

Pengelolaan Limbah Padat dan Cair Industri Batik Skala Kecil sebagai Upaya Pengurangan Pencemaran Lingkungan : Kajian Literatur

Muhammad Rifky Chandra Hermawan Saputra¹, Muhammad Rafi Maulana².

¹ Program Studi Rekayasa Tekstil, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia.

² Magister Ilmu Hukum, Fakultas Hukum, Universitas Airlangga, Surabaya, Indonesia.

Correspondent Author: Muhammad Rafi Maulana (email: maulrafi117@gmail.com)

ABSTRACT

Small-scale batik industries generate substantial amounts of solid and liquid waste during the waxing, dyeing, and wax-removal (pelorodan) stages, yet most operate without adequate treatment facilities. This literature review aims to synthesize the characteristics of solid and liquid waste from small-scale batik production, current waste management practices, and pollution-reduction strategies reported in the scientific literature, in order to identify feasible improvement measures for micro and small batik enterprises. A narrative literature review was conducted by searching Google Scholar, ResearchGate, DOAJ, and institutional repositories using Indonesian and English keywords related to batik waste, wastewater characteristics, and cleaner production, followed by screening for relevance, recency, and source credibility; twenty-three sources published between 2013 and 2026 were included in the synthesis. The review found that solid waste mainly consists of fabric scraps, spent wax, dye packaging, and combustion ash, most of which remain unsorted, while liquid waste from dyeing and wax removal commonly exceeds regulatory limits for chemical oxygen demand, biochemical oxygen demand, and total suspended solids, with reported values varying widely across production sites. Current management practices in small enterprises remain limited to dilution and simple settling before discharge. Reported improvement measures include cleaner production, wax recovery and reuse, natural dye substitution, low-cost treatments such as coagulation-flocculation, electrocoagulation, and anaerobic-aerobic biofiltration, and communal treatment facilities supported by collective institutional arrangements. The review concludes that pollution reduction in small-scale batik industries requires an integrated approach combining source-level waste reduction, appropriate low-cost technology, and collective governance, while noting the need for further primary field research.

Article History

Received 2026-06-29

Revised 2026-08-03

Accepted 2026-08-11

Keywords

Batik waste;

Liquid waste;

Solid waste;

Environmental pollution;

Cleaner production;

Small-scale industry.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Pendahuluan

Batik telah ditetapkan oleh UNESCO sebagai Warisan Budaya Takbenda dunia sejak tahun 2009 dan menjadi salah satu identitas nasional Indonesia [1]. Industri batik di Indonesia didominasi oleh usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM); data Kementerian Perindustrian yang dirangkum dalam kajian terbaru menunjukkan bahwa proporsi UMKM mencapai lebih dari 93% dari total unit usaha batik nasional [2]. Proses produksi batik yang meliputi tahap

pencantingan, pewarnaan, dan pelorodan (penghilangan malam dengan air panas) menghasilkan limbah padat berupa sisa kain, sisa malam, dan kemasan bahan pewarna, serta limbah cair yang mengandung zat warna sintesis, senyawa organik, dan pada beberapa kasus logam berat [2]. Keterbatasan modal, lahan, dan pengetahuan teknis menjadi kendala utama sebagian besar UMKM batik dalam menyediakan fasilitas pengolahan limbah yang memadai, sehingga banyak yang masih membuang limbahnya langsung ke lingkungan tanpa pengolahan awal [2], [3].

Berbagai penelitian pada lokasi produksi yang berbeda-beda melaporkan bahwa limbah cair batik seringkali memiliki kadar Chemical Oxygen Demand (COD), Biochemical Oxygen Demand (BOD), dan Total Suspended Solid (TSS) yang melampaui baku mutu yang berlaku, meskipun nilai yang dilaporkan bervariasi cukup luas antarlokasi dan jenis pewarna yang digunakan [4], [5]. Selain limbah cair, kajian pada tingkat pengrajin menunjukkan bahwa hanya sekitar 20% sisa malam batik yang didaur ulang, sedangkan sisanya menjadi limbah padat yang secara nasional diperkirakan mencapai belasan ribu ton per tahun [6].

Dampak pencemaran limbah batik yang tidak dikelola dengan baik tidak dapat dipandang ringan, baik terhadap lingkungan maupun kesehatan masyarakat. Dari sisi lingkungan, pembuangan limbah cair yang melampaui baku mutu COD, BOD, dan TSS secara langsung ke badan air berpotensi menurunkan kualitas air, mengganggu kehidupan biota akuatik, serta merusak ekosistem perairan di sekitar sentra produksi batik secara berkelanjutan. Dari sisi kesehatan, paparan berulang terhadap zat warna sintesis, senyawa organik, dan logam berat pada limbah batik berisiko menimbulkan gangguan kesehatan bagi pengrajin yang bersentuhan langsung dengan proses produksi maupun masyarakat yang tinggal di sekitar saluran pembuangan limbah, mulai dari iritasi kulit hingga risiko paparan bahan berbahaya dan beracun (B3) secara kumulatif [2]. Urgensi inilah yang mendasari pentingnya kajian literatur yang secara khusus menyoroti pengelolaan limbah pada skala UMKM batik, mengingat dampak lingkungan dan kesehatan tersebut berpotensi meluas seiring dominasi UMKM dalam struktur industri batik nasional.

Sebagian besar kajian yang telah dipublikasikan berfokus pada satu lokasi produksi atau satu jenis teknologi pengolahan secara terpisah, sehingga sintesis lintas kajian yang merangkum karakteristik limbah, praktik pengelolaan yang berjalan, serta pilihan teknologi yang sesuai dengan keterbatasan modal dan lahan UMKM batik skala kecil masih terbatas [3], [7]. Secara spesifik, belum ditemukan kajian yang secara eksplisit membandingkan efektivitas, kebutuhan lahan, dan kelayakan biaya antar-teknologi pengolahan limbah cair berbiaya rendah untuk konteks industri batik skala kecil dalam satu kerangka sintesis yang sama, serta belum ada kajian yang mengintegrasikan aspek regulasi dan kelembagaan pengelolaan limbah bersama karakteristik teknis limbah ke dalam satu rekomendasi yang aplikatif bagi pelaku usaha skala kecil. Padahal, sintesis semacam ini penting untuk merumuskan rekomendasi yang aplikatif bagi pelaku usaha skala kecil, bukan sekadar adaptasi dari teknologi berskala industri besar.

