



## Recovery of Indantren from Batik Liquid Waste after Fabric Dying and its Application

Maghfiroh<sup>□</sup>, Daru Anggara Murty, dan Hutami Puji Lestari

Program Studi Teknologi Batik, Fakultas Teknik, Universitas Pekalongan  
Jalan Sriwijaya Nomor 3 Telp. (0285) 426800, 421464 Kota Pekalongan 57111

### Info Artikel

Diterima : 20-10-2023

Disetujui : 28-10-2023

Dipublikasikan : 30-11-2023

#### Keywords:

Batik

Recovery

Indantren

Industri Hijau

### Abstrak

Telah dilakukan pemanfaatan kembali sisa zat warna, yaitu zat warna indantren yang terbuang setelah proses pewarnaan batik selesai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas warna yang meliputi ketahanan warna dan ketahanan luntur warna kain terhadap cucian sabun, gosokan kering, dan keringat (asam dan basa) dari zat warna indantren setelah dilakukan proses *recovery* dengan metode sedimentasi. Proses *recovery* zat warna indantren dilakukan dengan metode sedimentasi pada limbah proses pewarnaan. Sedimen yang didapat dikeringkan pada suhu 80°C menggunakan oven hingga diperoleh serbuk zat warna indantren hasil *recovery* dan kemudian diaplikasikan untuk pewarnaan kain katun. Tahap evaluasi warna kain dilakukan untuk menguji ketahanan dan ketahanan luntur zat warna indantren hasil *recovery* jika zat warna tersebut digunakan kembali pada proses pembatikan. Uji ketahanan warna dilakukan dengan spektrofotometer UV-PC, uji tahan luntur warna terhadap cuci sabun dan keringat (asam dan basa) dengan *grey scale*, dan uji tahan luntur warna terhadap gosokan kering dengan *staining scale*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa zat warna indantren hasil *recovery* memiliki kualitas yang baik untuk digunakan kembali pada proses pewarnaan. Sisa zat warna indantren yang dapat diperoleh kembali sebesar 32,8% dari massa indantren yang digunakan pada proses pewarnaan awal. Uji tahan luntur warna terhadap cuci sabun, gosokan kering, dan keringat (asam dan basa) dari zat warna indantren tersebut menghasilkan nilai baik.

### Abstract

The dye waste have been reused, namely indantren which were wasted after the batik coloring process was finished. This study aims to determine the quality of the color test results, fastness to soap washing, dry rubbing and perspiration (acid and base) of the dyes indantren on fabrics after recovery process using the sedimentation method. The process of recovering indantren dyes is carried out by the method of sedimentation of the residual waste of the dyeing process. The sediment obtained was dried at 80°C using an oven to obtain the recovered indantren dye powder and then applied to dye cotton fabrics. The fabric color evaluation is carried out to test the aging and fastness of recovered indantren dyes if the dyes are reused in the batik process. The color intensity test was carried out using a UV-PC spectrophotometer, the color fastness test to washing soap and perspiration (acid and base) with the gray scale, and the color fastness test to dry rubbing using the staining scale. The results showed that the three types of recovered indantren dyes used in this study had good quality for reuse in the coloring process. Remaining indantren dyes that can be reused are 32,8% of the mass of indantren used in the initial coloring process. The color fastness test to soap washing, dry rubbing and perspiration of the indantren dyes yielded good scores.

© 2023 Universitas Negeri Semarang

□ Alamat korespondensi:  
Jalan Sriwijaya Nomor 3 Kota Pekalongan 51111  
E-mail: [maghfiroh.chemistry@gmail.com](mailto:maghfiroh.chemistry@gmail.com)

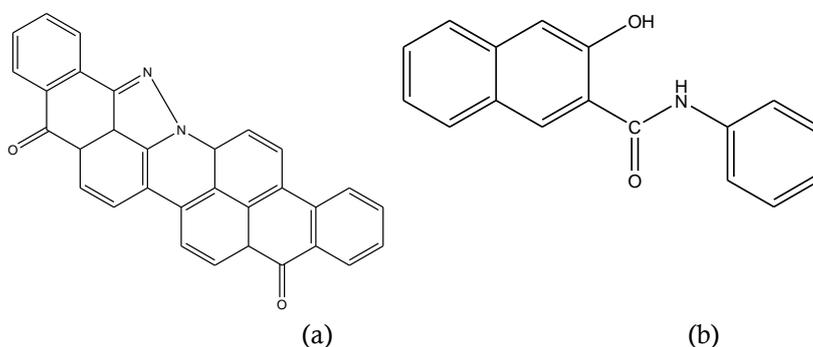
## Pendahuluan

Pengukuhan batik sebagai *Masterpieces of the Oral and Intangible Heritage of Humanity* oleh UNESCO pada tanggal 2 Oktober 2009 turut berkontribusi terhadap peningkatan minat masyarakat terhadap batik (Maziyah, 2020). Hal ini memiliki dampak pada bidang perekonomian di Kabupaten Pekalongan. Pada tahun 2021, Badan Pusat Statistik Kabupaten Pekalongan menyatakan bahwa terdapat 658 industri batik dengan jumlah tenaga kerja sebanyak 4.540 orang. Industri batik menyumbang sebanyak 39,45% pemasukan bagi Pendapatan Asli Daerah (PAD) Kabupaten Pekalongan (Adiana, 2022).

