

**MENINGKATKAN KINERJA PENCELUPAN KAPAS:
MENGESPLORASI PENGARUH PH ASAM PADA LARUTAN
PENCELUPAN EKSTRAK DAUN JATI DAN EFEK POST
MORDANTING**

**ENHANCING COTTON DYEING PERFORMANCE: EXPLORING THE
ACIDIC PH INFLUENCE IN TEAK LEAF EXTRACT DYE SOLUTIONS
AND THE EFFECTS OF POST-MORDANTING**

Hilmi Amanah Aditya Cahyaningtyas*, Ade Vera, Rr. Wiwiek Eka Mulyani
Politeknik STTT Bandung, Kota Bandung, 40272, Indonesia

*Penulis korespondensi:
Alamat Email : hilmiamanah@kemenperin.go.id

Tanggal diterima: 13 Maret 2024, direvisi: 31 Mei 2024,
disetujui terbit: 03 Juni 2024

Abstrak

Daun Jati merupakan jenis tumbuhan yang berpotensi diaplikasikan sebagai zat warna alami tekstil. Memiliki pigmen tanin dan antosianin membuat daun jati dapat menghasilkan warna yang variatif dan menarik. Pencelupan dilakukan dengan metode perendaman pada kain tenun kapas, 40 °C dalam suasana asam (pH 4). Pada penelitian ini hasil pencelupan kapas dengan daun jati dilanjutkan dengan post mordan menggunakan tawas dan ferrosulfat untuk mengetahui perubahan arah warna. Evaluasi yang dilakukan pada kain hasil pencelupan ialah ketuaan, kerataan, arah warna, serta ketahanan luntur warna terhadap pencucian dan gosokan. Hasil evaluasi menunjukkan penambahan mordan ferrosulfat memiliki nilai ketuaan warna tertinggi dengan K/S 1,6692 dibandingkan dengan tawas dengan nilai K/S 0,3526. Arah warna pada mordan tawas diperoleh nilai $a^* +1,62$ dan $b^* -1,2$, serta pada ferrosulfat didapatkan nilai $a^* -3,9$ dan $b^* +4,86$. Ketahanan luntur warna berdasarkan pencucian dan gosokan dengan penggunaan mordan tawas dan ferro sulfat mendapatkan nilai baik (4-5)

Kata kunci: Pencelupan, Ekstrak Daun Jati, Tawas, Ferro sulfat

Abstract

Teak leaf is a type of plant that has the potential to be applied as a natural textile dye. Having tannin and anthocyanin pigments makes teak leaves able to produce varied and attractive colors. Dyeing was carried out by immersion method on cotton woven fabric, 40 °C in an acidic condition (pH 4). In this study, the results of cotton dyeing with teak leaves were followed by post mordant using alum and ferrosulfate to determine changes in color value. The evaluation carried out on the dyed fabric is color strength and color evenness, color value and color fastness to washing and rubbing. The evaluation results show that the addition of ferrosulfate mordant has the highest color strength with a K/S of 1.6692 compared to alum with a

K/S value of 0.3526. The color value in alum mordant obtained a values of +1.62 and b* -1.2, and in ferrosulfate obtained a* values of -3.9 and b* +4.86. Based on washing and rubbing, color fastness with ferrous sulfate and alum mordants grades good (4-5).*

Keywords: Dyeing, Teak Leaf Extract, Alum, Ferro sulfate

PENDAHULUAN

Pencelupan atau proses pemberian warna secara merata dan permanen pada bahan tekstil dapat dilakukan dengan menggunakan zat warna sintetis maupun alami. Sesuai dengan perkembangan zaman, zat warna alami cenderung diminati untuk pewarnaan tekstil sebagai alternatif pewarna yang memiliki sifat non-toksik, mudah terdegradasi dan ramah lingkungan. Hal tersebut berbeda dengan zat warna sintetis yang memiliki gugus azo yang mana dengan sifat aromatiknya dapat bersifat karsinogenik serta limbahnya dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Selain itu, keunggulan zat warna alam ialah warna yang diperoleh cenderung lebih muda dan lembut dengan intensitas ringan yang dapat menyegukkan mata^{1,2}.

