



## Pengaruh Logam Al(III) Dan Cu(II) sebagai Mordan Terhadap Ketahanan Luntur Zat Warna Indigo Carmine pada Kain Katun

Jhosua Enrico H. Simanullang<sup>1</sup>, Sriyanti<sup>1\*</sup>, Suhartana<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Kimia, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Soedarto S.H, Tembalang, Semarang 50275

\*Corresponding author: [sriyanti@lecturer.undip.ac.id](mailto:sriyanti@lecturer.undip.ac.id)

Received: 11 November 2024 / Accepted: 21 Februari 2025

Available online: 28 Februari 2025

### Abstrak

Perkembangan industri batik tekstil dalam memenuhi kebutuhan sandang, industri batik tidak lepas dari pewarnaan kain. Salah satu pewarna tekstil yaitu indigo carmine yang menghasilkan warna biru tua. Pada proses pewarnaan kain, zat warna tidak memungkinkan untuk berinteraksi langsung karena mudah luntur, sehingga dibutuhkan suatu zat yang dapat mengikat warna dengan kain agar warna yang dihasilkan lebih tahan luntur dan merata yaitu zat mordan. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan pengaruh logam Al(III) dan Cu(II) sebagai mordan pada pewarnaan kain, serta membandingkan kemampuan logam Al(III) dan Cu(II) sebagai mordan terhadap zat warna *indigo carmine*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *pre-mordanting*, yaitu kain lebih dahulu diberi mordan lalu dicelupkan pada zat warna. Logam mordan Al menggunakan  $Al_2(SO_4)_3$  sedangkan Logam mordan Cu menggunakan  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ . Kain dikarakterisasi keberadaan gugus fungsi dengan FTIR dan morfologi permukaan dengan SEM. Uji ketahanan luntur warna menggunakan metode pencucian (SNI 08-0285-1998), metode gosokan (SNI-0288-1989) dan sinar matahari (SNI 08-0829-1989). Hasil penelitian menunjukkan rasio mol terbaik berada pada 1:5. Kain katun yang tidak diberi perlakuan dengan logam mordan, diperoleh warna biru tua pada panjang gelombang maksimum 610 nm, dan dengan logam mordan  $Al_2(SO_4)_3$  diperoleh warna biru tua lebih pekat pada panjang gelombang maksimum 607 nm, dan dengan mordan  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  diperoleh warna yang berbeda yaitu hijau kebiruan pada panjang gelombang maksimum 610 nm. Hasil analisis SEM-EDX mendeteksi unsur aluminium 0,40% dan unsur tembaga sebanyak 0,35%. Hasil aplikasi uji ketahanan luntur kain berdasarkan SNI, dibandingkan dengan kain yang tidak diberi perlakuan dengan logam mordan, menunjukkan bahwa dengan penggunaan logam mordan lebih baik dalam mempertahankan ikatan zat warna.

**Kata Kunci:** *Indigo carmine, Mordan,  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$*

### 1. Pendahuluan

Perkembangan industri batik tekstil dalam memenuhi kebutuhan sandang, industri batik tidak lepas dari pewarnaan kain. Dalam perkembangannya, awal proses pewarnaan tekstil menggunakan zat warna alam. Namun seiring kemajuan teknologi dengan ditemukannya zat warna sintetis untuk tekstil maka penggunaan zat warna alami semakin sedikit [1]. Hal ini disebabkan karena zat warna sintetis mudah diperoleh, pengerjaan pewarnaan lebih cepat dan warnanya dapat dipilih sesuai keinginan. Berbeda dengan zat warna alam yang ketersediaannya terbatas, variasi warna yang kurang beragam dan warna yang dihasilkan kurang cerah [2].

Pada proses pewarnaan kain, zat warna tidak memungkinkan untuk berinteraksi langsung dikarenakan pewarna bersifat substantif dan mudah luntur saat diaplikasikan pada kain.

