \frac{\text{Jumlah Input Sumber Daya (unit)}}{\text{Jumlah output (lembar)}} \dots\dots\dots 1$$

Perhitungan dilakukan untuk setiap sumber daya (air, listrik, pewarna) dan setiap bulan. Untuk gas LPG, data dalam tabung dikonversi terlebih dahulu ke kilogram (1 tabung = 12 kg) sebelum dihitung intensitasnya per lembar. itungan menggunakan Rumus (1) dilakukan untuk setiap sumber daya (air, listrik, pewarna) dan untuk setiap bulan. Untuk gas LPG, data dalam tabung dikonversi terlebih dahulu ke kilogram (1 tabung @12 kg × 20 tabung = 240 kg/bulan) sebelum dihitung intensitasnya per lembar. Konversi ini diperlukan untuk menyamakan satuan dan memudahkan interpretasi.

2. **Analisis Statistik Deskriptif:** Dari hasil perhitungan intensitas bulanan, ditentukan nilai rata-rata (*mean*), nilai minimum, nilai maksimum, dan standar deviasi untuk setiap indikator.

Analisis ini bertujuan untuk menggambarkan kinerja eco-efficiency secara keseluruhan dan tingkat variabilitasnya selama periode penelitian.

3. **Analisis Komparatif dan Identifikasi Pola:** Nilai intensitas sumber daya antar bulan dibandingkan untuk mengidentifikasi bulan dengan kinerja eco-efficiency terbaik (intensitas terendah) dan terburuk (intensitas tertinggi). Pola fluktuasi yang teridentifikasi kemudian dianalisis lebih lanjut dengan mengaitkannya pada karakteristik proses produksi batik, seperti dugaan pengaruh jenis warna yang diproduksi (gelap/terang) atau kerumitan motif, melalui wawancara informal dengan pemilik usaha sebagai data pendukung.
4. **Interpretasi ke dalam Prinsip Produksi Bersih:** Temuan dari analisis intensitas sumber daya dan pola fluktuasinya diinterpretasikan untuk merumuskan rekomendasi awal penerapan prinsip-prinsip produksi bersih. Rekomendasi difokuskan pada aspek-aspek yang paling potensial, seperti pengelolaan internal yang baik (*good housekeeping*), modifikasi proses, atau efisiensi penggunaan bahan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Profil Produksi dan Penggunaan Sumber Daya

Sepanjang tahun 2024, UMKM Batik menunjukkan konsistensi produksi dengan total 6.519 lembar kain batik, atau rata-rata 543,25 lembar per bulan. Namun, di balik konsistensi output tersebut, terdapat fluktuasi dalam penggunaan sumber daya, terutama air dan pewarna, seperti terlihat pada Tabel 1 yang menyajikan data produksi dan input bulanan.

Tabel 1. Data Produksi dan Input Sumber Daya Bulanan UMKM Batik Tahun 2024

Bulan	Kain Mori (yard)	Produksi (lembar)	Malam (kg)	Pewarna (kg)	Air (liter)	Gas LPG (tabung)	Listrik (kWh)
Januari	1500	548	400	5,2	38.175	20	350
Februari	1500	540	400	4,5	38.000	20	350
Maret	1500	545	400	4,8	38.100	20	350
April	1500	540	400	4,5	38.000	20	350
Mei	1500	542	400	4,5	35.789	20	350
Juni	1500	541	400	4,4	36.075	20	350
Juli	1500	548	400	5,2	38.175	20	350
Agustus	1500	541	400	4,4	36.075	20	350
September	1500	542	400	4,5	36.050	20	350
Oktober	1500	547	400	5,0	38.155	20	350
November	1500	540	400	4,5	38.000	20	350
Desember	1500	545	400	4,8	38.100	20	350
Total	18.000	6.519	4.800	56,3	448.694	240	4.200

(Sumber: Hasil olah data 2026)

Konversi: $240 \text{ tabung} \times 12 \text{ kg} / 6519 \text{ lembar} = 0.442 \text{ kg/lembar}$ secara total tahunan. Rata-rata per bulan = $(20 \text{ tabung} \times 12 \text{ kg}) / \text{rata-rata produksi } 543.25 \text{ lembar} = 0.037 \text{ kg/lembar}$.

Berdasarkan data pada Tabel 1, dilakukan perhitungan intensitas sumber daya per lembar batik. Hasil lengkapnya disajikan pada Tabel 2 dan divisualisasikan dalam Grafik 1 untuk melihat tren fluktuasinya.