Berdasarkan permasalahan tersebut, kajian literatur ini bertujuan untuk mensintesis karakteristik limbah padat dan cair pada industri batik skala kecil, mengevaluasi praktik pengelolaan limbah yang dilaporkan dalam literatur, serta merumuskan alternatif upaya pengurangan pencemaran yang sesuai dengan kapasitas dan karakteristik industri batik skala kecil.

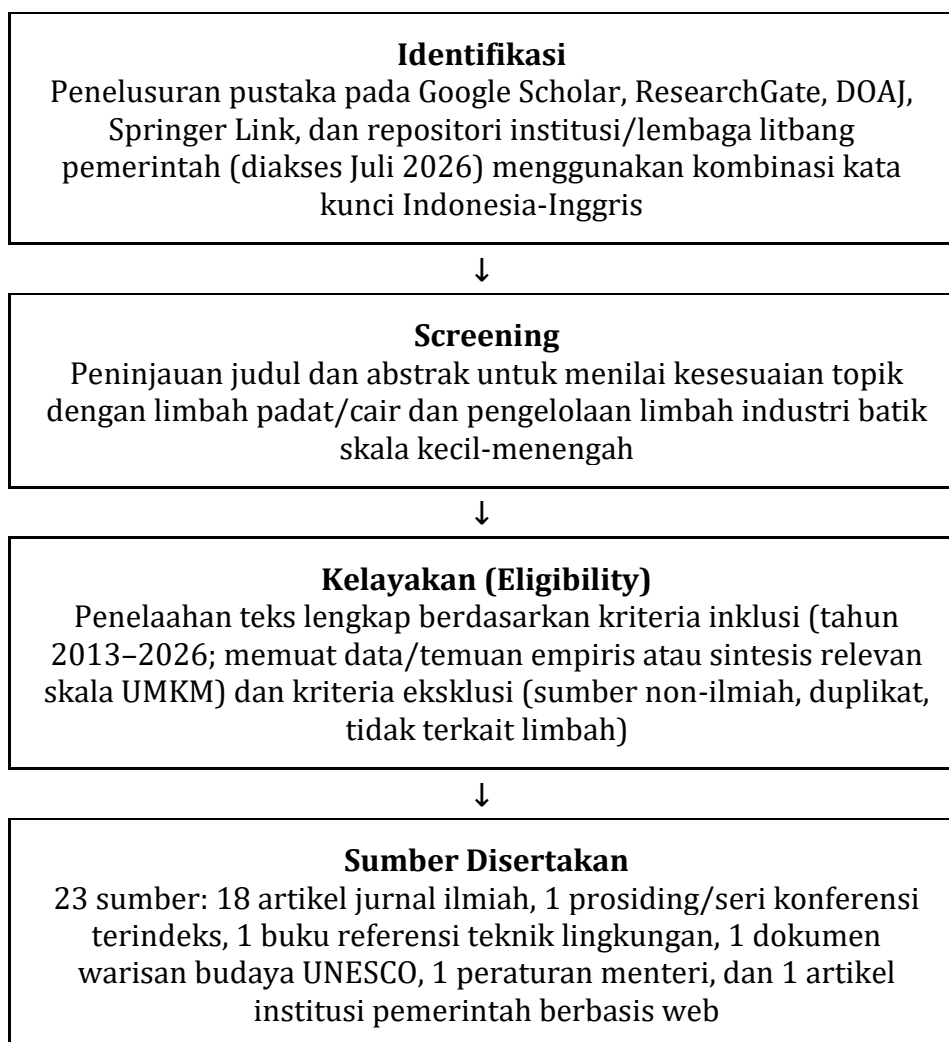
Metode

Kajian ini disusun menggunakan pendekatan tinjauan literatur naratif (narrative literature review) yang bertujuan mensintesis temuan lintas studi mengenai limbah dan pengelolaan limbah industri batik. Penelusuran pustaka dilakukan melalui basis data dan mesin pencari akademik, meliputi Google Scholar, ResearchGate, DOAJ, Springer Link, dan repositori institusi perguruan tinggi serta lembaga litbang pemerintah, yang diakses pada bulan Juli 2026. Kata kunci pencarian yang digunakan meliputi kombinasi istilah dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris, antara lain "limbah batik", "batik wastewater", "COD BOD limbah

batik”, “produksi bersih batik”, “pewarna alami batik”, “IPAL komunal batik”, dan “malam batik daur ulang”. Pendekatan naratif dipilih, dan bukan systematic review atau scoping review, karena tujuan kajian ini adalah mensintesis secara tematik temuan dari studi dengan latar lokasi, skala produksi, dan jenis teknologi pengolahan yang sangat heterogen; systematic review menuntut protokol pencarian dan penilaian kualitas yang ketat serta homogenitas pertanyaan penelitian yang sulit dipenuhi oleh literatur batik yang tersebar lintas disiplin, sedangkan scoping review lebih berorientasi memetakan cakupan dan jenis literatur tanpa melakukan sintesis mendalam terhadap temuan substantif, sehingga kurang sesuai dengan tujuan kajian ini untuk merumuskan rekomendasi aplikatif bagi industri batik skala kecil.