Diperlukan sebuah zat yang dapat berfungsi untuk membentuk jembatan kimia antara zat warna alam dengan serat kain sehingga afinitas zat warna meningkat terhadap serat yang disebut zat mordan [3]. Mordan seperti  $Al_2(SO_4)_3$  dan  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  digunakan pada pewarnaan kain batik karena mordan mampu mengikat zat warna dengan kain. Penambahan logam berfungsi sebagai bahan penguat dan pembangkit warna saat diaplikasikan pada kain [4]. Proses *mordanting* pada bahan dilakukan biasanya dengan mencelupkan kain pada zat warna sehingga memudahkan terjadinya penyerapan zat warna alam ke dalam serat.

Pada penelitian ini juga memperhatikan jumlah variasi mordan yang diaplikasikan, Selain untuk dapat memperdalam studi ini lebih lanjut maka diperlukan parameter lain seperti kekuatan

Doi:

mordan dalam mengikat zat warna dan ketahanan luntur kain ketika ditambahkan dengan zat lainnya. Karakterisasi pewarna indigocarmine dengan mordan dilakukan dengan Uv-Vis untuk mengukur panjang gelombang maksimum dan absorbansi, FT-IR untuk analisis gugus fungsi, SEM-EDX untuk menganalisis morfologi permukaan pada kain serta unsur yang terkandung, serta Uji Gray Scale untuk menilai tingkat penurunan pada warna dan Staining Scale untuk menilai tingkat penodaan pada kain putih yang dilakukan sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI).

## 2. Metode Penelitian

### 2.1. Alat dan Bahan

**Alat:** Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan gelas standar penelitian, neraca analitik, *hot plate*, alumunium foil, spatula, botol vial, pipet tetes, Genesys 10S Uv-Vis *Spectrophotometer*, SEM-EDX JEOL JSM-6510LA, FTIR Perkin Elmer Spectrum IR, *Crockmeter* dan *Laundrymeter*.

**Bahan:** Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kain katun, zat warna *indigo carmine* (*Merck*), logam mordan  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  (*Merck*), logam mordan  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (*Merck*), akuades.

### 2.2. Cara Kerja

Penelitian ini meliputi beberapa tahapan yaitu pewarnaan kain, penentuan panjang gelombang maksimum, optimasi perbandingan mol *Indigo carmine*:logam mordan, karakterisasi menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis, FTIR dan SEM-EDX, Uji ketahanan luntur warna berdasarkan SNI. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Anorganik Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro Semarang.

#### 2.2.1 Pewarnaan kain tanpa logam mordan

Indigo carmine sebanyak 0,0466 g dilarutkan ke dalam 20 mL akuades, kemudian dipanaskan di atas *hot plate* selama 10 menit pada suhu 60°C. Lalu dimasukkan kain katun berukuran 5x5 cm ke dalam larutan. Selanjutnya kain dan larutan tersebut didiamkan selama 24 jam. Kain dikeringkan kemudian hasil larutan disimpan ke dalam botol vial untuk selanjutnya digunakan untuk karakterisasi.

#### 2.2.2 Pewarnaan kain dengan logam mordan

Sebanyak 0,0342; 0,0684; 0,1026; 0,1368 dan 0,1710 g logam mordan  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ditimbang, masing-masing dilarutkan dalam 20 mL aquadest pada 5 gelas beker yang berbeda, lalu setiap larutan tersebut ditambahkan zat warna indigo carmine sebanyak 0,0466 g. Larutan dipanaskan pada suhu 60°C selama 10 menit, selanjutnya ditambahkan kain katun (5x5 cm) pada tiap gelas beker, didiamkan selama 24 jam, kain ditiriskan lalu dikeringkan pada suhu ruang. Larutan hasil

pencelupan kain disimpan dalam botol vial untuk selanjutnya digunakan untuk karakterisasi. Hal yang sama dilakukan pada penggunaan logam mordan  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  dengan massa 0,0249; 0,0499; 0,0748; 0,0998 dan 0,1247 g. Hasil kain yang sudah dikeringkan masing-masing kemudian ditambahkan ditambahkan 0,005 g detergen dalam 20 mL aquadest selama 30 menit lalu ditiriskan dan dikeringkan pada suhu ruang.