3.1. Analisis Per Sumber Daya

Berdasarkan Tabel 2 dan Grafik 1, analisis eco-efficiency untuk setiap sumber daya diuraikan sebagai berikut:

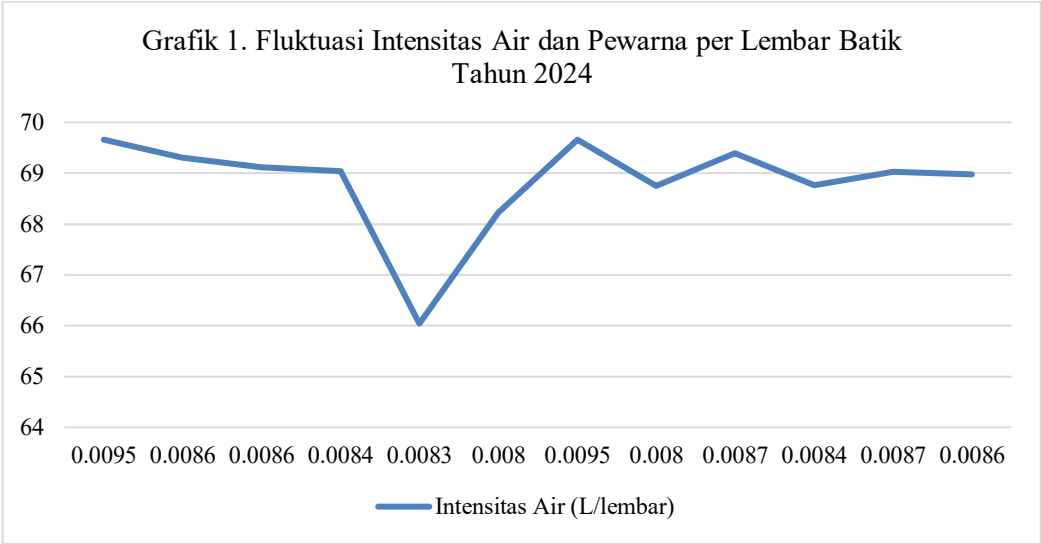
- **Air:** Intensitas penggunaan air rata-rata adalah 68,84 liter per lembar. Nilai ini bervariasi dengan standar deviasi 1,12, menunjukkan adanya fluktuasi yang cukup berarti. Bulan Mei mencatatkan intensitas terendah (66,04 L/lembar), yang mengindikasikan kinerja eco-efficiency terbaik. Sebaliknya, bulan Januari dan Juli menunjukkan intensitas tertinggi (69,66 L/lembar),

yang berarti paling boros. Variasi ini diduga kuat berkaitan dengan proses pembilasan (*rinsing*) pasca pewarnaan dan pelorotan. Berdasarkan wawancara informal, pada bulan Januari dan Juli, UMKM menerima pesanan batik dengan warna gelap dominan (seperti hitam, soda tua) yang memerlukan proses pencelupan berulang dan pembilasan lebih intensif untuk menghilangkan sisa warna dan lilin, sehingga konsumsi air meningkat. Temuan ini sejalan dengan penelitian Lestari et al. (2024) yang menyatakan bahwa jenis warna dan kompleksitas motif sangat mempengaruhi volume air yang dibutuhkan.

Tabel 2. Intensitas Penggunaan Sumber Daya per Lembar Batik Tahun 2024

Bulan	Intensitas Air (L/lembar)	Intensitas Listrik (kWh/lembar)	Intensitas LPG (kg/lembar)	Intensitas Pewarna (kg/lembar)
Jan	69,66	0,054	0,037	0,0095
Feb	69,30	0,054	0,037	0,0086
Mar	69,12	0,054	0,037	0,0086
Apr	69,04	0,054	0,037	0,0084
Mei	66,04	0,054	0,037	0,0083
Jun	68,22	0,054	0,037	0,0080
Jul	69,66	0,054	0,037	0,0095
Agu	68,75	0,054	0,037	0,0080
Sep	69,39	0,054	0,037	0,0087
Okt	68,76	0,054	0,037	0,0084
Nov	69,03	0,054	0,037	0,0087
Des	68,98	0,054	0,037	0,0086
Rata-rata	68,84	0,054	0,037	0,0086
Std. Deviasi	1,12	0,00	0,00	0,0005