Kriteria inklusi meliputi: (a) artikel jurnal ilmiah terindeks nasional maupun internasional, prosiding seminar nasional/internasional, dan dokumen regulasi resmi pemerintah yang membahas karakteristik atau pengelolaan limbah padat/cair industri batik; (b) dipublikasikan antara tahun 2013 hingga Juli 2026; (c) memuat data atau temuan empiris maupun sintesis pustaka yang relevan dengan skala UMKM. Kriteria eksklusi meliputi sumber non-ilmiah tanpa afiliasi institusi yang jelas, artikel duplikat, serta artikel yang hanya membahas aspek estetika atau pemasaran batik tanpa kaitan dengan pengelolaan limbah. Proses penyaringan dilakukan bertahap, dimulai dari peninjauan judul dan abstrak, dilanjutkan dengan penelaahan teks lengkap untuk menilai relevansi terhadap tema limbah padat, limbah cair, praktik pengelolaan eksisting, atau strategi pengurangan pencemaran pada industri batik skala kecil dan menengah.

Pada tahap identifikasi, penelusuran awal menghasilkan total 262 dokumen, dengan rincian per sumber penelusuran sebagai berikut: Google Scholar 158 dokumen, ResearchGate 42 dokumen, DOAJ 27 dokumen, Springer Link 21 dokumen, serta repositori institusi perguruan tinggi dan lembaga litbang pemerintah 14 dokumen. Setelah penghapusan 71 dokumen duplikat, tersisa 191 dokumen untuk tahap screening. Pada tahap screening (peninjauan judul dan abstrak), sebanyak 132 dokumen dieliminasi karena tidak relevan dengan tema limbah padat/cair industri batik skala kecil, misalnya karena hanya membahas motif, estetika, atau pemasaran batik tanpa kaitan dengan pengelolaan limbah, sehingga tersisa 59 dokumen untuk tahap penilaian kelayakan (eligibility). Pada tahap kelayakan, 36 dokumen dieliminasi setelah penelaahan teks lengkap, terdiri atas 27 dokumen yang tidak memuat data/temuan empiris atau sintesis pustaka yang relevan dengan skala UMKM, dan 9 dokumen yang merupakan duplikat lanjutan atau berasal dari sumber non-ilmiah tanpa afiliasi institusi yang jelas. [Catatan bagi penulis: angka-angka penelusuran pada paragraf ini bersifat indikatif dan perlu disesuaikan dengan jumlah riil hasil pencarian basis data sebelum naskah difinalisasi.] Melalui proses tersebut, diperoleh 23 sumber yang memenuhi kriteria dan digunakan dalam sintesis, terdiri atas 18 artikel jurnal ilmiah, satu prosiding/seri konferensi terindeks, satu buku referensi teknik lingkungan, satu dokumen warisan budaya UNESCO, satu peraturan menteri, dan satu artikel institusi pemerintah berbasis web. Analisis dilakukan secara tematik dengan mengelompokkan temuan ke dalam empat tema utama, yaitu: (1) karakteristik limbah padat, (2) karakteristik dan beban pencemar limbah cair, (3) kondisi eksisting pengelolaan limbah pada industri skala kecil, dan (4) strategi pengurangan pencemaran serta teknologi pengolahan yang telah dilaporkan sesuai untuk skala kecil.



Gambar 1. Diagram Alur Proses Pencarian dan Seleksi Literatur

Tabel 1. Ringkasan sumber pustaka yang digunakan dalam sintesis

No	Sumber (Penulis, Tahun)	Jenis Sumber	Fokus / Temuan Kunci
1	UNESCO (2009) [1]	Dokumen warisan budaya	Penetapan batik sebagai Warisan Budaya Takbenda dunia; konteks pentingnya keberlanjutan industri batik.
2	Musawwa <i>et al.</i> (2026) [2]	Artikel jurnal (review)	UMKM mendominasi >93% unit usaha batik nasional; karakteristik limbah padat/cair serta risiko kesehatan-lingkungan.
3	Kusumawardani <i>et al.</i> (2024) [3]	Artikel jurnal	Kesiapan UMKM batik menerapkan standar industri hijau masih terbatas; sintesis lintas lokasi belum banyak tersedia.
4	Tangahu <i>et al.</i> (2019) [4]	Artikel jurnal	Seluruh sampel limbah cair sentra Jetis, Sidoarjo melampaui baku mutu COD dan BOD, kecuali parameter suhu.
5	Zakaria <i>et al.</i> (2023) [5]	Artikel jurnal (review)	Nilai parameter pencemar limbah batik bervariasi luas antarlokasi dan jenis zat warna yang digunakan.
6	Santika <i>et al.</i> (2025) [6]	Artikel pengabdian masyarakat	Hanya kurang lebih 20% sisa malam didaur ulang; estimasi kurang lebih 17.000 ton/tahun limbah malam tidak termanfaatkan secara nasional.
7	Daud <i>et al.</i> (2022) [7]	Artikel jurnal (review)	Integrasi teknologi fisik-biologis dinilai lebih realistis dibanding teknologi berskala besar untuk UMKM.
8	BBKB Kemenperin (2024) [8]	Artikel institusi pemerintah	Panduan teknis daur ulang malam batik: pengumpulan, pelelehan, penyaringan, dan pencetakan ulang.
9	Zuhria <i>et al.</i> (2018) [9]	Artikel jurnal	Elektrokoagulasi menurunkan COD, BOD, dan TSS limbah batik secara signifikan.
10	KLHK (2019) [10]	Peraturan menteri	Menetapkan baku mutu air limbah bagi industri tekstil, penyamakan kulit, dan alas kaki (Permen LHK No. P.16/2019).
11	Sulthonuddin & Herdiansyah (2021) [11]	Artikel jurnal	Praktik eksisting umumnya berupa pengenceran dan bak ekualisasi sederhana, belum menurunkan beban pencemar signifikan.
12	Lolo & Pambudi (2020) [12]	Artikel jurnal	IPAL koagulasi-flokulasi di Kampung Batik Laweyan berhasil menurunkan BOD, COD, TSS, serta minyak-lemak hingga memenuhi baku mutu.
13	Sirait (2018) [13]	Prosiding terindeks	Efisiensi pembelian zat warna sesuai kebutuhan menjadi opsi produksi bersih paling layak secara teknis-ekonomi-lingkungan.
14	Purwaningrum (2024) [14]	Artikel jurnal	Strategi reduce (pengurangan sumber pencemar) paling sesuai diterapkan pada tahap awal produksi.