Jati (*Tectona grandis*) adalah salah satu jenis tumbuhan yang memiliki potensi sebagai pewarna alami tetapi belum banyak dimanfaatkan oleh masyarakat luas. Secara spesifik merujuk pada bagian daun jati, diketahui mengandung tanin dalam jumlah tinggi, yaitu pigmen penimbul warna yang dapat menghasilkan warna cokelat. Terdapat pula antosianin yang merupakan pigmen pembentuk warna yang dapat memberikan warna merah, kuning, magenta, violet, biru dan ungu, dimana dalam strukturnya menggolongkan zat warna yang diperoleh sebagai golongan flavonoid dan zat organik tak jenuh³.

Kandungan antosianin pada daun jati berfungsi sebagai pewarna alami yang menghasilkan warna yang lebih

beragam dan menarik. Struktur molekul antosianin menunjukkan bahwa pewarna alami yang diekstrak dari daun jati termasuk dalam senyawa organik tak jenuh dan flavonoid. Struktur utamanya dicirikan oleh dua cincin benzena (C₆H₆) yang terhubung ke tiga atom karbon. Tiga atom karbon diikat oleh atom oksigen untuk membentuk cincin di antara dua cincin benzena. Kesetimbangan antosianin dalam wujud larutan, tergantung pada kondisi pH. Pada kondisi setimbang terbentuk kation flavylium, basa karbinol, kalkon, basa kuinoidal, dan basa kuinoidal anionik. Pada pH paling asam, antosianin terbentuk sebagai kation flavylium yang berkontribusi pada kondisi paling stabil dan bentuk yang berwarna-warni. Saat pH meningkat di atas 4, antosianin berubah menjadi kuning (kalkon), biru (basa kuinoid), atau tidak berwarna (basa karbinol)⁴.

Proses ekstraksi maupun proses pencelupan keduanya dipengaruhi oleh pH. Dalam larutan ekstraksi, pada kondisi asam akan menyebabkan tingginya jumlah antosianin yang terekstraksi. Hal ini disebabkan oleh pecahnya dinding sel vakuola dan menghasilkan arah warna yang cenderung kuning kemerahan. Sebaliknya, seiring dengan kenaikan pH ke arah basa maka akan memunculkan warna kebiruan. Beberapa penelitian menyebutkan bahwa antosianin memiliki stabilitas yang lebih tinggi pada larutan yang bersifat asam dibandingkan dengan basa⁵⁻⁷. Seiring dengan penurunan pH, stabilitas ekstrak terhadap

kuantitas pigmen dan kualitas warna akan meningkat⁶.

Pada proses pencelupan dan permodoran dengan zat warna alam, pH larutan celup memengaruhi arah warna hasil pencelupan⁸. Penelitian menggunakan sampel kain nylon, wool, dan sutera untuk mengetahui pengaruh pH larutan celup (asam, netral, basa) dengan ekstrak daun jati yang dilakukan proses *pre mordan* menggunakan beberapa jenis mordan seperti kalium aluminium sulfat, tembaga sulfat, dan ferosulfat⁸.

Proses mordan menggunakan garam dari logam seperti tawas, kapur, tunjung, timah, dan tembaga akan mempengaruhi alkalinitas dan keasaman dari pewarna sehingga dapat memengaruhi arah warna⁸⁻¹⁰.