### 2.2.3 Karakterisasi larutan

Larutan hasil pendiaman kain dengan zat warna, kemudian dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer Uv-vis untuk diketahui panjang gelombang dan absorbansinya. Larutan diencerkan dengan akuades terlebih dahulu menggunakan labu ukur, kemudian diukur panjang gelombang dan absorbansinya menggunakan alat spektrofotometer Uv-vis.

### 2.2.4 Karakterisasi kain

Kain yang telah diberi zat warna, kemudian dikarakterisasi menggunakan FTIR dan SEM-EDX. Dilakukaj uji FTIR sampel kain bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung dalam logam mordan, zat warna dan kain. Sementara SEM-EDX digunakan untuk mengetahui morfologi permukaan kain dan komposisi logam serta senyawa kimia lainnya yang terkandung dalam kain.

### 2.2.5 Aplikasi uji ketahanan luntur kain

Uji ketahanan luntur warna menggunakan metode pencucian (SNI 08-0285-1998), metode gosokan (SNI-0288-1989) dan sinar matahari (SNI 08-0829-1989) yang dilakukan oleh tim Laboratorium Evaluasi Tekstil, Jurusan Teknik Kimia Bidang Studi Teknik Tekstil, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.u

## 3. Hasil Dan Pembahasan

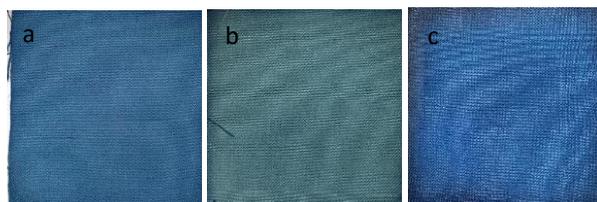
### 3.1 Hasil Optimasi Rasio Mol pada Kain Katun

Proses pewarnaan kain katun dengan logam mordan dilakukan proses mordanting. Proses mordanting ini sekaligus merupakan fiksasi yang berfungsi untuk memperkuat warna dan merubah zat warna alam sesuai dengan jenis logam yang mengikatnya serta mengunci zat warna yang telah masuk kedalam serat [5]. Pada penelitian ini menggunakan teknik pre-mordanting yaitu kain terlebih dahulu di beri mordan kemudian ditambahkan zat warna. Teknik ini dianggap lebih baik digunakan karena daya serap warna yang terserap di kain lebih baik dengan bantuan awal mordan [6].

Berdasarkan hasil yang didapat dengan penggunaan logam mordan Al (III), memberikan warna yang lebih pekat dibandingkan tanpa penggunaan logam mordan yaitu biru tua, dan dengan penggunaan logam mordan Cu(II)

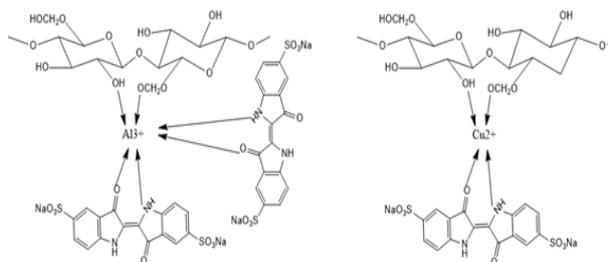
Doi:

memberikan warna berbeda yaitu hijau kebiruan. Berikut hasil gambar hasil pewarnaan kain ditunjukkan pada **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Hasil pewarnaan kain (a) Indigo carmine, (b) Indigo carmine + logam mordan  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  dan (c) Indigo carmine + logam mordan  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ .

Kain katun yang telah diberi perlakuan dengan logam mordan, menunjukkan kekuatan yang lebih baik dalam pengikatan zat warna terhadap kain katun. Penggunaan mordan berfungsi untuk membentuk interaksi kimia antara zat warna alam dengan serat kain sehingga afinitas zat warna meningkat terhadap serat [3]. Dengan melakukan mordanting pada bahan yang akan dicelupkan memudahkan terjadinya penyerapan zat warna alam kedalam serat. Kemungkinan interaksi antara zat warna dengan logam mordan dan kain digambarkan pada **Gambar 2**.