Penerbitan Kepres Nomor 33 Tahun 2009 sebagai usaha pemerintah meningkatkan citra positif dan martabat bangsa Indonesia di forum internasional. Penetapan hari Batik Nasional juga dalam rangka meningkatkan kesadaran, menumbuhkan kebanggaan dan kecintaan masyarakat terhadap kebudayaan Indonesia dan sebagai upaya perlindungan dan pengembangan Batik Indonesia (Susanto, 1980). Hal tersebut juga berdampak pada eksistensi industri kecil batik di Indonesia karena sebagian besar batik diproduksi oleh industri kecil, sehingga dengan makin sering masyarakat memakai batik sama artinya dengan menghidupkan usaha kecil menengah batik (Listiyaningrum, 2020).

Kontradiktif dengan prestasi tersebut, meningkatnya minat masyarakat terhadap batik mendorong peningkatan kapasitas produksi yang berbanding lurus dengan peningkatan volume limbah cair batik sebagai *output* produksi yang berpotensi untuk mencemari lingkungan. Kondisi ini diperparah dengan adanya *land subsidence* yang terjadi di Pekalongan. Berdasarkan data dari Badan Geologi Kementerian ESDM tercatat bahwa terjadi *land subsidence* sebesar 6 cm di Pekalongan pada tahun 2020. Keduanya fakta ini menimbulkan fenomena banjir yang berwarna warni menyesuaikan jenis warna yang diproduksi di hari tersebut. Fenomena ini dipublikasikan oleh berbagai media massa baik nasional maupun internasional.

Sisa zat warna adalah komponen paling dominan pada limbah di industri batik. Sebagian pelaku industri batik masih menganggap limbah industri batik belum menjadi suatu permasalahan, karena pengaruhnya terhadap penduduk sekitar belum terasa. Beberapa penanganan limbah termasuk adanya IPAL juga masih menyisakan permasalahan terkait endapan/ residu yang dihasilkan, terutama untuk jenis zat warna tidak langsung (zat warna ajektif). Zat warna ajektif merupakan jenis zat warna tekstil yang tidak dapat mewarnai kain secara langsung, melainkan membutuhkan zat bantu (Isminingsih, 1982). Zat warna jenis ini pada dasarnya memiliki kelarutan yang sangat kecil pada air. Zat bantu dibutuhkan untuk mengubah struktur molekul kromofor dari yang bersifat non-polar menjadi polar (Djufri, 1976). Oleh karena memiliki sifat yang tidak larut dalam air, maka zat warna ini mudah mengendap. Pada kasus ini, konsentrasi zat warna dari sisa larutan celup yang dibuang ke lingkungan berkurang karena sebagian zat warna berada di endapan, akan tetapi muncul limbah baru, yaitu residu (sisa zat warna) dalam bentuk endapan/sedimen. Penanganan zat warna indantren sangat dibutuhkan, karena zat warna indantren dinilai berbahaya bagi kesehatan. Kontak zat warna indantren serupa dengan naphtol pada kulit menimbulkan kemerahan dan rasa sakit. Bila terserap ke dalam kulit dapat menyebabkan kerusakan ginjal dan kulit terkelupas dan keracunan kronis yang dapat terjadi akibat paparan terhadap kulit yang berulang kali menyebabkan dermatitis kulit (Hairunisa, 2022).



**Gambar 1.** Struktur molekul (a) zat warna indantren navy blue R dan (b) zat warna naphtol (Isminingsih, 1982)

Limbah sisa zat warna dari proses pewarnaan batik ini harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Pengolahan limbah cair batik yang berupa sisa zat warna dilakukan untuk mengurangi bahkan menghilangkan polutan-polutan yang terdispersi dalam air limbah. Beberapa publikasi ilmiah telah melaporkan beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengolah limbah sisa zat warna batik, beberapa diantaranya adalah dengan metode filtrasi (Syitoh dan Hendrasarie, 2022), elektrolisis (Setianingrum *et al.*, 2018) adsorpsi (Guo *et al.*, 2019), fotodegradasi (Luthfiana *et al.*, 2023) dan koagulasi (Hidayatulloh *et al.*, 2023). Salah satu metode yang sering dilakukan oleh metode koagulasi karena metode koagulasi dinilai

merupakan metode yang sederhana, memiliki efektivitas tinggi, dan biaya yang relatif rendah. Dalam berbagai tahap pengolahan limbah yang menggabungkan berbagai metode seperti elektrolisis, filtrasi, koagulasi, dan adsorpsi, metode koagulasi memberikan kontribusi yang relatif besar dalam keberhasilan pengolahan suatu limbah cair (Sausan *et al.*, 2021). Tetapi masih dalam batasan penyerapan zat warna belum pada pemanfaatan kembali zat warna yang telah diserap oleh adsorben.