Secara kimiawi, mordan didefinisikan sebagai logam polivalen yang dapat membentuk kompleks koordinat dan kovalen dengan pewarna dan serat tertentu. Dengan demikian, atom logam biasanya membentuk ikatan kovalen dengan hidroksil (atau karboksil) oksigen pada pewarna (atau serat) dan ikatan koordinat dengan pasangan elektron tunggal yang berdekatan pada oksigen yang berikatan rangkap. Ion logam dalam zat mordan dapat bereaksi dengan beberapa molekul pewarna membentuk kompleks ligan yang lebih besar dan menjadi antara pewarna dan serat. Kompleks logam ini membantu serat mempertahankan warna, sehingga meningkatkan ketuaan dan ketahanan luntur warna terhadap pencucian dan gosokan basah dan kering⁹.

Sebagian besar zat mordanting adalah garam logam kromium, timah, besi, tembaga, dan aluminium. Senyawa yang mengandung tembaga dan

kromium (misalnya, tembaga sulfat dan kalium dikromat) secara luas digunakan sebagai mordan, tetapi penggunaannya telah menurun karena masalah toksisitas. Demikian juga, mordan besi dan timah (misalnya, besi sulfat dan timah klorida) dapat memengaruhi warna dan kualitas *handling* pada kain yang dicelup. Zat mordan aluminium umumnya digunakan dan dianggap sebagai salah satu yang paling aman dalam aplikasi pewarna alami untuk tekstil selulosa.

Ion aluminium memiliki afinitas yang kuat untuk selulosa dan serat protein dan siap berfungsi sebagai jembatan antara beberapa molekul zat warna dan antara serat dengan zat warna. Jenis mordan aluminium memiliki pengaruh yang lebih besar pada ketahanan luntur terhadap pencucian¹⁰.

Berdasarkan paparan di atas, pada penelitian ini dilakukan proses pencelupan pada pH asam (pH 4) pada kain kapas kemudian dilanjutkan dengan proses *post mordanting*. *Post mordanting* dilakukan setelah proses pencelupan. Kain hasil pencelupan dilanjutkan dengan penggerjaan mordan dengan senyawa logam dengan tujuan untuk memperbaiki ketahanan luntur warna. Mordan yang mengandung logam akan berinteraksi dengan zat warna menyebabkan ukuran zat warna menjadi lebih besar. Ukuran zat warna yang besar menghasilkan elektron yang banyak sehingga akan meningkatkan gaya dispersi london. Makin besar ukuran zat warna mengakibatkan ikatan fisika antara zat warna dengan serat makin kuat. Adanya ikatan fisika yang lebih besar dapat meningkatkan ketahanan luntur warna terhadap pencucian.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pH asam pada larutan celup kapas dengan ekstrak daun jati dan proses *post mordanting* terhadap arah warna hasil pencelupan dan ketahanan luntur warna terhadap pencucian dan gosokan. Zat mordan yang digunakan pada penelitian ini adalah tawas (alum atau aluminium sulfat) dan ferrosulfat.

BAHAN DAN METODA

Daun Jati (*Tectona grandis* sp) yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari perkebunan jati daerah Sumedang, Jawa Barat. Material kain pada proses pencelupan menggunakan kain tenun kapas 100% siap celup. Berikut ini data konstruksi: berjenis anyaman polos, total lusi 48 helai/cm, total pakan 26 helai/cm, nomor benang lusi (Ne1 23,69), nomor benang pakan (Ne1 37,78) dan berat kain 123 g/m².

Proses ekstraksi daun jati

Proses ekstraksi dilakukan dengan melakukan perendaman (maserasi). Proses ekstraksi menggunakan air dengan perbandingan 1:6. Daun jati sebanyak 1 kg direndam dengan air sebanyak 6 L selama 12 jam. Selanjutnya larutan rendaman daun jati cara direbus pada suhu 80 °C selama 15 menit. Larutan hasil ekstraksi digunakan untuk pengujian rendemen (*yield*) dan untuk proses pencelupan pada kain kapas.