15	Martuti <i>et al.</i> (2020) [15]	Artikel jurnal	Produksi bersih pada batik pewarna alami turut mencakup pemanfaatan bahan organik sisa produksi.
16	Handayani <i>et al.</i> (2018) [16]	Artikel jurnal	Pewarna alami tetap dapat meningkatkan COD dan BOD akibat senyawa organik alami; klaim ramah lingkungan perlu dicermati kritis.
17	Failisnur <i>et al.</i> (2017) [17]	Artikel jurnal	Limbah cair pengempaan gambir (tinggi tanin) dimanfaatkan sebagai pewarna alami batik lintas-industri.
18	Handayani <i>et al.</i> (2019) [18]	Artikel jurnal	Koagulasi-flokulasi dikombinasi adsorpsi karbon aktif serbuk jati menurunkan COD, BOD, dan Zn lebih dari 90%.
19	Putra <i>et al.</i> (2020) [19]	Artikel jurnal	Elektrokoagulasi dikombinasi fitoremediasi berbantuan listrik (EAPR) efektif menyasar beberapa parameter sekaligus.
20	Rahmadyanti & Febriyanti (2020) [20]	Artikel jurnal	Constructed wetland dipadukan koagulasi-flokulasi menunjukkan hasil menjanjikan sebagai pengolahan sekunder berbiaya rendah.
21	Riduan <i>et al.</i> (2022) [21]	Artikel jurnal	Adsorben palm oil fuel ash (POFA) efektif menurunkan kadar warna dan pencemar organik limbah pewarna batik.
22	Kristijanto <i>et al.</i> (2013) [22]	Artikel jurnal	Reaktor anaerob-aerob (ABR dan RBC) efektif menurunkan parameter organik pada limbah cair batik.
23	Metcalf & Eddy (2014) [23]	Buku referensi teknik lingkungan	Prinsip rekayasa pengolahan air limbah: kombinasi proses fisik-kimia dan biologis untuk limbah organik/padatan tinggi.

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Limbah Padat Industri Batik

Limbah padat pada industri batik skala kecil umumnya bersumber dari beberapa tahapan produksi, yaitu pemotongan kain, pencantingan, pewarnaan, dan pelorodan, dengan jenis utama berupa sisa kain perca, sisa malam (lilin batik) yang mengeras, kemasan zat pewarna sintetis dan bahan pembantu seperti soda abu dan natrium silikat, serta abu hasil pembakaran kayu pada proses pelorodan menggunakan tungku tradisional [2].

Di antara jenis limbah padat tersebut, sisa malam batik menjadi perhatian khusus karena memiliki nilai guna sekaligus potensi pencemaran jika tidak dikelola. Kajian pada tingkat masyarakat pengrajin melaporkan bahwa secara konvensional hanya sekitar 20% malam bekas yang dikumpulkan dan didaur ulang melalui proses pelelehan ulang dan penyaringan, sedangkan 80% sisanya menjadi limbah yang tidak termanfaatkan, dengan estimasi jumlah limbah malam batik yang tidak termanfaatkan secara nasional mencapai sekitar tujuh belas ribu ton per tahun [6]. Padahal, limbah malam batik memiliki nilai kalor yang relatif tinggi sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif, bukan hanya dibuang sebagai sampah [6]. Panduan teknis dari lembaga litbang kerajinan dan batik menjelaskan bahwa daur ulang malam dapat dilakukan secara sederhana oleh pengrajin, yaitu dengan mengumpulkan malam bekas hasil pelorodan maupun ceceran malam saat mencanting,

melelehkannya kembali dengan api kecil, menyaring kotoran yang terikut, kemudian mencetaknya kembali menjadi blok malam siap pakai [8].

Kemasan bahan kimia pewarna dan bahan pembantu tergolong limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) dalam skala kecil, namun pada praktiknya jarang dipisahkan dari sampah domestik oleh pelaku usaha skala kecil, sehingga berisiko mencemari tanah dan air secara kumulatif dalam jangka panjang [2]. Kondisi ini menunjukkan bahwa penanganan limbah padat batik skala kecil masih bertumpu pada praktik informal berbasis pengalaman pengrajin, dan belum terintegrasi dengan sistem pemilahan limbah B3 rumah tangga skala kecil secara formal.

Karakteristik dan Beban Pencemar Limbah Cair

Karakteristik limbah dan bahan pencemar limbah cair sebagai berikut **Tabel 2**.

Tabel 2. Faktor variasi dan kecenderungan karakteristik limbah cair batik antarstudi

No	Aspek/Sumber Variasi	Kecenderungan / Temuan	Ref
1	Kepatuhan terhadap baku mutu	Nilai COD, BOD, dan TSS pada limbah cair batik secara konsisten cenderung melampaui baku mutu air limbah yang berlaku, meski nilai spesifik bervariasi antarlokasi	[2],[4],[5],[10]
2	Jenis zat warna	Variasi nilai pencemar dipengaruhi jenis zat warna (naftol, indigosol, remasol, reaktif) yang digunakan dalam produksi	[2],[5]
3	Tahap produksi yang disampling	Karakteristik limbah berbeda tergantung tahap yang diuji: pewarnaan, pencucian, atau pelorodan	[2],[5]
4	Skala & teknologi produksi	Skala usaha dan teknologi produksi tiap lokasi turut memengaruhi variasi beban pencemar yang dilaporkan	[2],[5]
5	Dampak terhadap ekosistem perairan	Warna pekat pada limbah cair batik menghambat penetrasi cahaya matahari dan mengganggu fotosintesis organisme air bila dibuang tanpa pengolahan	[2]
6	Regulasi acuan	Permen LHK No. P.16/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019 menetapkan ambang batas COD, BOD, TSS, dan parameter lain sebelum limbah dibuang ke badan air	[10]
7	Indikasi beban pencemar awal	Penurunan COD/BOD/TSS yang signifikan setelah elektrokoagulasi mengindikasikan tingginya beban pencemar limbah sebelum diolah	[9]