**Tabel 1** Data evaluasi warna kain yang dihasilkan dari proses *reuse* sisa larutan celup zat warna indantren navy blue R

Waktu pencelupan	Nilai uji tahan luntur warna terhadap cuci sabun		Nilai uji tahan luntur warna terhadap gosokan kain (kering)		Nilai Uji Ketuaan Warna (R %)
	(Grey scale)		(Staining Scale)		
STD – Kain Putih Hari ke-0	-	-	-	-	105,58
a. Jam 08.00 WIB	4	Baik	4-5	Baik	27,51
b. Jam 12.00 WIB	4	Baik	4-5	Baik	47,90
c. Jam 16.00 WIB	3-4	Cukup Baik	4-5	Baik	48,75
Hari ke-1	3-4	Cukup Baik	3-4	Cukup Baik	64,99
Hari ke-2	3-4	Cukup Baik	4	Baik	65,98
Hari ke-3	3-4	Cukup Baik	3-4	Cukup Baik	66,07

(Maghfiroh *et al.*, 2020)

Kondisi yang optimum perlu dicapai agar menghasilkan rendemen zat warna yang maksimal, menghasilkan kualitas hasil pewarnaan yang baik dan warna yang melekat pada serat memiliki daya tahan terhadap serat yang tinggi. Dengan demikian perlu adanya penelitian lebih lanjut terkait optimasi proses pemanfaatan kembali sisa zat warna, terutama zat warna ajektif termasuk zat warna indantren (Gambar 1) yang terbuang setelah proses pewarnaan batik selesai. Penelitian ini diharapkan dapat menawarkan solusi dalam menjaga lingkungan sekaligus menurunkan biaya produksi dengan *recovery* zat warna batik.

## Metode

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: meja cap, kompor gas, canting cap, kain pelindung badan, ender, gawangan, ember, timbangan digital kapasitas maksimum 250 gram, sarung tangan, pengaduk, sepatu boot, spektrofotometer UV-PC Model ISR-2200, FTIR-ATR, *Grey Scale*, *Staining Scale*. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: malam/lilin baik, tepol, detergen, gas elpiji, kain katun/mori, zat warna indantren navy blue R, natrium hidrosulfit, natrium hidroksida, dan natrium karbonat.

## Tahap recovery sisa zat warna

Secara garis besar, tahap *recovery* sisa zat warna terbagi atas 2 (dua) tahap, yaitu tahap pertama adalah pembuatan batik sedangkan tahap kedua adalah tahap optimasi suhu pengeringan sedimen zat warna indantren yang digunakan pada tahap pertama. Tahap *recovery* sisa zat warna dari limbah cair batik dilakukan dengan menampung limbah sisa proses pewarnaan dan dibiarkan mengendap selama 24 sampai dengan 48 jam. Adapun tahapannya meliputi: 1) Tahap pembuatan batik, dilakukan dengan sebanyak 20 m kain katun dipotong untuk kemudian direndam selama satu malam dengan cairan tepol dan sabun detergen, dan dijemur ditempat yang tidak terkena sinar matahari langsung. Kain katun yang telah dijemur, dicap menggunakan malam; Selanjutnya, larutan zat warna dibuat dengan melarutkan 100 gram zat warna indantren dengan zat bantu (300 gram natrium hidrosulfit dan 200 gram natrium hidroksida) ke dalam 100 liter air. Pewarnaan dilakukan dengan cara mencelupkan kain katun ke dalam zat warna. Kain yang telah diwarnai selanjutnya *dilorod* menggunakan air dengan suhu 60 °C; g. Kain yang telah dibatik kemudian dijemur; 2) Tahap optimasi suhu pengeringan zat warna yang telah tersedimentasi.

Tahap penelitian ini dilakukan untuk menentukan suhu optimum pengeringan dalam membuat serbuk zat warna hasil proses *recovery* larutan sisa zat warna. Pertama kali, zat warna yang tersisa setelah proses pembuatan batik ditampung pada 6 (enam) ember dan diamkan sampai terbentuk sedimen (24 jam, 36 jam dan 48 jam). Zat warna yang telah tersedimentasi dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 80 °C. Hasil serbuk zat warna dari proses *recovery* digunakan kembali untuk proses pewarnaan kain katun

dalam proses pembatikan. Suhu optimum adalah suhu pengeringan zat warna yang memberikan ketahanan warna terhadap pencucian, gosokan dan keringat. Hasil serbuk zat warna ditimbang untuk mengetahui rendemen. Hasil serbuk zat warna dikarakterisasi dengan menggunakan FTIR-ATR.

#### Tahap evaluasi warna pada kain yang dicelup dengan zat warna indantren hasil proses recovery

Tahap evaluasi ketahanan warna pada kain yang dicelup dengan zat warna batik hasil proses *recovery* Tahap evaluasi ketahanan warna kain dilakukan untuk menguji ketahanan luntur zat warna hasil *recovery* jika zat warna tersebut digunakan kembali pada proses pembatikan. Sebelum tahap evaluasi ketahanan warna dilakukan, terlebih dahulu dilakukan tahap optimasi massa zat bantu yang digunakan untuk melarutkan zat warna ke dalam air. Pertama yang dilakukan adalah sebanyak 20 m kain katun dipotong untuk kemudian direndam selama satu malam dengan cairan tepol dan sabun deterjen, dan dijemur ditempat yang tidak terkena sinar matahari langsung. Kain katun yang telah dijemur, dicap menggunakan malam. Larutan zat warna dibuat dengan melarutkan zat warna hasil *recovery* dan zat bantu dalam berbagai perbandingan massa. Pewarnaan dilakukan dengan cara mencelupkan kain katun ke dalam larutan zat warna. Kain yang telah diwarnai selanjutnya dilorod menggunakan air dengan suhu 60 °C. Kain yang telah diwarnai selanjutnya *dilorod* menggunakan air dengan suhu 60 °C. Kain yang telah dibatik kemudian dijemur dan dievaluasi ketahanan warna dan nilai tahan lunturnya.

