

Eksplorasi dan uji eksperimental potensi tumbuhan sebagai pewarna alami batik besurek Bengkulu ramah lingkungan

Arifah Zahrani^{1*}, Sutarno¹, Bhakti Karyadi¹, Riezky Maya Probosari², Afrizal Mayub¹, Yosie Andriani³

¹Prodi Pendidikan IPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Bengkulu

²Prodi Pendidikan IPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret

³Institute of Climate Adaptation and Marine Biotechnology Universiti Malaysia Terengganu

*Corresponding author: Jl. Wr. Supratman Kota Bengkulu, Bengkulu, Indonesia. 38119

E-mail addresses: arifahcrp2525@gmail.com

Kata kunci

Batik besurek
Eksplorasi tumbuhan
Pewarna alami
Ramah lingkungan
SNI ISO-105

Keywords

Batik besurek
Plant exploration
Natural dyes
Environmentally friendly
SNI ISO-105

Diajukan: 22 Mei 2025

Ditinjau: 24 Mei 2025

Diterima: 2 Juni 2025

Diterbitkan: 9 Juni 2024

Cara Sitasi:

A. Zahrani, S. Sutarno, B. Karyadi, R. M. Probosari, A. Mayub, Y. Andriani, "Eksplorasi dan uji eksperimental potensi tumbuhan sebagai pewarna alami batik besurek Bengkulu ramah lingkungan", *Filogeni: Jurnal Mahasiswa Biologi*, vol. 5, no. 1, pp. 59-72, 2025.

Abstrak

Batik besurek merupakan warisan budaya khas Bengkulu yang dalam praktiknya pewarnaannya masih banyak menggunakan zat pewarna sintetis, yang berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan dan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi tumbuhan lokal sebagai pewarna alami dalam pembuatan batik besurek, serta mengevaluasi kualitas dan ketahanan warnanya berdasarkan standar SNI ISO-105. Penelitian dilakukan dengan pendekatan eksploratif untuk mengidentifikasi tumbuhan lokal berpigmen alami, serta pendekatan eksperimental untuk menguji ketahanan warna hasil pewarnaan terhadap pencucian (ISO 105-C06), penjemuran (ISO 105-B02), dan gesekan (ISO 105-X12). Ekstraksi dilakukan menggunakan teknik maserasi dan *boiling treatment*, serta diaplikasikan pada kain mori menggunakan 3 jenis mordan yaitu tawas, tunjung, dan kapur sirih. Empat tanaman yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu *Hibiscus rosa-sinensis*, *Archidendron pauciflorum*, *Bougainvillea* sp., dan *Curcuma longa* yang dikenal mengandung pigmen alami. Hasil menunjukkan bahwa *Curcuma longa* memiliki ketahanan warna tertinggi, dengan kategori "tidak pudar" untuk semua parameter ISO-105. Sebaliknya, *Bougainvillea* sp. menunjukkan ketahanan warna terendah, hanya mencapai skor 1-4 pada beberapa uji. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan pewarna alami berbasis tumbuhan lokal memiliki potensi besar sebagai alternatif ramah lingkungan dalam pembuatan batik besurek. Pendekatan ini mendukung pelestarian lingkungan, pemanfaatan biodiversitas lokal, serta dapat diterapkan dalam pembelajaran kontekstual di sekolah.

Abstract

Batik besurek is a cultural heritage typical of Bengkulu, which in practice still uses synthetic dyes, which have the potential to cause negative impacts on health and the environment. This study aims to identify the potential of local plants as natural dyes in making batik besurek, and to evaluate the quality and color fastness based on the SNI ISO-105 standard. The study was conducted with an exploratory approach to identify local plants with natural pigments, as well as an experimental approach to test the color fastness of the dyeing results to washing (ISO 105-C06), drying (ISO 105-B02), and friction (ISO 105-X12). Extraction was carried out using maceration and boiling treatment techniques, and was applied to plain cloth using 3 types of mordans, namely alum, tunjung, and betel lime. Four plants were used in this study, namely *Hibiscus rosa-sinensis*, *Archidendron pauciflorum*, *Bougainvillea* sp., and *Curcuma longa* which are known to contain natural pigments. The results showed that *Curcuma longa*

had the highest color fastness, with a “fade-free” category for all ISO-105 parameters. In contrast, *Bougainvillea* sp. showed the lowest color fastness, only reaching a score of 1-4 in several tests. These results indicate that the use of local plant-based natural dyes has great potential as an environmentally friendly alternative in making besurek batik. This approach supports environmental conservation, utilization of local biodiversity, and can be applied in contextual learning in schools.

Copyright © 2025. The authors. This is an open access article under the CC BY-SA license

1. Pendahuluan

Batik besurek merupakan warisan budaya dari Provinsi Bengkulu [1]. Batik besurek memiliki ciri khas berupa tujuh jenis motif yang mengombinasikan antara kaligrafi Arab dengan flora-fauna khas Bengkulu, yang menjadikannya daya tarik utama serta pembeda antara batik besurek dengan batik dari berbagai daerah di Indonesia [2]. Proses pembuatan batik besurek terdiri dari 9 tahapan, salah satunya pewarnaan dan fiksasi yang berperan penting dalam menentukan kualitas visual dan ketahanan kain [3]. Pada saat ini sebagian besar pengrajin batik lebih memilih menggunakan pewarna sintesis dikarenakan mudah diproduksi, memiliki banyak variasi warna, serta memiliki ketahanan luntur yang lebih baik dibandingkan dengan pewarna alami, sehingga lebih banyak digunakan dibandingkan dengan pewarna alami [4]. Ketergantungan pada pewarna sintetis tentunya menimbulkan berbagai permasalahan, seperti pencemaran lingkungan yang signifikan akibat limbah kimia tekstil serta dampak negatif terhadap kesehatan masyarakat, terutama pengrajin batik [4].

Penggunaan pewarna alami dalam industri tekstil tradisional, khususnya batik besurek, tidak hanya melestarikan nilai budaya yang telah diwariskan sejak dahulu, tetapi juga mendukung keberlanjutan lingkungan [5]. Integrasi penggunaan pewarna alami dalam mendukung keberlanjutan lingkungan memberikan nilai tambah bagi produk. Pewarna alami berasal dari sumber daya hayati yang dapat diperbarui, bersifat *biodegradable* (mudah terurai secara hayati) [6], serta menghasilkan warna yang lebih lembut dan memiliki daya tarik tersendiri sehingga memberikan kesan eksotis dan indah [7]. Pewarna alami juga memiliki dampak pencemaran yang lebih rendah terhadap lingkungan dibandingkan pewarna sintesis yang umumnya mengandung logam berat dan bahan kimia toksik seperti kromium (Cr), *azo dyes*, kadmium (Cd), merkuri (Hg), dan timbal (Pb). Zat-zat ini dapat mencemari lingkungan melalui limbah cair, yang ditandai dengan perubahan warna pada air. Pewarna sintesis memiliki karakteristik sulit terurai dan memiliki kandungan zat warna yang tinggi, akibatnya limbah cair yang dihasilkan sangat berbahaya apabila dibuang langsung ke lingkungan, dan dapat menimbulkan permasalahan kesehatan bagi makhluk hidup di sekitar industri batik [8] [9].