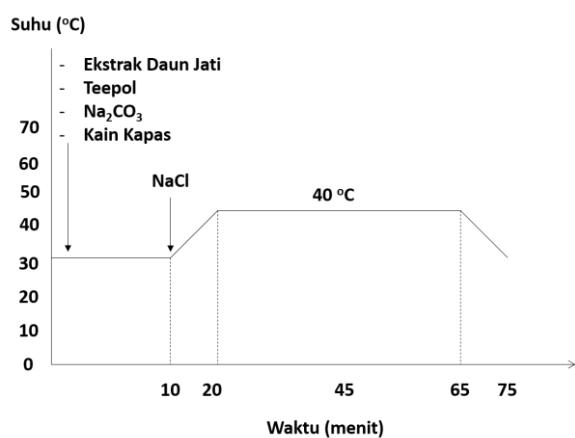
Proses pencelupan kapas dengan ekstrak daun jati.

Proses pencelupan kapas dengan ekstrak daun jati dilakukan pada pH asam dengan penambahan asam asetat (CH_3COOH) 75% sebesar 0,3 ml/L. Zat pembantu tekstil yang digunakan adalah NaCl sebesar 5 g/L. Proses pencelupan dilakukan dengan metode perendaman dengan perbandingan berat dan larutan (vlot) 1:30 pada suhu 40 °C selama 45 menit.

Skema proses pencelupan dapat dilihat pada Gambar 1.

Proses *post mordan*

Setelah proses pencelupan, kain kapas yang telah dicelup dilanjutkan dengan proses pemordanan. Proses pemordanan setelah pencelupan disebut *post mordan*. Zat mordan yang digunakan adalah tawas dan ferrosulfat dengan konsentrasi masing-masing 5 g/L. Proses post mordan dilakukan pada suhu ruang selama 15 menit.



Gambar 1. Skema proses pencelupan kain kapas dengan zat warna ekstrak daun jati.

Pengujian dan evaluasi Pengujian rendemen (*yield*) zat warna

Pengujian rendemen (*yield*) zat warna dilakukan dengan metode spektrofotometri menggunakan spektrofotometer merek Minolta Type CM-3600d pada larutan hasil ekstraksi (larutan awal sebelum pencelupan) dengan konsentrasi 0,03, 0,035, 0,04, 0,045, an 0,05 g/L.

Pengujian ketuaan dan kerataan warna

Sampel kain yang telah melalui proses pencelupan dan pencucian, dilakukan evaluasi terhadap ketuaan dan kerataan warna berdasarkan SNI 08 – 4667 – 1998 menggunakan spektrofotometer (Minolta CM 3600d)

dari panjang gelombang 400 – 700 nm dengan rentang 20 nm.

Pengujian ketahanan luntur warna terhadap pencucian

Sampel kain yang telah diproses pencelupan dan dilakukan post mordan kemudian dilakukan evaluasi terhadap ketahanan luntur warna. Pengujian ketahanan luntur warna dilakukan menggunakan Launder O meter dengan mengacu pada standar SNI ISO 105-C06:2010.

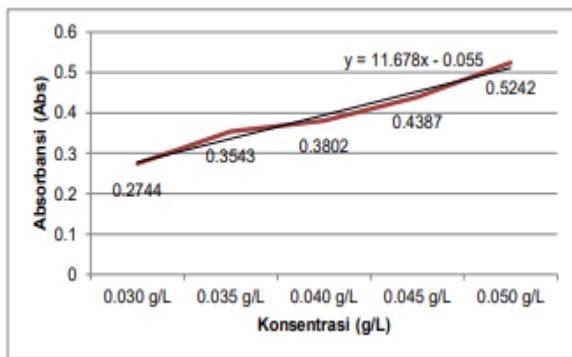
Pengujian tahan luntur warna terhadap gosokan

Pengujian tahan luntur warna terhadap gosokan dilakukan menurut SNI ISO 105-X12 menggunakan crockmeter. Metode pengujian yang dilakukan dengan metode kering (*dry rubbing*) dan metode basah (*wet rubbing*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi Yield Zat Warna