#### Evaluasi ketahanan luntur warna terhadap pencucian

Pengujian tahan luntur warna terhadap pencucian dilakukan dengan prosedur sesuai SNI ISO 105-C12:2016. Sehelai kain batik berwarna yang diambil dari contoh dengan ukuran tertentu dicuci menggunakan alat launderometer dengan pengatur suhu secara termostatik dan kecepatan putaran 42 rpm. Penilaian dilakukan dengan membandingkan contoh yang telah dicuci dengan kain putih. Perubahan warna pada contoh dilakukan menggunakan skala abu-abu (*grey scale*) dan dinyatakan dengan nilai kekhromatikan adam. Nilai 5 berarti tidak ada perubahan dan seterusnya sampai nilai 1 yang berarti perubahan warna sangat besar.

**Tabel 2** Nilai kekhromatikan adam

Nilai Tahan Luntur Warna	Perbedaan warna (CIE lab)	Toleransi untuk standar kerja (CIE lab)	Evaluasi Tahan Luntur Warna
5	0	+0,0	Baik Sekali
4-5	0,8	+0,2	Baik
4	1,5	+0,2	Baik
3-4	2,1	+0,2	Cukup Baik
3	3,0	+0,2	Cukup
2-3	4,2	+0,3	Kurang
2	6,0	+0,5	Kurang
1-2	8,5	+0,7	Jelek
1	12,0	+1,0	Jelek

(Djufri, 1976)

#### Evaluasi ketahanan luntur warna terhadap keringat

Nilai tahan luntur warna terhadap keringat (asam dan basa) dilakukan sesuai prosedur SNI ISO 105-E04:2015. Metode ini menetapkan cara uji tahan luntur warna untuk segala macam dan bentuk bahan tekstil berwarna terhadap keringat manusia. Contoh uji dilapisi dengan kain pelapis diproses dalam dua larutan berbeda yang mengandung histidin, ditiriskan dan ditempatkan diantara dua lempeng di bawah tekanan tertentu dalam alat uji. Contoh uji dan kain pelapis dikeringkan secara terpisah. Perubahan warna masing-masing contoh uji dan penodaan dari kain pelapis dinilai dengan membandingkan terhadap skala abu-abu (*grey scale*).

#### Evaluasi ketahanan luntur warna terhadap gosokan

Uji tahan luntur warna terhadap gosokan dilakukan menggunakan prosedur sesuai dengan SNI 0288:2008. Contoh uji dipasangkan pada crockmeter, kemudian padanya digosokkan kain putih kering dengan kondisi tertentu. Penggosokan ini diulangi dengan kain putih basah. Penodaan pada kain putih dinilai dengan

menggunakan Staining Scale. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan penodaan warna pada kain putih terhadap *staining scale* sesuai SNI 0284. Nilai pengujian ditunjukkan dengan nilai antara lain: Nilai 5 untuk tidak ada penodaan; Nilai 4 untuk penodaan ekuivalen dengan tingkat ke-4 skala penodaan; Nilai 3 untuk penodaan ekuivalen dengan tingkat ke 3 dalam skala penodaan; Nilai 2 untuk penodaan ekuivalen dengan tingkat ke 2 dalam skala penodaan; Nilai 1 untuk penodaan ekuivalen dengan tingkat ke 1 dalam skala penodaan.

#### **Evaluasi ketuaan warna**

Evaluasi ketuaan warna dilakukan dengan alat spektrofotometer UV-PC dengan menentukan panjang gelombang sinar yang dipantulkan (reflektansi = %R) menggunakan program UV-PC. Semakin kecil nilai %R maka warna kain semakin tua/gelap, sebaliknya, semakin besar nilai %R menunjukkan warna kain semakin terang atau menuju arah warna putih.

#### **Analisis gugus fungsional molekul**

Konfirmasi gugus fungsional dilakukan menggunakan metode analisis spektroskopi FT-IR, dengan cara menentukan dan merekam hasil spektra residu dengan serapan energi oleh molekul organik dalam sinar infra merah. Setiap gugus fungsional dalam molekul memiliki karakteristik serapan pada bilangan gelombang tertentu pada daerah sinar infra merah. Intensitas serapan merupakan ukuran konsentrasi gugus yang khas dari molekul yang dianalisis. Metode ini didasarkan pada interaksi antara radiasi infra merah dengan materi. Interaksi ini berupa absorpsi pada frekuensi atau panjang gelombang tertentu yang berhubungan dengan energi transisi antara berbagai keadaan vibrasi dan rotasi molekul.

#### **Hasil dan Pembahasan**

Zat warna indantren adalah zat warna tekstil yang dapat digunakan dengan teknik pewarnaan dingin, oleh karena itu zat warna indantren dapat diaplikasikan untuk produk batik. Zat warna indantren merupakan senyawa yang tidak larut dalam air (Isminingsih, 1982). Zat warna indantren tidak dapat langsung mencelup serat tanpa suatu modifikasi gugus fungsional dari gugus karbonil menjadi gugus hidroksi. Perubahan gugus fungsional tersebut disebabkan adanya reduktor dalam suasana alkali (Isminingsih, 1982). Dalam bidang batik, reduktor yang sering digunakan adalah natrium hidrosulfit dalam larutan natrium hidroksida.