Pewarna alami memiliki potensi besar sebagai alternatif ramah lingkungan pengganti pewarna sintesis dalam pembuatan batik besurek yang bersifat *biodegradabilitas*. Pewarna alami atau yang dikenal pigmen alami, umumnya diekstraksi dari berbagai macam bagian tumbuhan, seperti akar, daun, buah, biji, kulit, ataupun bunga [10]. Pewarnaan dapat ditelusuri ke berbagai peradaban di seluruh dunia. Bahan-bahan alami digunakan untuk menciptakan warna-warna cerah dan tahan lama. Berbagai tanaman telah dimanfaatkan secara tradisional sebagai sumber zat warna, seperti daun *Indigofera tinctoria* salah satu pewarna alami yang telah digunakan selama ribuan tahun dengan mengandung *indican* (prekursor pigmen biru), akar tanaman *Rubia tinctorum* yang digunakan dalam peradaban Mesir dan Yunani yang di dalamnya mengandung *alizarin* (pigmen merah), rimpang

Curcuma longa kaya akan *kurkumin* yang menghasilkan pigmen kuning dan telah digunakan dalam budaya Asia terutama India sejak dahulu, *Lawsonia inermis*, kulit *Juglans nigra* yang telah digunakan berabad-abad di Amerika Utara, daun *Isatis tinctoria* yang digunakan di Eropa [11]. Indonesia, khususnya di Provinsi Bengkulu terdapat beberapa tanaman potensial seperti, mangga, kembang sepatu, dan jengkol yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber pewarna alami lokal [12].

Pemanfaatan tanaman lokal sebagai pewarna batik masih sangat terbatas di kalangan pengrajin batik besurek. Pewarna alami sebenarnya telah dikenal sejak lama, para pembuat batik di masa lalu menggunakan ekstrak tumbuhan tertentu untuk mewarnai kain batik [12]. Beberapa tanaman yang umum digunakan sebagai pewarna alami antara lain *Bougainvillea glabra* untuk warna merah muda, *Indigofera tinctorial* untuk warna biru, *Caesalpinia sappan* menghasilkan warna merah tua, *Tectona grandis* untuk warna hijau kecoklatan, serta *Curcuma longa* warna kuning [13]. Keterbatasan pengetahuan dan teknologi pada masa tersebut menyebabkan penggunaan pewarna alami perlahan ditinggalkan dan digantikan oleh pewarna sintetis [14]. Akibatnya, hingga saat ini banyak pengrajin batik, termasuk di Bengkulu, yang kurang mengetahui jenis tanaman yang dapat digunakan sebagai pewarna alami, sehingga pemanfaatannya masih terbatas. Selain itu minimnya informasi mengenai jenis tanaman, metode maserasi, teknisasi, serta prosedur pengolahan yang membuat para pengrajin batik kesulitan dalam mengembangkan pewarna alami. Kondisi ini memperkuat ketergantungan mereka pada pewarna sintetis yang dinilai lebih praktis dan mudah diperoleh [15].

Berdasarkan wawancara dan observasi yang telah dilakukan terhadap pengrajin batik besurek di Bengkulu, teknik pewarnaan yang diterapkan oleh pengrajin batik besurek belum optimal. Hal ini ditandai dengan warna yang mudah luntur, kurang merata, serta tidak konsisten antar produksi. Kendala utama yang dihadapi pengrajin meliputi minimnya pengetahuan teknis mengenai proses pewarnaan, khususnya pada tahap ekstraksi dan fiksasi warna, keterbatasan alat bantu, serta kesulitan akses terhadap tanaman sumber pewarna alami yang terbukti efektif secara teknis. Pengrajin batik saat ini masih memanfaatkan tanaman yang sulit ditemukan di lingkungan sekitar, seperti *Swetenia mahagoni*, *Caesalpinia sappan* L., dan *Indigofera tinctoria* L., yang tidak tumbuh melimpah di wilayah Kota Bengkulu. Beberapa pengrajin batik juga menggunakan tanaman secara asal-asalan seperti *Carica papaya* L. dan *Psidium guajava* yang sebenarnya tidak memiliki pigmen pewarna alami yang cukup atau tidak dapat menempel secara permanen pada serat kain, sehingga hasil pewarnaan tidak optimal dan tidak memenuhi standar ketahanan warna. Penggunaan pewarna berbasis bahan alami tentunya memerlukan teknik khusus, dimulai dari persiapan kain dengan bahan pembuka serat seperti tawas dan kapur, hingga proses fiksasi menggunakan mordan seperti tunjung dan kapur sirih, yang berfungsi meningkatkan daya serap dan ketahanan warna terhadap pencucian, penjemuran, dan gesekan [16].

Berdasarkan uraian latar belakang, penting untuk dilakukannya eksplorasi terhadap tumbuhan lokal yang memiliki potensi sebagai pewarna alami untuk batik besurek. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh masalah rendahnya kualitas dan ketahanan pewarna berbahan alami pada batik besurek sehingga pengrajin batik besurek di Kota Bengkulu masih memilih menggunakan pewarna sintetis. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tumbuhan lokal yang berpotensi besar sebagai sumber pewarna alami, mengevaluasi kualitas warnanya berdasarkan standar SNI ISO-105 (ketahanan terhadap pencucian, sinar matahari, dan gesekan), serta mengembangkan teknik pewarnaan yang lebih efektif dan ramah lingkungan. Penyelesaian dari masalah ini diharapkan dapat menghasilkan alternatif pewarna alami yang tidak hanya mendukung pelestarian kearifan lokal batik besurek, tetapi

juga sesuai dengan standar mutu tekstil dan dapat diterapkan dalam praktik pembelajaran IPA pada kelas IX SMP berdasarkan Kurikulum 2013, khususnya pada kompetensi dasar (KD) 3.11 dan 4.11 yang menekankan prinsip teknologi ramah lingkungan.

2. Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama empat bulan, dimulai dari bulan November 2024 hingga Februari 2025, dengan lokasi utama di sekitar lingkungan Universitas Bengkulu. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada kedekatannya dengan sentra pengrajin batik besurek, ketersediaan sumber daya hayati yang masih melimpah di sekitar lingkungan sebagai objek eksplorasi tanaman pewarna alami, serta ketersediaan fasilitas laboratorium yang memadai untuk mendukung proses ekstraksi, pewarnaan, dan uji ketahanan warna kain. Penelitian ini menggunakan dua pendekatan, yaitu eksploratif dan eksperimental. Pendekatan eksploratif digunakan untuk mengidentifikasi potensi tanaman lokal di sekitar lingkungan Universitas Bengkulu sebagai bahan pewarna alami pada batik besurek [17]. Sedangkan pendekatan eksperimental digunakan untuk menguji secara ilmiah kualitas warna hasil ekstraksi, meliputi intensitas warna dan daya tahannya terhadap pencucian, penjemuran, dan gesekan menggunakan standar pengujian SNI ISO-105 [18]. Analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif berdasarkan *greyscale rating* yang tercantum dalam standar SNI ISO-105 untuk menilai ketahanan warna terhadap masing-masing perlakuan uji.

Instrumentasi. Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi lumpang dan alu untuk menumbuk tanaman, wadah tahan panas dan alat kontrol suhu untuk ekstraksi, peralatan pencucian, dan alat uji gesekan untuk pengujian ketahanan warna. Sedangkan bahan yang digunakan meliputi bahan utama tanaman yang terdiri dari 17 jenis tanaman, air, kertas saring, zat fiksatif atau mordan meliputi tunjung (FeSO_4), kapur sirih (Ca(OH)_2), dan tawas ($\text{KAl(SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$), serta kain mori Primissima berbahan katun 100% dengan gramasi ± 90 –100 gsm.