Limbah cair industri batik terutama dihasilkan dari tahap pencelupan/pewarnaan, pencucian kain setelah pewarnaan, dan pelorodan malam menggunakan air panas, dengan kandungan utama berupa sisa zat warna sintesis, senyawa organik dari malam yang meluruh,

serta bahan pembantu kimia [2], [5]. Berbagai penelitian pada lokasi produksi batik yang berbeda melaporkan nilai parameter pencemar yang bervariasi namun secara konsisten menunjukkan kecenderungan melampaui baku mutu air limbah. Sebagai contoh, kajian pada sentra batik Jetis, Sidoarjo melaporkan bahwa seluruh sampel limbah cair yang diuji melampaui baku mutu Peraturan Gubernur Jawa Timur untuk parameter COD dan BOD, kecuali pada parameter suhu [4]. Studi lain yang menggunakan metode elektrokoagulasi pada limbah cair industri batik melaporkan penurunan COD, BOD, dan TSS yang signifikan setelah pengolahan, yang secara tidak langsung menegaskan tingginya beban pencemar pada limbah sebelum diolah [9].

Variasi nilai pencemar antartudi ini dipengaruhi oleh jenis zat warna yang digunakan (naftol, indigosol, remasol, atau reaktif), tahapan produksi yang disampling (pewarnaan, pencucian, atau pelorodan), serta skala dan teknologi produksi di masing-masing lokasi [5], [2]. Kadar warna yang pekat pada limbah cair batik juga menjadi permasalahan tersendiri karena zat warna sintetis relatif sulit terurai secara alami dan berpotensi menghambat penetrasi cahaya matahari ke badan air apabila dibuang tanpa pengolahan, sehingga mengganggu proses fotosintesis organisme perairan [2]. Secara umum, temuan lintas studi ini konsisten dengan ketentuan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.16/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Tekstil, Penyamakan Kulit, dan Alas Kaki, yang menetapkan ambang batas COD, BOD, TSS, dan beberapa parameter lain yang harus dipenuhi sebelum limbah dibuang ke badan air [10].

Kondisi Eksisting Pengelolaan Limbah pada Industri Skala Kecil

Sejumlah kajian menunjukkan bahwa pengelolaan limbah pada industri batik skala kecil umumnya masih bersifat konvensional dan minim investasi teknologi. Praktik yang umum dijumpai adalah pengenceran limbah cair dengan air bersih sebelum dibuang ke saluran drainase, atau bahkan pembuangan langsung ke badan air tanpa proses pengolahan lebih lanjut [11], [2]. Data yang dirangkum dari beberapa sentra batik di Jawa menunjukkan bahwa sebagian besar limbah cair batik masih dibuang ke lingkungan tanpa pengolahan, sementara hanya sebagian kecil yang benar-benar diolah pada instalasi pengolahan yang tersedia, mengindikasikan kesenjangan antara kapasitas pengolahan yang ada dan volume limbah yang dihasilkan [2].

Sebagian kecil pelaku usaha telah memiliki bak penampungan sederhana, namun fungsinya lebih sebagai bak penenang (ekualisasi) dibandingkan sebagai unit pengolahan yang benar-benar menurunkan beban pencemar secara signifikan [11]. Dari sisi kelembagaan, instalasi pengolahan air limbah (IPAL) komunal belum tersedia secara merata di seluruh sentra industri batik, meskipun beberapa sentra seperti Kampung Batik Laweyan di Surakarta telah berhasil menerapkan IPAL berbasis koagulasi-flokulasi untuk menurunkan parameter BOD, COD, TSS, serta minyak dan lemak hingga memenuhi baku mutu daerah [12]. Keberhasilan tersebut menunjukkan bahwa pendekatan komunal secara teknis dapat diterapkan pada skala sentra industri kecil, meskipun keberlanjutannya sangat bergantung pada dukungan kelembagaan dan pembiayaan bersama antar pengrajin.

Upaya Pengurangan Pencemaran Berdasarkan Kajian Literatur

a. Produksi Bersih (Cleaner Production)

Penerapan prinsip produksi bersih dilaporkan menjadi salah satu strategi utama pengurangan pencemaran pada industri batik skala kecil. Studi pada sentra batik di Malang mengidentifikasi bahwa efisiensi penggunaan bahan baku, terutama pembelian zat warna sesuai kebutuhan aktual produksi, merupakan alternatif produksi bersih yang paling layak diterapkan dari sisi teknis, ekonomi, maupun lingkungan pada

industri batik skala kecil-menengah [13]. Kajian serupa di Kota Jambi menegaskan bahwa strategi *reduce* (pengurangan sumber pencemar) merupakan pendekatan pencegahan pencemaran yang paling sesuai diterapkan pada tahap awal, sebelum limbah terbentuk [14]. Pada industri batik berbahan pewarna alami di Semarang, penerapan produksi bersih turut mencakup pemanfaatan bahan organik sisa produksi sebagai bagian dari upaya pengelolaan lingkungan yang lebih menyeluruh [15].

b. Substitusi dan Pemanfaatan Pewarna Alami

Substitusi zat warna sintetis dengan pewarna alami kerap diusulkan sebagai upaya mengurangi kandungan senyawa berbahaya pada limbah batik. Namun, kajian pada industri batik pewarna alami menunjukkan bahwa klaim ramah lingkungan pewarna alami perlu dicermati secara kritis, karena penggunaan pewarna alami dalam jumlah besar tetap dapat meningkatkan kadar COD dan BOD akibat senyawa organik alami yang terkandung di dalamnya, sehingga tidak serta-merta menghilangkan kebutuhan pengolahan limbah cair [16]. Di sisi lain, terdapat pendekatan pemanfaatan limbah cair industri lain sebagai sumber pewarna alami bagi batik, misalnya pemanfaatan limbah cair pengempaan gambir yang mengandung tanin tinggi sebagai zat pewarna pada berbagai jenis kain batik, yang sekaligus mengurangi beban pencemaran limbah gambir dan menyediakan alternatif pewarna alami bagi industri batik [17]. Pendekatan lintas-industri semacam ini relevan dikembangkan lebih lanjut mengingat keterkaitan erat antara industri tekstil dan sumber daya pewarna alami lokal.