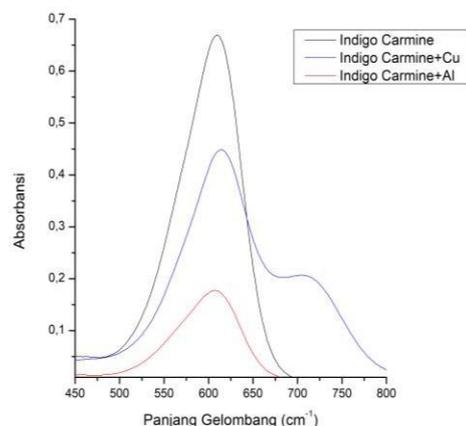
**Gambar 2** Kemungkinan interaksi antara: (a) zat warna-logam mordan Al- kain katun, dan zat warna-logam mordan Cu-kain katun

### 3.2 Hasil Karakterisasi Spektrofotometer Uv-Vis

Larutan hasil pendiaman kain dengan zat warna dan logam mordan, dianalisa menggunakan spektrofotometer Uv-Vis dengan metode scanning. Hal ini bertujuan untuk memperoleh panjang gelombang maksimum ( $\lambda_{\text{max}}$ ) dari masing-masing larutan hasil perlakuan. Pengukuran panjang gelombang yang dilakukan tersebut, digunakan sebagai standar dalam pengukuran dengan spektrofotometer Uv-Vis. Data karakterisasi dengan UV-Vis ditunjukkan pada **Gambar 3**.

Dari hasil pengukuran panjang gelombang maksimum di atas diperoleh larutan zat warna indigo carmine dengan panjang gelombang maksimum sebesar 610 nm. Sementara pada larutan zat warna indigo carmine dan logam mordan Al(III), memiliki panjang gelombang maksimum sebesar 607 nm, dan larutan zat warna indigo carmine dan logam mordan Cu(II)

memiliki panjang gelombang maksimum sebesar 610 nm. Pergeseran panjang gelombang yang terbentuk saat penambahan mordan dapat mengindikasikan adanya interaksi yang terjadi antara indigocarmine dengan mordan Al(III) dan Cu(II).

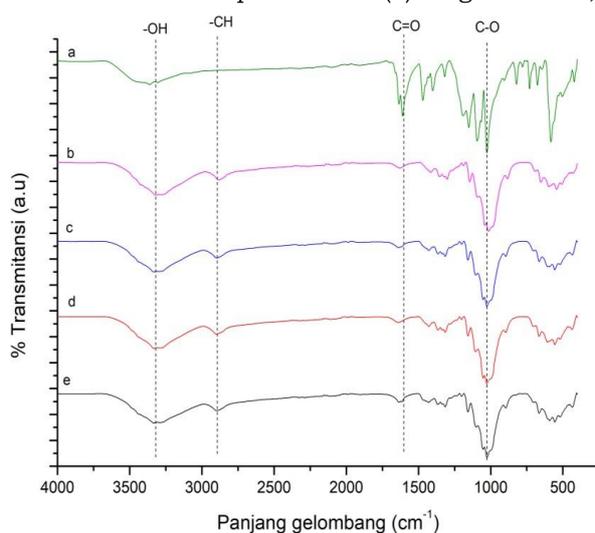


**Gambar 3** Pengukuran panjang gelombang maksimum

### 3.3 Hasil Karakterisasi dengan FTIR

Kain katun yang diberikan perlakuan dengan zat warna dan logam mordan, dikarakterisasi menggunakan FTIR untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terbentuk antara ligan pewarna- serat-mordan. Analisis dilakukan pada bilangan gelombang  $4000 \text{ cm}^{-1}$  hingga  $400 \text{ cm}^{-1}$ . Adapun hasil analisis FTIR dari sampel kain katun yang belum diberi perlakuan, dan sampel kain katun yang telah diberi perlakuan zat warna dan logam mordan ditunjukkan pada **Gambar 4**.