Inventarisasi tanaman yang berpotensi sebagai pewarna alami. Proses penelitian diawali dengan tahap inventarisasi yaitu dengan mengumpulkan 17 jenis tanaman lokal yang diduga memiliki potensi menghasilkan warna alami berdasarkan informasi studi literatur, wawancara dengan pengrajin batik lokal, serta ciri visual tanaman yang menunjukkan warna mencolok pada bagian bunga, kulit, daun, atau buahnya. Tujuh belas tanaman tersebut terdiri dari *Pometia pinnata*, *Curcuma longa*, *Ruellia simplex*, *Persea americana*, *Hibiscus rosa-sinensis*, *Swietenia mahagoni*, *Helianthus annuus*, *Carica papaya*, *Psidium guajava*, *Terminalia catappa*, *Syzygium oleana*, *Bougainvillea spectabilis*, *Caesalpinia pulcherrima*, *Rosa* sp., *Archidendron pauciflorum*, dan *Tradescantia spathacea*. Data diperoleh melalui observasi langsung, wawancara dengan pengrajin batik, dan studi literatur. Tanaman dievaluasi secara awal dengan metode maserasi sederhana untuk mengetahui intensitas warna yang dihasilkan. Tanaman yang menunjukkan warna paling kuat dan stabil kemudian dilanjutkan ke tahap ekstraksi.

Ekstraksi pewarna. Ekstraksi dilakukan menggunakan metode maserasi, yaitu dengan menumbuk bahan tanaman menggunakan lumpang dan alu, lalu merendamnya dalam air dengan perbandingan 1:10. Proses perendaman dilakukan pada suhu 60-70°C selama 15 menit. Tahap selanjutnya, larutan disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan cairan pewarna dari ampas tanaman, sehingga dihasilkan ekstrak pewarna alami yang jernih. Metode maserasi sering digunakan dalam proses ekstraksi karena memiliki kelebihan di antaranya karena metodenya yang sederhana, tidak memerlukan peralatan khusus, dan efektif dalam mengekstrak senyawa pewarna dari jaringan tanaman

tanpa merusak struktur pigmen aktif [19]. Metode ini juga sesuai diterapkan dalam konteks pembelajaran karena aman dan mudah direplikasi.

Uji kualitas warna. Hasil ekstrak dari sembilan jenis tanaman terbaik selanjutnya diuji kualitas warnanya melalui teknik *boiling treatment*. Proses ini merupakan tahapan awal yang dilakukan dengan mencelupkan kain mori ke dalam larutan pewarna yang telah diberi zat fiksatif (mordan), yang terdiri atas tunjung (FeSO_4), kapur sirih (Ca(OH)_2), dan tawas ($\text{KAl(SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) [20]. Penggunaan mordan bertujuan untuk meningkatkan intensitas warna serta daya tahan pewarna terhadap kain mori [21]. Kain mori yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis mori Primissima berbahan katun 100% dengan gramasi ± 90 –100 gm. Pemilihan kain mori didasarkan pada daya serapnya yang tinggi, sehingga sangat dianjurkan dalam proses pembuatan batik dibandingkan dengan jenis kain lainnya seperti belacu dan sutera [22].

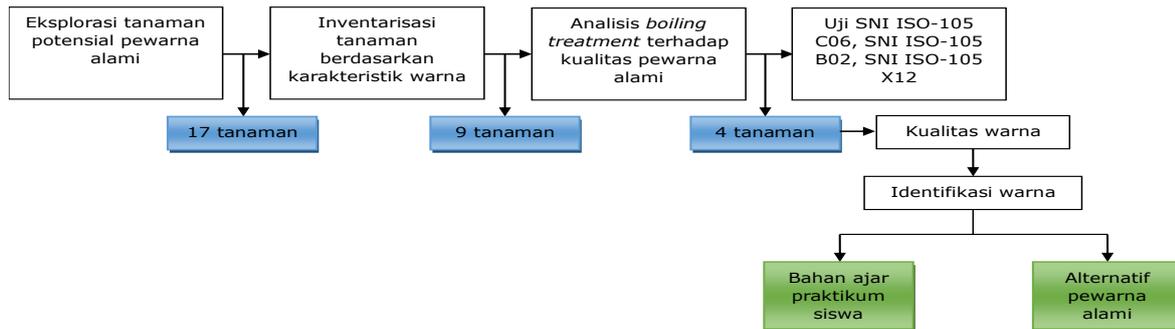
Uji ketahanan warna. Kesembilan jenis tanaman yang telah diuji kualitas warna selanjutnya dipilih 4 jenis tanaman yang menunjukkan hasil pewarnaan terbaik untuk diuji lebih lanjut menggunakan standar ketahanan warna berdasarkan SNI ISO-105. Ketahanan terhadap pencucian diuji menggunakan metode ISO 105-C06, yaitu dengan mencuci kain menggunakan detergen berbahan alami selama 30 menit. Ketahanan terhadap cahaya matahari diuji menggunakan metode ISO 105-B02 dengan mengekspos kain secara langsung di bawah sinar matahari selama 4 jam. Adapun ketahanan terhadap gesekan diuji dalam kondisi kering dengan metode ISO 105-X12 [23][24]. Penentuan kualitas ketahanan warna, digunakan indikator dan kriteria keberhasilan sebagaimana disajikan pada Tabel 1. Penilaian ini mencakup munculnya warna pada kain, daya tahan warna terhadap berbagai perlakuan fisik, serta peran mordan dalam meningkatkan fiksasi warna.

Tabel 1. Indikator dan kriteria keberhasilan uji warna

Indikator	Kriteria Keberhasilan
Warna muncul pada kain	Warna terlihat jelas dan merata
Warna tahan terhadap pencucian	Skor ketahanan ≥ 3
Warna tahan terhadap cahaya matahari	Skor ketahanan ≥ 3
Warna tahan terhadap gesekan	Skor ketahanan ≥ 3
Mordan meningkatkan fiksasi warna	Warna tidak mudah luntur setelah uji

Analisis data. Data hasil pengujian dianalisis secara deskriptif kuantitatif menggunakan metode *grayscale*, yaitu teknik penilaian visual dengan skala abu-abu untuk menilai tingkat ketahanan warna yang ditangkap sebelum dan sesudah perlakuan, berdasarkan standar ISO-105. Skor diberikan oleh pengamat yang membandingkan perubahan warna terhadap skala referensi standar [25]. Hasil akhir dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan ajar praktikum siswa SMP, khususnya pada materi IPA yang berkaitan dengan teknologi ramah lingkungan sesuai dengan KD 3.11 dan 4.11 pada kurikulum 2013 SMP kelas IX. Penelitian ini juga mendukung pengembangan muatan lokal batik sebagai integrasi antara ilmu pengetahuan dan kearifan lokal.

Tahapan prosedur penelitian secara keseluruhan ditampilkan melalui bagan alur kegiatan penelitian mulai dari tahap eksplorasi tanaman lokal hingga uji ketahanan warna dan analisis warna (Gambar 1).