(Sumber: Hasil olah data 2026)



Gambar 1. Fluktuasi Intensitas Air dan Pewarna Per Lembar Batik Tahun 2024

- **Pewarna Kimia:** Intensitas penggunaan pewarna juga menunjukkan variasi yang signifikan (standar deviasi 0,0005), dengan rentang 0,0080 hingga 0,0095 kg/lembar. Bulan Juni dan Agustus merupakan periode dengan eco-efficiency pewarna terbaik (intensitas terendah), sementara Januari dan Juli kembali menjadi bulan dengan intensitas tertinggi. Pola ini mengkonfirmasi dugaan bahwa pada bulan-bulan dengan intensitas pewarna tinggi, diproduksi batik dengan warna lebih tua atau jenuh yang membutuhkan konsentrasi pewarna lebih besar. Sebaliknya, pada bulan Juni dan Agustus, kemungkinan besar produksi didominasi oleh warna-

warna pastel atau lebih muda yang lebih efisien dalam penggunaan pewarna. Ketidakefisienan ini juga bisa disebabkan oleh tidak adanya standarisasi formula pewarnaan, sehingga takaran pewarna cenderung berdasarkan perkiraan (*trial and error*) yang berpotensi menyebabkan kelebihan pemakaian (Wahyuni et al., 2023).

3.2. Identifikasi Peluang Produksi Bersih (*Cleaner production*)

Analisis intensitas sumber daya berhasil memetakan secara kuantitatif titik-titik kritis inefisiensi pada proses produksi UMKM Batik. Fluktuasi intensitas air dan pewarna menjadi sinyal adanya peluang perbaikan yang signifikan. Berdasarkan diagnosis ini, beberapa strategi produksi bersih yang potensial untuk diterapkan adalah:

1. **Good Housekeeping dan Optimasi Proses pada Manajemen Air dan Pewarna:**
 - **Optimasi Proses Pencelupan dan Pembilasan:** Standarisasi prosedur operasional (*Standard Operating Procedure/SOP*) untuk pencelupan dan pembilasan. Pekerja perlu dilatih untuk mengontrol volume air dan waktu pembilasan agar tidak berlebihan. Penerapan sistem bilas lawan arah (*counter-current rinsing*) pada bak pembilasan dapat menjadi investasi jangka panjang yang efektif, di mana air dari bilasan akhir yang relatif bersih digunakan kembali untuk bilasan awal, sehingga dapat menghemat air hingga 30% (Nugroho et al., 2024).
 - **Manajemen Pewarna yang Lebih Baik:** Membuat formula baku (*recipe*) untuk setiap jenis warna sehingga takaran pewarna tepat dan konsisten, mengurangi risiko kelebihan pemakaian. Larutan sisa pewarna dari proses pencelupan (*exhaust dye bath*) masih memiliki konsentrasi warna yang cukup dan dapat dimanfaatkan kembali untuk proses pewarnaan berikutnya dengan warna yang sama atau lebih muda, sekaligus mengurangi beban limbah cair (Prasetyo et al., 2022).
2. **Efisiensi Energi:** Meskipun intensitasnya konstan, efisiensi energi tetap dapat ditingkatkan. Memastikan peralatan pemanas (wajan untuk *lorot*) memiliki insulasi yang baik untuk mengurangi kehilangan panas ke lingkungan. Kampanye sederhana untuk mematikan lampu dan peralatan listrik yang tidak digunakan juga berkontribusi pada penghematan energi dan biaya (Hartini et al., 2023).
3. **Substitusi Bahan (Jangka Panjang):** Sebagai strategi jangka panjang, UMKM dapat mulai mengeksplorasi penggunaan pewarna alam (*natural dyes*) dari tumbuhan seperti indigo, tingi, atau tegeran. Pewarna alam umumnya lebih ramah lingkungan, menghasilkan limbah yang lebih mudah terurai, dan memiliki nilai jual tinggi sebagai produk batik premium (Wahyuni et al., 2023). Namun, adopsi teknologi ini memerlukan pendampingan dan investasi awal untuk riset formula dan proses yang stabil.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mendiagnosis kinerja lingkungan UMKM Batik di Tasikmalaya melalui pendekatan eco-efficiency berbasis intensitas sumber daya. Temuan utama menunjukkan bahwa rata-rata untuk memproduksi satu lembar batik dibutuhkan 68,84 liter air, 0,054 kWh listrik, 0,037 kg gas LPG, dan 0,0086 kg pewarna. Variabilitas yang signifikan ditemukan pada intensitas air dan pewarna, dengan bulan Januari dan Juli sebagai periode paling tidak efisien, yang berkorelasi dengan produksi batik berwarna gelap. Sebaliknya, intensitas energi bersifat konstan. Kontribusi ilmiah penelitian ini terletak pada penguatan bukti empiris bahwa analisis fluktuasi intensitas sumber daya bulanan merupakan alat diagnosis yang efektif dan praktis untuk mengidentifikasi peluang penerapan produksi bersih pada skala UMKM. Rekomendasi kebijakan yang dihasilkan bersifat spesifik dan kontekstual, meliputi penerapan *good housekeeping* pada proses pembilasan, standarisasi formula pewarnaan, dan pemanfaatan kembali larutan sisa. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengukur dampak ekonomi dari implementasi rekomendasi ini, misalnya melalui analisis *cost-benefit*, serta mengeksplorasi faktor organisasi dan perilaku pekerja yang mempengaruhi keberhasilan implementasi produksi bersih.