Zat warna indantren banyak digunakan dalam proses produksi batik, karena zat warna indantren memiliki ketahanan luntur warna dan intensitas warna yang baik. Dalam penggunaannya pada saat proses pewarnaan, hanya sebagian zat warna yang terserap pada serat kain. Hal ini dibuktikan dengan angka konsentrasi warna dan angka COD (*Chemical Oxygen Demand*) sisa larutan celup zat warna indantren yang tinggi, masing-masing adalah 6697,5 mg/L dan 157104 mg/L (Maghfiroh, dkk., 2018). Berdasarkan data tersebut, perlu dilakukan upaya untuk mengurangi beban lingkungan yang salah satunya dapat dilakukan dengan *recovery* zat warna indantren.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi warna kain yang dihasilkan dari proses pewarnaan menggunakan zat warna indantren hasil *recovery*. Pengujian yang dilakukan meliputi: (1) uji ketuaan warna dengan spektrofotometer UV-PC; (2) uji tahan luntur warna terhadap sabun dan keringat dengan *grey scale*; dan (3) uji tahan luntur warna terhadap gosokan kering dengan *staining scale* (Murdoko, 1973).

#### **Perbandingan sifat fisik antara zat warna indantren sebelum dan sesudah proses *recovery***

Zat warna indantren yang dihasilkan dari proses *recovery* memiliki beberapa perbedaan sifat fisik jika dibandingkan dengan zat warna indantren yang belum digunakan pada proses pewarnaan khususnya adalah warna serbuknya. Indantren hasil *recovery* memiliki warna yang sedikit lebih gelap dari warna indantren yang baru. Meskipun berbeda warna serbuknya, kedua jenis zat warna indantren tersebut memberikan warna yang sama pada proses pewarnaan di kain katun yaitu biru. Terjadi pengurangan massa serbuk zat warna indantren sebelum dan sesudah proses *recovery*. Persentase massa serbuk zat warna indantren yang dihasilkan dari proses *recovery* maksimal yaitu 32,8%. Rendemen ini lebih besar dari rendemen *recovery* zat warna naphthol AS yang hanya 8,91% (Maghfiroh *et al.*, 2017). Hal ini dapat disebabkan karena struktur molekul naphthol memiliki gugus fungsional O-H. Gugus fungsional O-H merupakan gugus polar (Marselia, 2021). Berdasarkan spektra FTIR, indantren tidak memiliki gugus fungsional O-H. Dengan demikian, kelarutan zat warna naphthol pada air (pelarut polar) relatif lebih tinggi jika dibandingkan dengan zat warna indantren. Hal tersebut menyebabkan jumlah sedimen zat warna naphthol lebih kecil dari sedimen zat warna indantren meskipun didiamkan dalam durasi waktu yang sama yaitu 48 jam. Berdasarkan Tabel 1. diketahui bahwa semakin lama waktu sedimentasi, semakin besar rendemen yang dihasilkan. Meskipun demikian, selisihnya

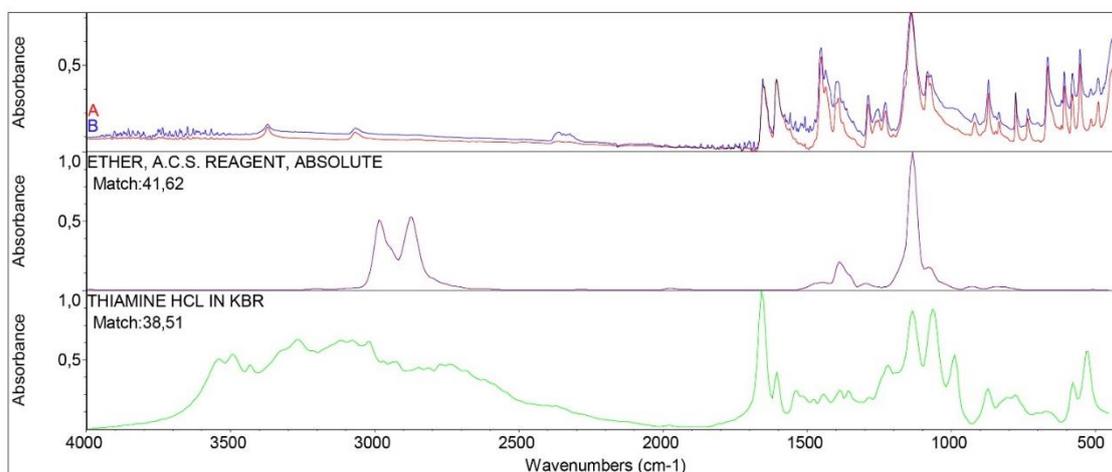
tidak terlalu besar. Dalam sudut pandang efisiensi waktu, perbedaan waktu sedimentasi tersebut tidak signifikan, karena hanya terpaut tidak lebih dari 1%. Dengan demikian, waktu yang paling optimum untuk proses sedimentasi zat warna indantren adalah 24 jam.