**Gambar 4** Grafik Spektra FTIR (a)Indigo carmine,



(b)Kain katun, (c)Kain Indigo carmine, (d)Kain Indigo carmine+ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  dan (e)Kain Indigo carmine+ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

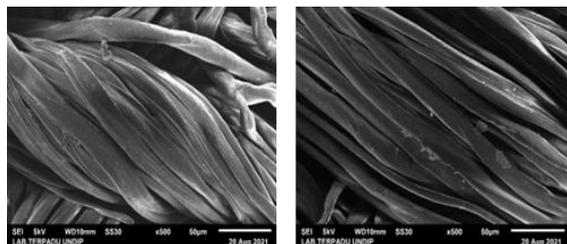
Pada sampel yang telah diberi perlakuan dengan zat warna dan logam mordan, muncul serapan baru. Terlihat bahwa adanya puncak serapan pada  $1635,17 \text{ cm}^{-1}$  yang merupakan gugus dari

Doi:

karbonil (C=O). Struktur penghasil warna dasar dari pewarna indigo carmine adalah sistem konjugasi silang yaitu terdiri dari ikatan ganda (C=C-) tunggal yang disubstitusi oleh dua kelompok donor (-NH) dan dua kelompok akseptor (>C=O) [7]. Hal ini mengindikasikan bahwasannya molekul zat warna indigo carmine telah berikatan dengan serat kain [8]. Hasil daerah FTIR setelah penambahan logam mordan Al(III) dan Cu(II), terjadi pergeseran bilangan gelombang pada gugus fungsi C=O akibat adanya pembentukan khelat antara gugus karbonil (>C=O) dengan logam mordan [9]. Serapan ini juga diperkuat dengan adanya vibrasi pada daerah fingerprint pada daerah 600-400 cm<sup>-1</sup>. Pada kain Indigo carmine dengan penambahan logam Al(III) muncul serapan puncak pada bilangan gelombang 590 cm<sup>-1</sup> sedangkan untuk kain IC dengan penambahan mordan Cu(II) terlihat puncak serapan pada bilangan gelombang 490 cm<sup>-1</sup>. Hal ini menunjukkan bahwa ion logam telah terikat pada selulosa.

### 3.4 Hasil Karakterisasi SEM-EDX

Analisis SEM-EDX dilakukan karena mampu memberikan informasi yang baik pada morfologi serat katun, terkait adanya logam yang berasal dari logam mordan. Pada karakterisasi ini, analisa Scanning Electron Microscope (SEM) bertujuan untuk mengetahui morfologi serat katun setelah diberi perlakuan dengan zat warna dan logam mordan. Sementara analisa Energy Dispersive X-Ray (EDX), bertujuan untuk mengetahui unsur yang terkandung dalam serat katun setelah diberi perlakuan dengan zat warna dan logam mordan. Morfologi kain katun oleh SEM disajikan pada **Gambar 5**.



**Gambar 5** Morfologi kain katun yang telah diberi perlakuan dengan (a) indigo carmine dengan logam Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, dan (b) indigo carmine dengan logam CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O

Berdasarkan **Gambar 5**, menunjukkan morfologi dari serat katun yang panjang dan berbentuk silinder penampang memanjang yang umum terlihat pada kain katun. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Rather dkk., (2016) yaitu terlihat bahwa partikel logam tidak terlihat dan secara keseluruhan terdispersi secara merata pada permukaan benang kain katun [10]. Ikatan yang terjadi antara zat warna dan logam mordan dapat secara fisik terikat pada serat katun melalui ikatan hidrogen antara pewarna dengan serat kain katun [11]. Ikatan secara kimia terikat

melalui mordan dan pewarna dengan indikasi terjadi ikatan kovalen koordinasi antara ion logam positif (M<sup>n+</sup>) berikatan dengan gugus OH- dari kain katun. Gugus ini berperan sebagai pendonor elektron karena terdapat pasangan elektron bebas dari -O. Hasil persentase analisis unsur menggunakan EDX ditunjukkan pada **Tabel 1**.