c. Daur Ulang Limbah Padat

Sebagaimana diuraikan pada bagian karakteristik limbah padat, daur ulang malam batik merupakan praktik yang secara teknis telah dikenal luas oleh pengrajin namun belum diterapkan secara optimal, dengan tingkat pemanfaatan ulang yang masih rendah di tingkat sentra produksi [6], [8]. Optimalisasi daur ulang malam, disertai pemilahan kemasan bahan kimia sebagai limbah B3 skala kecil, berpotensi menjadi langkah awal pengurangan limbah padat yang tidak memerlukan investasi teknologi besar, sehingga sesuai dengan kapasitas industri batik skala kecil.

d. Teknologi Pengolahan Limbah Cair Berbiaya Rendah

Beberapa teknologi pengolahan dilaporkan memiliki potensi penerapan pada skala kecil karena relatif sederhana dan tidak memerlukan lahan luas. Kombinasi koagulasi-flokulasi dengan adsorpsi menggunakan karbon aktif dari serbuk gergaji kayu jati dilaporkan mampu menurunkan COD, BOD, dan seng (Zn) masing-masing lebih dari 90% pada limbah cair batik [18]. Metode elektrokoagulasi juga dilaporkan efektif menurunkan COD, BOD, dan TSS limbah batik dengan bahan baku elektroda yang relatif terjangkau [9], termasuk kombinasi elektrokoagulasi dengan fitoremediasi berbantuan listrik yang mampu menyasar sejumlah parameter sekaligus [19]. Pada sisi lain, penerapan lahan basah buatan (*constructed wetland*) yang dipadukan dengan teknologi koagulasi-flokulasi telah diuji kelayakannya untuk pengolahan limbah batik dan menunjukkan hasil yang menjanjikan sebagai unit pengolahan sekunder berbiaya relatif rendah [20]. Adsorben alternatif berbiaya rendah dari limbah abu bahan bakar kelapa sawit (*palm oil fuel ash*) juga telah diuji untuk menurunkan kadar warna dan pencemar organik pada limbah pewarna batik [21].

Untuk limbah dengan beban organik tinggi seperti limbah pelorodan, pendekatan biologis melalui reaktor anaerob-aerob dilaporkan efektif menurunkan parameter organik secara signifikan pada pengolahan limbah cair batik [22], sejalan dengan prinsip rekayasa pengolahan air limbah yang menekankan kombinasi proses fisik-kimia dan biologis untuk limbah dengan kandungan organik dan padatan tersuspensi

yang tinggi [23]. Kajian tinjauan yang lebih luas turut menekankan bahwa untuk skala UMKM, integrasi metode fisik-biologis lebih realistis dibandingkan teknologi canggih berskala besar yang membutuhkan investasi modal tinggi [7].

Tabel 3. Ringkasan teknologi pengolahan limbah cair berbiaya rendah dan hasil yang dilaporkan

No	Teknologi	Prinsip Kerja Singkat	Hasil / Efisiensi Dilaporkan	Ref
1	Koagulasi-flokulasi + adsorpsi karbon aktif serbuk jati	Pembentukan flok pengotor dan penyerapan oleh karbon aktif dari limbah serbuk gergaji jati	Menurunkan COD, BOD, dan Zn masing-masing lebih dari 90%	[18]
2	Elektrokoagulasi	Pembentukan koagulan in-situ melalui elektroda	Menurunkan COD, BOD, dan TSS secara signifikan; bahan elektroda relatif terjangkau	[9]
3	Elektrokoagulasi + fitoremediasi berbantuan listrik (EAPR)	Kombinasi elektrokoagulasi dengan penyerapan oleh tanaman berbantuan listrik	Efektif menyasar beberapa parameter pencemar sekaligus	[19]
4	Constructed wetland + koagulasi-flokulasi	Lahan basah buatan sebagai unit pengolahan sekunder dipadukan flokulasi kimia	Menunjukkan hasil menjanjikan sebagai pengolahan sekunder berbiaya relatif rendah	[20]
5	Adsorpsi Palm Oil Fuel Ash (POFA)	Penyerapan zat warna dan pencemar organik oleh abu limbah bahan bakar kelapa sawit	Efektif menurunkan kadar warna dan pencemar organik	[21]
6	Reaktor anaerob-aerob (ABR & RBC)	Pengolahan biologis bertahap untuk limbah berbeban organik tinggi (mis. limbah pelorodan)	Efektif menurunkan parameter organik secara signifikan	[22]

Dibandingkan satu sama lain, kelima teknologi pada Tabel 3 memiliki profil keunggulan dan keterbatasan yang berbeda untuk konteks industri batik skala kecil. Koagulasi-flokulasi dengan adsorpsi karbon aktif serbuk jati menawarkan efisiensi penyisihan COD, BOD, dan Zn yang sangat tinggi (lebih dari 90%), namun memerlukan pasokan bahan baku karbon aktif secara berkelanjutan serta penanganan lumpur (sludge) hasil koagulasi, sehingga lebih sesuai bagi sentra yang telah memiliki pengelolaan limbah padat pendukung [18]. Elektrokoagulasi relatif sederhana dari sisi operasional dan menggunakan elektroda berbiaya terjangkau, tetapi membutuhkan pasokan listrik yang stabil dan penggantian elektroda secara berkala, sehingga biaya operasional jangka panjangnya perlu diperhitungkan meskipun investasi awalnya rendah [9]; kombinasinya dengan fitoremediasi berbantuan listrik (EAPR) meningkatkan cakupan parameter yang dapat disasar namun turut menambah kompleksitas pengoperasian [19]. Constructed wetland dipadukan koagulasi-flokulasi unggul dari sisi biaya operasional jangka panjang yang rendah karena mengandalkan proses alami, tetapi membutuhkan lahan yang relatif luas, sehingga kurang sesuai bagi pengrajin dengan keterbatasan lahan di kawasan padat penduduk [20]. Adsorpsi menggunakan palm oil fuel ash (POFA) menonjol dari sisi pemanfaatan limbah sebagai bahan baku berbiaya rendah dan mudah diperoleh di wilayah dengan industri kelapa sawit, namun ketersediaan bahan bakunya bergantung pada lokasi dan belum tentu merata di seluruh sentra batik [21]. Sementara itu, reaktor anaerob-aerob (ABR dan RBC) paling sesuai untuk limbah berbeban organik tinggi seperti limbah pelorodan,

tetapi umumnya memerlukan waktu tinggal (retention time) yang lebih panjang dan struktur reaktor permanen dibandingkan opsi fisik-kimia [22], [23].