Gambar 1. Alur prosedur penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Penelitian

Eksplorasi awal yang dilakukan di wilayah sekitar Universitas Bengkulu berhasil mengidentifikasi sebanyak 17 jenis tanaman lokal yang berpotensi sebagai sumber pewarna alami untuk batik besurek. Pemilihan jenis tanaman didasarkan pada informasi etnobotani, ketersediaan tanaman di lingkungan sekitar, serta masukan dari pengrajin batik setempat. Seleksi awal dilakukan berdasarkan tiga kriteria utama, yaitu 1) intensitas warna hasil ekstraksi melalui metode maserasi sederhana, 2) ketersediaan bahan baku secara lokal, serta 3) kemudahan dalam proses fiksasi warna pada kain. Hasil seleksi tersebut, sebanyak 9 tanaman menunjukkan intensitas warna yang cukup kuat dan stabil.

Sembilan tanaman tersebut diuji menggunakan teknik pewarnaan *boiling treatment* dengan tiga jenis mordan berbeda, yaitu tawas ($KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$), tunjung ($FeSO_4$), dan kapur sirih ($Ca(OH)_2$), untuk mengevaluasi ketahanan warna terhadap pencucian, sinar matahari (penjemuran), dan gesekan. Berdasarkan pengamatan visual dan hasil pewarnaan, empat jenis tanaman dipilih sebagai kandidat utama pewarna alami karena menghasilkan warna yang paling intens, stabil, dan aplikatif untuk batik besurek, yaitu *Hibiscus rosa-sinensis*, *Archidendron pauciflorum*, *Bougainvillea spectabilis*, dan *Curcuma longa*. Informasi lengkap mengenai 17 tanaman hasil eksplorasi awal, proses seleksi, dan hasil akhirnya disajikan pada Tabel 2.

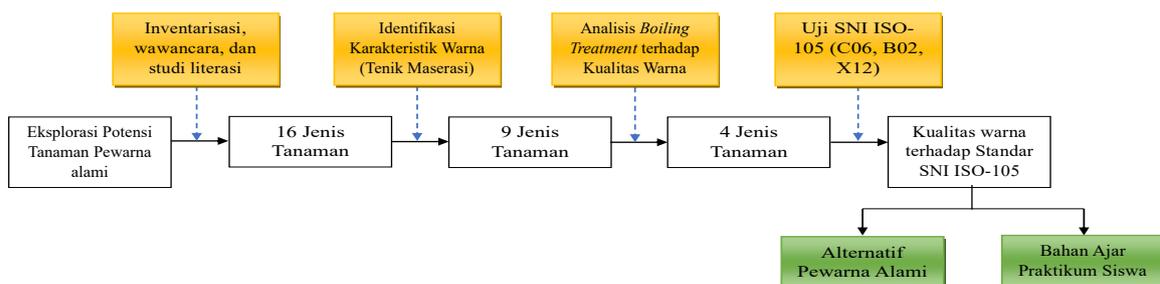
Tabel 2. Jenis tanaman hasil eksplorasi awal, proses seleksi, dan seleksi akhir

No	Nama Ilmiah	Tahap 1: Eksplorasi Awal	Tahap 2: Analisis Boiling Treatment	Tahap 3: Uji SNI ISO-105 (C06, B02, X12)	Seleksi Akhir
1	<i>Pometia pinnata</i>	√	X	X	X
2	<i>Curcuma longa</i>	√	√	√	√
3	<i>Ruellia simplex</i>	√	X	X	X
4	<i>Persea americana</i>	√	√	-	-
5	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> (red)	√	√	√	√
6	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> (yellow)	√	√	-	-
7	<i>Helianthus annuus</i> L.	√	X	X	X
8	<i>Carica papaya</i>	√	X	X	X
9	<i>Psidium guajava</i>	√	X	X	X
10	<i>Terminalia catappa</i>	√	X	X	X
11	<i>Syzygium oleina</i>	√	X	X	X
12	<i>Bougainvillea spectabilis</i> (red)	√	√	√	√

No	Nama Ilmiah	Tahap 1: Eksplorasi Awal	Tahap 2: Analisis <i>Boiling Treatment</i>	Tahap 3: Uji SNI ISO-105 (C06, B02, X12)	Seleksi Akhir
13	<i>Bougainvillea spectabilis</i> (yellow)	√	√	-	-
14	<i>Bougainvillea spectabilis</i> (purple)	√	√	-	-
15	<i>Rosa</i> sp.	√	X	X	X
16	<i>Archidendron pauciflorum</i>	√	√	√	√
17	<i>Swietenia mahagoni</i>	√	√	-	-

Keterangan: √ = Lolos/tahap dilakukan dan memenuhi kriteria, X = Tidak lolos/tidak memenuhi kriteria, - = Tidak dilakukan karena gugur di tahap sebelumnya

Tanaman yang lolos hingga tahap akhir dipilih berdasarkan kestabilan warna terhadap pencucian, sinar matahari (penjemuran), dan gesekan.



Gambar 2. Hasil eksplorasi tanaman pewarna

Berdasarkan hasil analisis *boiling treatment* dari 9 jenis tanaman yang telah di uji, terdapat 4 jenis tanaman utama yang memiliki potensi besar sebagai pewarna alami batik besurek, yaitu *Hibiscus rosa-sinensis*, *Archidendron pauciflorum*, *Bougainvillea* sp., dan *Curcuma longa*. Pemilihan ini dilakukan berdasarkan pengamatan awal secara visual terhadap intensitas warna (warna pekat dan tidak pucat), kestabilan (warna tidak mudah luntur saat pembilasan dan pengeringan), dan keaplikatifan (warna menyebar merata dan pigmen menempel dengan baik pada kain mori). Evaluasi visual ini, dilakukan pengujian lebih lanjut terhadap ketahanan warna menggunakan standar SNI ISO-105, mencakup ketahanan terhadap pencucian (C06), penjemuran (B02), dan gesekan (X12). Hasil uji tersebut disajikan pada Tabel 3.

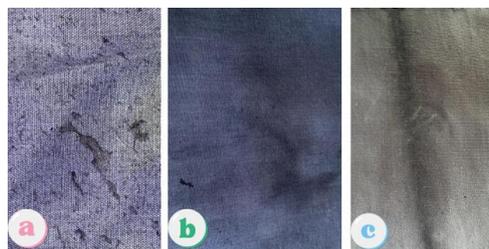
Tabel 3. Hasil pewarnaan kain dan uji ketahanan warna kain berdasarkan SNI ISO-105

No	Nama Tanaman	Boiling Treatment	Pick Colour	SNI ISO-105					
				C06 (Pencucian)		B02 (Penjemuran)		X12 (Gesekan)	
				Skor	Kriteria	Skor	Kriteria	Skor	Kriteria
1	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	Tawas	<i>Amethyst smoke</i> (#a7a0b3)	3	Cukup pudar	4	Sedikit pudar	4	Sedikit pudar
		Tunjung	<i>Gun powder</i> (#3e4055)	4	Sedikit pudar	7	Sedikit pudar	5	Tidak pudar
		Kapur Sirih	<i>Limed ash</i> (#737468)	2	Pudar	8	Tidak pudar	3	Cukup pudar
2	<i>Archidendron pauciflorum</i>	Tawas	<i>Mischka</i> (#dfdee4)	2	Pudar	3	Cukup pudar	5	Tidak pudar
		Tunjung	<i>Scarpa flow</i> (#54545c)	3	Cukup pudar	6	Cukup pudar	3	Cukup pudar
		Kapur Sirih	<i>Barley corn</i> (#a38864)	4	Sedikit pudar	7	Sedikit pudar	5	Tidak pudar