**Tabel 1** Hasil analisis unsur pada kain katun yang telah diberi perlakuan dengan zat warna dan logam mordan

Sampel Kain	Komponen Unsur (%)			
	C	O	Cu	Al
IC-Al	57,06	42,47	-	0,40
IC-Cu	56,50	43,10	0,35	-

Pada Tabel 1 dilakukan uji EDX sampel kain katun yang sudah diberi perlakuan dengan zat warna dan logam dengan perbandingan mordan:logam 1:5. Hasil menunjukkan analisis unsur yang terkandung pada sampel serat katun. Unsur karbon (C) dan oksigen (O) terdeteksi dalam jumlah besar, dikarenakan karbon dan oksigen merupakan komponen utama pada penyusun serat katun. Analisis unsur menggunakan EDX di atas membuktikan bahwa serat katun yang telah diberi zat warna *indigo carmine*, lebih terikat dengan logam mordan Al (III). Hal ini membuktikan bahwa Al(III) mampu membuat ikatan kompleks lebih baik dengan zat warna *indigo carmine*.

### 3.5 Hasil Uji Ketahanan Luntur Warna

Kain yang telah diberi perlakuan, dilakukan uji ketahanan luntur berdasarkan SNI. Ada empat jenis uji yang dilakukan pada uji ketahanan luntur, diantaranya: uji ketahanan luntur terhadap gosokan kering dan basah (SNI 08-0288-1989), uji tahan luntur warna terhadap pencucian sabun (SNI 08-0285-1989), dan uji tahan luntur warna terhadap sinar matahari (SNI 08-0829-1989).

**Tabel 2** Hasil uji ketahanan luntur warna

Kode Sampel	Nilai Uji TLW Kain Terhadap Gosokan Kain		Nilai Uji TLW Kain Terhadap Pencucian Sabun (Grey Scale)	Nilai Uji TLW Kain Terhadap Sinar Matahari (Grey Scale)
	Nilai Kering (Staining Scale)	Nilai Basah (Staining Scale)		
Indigo Carmine	4 (Baik)	2-3 (Kurang)	1-2 (Jelek)	4-5 (Baik)
IC+Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	5 (Baik Sekali)	4-5 (Baik)	4 (Baik)	4-5 (Baik)
IC+CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	5 (Baik Sekali)	4 (Baik)	3-4 (Cukup Baik)	4-5 (Baik)

\*TLW : Tahan Luntur Warna

Berdasarkan hasil **tabel 2**, kain yang diberi perlakuan dengan menggunakan logam mordan menunjukkan hasil yang lebih baik jika dibandingkan dengan kain yang tidak diberi perlakuan dengan logam mordan. Namun perbedaan yang signifikan terlihat pada uji ketahanan luntur warna terhadap pencucian sabun. Kemampuan penyerapan zat warna pada

## Doi:

masing-masing kain bertambah disebabkan oleh gugus OH<sup>-</sup> dari selulosa yang terdapat pada serat kain mampu membentuk ikatan kovalen koordinasi dengan ion logam dari mordant sebagai dengan gugus polar dari zat warna [12]. Adanya pengaruh logam mordant membuat molekul zat pewarna alam yang berada di dalam serat menjadi lebih besar, dan menyebabkan molekul zat pewarna alam akan sukar keluar dari pori-pori serat dan akan memperkuat ketahanan terhadap luntur [13]. Ini berkaitan dengan bilangan koordinasi dari logam Al(III) dan Cu(II). Mordant Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> memiliki bilangan koordinasi 6 lebih besar dari mordant CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O memiliki bilangan koordinasi 4. Kemampuan koordinasi Al(III) lebih besar daripada Cu(II) dan hasil ini sesuai dengan nilai uji ketahanan luntur warna pencucian yaitu nilai standar pengujian untuk kain indigocarmine fiksasi Al(III) lebih baik daripada Cu(II).

Pada uji ketahanan luntur warna terhadap gosokan kain, kain dengan penambahan mordant memberikan hasil yang lebih baik daripada tanpa mordant. Efek penambahan mordant dalam proses pewarnaan kain membuat warna menjadi tidak mudah pudar serta tahan terhadap gosokan [12]. Sementara pada uji ketahanan luntur terhadap sinar matahari, kain yang diberi perlakuan dengan logam mordant dan tanpa penambahan mordant memberikan hasil nilai tahan luntur yang sama, hal ini menandakan bahwa pewarna indigo carmine yang terikat pada kain katun cukup kuat untuk menahan paparan sinar matahari.