Dengan mempertimbangkan profil tersebut, industri batik skala kecil dengan keterbatasan lahan dan modal disarankan mengutamakan teknologi berbiaya investasi rendah dan tidak membutuhkan lahan luas, seperti elektrokoagulasi atau adsorpsi berbahan lokal, sebagai langkah awal, sementara constructed wetland dan reaktor anaerob-aerob lebih sesuai diterapkan secara komunal pada sentra dengan lahan memadai dan dukungan kelembagaan yang lebih kuat.

e. Penguatan Kelembagaan dan Pendekatan Komunal

Studi kasus IPAL komunal di Kampung Batik Laweyan menunjukkan bahwa pendekatan kolektif antarpengrajin dapat menjadi solusi yang lebih efisien secara biaya dibandingkan investasi individual pada setiap unit usaha [12]. Namun demikian, kajian yang lebih luas mengingatkan bahwa keberadaan fasilitas komunal saja tidak cukup apabila tidak diiringi kapasitas pengelolaan dan pembiayaan operasional yang memadai, sebagaimana ditunjukkan oleh rendahnya proporsi limbah yang benar-benar diolah meskipun fasilitas pengolahan telah tersedia di beberapa sentra batik [2]. Hal ini menegaskan pentingnya penguatan kelembagaan kelompok pengrajin, misalnya melalui koperasi atau paguyuban pengelola limbah bersama, agar biaya investasi dan operasional dapat ditanggung secara kolektif [14].

Sintesis dan Implikasi bagi Industri Batik Skala Kecil

Berdasarkan sintesis di atas, upaya pengurangan pencemaran pada industri batik skala kecil dapat dikelompokkan ke dalam empat lapis strategi yang saling melengkapi. Pertama, pengurangan pada sumber melalui produksi bersih dan optimalisasi daur ulang malam serta pemilahan limbah B3 skala kecil, yang relatif tidak memerlukan investasi teknologi besar [13], [6]. Kedua, pengolahan fisik-kimia sederhana berbiaya rendah seperti koagulasi-flokulasi, elektrokoagulasi, atau adsorpsi menggunakan bahan lokal, yang dapat diterapkan pada skala individual maupun kelompok kecil [18], [9], [21]. Ketiga, pengolahan biologis sekunder seperti reaktor anaerob-aerob atau lahan basah buatan untuk menurunkan beban organik yang tersisa [22], [20]. Keempat, penguatan kelembagaan kolektif melalui IPAL komunal dan koperasi pengelola limbah untuk mengatasi keterbatasan modal individual [12], [14].

Kajian literatur ini juga menemukan sejumlah keterbatasan yang perlu menjadi perhatian. Sebagian besar studi yang ditelaah bersifat spesifik lokasi dan jangka pendek, sehingga generalisasi terhadap seluruh sentra batik skala kecil di Indonesia perlu dilakukan secara hati-hati [7]. Selain itu, data mengenai kelayakan ekonomi jangka panjang dari masing-masing teknologi pengolahan pada skala rumah tangga masih terbatas, sehingga penelitian primer lanjutan pada sentra produksi tertentu tetap diperlukan untuk memvalidasi temuan-temuan yang telah disintesis dalam kajian ini

Kesimpulan

Kajian literatur ini menunjukkan bahwa industri batik skala kecil menghasilkan limbah padat berupa sisa kain, sisa malam, kemasan bahan kimia, dan abu pembakaran yang sebagian besar belum dipilah dan dikelola sesuai jenisnya, dengan tingkat daur ulang malam yang masih rendah. Limbah cair yang dihasilkan dari proses pewarnaan dan pelorodan secara konsisten dilaporkan memiliki kecenderungan melampaui baku mutu air limbah yang berlaku, meskipun nilai spesifiknya bervariasi antarlokasi dan jenis pewarna. Pengelolaan limbah pada industri skala kecil saat ini masih didominasi oleh praktik sederhana seperti pengenceran dan

pembuangan langsung, meskipun beberapa sentra telah menunjukkan keberhasilan penerapan produksi bersih, teknologi pengolahan berbiaya rendah, maupun IPAL komunal.

Berdasarkan sintesis tersebut, disarankan agar pelaku usaha batik skala kecil mulai menerapkan langkah pengurangan pencemaran secara bertahap, dimulai dari optimalisasi daur ulang malam dan produksi bersih, dilanjutkan dengan penerapan teknologi pengolahan sederhana berbiaya rendah, serta didukung penguatan kelembagaan kolektif dan pendampingan dari pemerintah daerah maupun perguruan tinggi. Penelitian primer lanjutan pada sentra-sentra batik tertentu tetap diperlukan untuk memvalidasi temuan kajian literatur ini dan menguji kelayakan teknis-ekonomis penerapannya pada konteks lokal masing-masing, mengingat kajian ini disusun berdasarkan sintesis pustaka dan tidak melibatkan pengambilan data primer di lapangan.