No	Nama Tanaman	Boiling Treatment	Pick Colour	SNI ISO-105					
				C06 (Pencucian)		B02 (Penjemuran)		X12 (Gesekan)	
				Skor	Kriteria	Skor	Kriteria	Skor	Kriteria
3	<i>Bougainville</i> sp.	Tawas	<i>Careys pink</i> (#daa1c1)	1	Sangat pudar	8	Tidak pudar	3	Cukup pudar
		Tunjung	<i>Thatch</i> (#bc9ca5)	2	Pudar	5	Pudar	4	Sedikit pudar
		Kapur Sirih	<i>Bazaar</i> (#9b7178)	2	Pudar	6	Cukup pudar	4	Sedikit pudar
4	<i>Curcuma longa</i>	Tawas	<i>Sundance</i> (#c0ac56)	5	Tidak pudar	8	Tidak pudar	5	Tidak pudar
		Tunjung	<i>Alpine</i> (#b1a12e)	5	Tidak pudar	8	Tidak pudar	5	Tidak pudar
		Kapur Sirih	<i>Twine</i> (#c2a065)	5	Tidak pudar	8	Tidak pudar	5	Tidak pudar

3.2 Pembahasan

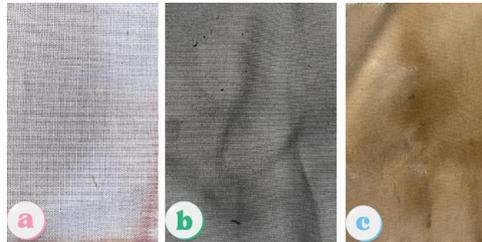
Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa setiap tanaman yang diuji pada penelitian ini menghasilkan warna yang berbeda tergantung pada jenis mordan yang digunakan. Warna yang terbentuk dipengaruhi oleh interaksi antara zat warna alami hasil maserasi tumbuhan dengan mordan, yang berfungsi sebagai fiksatif untuk meningkatkan daya serap dan ketahanan warna pada kain [26]. Ketahanan warna dari masing-masing pewarna alami diuji menggunakan standar SNI ISO-105, yang mencakup ketahanan terhadap pencucian, paparan sinar matahari (penjemuran), dan gesekan. Hasil uji ketahanan warna menunjukkan bahwa mordan tunjung cenderung menghasilkan warna yang lebih intens dan kuat serta memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap pencucian, sementara mordan tawas menghasilkan warna yang lebih cerah namun kurang tahan terhadap gesekan dan pencucian. Mordan kapur sirih menghasilkan warna yang lebih cerah dan natural serta memiliki ketahanan yang sedang terhadap pencucian tetapi cukup baik terhadap penjemuran dan gesekan. Penggunaan mordan dalam pewarnaan batik besurek berfungsi untuk membentuk ikatan kuat antara warna alami dan serat kain sehingga meminimalisir terjadinya luntur bahkan setelah melalui proses pencucian, penjemuran, dan gesekan [27]. Variasi warna tanaman dari perlakuan *boiling treatment* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Warna kain mori yang dicelup dengan ekstrak kembang sepatu terdiri atas (a) warna *amethyst smoke*, (b) warna *gun powder* serta (c) warna *limed ash*

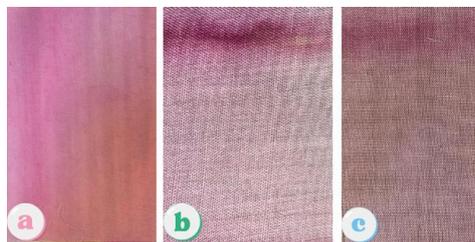
Gambar 3 menunjukkan variasi warna hasil pewarnaan kain mori menggunakan ekstrak *Hibiscus rosa-sinensis* dengan tiga jenis mordan yang berbeda. Pewarnaan menggunakan tawas (A) menghasilkan warna *amethyst smoke* (#a7a0b3) yang cenderung cerah, sedangkan mordan tunjung (B) menghasilkan warna *gun powder* (#3e4055) yang lebih gelap dan menunjukkan kepekatan warna yang kuat. Penggunaan kapur sirih (C)

menghasilkan warna *limed ash* (#737468), yang memiliki rona alami dan ketahanan terhadap luntur. Teknik pewarnaan menggunakan kapur sirih menunjukkan performa terbaik pada uji ketahanan terhadap penjemuran (ISO 105-B02) dengan skor 8 dan kategori “tidak pudar”, sehingga kombinasi kembang sepatu dengan mordan kapur sirih dinyatakan memenuhi standar ISO 105-B02 untuk ketahanan warna terhadap cahaya matahari (penjemuran). Variasi ini menguatkan pengaruh interaksi antara senyawa pewarna alami dan jenis mordan yang digunakan terhadap karakteristik serta ketahanan warna yang dihasilkan.



Gambar 4. Warna kain mori yang dicelup dengan ekstrak kulit jengkol terdiri atas (a) warna *mischka*, (b) warna *scarpa flow*, serta (c) warna *barley corn*

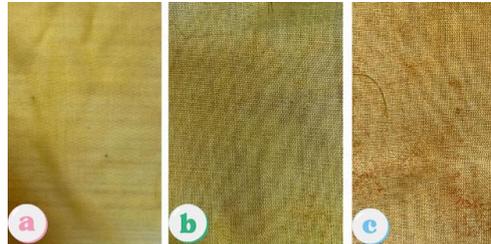
Gambar 4 menunjukkan hasil pewarnaan kain menggunakan ekstrak kulit *Archidendron pauciflorum* yang telah difiksasi dengan tiga jenis mordan. Mordan tawas (a) menghasilkan warna *mischka* (#dfdee4), yaitu rona abu muda yang cukup cerah, dan tahan terhadap gesekan. Penggunaan tunjung (b) menghasilkan warna *scarpa flow* (#54545c), yang tampak lebih gelap. Mordan kapur sirih (c) menghasilkan warna *barley corn* (#a38864), yaitu warna coklat kekuningan yang lebih natural dan memiliki performa baik terhadap gesekan. Teknik pewarnaan menggunakan tawas (a) dan kapur sirih (c) sama-sama memperoleh skor tertinggi pada uji gesekan (ISO 105-X12), yaitu skor 5 dengan kategori “Tidak pudar”. Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi kulit jengkol dengan mordan tawas maupun kapur sirih memenuhi standar ISO 105-X12 untuk ketahanan warna terhadap gesekan. Hal ini menguatkan bahwa variasi jenis mordan tidak hanya memengaruhi warna akhir, tetapi juga memengaruhi kestabilan warna terhadap berbagai perlakuan.