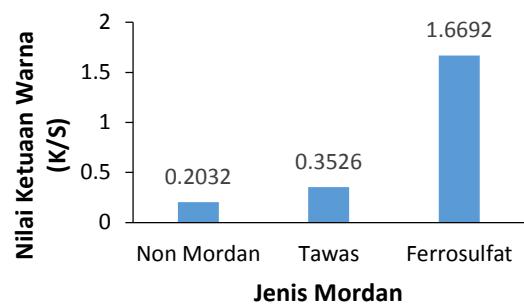
Pengujian *yield* zat warna bertujuan untuk mengukur banyaknya zat warna yang terkandung dari hasil ekstraksi. Hasil pengujian diperoleh absorbansi larutan ekstrak sebesar 0,3634. Berdasarkan persamaan yang diperoleh dari kurva standar (Gambar 2), maka diketahui konsentrasi larutan zat warna sebesar 0,360 % atau setara dengan 3,60 g/L. Hasil penelitian ekstraksi daun jati mengandung antosianin sebesar 21,60 gram.



Gambar 2. Grafik absorbansi terhadap larutan zat warna ekstrak daun jati dengan konsentrasi berbeda

Evaluasi Ketuaan Warna

Evaluasi pengujian ketuaan warna bertujuan untuk menunjukkan jumlah zat warna yang terserap ke dalam kain kapas yang juga dipengaruhi oleh proses post mordan. Hasil pengujian menunjukkan pH larutan pencelupan dikondisikan dalam suasana asam (pH 4) dan penggunaan zat mordan dapat meningkatkan penyerapan zat warna dilihat dari kenaikan nilai K/S. Penggunaan zat mordan ferrosulfat memberikan nilai penyerapan tertinggi dibandingkan tawas.



Gambar 3. Grafik hubungan proses non mordan dan pemordanan terhadap nilai ketuaan warna (K/S)

Kapas yang dicelup dengan zat warna alam dapat berikan koordinasi dengan bantuan ion logam yang berasal dari zat mordan¹⁰.

Data K/S menunjukkan bahwa mordan menggunakan ferro sulfat memberikan

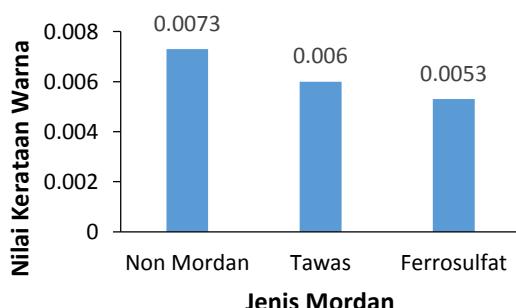
penyerapan zat warna lebih tinggi dibandingkan menggunakan tawas. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh⁸.

Sebagai logam transisi, Fe memiliki orbital d kosong yang mampu berpartisipasi dalam ikatan balik, yang meningkatkan fotostabilitas pewarna azo, tidak seperti logam Grup III seperti Al.

Ikatan balik adalah konsep di mana elektron dari atom yang lebih elektronegatif ditransfer ke orbital kosong dari atom yang lebih elektronegatif. Hal ini yang menyebabkan pemordoran menggunakan ferro sulfat terjadi ikatan kompleks logam yang lebih kuat antara zat warna dengan serat sehingga dapat meningkatkan penyerapan zat warna dan warna pencelupan yang dihasilkan lebih tua.