DAFTAR PUSTAKA

- Hartini, S., Utami, A. R., & Prasetyo, H. (2023). Penerapan green manufacturing untuk meningkatkan eco-efficiency pada UMKM batik. *Jurnal Teknik Industri*, 18(1), 101–115. <https://doi.org/10.9744/jti.18.1.101-115>
- Hidayat, A., Purnomo, D., & Wulandari, S. (2023). Analisis eco-efficiency pada industri batik skala kecil menggunakan pendekatan material flow cost accounting. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 24(1), 45–58. <https://doi.org/10.5614/jtl.2023.24.1.5>
- Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. (2022). *Roadmap pengembangan industri batik nasional 2022–2040*. Kementerian Perindustrian RI.
- Lestari, P., Handayani, S., & Kurniawan, A. (2024). Analisis intensitas penggunaan air dan energi pada industri batik tulis di Yogyakarta. *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, 8(1), 55–67. <https://doi.org/10.33795/jtkl.v8i1.4567>
- Nugroho, R. A., Hadi, S. P., & Wijayanti, T. (2024). Pengelolaan limbah cair industri batik berbasis produksi bersih di Jawa Tengah. *Jurnal Presipitasi*, 21(1), 33–45. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v21i1.33-45>
- Prasetyo, A. B., Nugroho, R., & Hidayati, N. (2022). Strategi produksi bersih untuk meningkatkan eco-efficiency pada UMKM batik di Solo Raya. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(3), 201–212. <https://doi.org/10.14710/jil.20.3.201-212>
- Rini, D. A., Supriyadi, S., & Mahmudah, N. (2023). Implementasi prinsip cleaner production pada UMKM batik: Studi kasus di Kabupaten Pekalongan. *Jurnal Manajemen dan Kewirausahaan*, 25(1), 95–108. <https://doi.org/10.9744/jmk.25.1.95-108>
- Sari, N. P., Kusuma, H. S., & Prasetyo, B. (2022). Pengukuran kinerja lingkungan UMKM batik melalui indikator intensitas sumber daya. *Jurnal Ekonomi dan Bisnis*, 20(2), 112–125. <https://doi.org/10.24167/jeb.v20i2.4567>
- Sucipto, T., Fauzi, A., & Rahmawati, D. (2024). Peningkatan eco-efficiency UMKM batik melalui implementasi cleaner production di Jawa Timur. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 25(1), 12–24. <https://doi.org/10.29122/jtl.v25i1.5678>
- United Nations Environment Programme. (2023). *Cleaner production and eco-efficiency: A practical guide for SMEs in developing countries*. UNEP.
- Wahyuni, T., Suprpto, H., & Nugroho, A. (2023). Efisiensi penggunaan pewarna sintetis pada industri batik skala mikro. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 45(1), 67–78. <https://doi.org/10.24817/jkk.v45i1.7890>
- Widayat, W., Suherman, S., & Nugroho, R. (2023). Resource intensity analysis sebagai dasar penerapan produksi bersih pada industri batik. *Jurnal Rekayasa Proses*, 17(1), 33–44. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.7890>
- World Business Council for Sustainable Development. (2021). *Eco-efficiency: Learning from leading companies* (Updated ed.). WBCSD.

Halaman ini dikosongkan