Gambar 5. Warna kain mori yang dicelup dengan ekstrak bunga kertas terdiri atas (a) warna *careys pink* (b) warna *thatch*, serta (c) warna *bazaar*

Gambar 5 memperlihatkan hasil pewarnaan kain dengan ekstrak *Bougainvillea* sp., yang menunjukkan karakteristik warna yang berbeda pada masing-masing jenis mordan. Pewarnaan menggunakan tawas (a) menghasilkan warna *careys pink* (#daa1c1), yaitu rona merah muda pucat yang tahan terhadap penjemuran. Teknik ini memperoleh skor tertinggi pada uji penjemuran (ISO 105-B02), yaitu skor 8 dengan kategori “Tidak pudar”, sehingga kombinasi bunga kertas dengan mordan tawas memenuhi standar ISO 105-B02 untuk

ketahanan warna terhadap penjemuran. Penggunaan tunjung (b) menghasilkan warna *thatch* (#bc9ca5) yang lebih netral dan stabil, sementara kapur sirih (c) menghasilkan warna *bazaar* (#9b7178), yang lebih hangat dan gelap. Perbedaan warna ini dipengaruhi oleh sensitivitas antosianin dalam bunga kertas terhadap perubahan pH dari masing-masing mordan yang digunakan.



Gambar 6. Warna kain mori yang dicelup dengan ekstrak kunyit terdiri atas (a) warna *sundance*, (b) warna *alpine*, serta (c) warna *twine*

Gambar 6 menampilkan hasil pewarnaan kain menggunakan ekstrak *Curcuma longa*, yang secara umum menunjukkan kestabilan warna tinggi di semua jenis mordan. Pewarnaan dengan tawas (a) menghasilkan warna kuning keemasan *sundance* (#c0ac56), sedangkan tunjung (b) menghasilkan warna *alpine* (#b1a12e) dengan nuansa hijau kekuningan. Penggunaan kapur sirih (c) menghasilkan warna *twine* (#c2a065), yaitu kuning kecokelatan yang hangat. Ketiga teknik mordan (tawas, tunjung, dan kapur sirih) menunjukkan hasil terbaik di semua pengujian ISO, yaitu skor 5 pada ISO 105-C06 (pencucian) dan ISO 105-X12 (gesekan), serta skor 8 pada ISO 105-B02 (penjemuran), yang seluruhnya termasuk kategori “Tidak pudar”.

Tingginya ketahanan warna dari ekstrak *Curcuma longa* pada kain disebabkan oleh kandungan *kurkumin*, yaitu senyawa aktif berwarna kuning yang bersifat *hidrofobik* dan stabil terhadap cahaya. *Kurkumin* merupakan senyawa polifenol yang memiliki struktur kimia khas berupa 2 gugus *hidroksil* (-OH) dan *metoksi* (-OCH₃) yang terikat pada 2 cincin aromatik, serta dihubungkan oleh sistem konjugasi berupa rantai *heptadien-dion* (1,3-diketon). Struktur ini memungkinkan *kurkumin* untuk berinteraksi secara stabil dengan ion logam dalam mordan, membentuk kompleks kurkumin-logam yang meningkatkan daya ikat pigmen terhadap serat kain [28]. Kemampuan membentuk ikatan kompleks yang kuat, *kurkumin* juga memiliki sifat antioksidan dan antimikroba yang mendukung kestabilan pigmen dari degradasi akibat proses pencucian, paparan sinar matahari, dan gesekan. Kombinasi sifat kimia tersebut menjadikan *Curcuma longa* sebagai sumber pewarna alami yang tidak hanya memiliki ketahanan warna tinggi, tetapi juga sepenuhnya memenuhi standar SNI ISO-105 untuk ketahanan terhadap pencucian, penjemuran, dan gesekan, sehingga sangat potensial untuk diaplikasikan dalam produksi batik besurek yang ramah lingkungan dan berkelanjutan [29].

Warna atau corak yang dihasilkan dari proses pewarnaan dasar kain batik besurek menggunakan ekstrak maserasi tanaman alami sangat dipengaruhi oleh interaksi antara zat warna yang ada pada tanaman dengan mordan yang digunakan. Perbedaan warna yang muncul terutama berkaitan dengan sifat asam basa dari mordan serta kandungan kimiawi masing-masing tanaman [30]. Keempat tanaman yang digunakan dalam penelitian ini diketahui mengandung senyawa pewarna alami, seperti Antosianin, klorofil, karotenoid, flavonoid, buinon dan tanin [31]. Struktur senyawa ini dapat berubah ketika berinteraksi dengan lingkungan asam atau basa yang dihasilkan oleh mordan, yang pada akhirnya

memengaruhi stabilitas dan struktur zat warna alami [32]. Perubahan tersebut memengaruhi struktur zat warna alami, menghasilkan variasi warna yang berbeda akibat proses kompleksasi atau pengikatan antara ion logam (Fe^{3+} , Al^{3+} , Mg^{2+}) dalam mordan dengan senyawa antosianin dalam tanaman [33] [34].

Pewarna alami dari tanaman merupakan bahan ramah lingkungan yang dapat menjadi alternatif pewarna sintetis dalam industri kecil. Pewarna alami cenderung lebih aman bagi kesehatan karena tidak mengandung senyawa berbahaya seperti logam berat atau zat karsinogenik yang sering ditemukan dalam pewarna sintetis [35]. Bahaya yang timbul dari penggunaan pewarna sintetis secara berkelanjutan adalah munculnya penyakit seperti kanker kulit akibat kandungan zat karsinogenik. Penggunaan pewarna sintetis juga dapat merusak ekosistem, terutama dengan dampaknya terhadap kualitas air tanah serta flora fauna akuatik yang hidup di sekitar industri batik melalui limbah cair yang dihasilkan dari zat pewarna sintetis [36]. Penggunaan pewarna sintetis dalam industri tekstil diketahui memberikan kontribusi signifikan terhadap pencemaran lingkungan, khususnya pencemaran air. Limbah pewarna sintetis memiliki konsentrasi yang tinggi, dan mengandung berbagai macam bahan organik dengan toksisitas biologis serta sifat karsinogenik, teratogenik, dan mutagenik [37]. BBKB menyarankan agar para pengrajin batik mulai menggunakan zat warna yang lebih aman bagi lingkungan, untuk mengurangi pencemaran dan menghasilkan limbah yang lebih mudah terurai secara alami tanpa meninggalkan residu beracun [38].

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penggunaan mordan dalam proses pewarnaan dasar batik besurek dengan bahan alami memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variasi warna dan ketahanan luntur kain. Pemilihan jenis mordan menentukan intensitas serta warna yang dihasilkan oleh tanaman. Tunjung (FeSO_4) cenderung menghasilkan warna yang lebih intens dan kuat, sedangkan kapur sirih ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) menghasilkan warna yang lebih natural dan cerah. Mordan juga berperan penting dalam meningkatkan ketahanan warna terhadap pencucian, paparan sinar matahari (penjemuran), dan gesekan. Penggunaan pewarna alami tentunya memiliki beberapa kelemahan seperti, ketahanan warna yang kurang terhadap cahaya, pencucian, keringat atau udara, pewarna alami lebih mahal dibandingkan pewarna sintetis, serta proses pewarnaan yang lebih kompleks dan memerlukan waktu yang lebih lama dibandingkan pewarna sintetis. Pengantisipasi kelemahan penggunaan pewarna alami tersebut, diperlukan teknik ekstraksi yang tepat, penggunaan mordan yang sesuai, serta pemilihan jenis kain yang mampu menyerap zat warna dengan baik. Pendekatan ini terbukti dapat meningkatkan daya tahan warna, menjadikannya lebih layak digunakan dalam produksi batik besurek yang ramah lingkungan [39].