**Tabel 3** Waktu, warna, massa dan persentase massa zat warna indantren yang dihasilkan setelah tahap *recovery*

Waktu sedimentasi (jam)	Warna zat warna sebelum <i>recovery</i>	Warna zat warna setelah <i>recovery</i>	Massa serbuk sebelum <i>recovery</i> (gram)	Massa serbuk setelah <i>recovery</i> (gram)	% rendemen
24	Biru tua	Biru kehitaman	100	32,20	32,2 %
36	Biru tua	Biru kehitaman	100	32,50	32,5 %
48	Biru tua	Biru kehitaman	100	32,80	32,8 %

### Evaluasi serbuk indantren sebelum dan sesudah *recovery* dengan analisis Spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infrared*)

Secara teori, struktur molekul indantren memiliki gugus fungsional yang diantaranya adalah gugus (C=N), cincin aromatis, alkena (C=C), dan karbonil (C=O). Adanya gugus-gugus fungsional tersebut dibuktikan melalui spektra FTIR indantren yang diperlihatkan pada Gambar 2. Sebagai referensi, disajikan data spektra dari ether A.C.S. reagent dan spektra thiamine hydrochloride (Gambar 3)

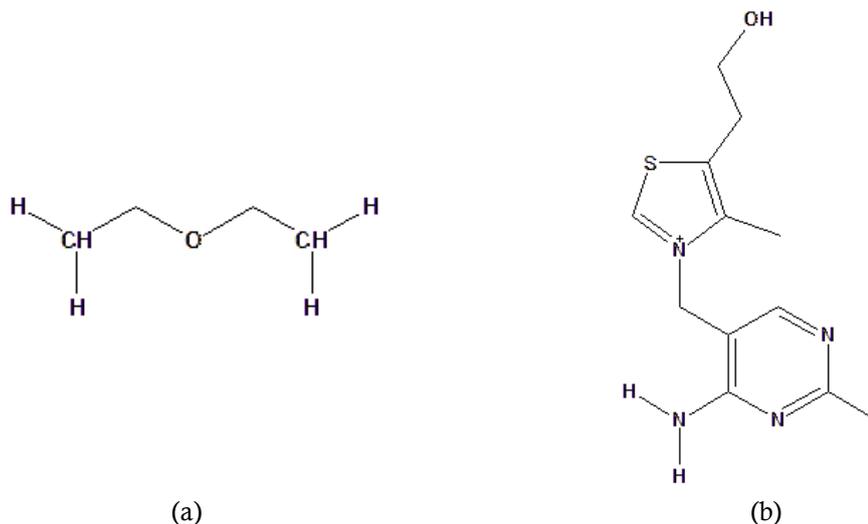


**Gambar 2.** Spektra FTIR zat warna indantren (A) sebelum *recovery* dan (B) setelah proses *recovery*

Spektra FTIR dari ether menunjukkan adanya serapan pada bilangan gelombang  $2990\text{ cm}^{-1}$  dan  $2850\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan serapan dari gugus C-H dari alkana. Serapan di daerah tersebut tidak muncul untuk spektra indantren. Selain itu, ada pula serapan pada bilangan gelombang  $1300\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya gugus C-O. Spektra dari thiamine hydrochloride menunjukkan kemiripan dengan spektra indantren karena keduanya sama-sama memiliki cincin aromatis dan gugus C-N. Terlihat adanya serapan pada bilangan gelombang  $3000\text{ cm}^{-1}$  untuk gugus C-H aromatis, diperkuat dengan adanya serapan pada  $1625\text{ cm}^{-1}$  untuk gugus C=C. Kedua serapan tersebut menunjukkan bahwa terdapat cincin aromatis pada struktur molekul thiamine hydrochloride. Serapan pada daerah yang sama juga terdapat pada spektra dari indantren. Hal yang membedakan adalah munculnya serapan gugus O-H di bilangan gelombang  $3550\text{ cm}^{-1}$  pada spektra thiamine hydrochloride, dan serapan ini tidak muncul di spektra indantren, karena secara teori, indantren tidak memiliki gugus O-H.

Pada spektra indantren sebelum *recovery* terdapat serapan gugus C=O yang ditunjukkan oleh bilangan gelombang di daerah  $1652,37\text{ cm}^{-1}$ ; selain itu didapatkan serapan gugus C-H aromatis pada bilangan gelombang  $3068,05\text{ cm}^{-1}$ . Terdapat pula serapan gugus C=C aromatis pada bilangan gelombang  $1606,19\text{ cm}^{-1}$  dan  $1450,73\text{ cm}^{-1}$ . Serapan gugus C-N juga muncul pada bilangan gelombang  $1137,31\text{ cm}^{-1}$ . Tidak berbeda jauh, pada spektrum indantren setelah *recovery* juga memperlihatkan adanya serapan serapan gugus C=O yang ditunjukkan oleh bilangan gelombang didaerah  $1653,14\text{ cm}^{-1}$ ; serapan gugus C-H aromatis pada bilangan gelombang  $3066,55\text{ cm}^{-1}$ . Selain itu, terdapat pula serapan gugus C=C aromatis pada bilangan gelombang  $1606,21\text{ cm}^{-1}$  dan  $1451,87\text{ cm}^{-1}$ . Serapan gugus C-N juga ada pada bilangan gelombang  $1140,25$

$\text{cm}^{-1}$ . Berdasarkan spektrum infra merah dari kedua zat warna, menunjukkan tidak adanya perubahan gugus fungsi dari indantren sebelum dan sesudah *recovery*. Hal ini berarti bahwa sedimen yang diambil pada proses *recovery* adalah zat warna indantren.



**Gambar 3.** Struktur molekul (a) ether A.C.S. reagent dan (b) spektra thiamine hydrochloride

#### Evaluasi warna kain yang dihasilkan dari proses pewarnaan menggunakan zat warna indantren hasil *recovery*

Penelitian ini mengevaluasi hasil warna kain yang dicelup dengan zat warna indantren sisa proses pewarnaan yang telah di-*recovery*. Tabel 4. memperlihatkan terdapat perbedaan ketuaan warna kain yang dicelup dengan zat warna indantren hasil *recovery*. Ketuaan warna dinyatakan dengan satuan %R (persen reflektansi). Reflektansi adalah fraksi energi gelombang elektromagnetik yang dipantulkan oleh bahan. Dalam pengukuran secara spektrofotometri, semakin kecil nilai %R menandakan warna kain semakin tua/gelap. Pada Tabel 4. menunjukkan bahwa kain yang dicelup dengan zat warna indantren hasil *recovery* memiliki nilai %R yang lebih tinggi dari kain yang dicelup dengan zat warna indantren yang baru.