Evaluasi kerataan warna

Kerataan warna pada kain hasil pencelupan as dapat dilihat dari nilai standar deviasi yang didapatkan dengan cara melakukan pengujian menggunakan spektrofotometri pada 5 titik berbeda dari kain hasil pencelupan. Nilai yang diperoleh akan menunjukkan kerataan warna pada kain hasil pencelupan. Grafik kerataan warna dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik hubungan proses mordan terhadap kerataan warna

Pada grafik diatas, dapat dilihat bahwa penggunaan ferrosulfat sebagai mordan memiliki nilai kerataan warna yang baik dengan nilai standar deviasi paling kecil dibandingkan dengan tawas maupun pencelupan tanpa mordan. Berdasarkan sifatnya, ferrosulfat mudah larut dalam air sehingga memudahkan pencampuran dengan zat warna dan memastikan distribusi warna yang merata. Di sisi lain, tawas memiliki kemampuan menarik partikel lain sehingga meningkatkan berat, ukuran dan bentuk, sehingga membuat partikel zat warna membesar dan menempel di permukaan kain sehingga dapat mengakibatkan ketidakmerataan warna dalam proses pencelupan¹¹.

Evaluasi Arah Warna

Evaluasi arah warna dilakukan untuk menentukan nilai $L^*a^*b^*$ berdasarkan metode CIELAB atau sistem ruang warna. L^* melambangkan *lightness*, a^* (*reddish*) sebagai nilai hijau hingga merah dan b^* (*yellowish*) yaitu nilai biru hingga kuning. Hasil pengujian arah warna dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian arah warna

Jenis mordan	L^*	a^*	b^*
Non mordan	80,05	4,37	1,92
Tawas	75,37	5,99	2,72
Ferro sulfat	62,74	0,47	6,78

Pencelupan kain kapas tanpa mordan ($L^* = 80,05$) menghasilkan warna yang lebih muda dibandingkan dengan penggunaan mordan tawas ($L^* = 75,37$) dan ferrosulfat ($L^* = 62,74$). Notasi L^* memiliki cakupan nilai dari 0 hingga 100, dimana semakin tinggi nilai L^* maka menunjukkan warna mendekati putih (cerah) dan semakin

rendah menunjukkan warna mengarah ke hitam (gelap) ¹².

Nilai L * mengalami penurunan pada penambahan mordan ferro sulfat dibandingkan pada tawas atau yang tidak dilakukan proses permordoran. Pada hasil post mordan menggunakan ferro sulfat kecerahan warna menurun dan warna hasil pencelupan terlihat lebih gelap dibandingkan tanpa mordan dan dengan mordan tawas. Hal ini disebabkan adanya ion logam pada mordan ferro sulfat lebih banyak sehingga dapat meningkatkan ketuaan warna dan warna menjadi lebih gelap.

Reaksi kimia antara ion Fe²⁺ pada ferrosulfat dengan molekul zat warna di dalam serat akan membentuk reaksi kopling berupa garam kompleks yang memungkinkan terbentuknya ikatan yang lebih kuat. Sedangkan pada mordan tawas, reaksi akan terbentuk antara ion Al³⁺ dan zat warna tanpa membentuk reaksi kopling ¹³. Arah warna dari pencelupan kain kapas menggunakan zat warna ekstrak daun jati dapat diketahui dari nilai a* dan b* ^{14,15}. Penggunaan mordan tawas berdasarkan hasil optimum menunjukkan nilai a* positif (1,62) dan b* negatif (-1,2) mengarah kepada warna merah kebiruan. Arah warna pada kain yang dicelup menggunakan mordan ferrosulfat menunjukkan nilai a* negatif (-3,9) dan b* positif (4,86) dengan sampel mengarah pada saturasi warna hijau kekuningan.