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ekstrak maserasi pewarna alami dari *Hibiscus rosa-sinensis*, *Archidendron pauciflorum*, *Bougainvillea* sp., dan *Curcuma longa* memiliki potensi sebagai alternatif pewarna ramah lingkungan yang aman untuk digunakan dibandingkan pewarna sintetis. Teknik pewarnaan berbasis sumber daya lokal ini dapat mendukung pelestarian kearifan lokal batik besurek sekaligus mengurangi dampak lingkungan dari limbah pewarna tekstil. Namun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam interpretasi hasil. Analisis warna dilakukan masih bersifat visual dan semi-kuantitatif menggunakan metode *grayscale rating*, serta belum dilengkapi dengan analisis spektrofotometri yang dapat memberikan hasil lebih presisi. Penelitian lanjutan sangat diperlukan untuk memperluas skala uji, mengevaluasi stabilitas jangka panjang warna, dan mengoptimalkan metode pewarnaan agar lebih aplikatif dalam produksi batik skala industri besar.

Penelitian ini juga memiliki relevansi yang kuat dengan konteks pembelajaran IPA di tingkat SMP, khususnya terkait dengan penerapan teknologi ramah lingkungan yang terdapat pada kompetensi dasar 3.11 dan 4.11 dalam kurikulum 2013. Kompetensi tersebut menekankan agar peserta didik mampu menganalisis dan menerapkan prinsip-prinsip teknologi yang mendukung kelestarian lingkungan melalui penggunaan pewarna alami dari tanaman lokal, peserta didik tidak hanya belajar mengenai teknologi pewarnaan yang ramah lingkungan, tetapi juga memahami penerapan prinsip keberlanjutan dalam kehidupan nyata, seperti upaya mengurangi pencemaran dan melestarikan keberlanjutan sumber daya alam.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa dari 4 tanaman yang diuji yaitu *Curcuma longa*, *Hibiscus rosa-sinensis*, *Archidendron pauciflorum*, dan *Bougainvillea* sp., ekstrak *C. longa* memiliki ketahanan warna tertinggi terhadap pencucian (ISO 105-C06), penjemuran (ISO 105-B02), dan gesekan (ISO 105-X12), memenuhi seluruh kategori “tidak pudar”. *Hibiscus rosa-sinensis* dan *Archidendron pauciflorum* juga menunjukkan hasil baik dengan skor stabil pada kisaran 4-8, tergantung jenis mordan yang digunakan. Sedangkan *Bougainvillea* sp., memiliki variasi skor yang lebih lebar dan memerlukan optimasi lanjutan. Temuan ini menegaskan bahwa pemilihan jenis tumbuhan dan mordan berperan penting dalam kualitas dan ketahanan luntur warna. Pewarna alami dari tumbuhan lokal berpotensi besar sebagai alternatif pengganti pewarna sintetis untuk mendukung pengembangan batik besurek yang ramah lingkungan. Hasil penelitian ini juga memiliki relevansi dalam konteks pembelajaran IPA di SMP, khususnya pada topik teknologi ramah lingkungan berbasis kearifan lokal. Penelitian lanjutan disarankan untuk menguji stabilitas warna dalam jangka waktu lebih panjang dan pada berbagai jenis kain guna memperluas penerapan hasil temuan.

Daftar Pustaka

- [1] M. Belladonna, N. Nasir, and E. Agustomi, “Perancangan instalasi pengolah air limbah (IPAL) industri batik besurek di Kota Bengkulu,” *J. Teknologi*, vol. 12, no. 1, pp. 6–13, 2020, doi: 10.24853/jurtek.12.1.1-8.
- [2] Y. A. Khalish and A. Solihat, “Akulturasi budaya arab dalam motif kaligrafi batik,” *Jurnal Kajian Seni*, vol. 10, no. 01, pp. 80–93, 2023, doi: 10.22146/jksks.81340.
- [3] R. Sahara, H. Johan, and R. Medriati, “Analisis kebutuhan pengembangan modul berbasis etnosains materi suhu dan kalor Kelas XI SMAN Kota Bengkulu,” *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, vol. 6, No. 3, pp. 2–5, 2022, doi: 10.20527/jipf.v6i3.6459.
- [4] A. Aldalbahi, M. E. El-Naggar, M. H. El-Newehy, M. Rahaman, M. R. Hatshan, and T. A. Khattab, “Effects of technical textiles and synthetic nanofibers on environmental pollution,” *Polymers (Basel)*, vol. 13, no. 1, pp. 1–26, 2021, doi: 10.3390/polym13010155.
- [5] R. A. Purnomo, R. Rahmawati, S. Arifah,, and S. Nurlaela “Batik ciprat pewarna alam : Ekonomi kreatif sebagai solusi pembangunan berkelanjutan,” *BUDIMAS: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, vol. 6, no. 1, pp. 1–9, 2024.
- [6] B. Pizzicato, S. Pacifico, D. Cayuela, G. Mijas, and M. Riba-Moliner, “Advancements in sustainable natural dyes for textile applications: A Review,” *Molecules*, vol. 28, no. 16, pp. 1–22, 2023, doi: 10.3390/molecules28165954.
- [7] T. Rahayuningsih, F. S. Rejeki, E. R. Wedowati, and D. Widhowati, “Preliminary study of natural dyes application on batik,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 475, no. 1, pp. 1-7, 2020, doi: 10.1088/1755-1315/475/1/012069.
- [8] S. Velusamy, A. Roy, S. Sundaram, and T. Kumar Mallick, “A review on heavy metal ions and containing dyes removal through graphene oxide-based adsorption strategies for textile wastewater treatment,” *Chem. Rec.*, vol. 21, no. 7, pp. 1570–1610, 2021, doi: 10.1002/tcr.202000153.