**Tabel 4.** Data evaluasi warna kain yang dihasilkan dari proses pewarnaan menggunakan zat warna indantren hasil *recovery*

Jenis zat warna indantren	Uji ke	Nilai uji tahan luntur warna terhadap cuci sabun		Nilai uji tahan luntur warna terhadap gosokan kering		Nilai uji tahan luntur warna terhadap keringat basa		Nilai uji tahan luntur warna terhadap keringat asam		Nilai Uji Ketuaan Warna (R %)
		(Grey scale)	(Stanning Scale)	(Grey scale)	(Grey scale)	(Grey scale)	(Grey scale)			
STD – Kain Putih	0	-	-	-	-	-	-	-	-	97,66
Indantren sebelum <i>recovery</i>	1	4-5	Baik	4	Baik	4	Baik	4-5	Baik	34,62
	2	4-5	Baik	4	Baik	4	Baik	4-5	Baik	38,56
Indantren setelah <i>recovery</i>	1	4-5	Baik	4-5	Baik	4-5	Baik	4	Baik	47,81
	2	4-5	Baik	4-5	Baik	4-5	Baik	4	Baik	48,64

*Recovery* zat warna indantren lebih disarankan daripada *reuse*, karena kualitas warna kain yang dihasilkan dari konsep *recovery* lebih baik dalam waktu penggunaan yang sama (Tabel 5). Hal ini karena pada proses *recovery*, zat warna telah dipisahkan dari air, sehingga tidak terjadi proses hidrolisis zat warna selama proses penyimpanan.

**Tabel 5.** Perbandingan kualitas warna kain antara hasil dari *recovery* dan *reuse* zat warna indantren

Jenis zat warna indantren	Uji ke	Nilai uji tahan luntur warna terhadap cuci sabun		Nilai uji tahan luntur warna terhadap gosokan kering		Nilai Uji Ketuaan Warna (R%)
		<i>(Grey scale)</i>		<i>(Stanning Scale)</i>		
STD – Kain Putih	0	-	-	-	-	97,66
Indantren setelah <i>recovery</i>	1	4-5	Baik	4-5	Baik	47,81
	2	4-5	Baik	4-5	Baik	48,64
Indantren setelah <i>reuse</i> *	1	3-4	Cukup Baik	3-4	Cukup Baik	64,99
	2	3-4	Cukup Baik	3-4	Cukup Baik	65,43

\*Maghfiroh dkk. 2020

Tabel 6 menunjukkan perbandingan zat warna hasil *recovery* dengan reduktor yang digunakan pada saat mengaplikasikan zat warna indantren pada serat selulosa (kain katun). Dapat dilihat bahwa perbedaan komposisi antara zat warna indantren dan reduktor (natrium hidrosulfit) memberikan perbedaan ketuaan warna, meskipun perbedaannya sangat kecil. Efisiensi bahan sangat dibutuhkan sebagai upaya penghematan sumber daya alam, penghematan biaya produksi dan pengurangan konsentrasi limbah cair batik yang dibuang ke lingkungan. Nilai tahan luntur warna kedua komposisi tersebut memberikan hasil yang baik.

Dalam aplikasinya, perbandingan massa antara zat warna indantren dan reduktor (natrium hidrosulfit) yang digunakan oleh perajin batik adalah 1 bagian untuk zat warna indantren dan 3 bagian untuk reduktor. Dalam konsep stokhiometri jumlah reduktor yang digunakan berlebihan. Penggunaan bahan kimia yang berlebihan dapat meningkatkan resiko kecelakaan kerja dan pencemaran lingkungan. Kontradiktif dengan hal tersebut, dalam industri, penggunaan reduktor dalam jumlah berlebih dapat meningkatkan ketuaan warna dan nilai tahan luntur warna yang baik. Dalam upaya untuk mengurangi pencemaran lingkungan, maka dibutuhkan konsep *reuse* dan *recovery* limbah cair batik untuk dapat digunakan kembali. Dengan demikian, kualitas warna dapat terjaga sekaligus dapat mengurangi pencemaran lingkungan.

**Tabel 6.** Data evaluasi warna kain yang dihasilkan dari proses pewarnaan menggunakan zat warna indantren hasil *recovery* dengan optimasi perbandingan zat warna dan reduktor

Perbandingan Indantren dan reduktor	Uji ke	Nilai uji tahan luntur warna terhadap cuci sabun		Nilai uji tahan luntur warna terhadap gosokan kering		Nilai uji tahan luntur warna terhadap keringat basa		Nilai uji tahan luntur warna terhadap keringat asam		Nilai Uji Ketuaan Warna (R %)
		<i>(Grey scale)</i>		<i>(Stanning Scale)</i>		<i>(Grey scale)</i>		<i>(Grey scale)</i>		
STD – Kain Putih	0	-	-	-	-	-	-	-	-	97,66
	1 : 3	1	4-5	Baik	4-5	Baik	4-5	Baik	4	Baik
1 : 2		1	4-5	Baik	4	Baik	4	Baik	4-5	Baik
	2	4-5	Baik	4	Baik	4	Baik	4-5	Baik	65,93

## Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa zat warna indantren, setelah tahap *recovery* memiliki perbedaan pada warna serbuk yang dihasilkan. Sisa zat warna indantren yang dapat digunakan kembali sekitar 32,8% dari massa indantren yang digunakan pada proses pematikan. Ketuaan warna kain yang maksimal tercapai pada perbandingan 1 bagian zat warna indantren untuk 3 bagian natrium hidrosulfit (reduktor). Zat warna indantren hasil *recovery* memberikan nilai tahan luntur warna terhadap cuci sabun dan gosokan kering yang baik.