Ketahanan Luntur Warna Terhadap Pencucian

Penentuan daya luntur warna dikarenakan pemberian perilaku gerakan mekanik dan gesekan dilakukan untuk melihat efek yang ditimbulkan akibat pencucian. Evaluasi

dilakukan berdasarkan pada perubahan warna pada kain test yang dinilai dengan grey scale for color change dan penodaan pada multifiber dengan grey scale for staining

Tabel 2. Data uji ketahanan luntur warna terhadap pencucian

Jenis Mordan	Nilai Skala Penodaan Pada Kain Pelapis	
	Kapas	Wool
Non-Mordan	4-5	4-5
Tawas	4-5	4-5
Ferrosulfat	4-5	4-5

Hasil pengujian ketahanan luntur warna (Tabel 2) menunjukkan nilai perubahan warna yang cukup baik disebabkan oleh pigmen terkandung dalam daun jati mampu berdifusi ke dalam serat dan membentuk ikatan hidrogen sekunder dengan atom hidrogen pada gugus hidroksil (-OH) serat kapas. Ikatan ini memastikan adanya ikatan fisik yang kuat antara kromofor daun jati dengan serat kapas, serta menjaga ketahanan warna, bahkan setelah dilakukan pencucian. Selain itu, proses mordan juga dianggap dapat menambah afinitas zat warna terhadap serat sehingga warna yang berada pada kain tidak mudah keluar akibat pencucian dan tidak banyak menodai kain pelapis ¹⁶.

Ketahanan Luntur Warna Terhadap Gosokan

Kain hasil pencelupan diujikan terhadap ketahanan warna terhadap gosokan (rubbing) dengan metode kering (dry rubbing) dan basah (wet rubbing).

Tabel 3. Data uji ketahanan luntur warna terhadap gosokan

Jenis Mordan	Nilai Skala Penodaan Pada Kain Pelapis	
	Gosokan	Gosokan

	Kering	Basah
Non-Mordan	4	4
Tawas	4-5	4
Ferrosulfat	4-5	4

Pengujian ketahanan luntur warna terhadap gosokan memiliki kategori nilai yang baik (4-5) dan mengalami peningkatan dibandingkan dengan kain yang tidak dilakukan pemordanan. apabila dibandingkan dengan pencelupan menggunakan zat warna alam, seperti halnya pada penelitian menggunakan kulit kopi ¹⁷ dan daun rami ¹⁸. Hasil ketahanan luntur warna gosokan basah menunjukkan nilai yang sedikit lebih rendah apabila dibandingkan dengan gosokan kering. Hal tersebut dikarenakan pada metode pengujian gosokan basah, alat *crockmeter* terlebih dahulu dibasahi dengan air suling yang mengakibatkan pori-pori serat menggembung dan

menyebabkan terbawanya molekul zat warna dari serat ¹⁷. Lebih dari itu, dengan adanya penambahan mordan mengakibatkan peningkatan ketahanan luntur warna yang disebabkan oleh ikatan zat warna yang semakin kuat.