- [9] B. I. Yuniarti and T. Widayatno, "Analisa perubahan BOD, COD, dan TSS limbah cair industri tekstil menggunakan metode elektooksidasi-elektrokoagulasi elektroda Fe-C dengan sistem semi kontinyu," *Jurnal Rekayasa Hijau*, vol. 5, no. 3, pp. 238–247, 2022, doi: 10.26760/jrh.v5i3.238-247.
- [10] N. Y. Amogne, D. W. Ayele, and Y. A. Tsigie, "Recent advances in anthocyanin dyes extracted from plants for dye sensitized solar cell," *Mater. Renew. Sustain. Energy*, vol. 9, no. 4, pp. 1–16, 2020, doi: 10.1007/s40243-020-00183-5.
- [11] E. O. Alegbe and T. O. Uthman, "A review of history, properties, classification, applications and challenges of natural and synthetic dyes," *Heliyon*, vol. 10, no. 13, pp. 1-19, 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e33646.
- [12] F. K. Uskono, N. Naisumu, and Y. G. Makin, "Pemanfaatan tumbuhan sebagai pewarna alami kain tenun ikat Desa Tainsala Kecamatan Insana Tengah Kabupaten Timor Tengah Utara," *Jurnal Biologi Indonesia.*, vol. 21, no. 1, pp. 1–11, 2025, doi: 10.47349/jbi/21012025/1.
- [13] S. Aggarwal, "Indian dye yielding plants: Efforts and opportunities," *Nat. Resour. Forum*, vol. 45, no. 1, pp. 63–86, 2021, doi: 10.1111/1477-8947.12214.
- [14] M. Salauddin, M. I. A. Rony, M. A. Haque, and A. M. Shamim, "Review on extraction and application of natural dyes," *Text. Leather Rev.*, vol. 4, no. 4, pp. 218–233, 2021, doi: 10.31881/TLR.2021.09.
- [15] D. Setiyanto and F. R. Fuad, "Proses produksi batik pewarna alam di Batik Jalidin Masaran Sragen," vol. 1, no. 4, pp. 94–103, 2024, doi: 10.62383/realisasi.v1i4.326.
- [16] Ö. E. İşmal and L. Yildirim, "Metal mordants and biomordants," *Impact Prospect. Green Chem. Text. Technol.*, pp. 57–82, 2018, doi: 10.1016/B978-0-08-102491-1.00003-4.
- [17] G. Natarajan, T. P. Rajan, and S. Das, "Application of sustainable textile finishing using natural biomolecules," *J. Nat. Fibers*, vol. 19, no. 11, pp. 4350–4367, 2022, doi: 10.1080/15440478.2020.1857895.
- [18] J. Rani, R. Guru, J. Singh, and S. Santhanam, "Eco-dyeing and functional finishing of cotton fabric using a natural colour derived from lotus seed: Enhanced fastness properties with chitosan," *Text. Leather Rev.*, vol. 7, no. June, pp. 1039–1060, 2024, doi: 10.31881/TLR.2024.099.
- [19] L. Malina, "Eceng gondok (*Eichornia crassipes*) sebagai alternatif pengganti warna pada praktikum sidik jari dengan metode ekstraksi maserasi," *Kongr. XV HUT KE – 52 PAAI 2023 - 4th LUMMENS "The Role Gut-Brain Axis Indones. Hum. Dev.*, pp. 215–224, 2023.
- [20] F. Arsa and A. Adriani, "Pengaruh mordant terhadap hasil ecoprint daun pepaya jepang (*Cnidioscolus aconitifolius*) pada bahan katun," *Gorga: Jurnal Seni Rupa*, vol. 13, o. 1, pp. 24–31, 2024, doi: 10.24114/gr.v13i01.52845.
- [21] T. Rahayuningsih, F. S. Rejeki, E. R. Wedowati, and D. Widhowati, "Exploration source of natural dyes for batik from fresh and fallen leaves," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 230, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/230/1/012081.
- [22] V. S. P. Rumiayati, A. P. E. Putranto, A. Amar, Y. Nazar, and B. Oktaviani, "Identifikasi konstruksi dan kualitas kain mori sebagai bahan baku pembuatan batik," *Jurnal Tekstil: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Bidang Tekstil dan Manajemen Industri.*, vol. 5, no. 1, pp. 36–45, 2022, doi: 10.59432/jute.v5i1.21.
- [23] ISO 105-X12, "Textiles — Tests for colour fastness — Part X12: Colour fastness to rubbing," *Int. Organ. Stand.*, vol. 1, no. I, pp. 1–5, 2016.
- [24] F. S. Ghaheh, M. K. Moghaddam, and M. Tehrani, "Comparison of the effect of metal mordants and bio-mordants on the colorimetric and antibacterial properties of natural dyes on cotton fabric," *Color. Technology*, vol. 137, no. 6, pp. 689–698, 2021, doi: 10.1111/cote.12569.
- [25] J. Liang, J. Zhou, X. Hu, H. Luo, G. Cao, L. Liu, and K. Xiao, "Digital grading the color fastness to rubbing of fabrics based on spectral reconstruction and BP neural network," *Imaging*, vol. 9, no. 11, pp. 1-20, 2023, doi: 10.3390/jimaging9110251.
- [26] S. Singh and D. Rani Singh, "Application of natural mordants on textile," *Internat. J. Appl. Home Sci.*, vol. 5, no. 1, pp. 252–260, 2018.
- [27] B. Sobandi, H. Supiarza, S. Gunara, W. Gunawan, and H. Y. Hamdani, "An eco-friendly dye for batik clothes: A natural dye solution made of mango seeds extract (*Mangifera indica* L.)," *Vlakna a Text.*, vol. 30, no. 3, pp. 37–47, 2023, doi: 10.15240/tul/008/2023-3-005.
- [28] A. Lestari, C. Kurniawan, Y. N. Nugraha, and S. Sutikno, "Kajian fotostabilitas senyawa kurkumin dengan penambahan ion logam Cu²⁺ pada irradiasi sinar UV," *al-Kimiya*, vol. 7, no. 2, pp. 55–61, 2020, doi: 10.15575/ak.v7i2.9439.
- [29] K. S. Warsita and B. Muchtarromah, "Analisis potensi pewarna textil berbasis tanaman," *J. Biol. dan Pembelajaran Biol.*, vol. 9, no. 1, pp. 36–36, 2024, doi: 10.32528/bioma.v9i1.1057.

- [30] A. P. Manian, R. Paul, and T. Bechtold, "Metal mordanting in dyeing with natural colourants," *Color. Technol.*, vol. 132, no. 2, pp. 107–113, 2016, doi: 10.1111/cote.12199.
- [31] T. Islam, K. M. R. Islam, S. Hossain, M. A. Jalil, and M. M. Bashar, "Understanding the fastness issues of natural dyes," in *Dye Chemistry - Exploring Colour From Nature to Lab*, 2016, doi: 10.5772/intechopen.1005363.
- [32] M. Yusuf, M. Shabbir, and F. Mohammad, "Natural colorants: Historical, processing and sustainable prospects," *Nat. Products Bioprospect.*, vol. 7, no. 1, pp. 123–145, 2017, doi: 10.1007/s13659-017-0119-9.
- [33] V. S. Fedenko, M. Landi, and S. A. Shemet, "Metallophenolomics: A novel integrated approach to study complexation of plant phenolics with metal/metalloid ions," *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 23, no. 19, pp. 1–40, 2022, doi: 10.3390/ijms231911370.
- [34] S. L. W. H. Muhammad, S. Endang, and A. D. R. Sri, "Complexation and colour stability of anthocyanins from the extracts of Java plum fruits," *Science & Technology Indonesia*, vol. 10, no. 1, pp. 43–55, 2025, doi: 10.26554/sti.2025.10.1.43-55 1.
- [35] A. M.S. Jorge, H. F. Ribeiro, and J. F. B. Pereira, "Natural and eco-friendly cootton dyeing process using eutectic solvents and curcumin," *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 32, no. 2, pp. 1–14, 2025.
- [36] G. Samchetshabam, H. Ajmal, and T. G. Choudhury, "Impact of textile dyes waste on aquatic environments and its treatment," *Environ. Ecol.*, vol. 35, no. 3C, pp. 2349–2353, 2017.
- [37] Q. Liu, "Pollution and treatment of dye waste-water," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 514, pp. 1–7, 2020, doi: 10.1088/1755-1315/514/5/052001.
- [38] A. M. Falah and S. K. Atik, "Aplikasi kain berbahan rami untuk produk tekstil kreatif interior," *Jurnal ATRAT*, vol. 11, no. 1, pp. 82–93, 2023, doi: 10.26742/atrat.v11i1.2841.
- [39] M. Ragab, A. Hassabo, and H. Othman, "An overview of natural dyes extraction techniques for valuable utilization on textile fabrics," *J. Text. Color. Polym. Sci.*, vol. 19, no. 2, pp. 137–153, 2022, doi: 10.21608/jtcps.2022.130253.1115.