Referensi

- [1] United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), *Indonesian Batik Inscribed on the Representative List of the Intangible Cultural Heritage of Humanity*. Paris: UNESCO, 2009.
- [2] M. M. Musawwa, M. Sarkawi, D. Arrunillah, K. Sazawa, G. Mohan, and H. Kuramitz, "Review of traditional batik wastewater treatment in Indonesia to address environmental and health hazards and support sustainable practices of micro, small, and medium enterprises," *Discover Environment*, vol. 4, no. 1, art. 18, 2026, doi: 10.1007/s44274-025-00466-6.
- [3] S. D. A. Kusumawardani, T. B. A. Kurnani, A. J. Astari, and S. Sunardi, "Readiness in implementing green industry standard for SMEs: case of Indonesia's batik industry," *Heliyon*, 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e36045.
- [4] B. V. Tangahu, D. A. Ningsih, S. B. Kurniawan, and M. F. Imron, "Study of BOD and COD removal in batik wastewater using *Scirpus grossus* and *Iris pseudacorus* with intermittent exposure system," *Journal of Ecological Engineering*, vol. 20, no. 5, pp. 130–134, 2019, doi: 10.12911/22998993/105357.
- [5] N. Zakaria, R. Rohani, W. H. M. Wan Mohtar, R. Purwadi, G. A. Sumampouw, and A. Indarto, "Batik effluent treatment and decolorization—a review," *Water*, vol. 15, no. 7, art. 1339, 2023, doi: 10.3390/w15071339.
- [6] S. A. Santika, A. C. Islamiah, and H. T. Mahfudhillah, "Sosialisasi Pemanfaatan Limbah Malam Batik dan Baglog Jamur Menjadi Biokokas Ramah Lingkungan di Desa Sukoraharjo, Kecamatan Kepanjen," *Aksara Abdimas: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, vol. 3, no. 1, pp. 1–13, 2025.
- [7] 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," *Science of the Total Environment*, vol. 819, 2022, doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.152931.
- [8] Balai Besar Kerajinan dan Batik, Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, "Malam Bekas? Daur Ulang Aja! Rahasia Ramah Lingkungan Para Pembatik," bbkb.kemenperin.go.id, 2024. [Online]. Available: https://bbkb.kemenperin.go.id/index.php/post/read/malam_bekas_daur_ulang_aja_rahasia_ramah_lingkungan_para_pembatik_0

-
- [9] F. Zuhria, S. Sarto, and I. Prasetyo, "The influence of electrocoagulation to the reduction of COD, BOD, and TSS of batik industry wastewater," *Sustinere: Journal of Environment and Sustainability*, vol. 2, no. 2, pp. 100–107, 2018, doi: 10.22515/sustinere.jes.v2i2.29.
- [10] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.16/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Tekstil, Penyamakan Kulit, dan Alas Kaki. Jakarta: KLHK, 2019.
- [11] I. Sulthonuddin and H. Herdiansyah, "Sustainability of Batik wastewater quality management strategies: analytical hierarchy process," *Applied Water Science*, 2021, doi: 10.1007/s13201-021-01360-1.
- [12] E. U. Lolo and Y. S. Pambudi, "Penurunan Parameter Pencemar Limbah Cair Industri Tekstil secara Koagulasi Flokulasi (Studi Kasus: IPAL Kampung Batik Laweyan, Surakarta, Jawa Tengah, Indonesia)," *Jurnal Serambi Engineering*, pp. 1090–1098, 2020.
- [13] M. Sirait, "Cleaner production options for reducing industrial waste: the case of batik industry in Malang, East Java-Indonesia," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 106, no. 1, p. 012069, 2018, doi: 10.1088/1755-1315/106/1/012069.
- [14] Purwaningrum, "Analisis Pengelolaan Air Limbah Batik Sebagai Upaya Penerapan Produksi Bersih Kota Jambi," *Jurnal Pembangunan Berkelanjutan*, vol. 7, no. 1, pp. 45–55, 2024, doi: 10.22437/jpb.v7i2.38203.
- [15] N. K. T. Martuti, I. Hidayah, M. Margunani, and R. B. Alafima, "Organic material for clean production in the Batik industry: a case study of Natural Batik Semarang, Indonesia," *Recycling*, vol. 5, no. 4, p. 28, 2020, doi: 10.3390/recycling5040028.
- [16] W. Handayani, A. Kristijanto, and A. Hunga, "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*, 2018, doi: 10.1007/s40899-018-0217-9.
- [17] Failisnur, Sofyan, and W. Hermianti, "Pemanfaatan Limbah Cair Pengempaan Gambir untuk Pewarnaan Kain Batik," *Jurnal Litbang Industri*, vol. 7, no. 1, pp. 19–28, 2017, doi: 10.24960/jli.v7i1.2695.19-28.
- [18] P. A. Handayani, U. Cholifah, R. Ulviana, and A. Chafidz, "Batik industry wastewater treatment via coagulation-flocculation process and adsorption using teak sawdust based activated carbon," *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, vol. 8, no. 1, pp. 8–13, 2019, doi: 10.15294/jbat.v8i1.20144.
- [19] R. S. Putra, A. D. Annisa, and S. Budiarto, "Batik wastewater treatment using simultaneous process of electrocoagulation and electro-assisted phytoremediation (EAPR)," *Indonesian Journal of Chemistry*, vol. 20, no. 6, pp. 1221–1229, 2020, doi: 10.22146/ijc.47898.
- [20] E. Rahmadyanti and C. P. Febriyanti, "Feasibility of constructed wetland using coagulation flocculation technology in batik wastewater treatment," *Journal of Ecological Engineering*, vol. 21, no. 6, pp. 67–77, 2020, doi: 10.12911/22998993/123253.

-
- [21] A. Riduan, Rainiyati, S. F. Heraningsih, and Badariah, "Minimizing river pollution by batik dye wastewater using palm oil fuel ash (POFA) as an environmentally friendly, low-cost adsorbent alternative," *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, vol. 10, no. 1, pp. 3981–3989, 2022, doi: 10.15243/jdmlm.2022.101.3981.
- [22] A. Kristijanto, W. Handayani, and P. Anna Levi, "The effectiveness of anaerobic baffled reactor and rotating biological contactor in batik wastewater treatment," *Makara Journal of Technology*, vol. 15, no. 2, p. 168, 2013, doi: 10.7454/mst.v15i2.935.
- [23] L. Metcalf and H. P. Eddy, *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*, 5th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2014.