## Daftar Pustaka

Adiana, P.S., A. Ghozien, A. Rokhmawati, N. Febriana, R. Kirnawati, Harimurti, O. Jubaidi, S. Mulyati, D. Kiswantarini. 2022. Kabupaten Pekalongan dalam Angka. Pekalongan: Badan Pusat Statistik Kabupaten Pekalongan

- Djufri, R. 1976. Teknologi Pengelantangan Pencelupan dan Pencapan, Cetakan ke-2. Bandung : Institut Teknologi Tekstil
- Guo, R., Wang, R., Yin, J., Jiao, T., Huang, H., Zhao, X., Zhang, L., Li, Q., Zhou, J., & Peng, Q. 2019. Fabrication and highly efficient dye removal characterization of beta-cyclodextrin-based composite polymer fibers by electrospinning. *Nanomaterials*, 9(1)
- Hairunisa, Y. 2022. Pembuatan dan Karakterisasi Selulosa dari Limbah Kulit Buah Nanas (*Ananas comosus* L.) sebagai Adsorben Zat Warna Naphtol. *Thesis*. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi.
- Hidayatulloh, A., A. Masyruroh, dan T. Akbari. 2023. Efektivitas Koagulan Lidah Buaya (*Aloevera*) dan PAC (Poly Aluminium Chloride) dalam Menurunkan Kadar Pencemar pada Limbah Cair Batik. *Jurnal Lingkungan dan Sumberdaya Alam (Jurnalisa)*, 6(1):61-75
- Ismingsih. 1982. Pengantar Kimia Zat Warna. Bandung: Institut Teknologi Tekstil.
- Listiyaningrum, A., A. Rustiana, dan A. Saeroji. 2020. Strategi Pengembangan Batik Berbasis Ekonomi Kreatif Kampung Batik Kauman Pekalongan. *Business and Accounting Education Journal*. 1(2)
- Luthfiana, F., I. R. Anugrah, N. N. A. Nisa, dan A. M. Fitriandani. 2023. Penerapan Prinsip Interaksi Antar Molekul Dalam Pengolahan Limbah Batik. *Research and Practise of Educational Chemistry*, 2(1):19-28
- Maghfiroh, Mutadin, dan, S.P. Astuti. 2017. Recovery Zat Warna Naphtol pada Limbah Cair Batik di Pekalongan sebagai Upaya Penerapan Produk Bersih. *Laporan Penelitian* Fakultas Teknik Universitas Pekalongan
- Maghfiroh, Mutadin, dan S.P. Astuti. 2020. Analisis Kualitas dan Ketahanan Luntur Warna Batik Hasil Proses Reuse Sisa Larutan Celup Zat Warna Sintetis Golongan Bejana Menuju Green Industry. *J. Pena Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, 34(1):24- 31.
- Maghfiroh, S.P. Astuti dan M. Kurdi. 2018. Karakterisasi dan Komparasi Parameter Pencemar Limbah Cair Batik Zat Warna Alam dan Zat Warna Sintetis Golongan Bejana. *J. Jukung Jurnal Teknik Lingkungan*, 4 (2):11-18
- Marselia, A., S. Wahdaningsih, dan F. Nugraha. 2021. Analisis gugus fungsi dari ekstrak metanol kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) menggunakan FTIR. *Jurnal Mahasiswa Farmasi Fakultas Kedokteran UNTAN*, 5(1):184-192
- Maziyah, S., dan Alamsyah. 2020. Batik Jepara sebagai Media Konservasi Lingkungan Hidup dan Budaya, Tiga Media, Semarang
- Murdoko, W. 1973. Evaluasi Tekstil bagian Fisika, Bandung : Institut Teknologi Tekstil.
- Sausan, F.W., A. R. Puspitasari, dan D. Yanuarita P. 2021. Studi Literatur Pengolahan Warna pada Limbah Cair Industri Tekstil Menggunakan Metode Proses Adsorpsi, Filtrasi, dan Elektrolisis. *Tecnoscienza*, 5(2):214-230
- Setianingrum, N.P., Prasetya, A., dan Sarto, S. 2018. Pengurangan Zat Warna Remazol Red Rb Menggunakan Metode Elektrokoagulasi Secara Batch. *Jurnal Rekayasa Proses*, 11(2)
- Susanto, S.K. S. 1980. Teknologi Batik Seri Soga Batik. Departemen Perindustrian R.I. Badan Penelitian Dan Pengembangan Industri. Yogyakarta: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Kerajinan dan Batik
- Syitoh, N. dan N. Hendrasarie. 2022. Pengolahan Limbah Industri Benang Menggunakan Kombinasi Filtrasi Media Biochar dan Constructed Wetlands. *Jurnal EnviroUs*. 3(1)