#### 4. Kesimpulan

Pada kain katun yang diberi perlakuan dengan logam mordant, menunjukkan ketahanan luntur yang lebih baik jika dibandingkan dengan kain katun yang tidak diberi perlakuan dengan logam mordant. Penggunaan logam Al (III) sebagai mordant menunjukkan ketahanan luntur yang lebih baik dibandingkan dengan logam Cu(II) sebagai mordant..

#### Daftar Pustaka

- Sari, N. W. 2013. Perbedaan konsentrasi elektrolit terhadap hasil pencelupan bahan sutera menggunakan ekstrak bunga kembang sepatu dengan mordant belimbing wuluh. Program Studi Pendidikan Kesejahteraan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang, September.
- P. Patmawati, D. S. Widodo, L. Suyati, K. Khabibi, and A. Haris, "Modifikasi Metode Fenton pada Dekolorisasi Limbah Pewarna Remazol Black B dengan Oksida Timbal Hasil Sintesis pada Variasi Molar Pb<sup>2+</sup> dan NaOH," Greensphere: Journal of Environmental Chemistry, vol. 2, no. 2, pp. 23-29, Jan. 2023.
- Ramadhany, P. 2019. Kajian awal pewarna berbasis bahan alam sebagai substansi sintesis dalam industri tekstil berkelanjutan. lili.
- İşmal, Ö. E., & Yildirim, L. 2018. Metal mordants and biomordants. The Impact and Prospects of Green Chemistry for Textile Technology, 57–82.
- Noor, F. 2007. Teknik Eksplorasi Zat Pewarna Alam Dari Tanaman Di Sekitar Kita Untuk Pencelupan Bahan Tekstil. Jurnal Online, 1–8.
- Rasyid, J. 1973. Teknologi Pengelantangan, Pencelupan, Dan Pencapan. ITB.
- Saggiaro, E. M., Oliveira, A. S., Pavesi, T., & Moreira, J. C. 2014. Effect of activated carbon and titanium dioxide on the remediation of an indigoid dye in model waters. *Revista de Chimie*, 65(2), 237–241.
- Ortiz, E., Gómez-Chávez, V., Cortés-Romero, C. M., Solís, H., Ruiz-Ramos, R., & Loera-Serna, S. 2016. Degradation of Indigo Carmine Using Advanced Oxidation Processes: Synergy Effects and Toxicological Study. *Journal of Environmental Protection*, 07(12), 1693–1706., 10.4236/jep.2016.712137.
- Deveoglu, O., Cakmakci, E., Taskopru, T., Torgan, E., & Karadag, R. 2012. Identification by RP- HPLC-DAD, FTIR, TGA and FESEM-EDAX of natural pigments prepared from *Datisca cannabina* L. *Dyes and Pigments*, 94(3), 437–442.
- Rather, L. J., Shahid-Ul-Islam, Azam, M., Shabbir, M., Bukhari, M. N., Shahid, M., Khan, M. A., Rizwanul Haque, Q. M., & Mohammad, F. 2016. Antimicrobial and fluorescence finishing of woolen yarn with *Terminalia arjuna* natural dye as an ecofriendly substitute to synthetic antibacterial agents. *RSC Advances*, 6(45), 39080–39094, <https://doi.org/10.1039/C6RA02717B>
- Vinsiah, R., & Fadhillah, F. 2018. Studi Ikatan Hidrogen Sistem Metanol-Metanol dan Etanol-Etanol dengan Metode Molekular Dinamik. *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 15(1), 14.

Doi:

12. Manurung, M. 2012. Aplikasi Kulit Buah Manggis (*Garcinia Mangostana* L.) Sebagai Pewarna Alami Pada Kain Katun Secara Pre-Mordanting. *Jurnal Kimia*, 6(2), 183–190.
13. Cahyani, M. D., & Novidayasa, I. 2016. Ekstraksi Zat Warna Alami dari Kayu Bakau (*Rhizophora mucronata*) Dengan Metode Microwave Assited Extraction. 1–57.