KESIMPULAN

Larutan pencelupan yang mengandung ekstrak daun jati sebagai pewarna alam pada pH 4 dapat meningkatkan ketahanan luntur warna terhadap gosokan dan memengaruhi arah warna hasil pencelupan. Penambahan zat mordan tawas dan ferrosulfat pun dapat mempengaruhi ketuaan hingga variasi arah warna. Penambahan zat mordan berupa tawas pada proses post mordan memberikan arah warna merah kebiruan dan ferrosulfat menghasilkan warna hijau kekuningan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Pujilestari, T. Review: Sumber dan Pemanfaatan Zat Warna Alam untuk Keperluan Industri. *Din. Kerajinan dan Batik Maj. Ilm.* **32**, 93 (2016).
2. Siregar, A. H. Pembuatan Zat Warna Alam Dari Tumbuhan Berasal Dari Daun. *Bina Tek.* **12**, 103 (2017).
3. R, R., Wiraningtyas, A. & S, S. EKSTRAKSI ZAT WARNA DARI DAUN JATI MUDA (*Tectona grandis* Linn. F.) DAN APLIKASINYA PADA BENANG TENUNAN BIMA. *J. Redoks (J. Pendidik. Kim. Dan Ilmu Kim.)* **4**, 1–9 (2021).
4. Rosyida, A. & Suranto. Use of *Tectonagrandis* Leaf Extract in Colouring Silk Cloth Material Based on pH and Mordant Variations. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* **333**, (2018).
5. Khoo, H. E., Azlan, A., Tang, S. T. & Lim, S. M. Anthocyanidins and anthocyanins: Colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food Nutr. Res.* **61**, (2017).
6. Surianti, S., Husain, H. & Sulfikar, S. Uji Stabilitas Pigmen Merah Antosianin Dari Daun Jati Muda (*Tectona grandis* Linn f) terhadap pH sebagai Pewarna Alami. *Chem. J. Ilm. Kim. dan Pendidik. Kim.* **20**, 94 (2019).
7. Almajid, G. A. A., Rusli, R. & Priastomo, M. Effect of Solvent, Temperature and pH on Anthocyanin Pigments from Red Dragon Fruit Peel Extract (*Hylocereus Polyrhizus*). *Proceeding Mulawarman Pharm. Conf.* 135–138 (2021).
8. Agrawal, A. & Chopra, S. Sustainable dyeing of selected natural and synthetic fabrics using waste teak leaves (*Tectona Grandis L.*). *Res. J. Text. Appar.* **24**, 357–374 (2020).
9. Haar, S., Schrader, E. & Gatewood, B. M. Comparison of Aluminum Mordants on the Colorfastness of Natural Dyes on Cotton. *Cloth. Text. Res. J.* **31**, 97–108 (2013).
10. Ding, Y. & Freeman, H. S. Mordant dye application on cotton: optimisation and combination with natural dyes. *Color. Technol.* **133**, 369–375 (2017).
11. A'iniyah, I. Pengaruh Jenis dan Massa Mordan Terhadap Hasil Pewarnaan Alami Buah Galing Pada Jaket Batik Berbahan Denim. *e J.* **07**, 28–33 (2018).
12. Dianingrum Hanafi, A., Fatimah, S., Haerudin, A., Besar Kerajinan dan Batik, B. & Kusumanegara Nomor, J. Pengaruh Variasi Proses Mordanting Pewarna Alam Daun Pepaya (*Carica papaya* L.) terhadap Ketajaman Warna dan. Ketahanan Luntur Kain Batik/ JUTE **5**, 1–7 (2022).
13. Wiji Lestari, D. et al. Pengaruh pH dan Jenis Mordan Terhadap Hasil Pewarnaan Kain Batik Katun The effect of pH and mordant towards Dyeing properties of Cotton Batik dyed with *Theobroma Cacao* L. Pod Husk Extract from Jember. 1–9 (2020).
14. Awwalie, I. Q. Pengaruh Frekuensi Pencelupan dan Jenis Mordan dari Ekstrak Daun Ketapang sebagai Pewarna Alami Kain Batik. *J. Narada* **9**, 169–182 (2022).
15. Munawaroh, S., Musdalifah, M. & Prasetyaningtyas, W. Pengaruh Mordan Terhadap Pencelupan Serat Tekstil Menggunakan Limbah Kayu Nangka (*Artocarpus Heterophylla* Lamk). *Fash. Fash. Educ. J.* **11**, 1–8 (2022).
16. Astuti, O. D. Fiksasi Pada Pencapan Kain Kapas dengan Zat Warna Alam Kayu Teger (*Cudrania javanensis*). **5**, 69–76 (2020).

17. Azizah, P. R., Aini, N. & Prahasuti, E. Ketahanan Warna Terhadap Gosokan Pada Pewarnaan Kain Mori Menggunakan Kulit Kopi. *J. Vocat. Tech. Educ.* **4**, 18–25 (2022).
18. Nugraha, J. & Rakhmatiara, E. Y. Pemanfaatan Daun Rami Sebagai Bahan Zat Warna Alam Dan Fungsionalisasinya Pada Pencelupan Kain Kapas Dan Sutera. *Arena Tekst.* **35**, (2020).