

Studi Pengaruh pH Terhadap Stabilitas Warna dan Kuat Tarik Kain Katun Dengan Pewarna Alami Antosianin

Susi Rahayu¹, Sintya Dewi Lestari², Arif Budianto³, Alfina Taurida Alaydrus⁴, Halil Akhyar^{5*}

^{1,2,3,4} Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram, Indonesia

⁵Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Indonesia

Received: 19 February 2025

Revised: 26 February 2025

Accepted: 19 April 2025

Corresponding Author:

Halil Akhyar

halil.akhyar@staff.unram.ac.id

© 2025 Kappa Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License



DOI:

<https://doi.org/10.29408/kpj.v9i1.29595>

Abstract: Lombok has become one of the leading tourist destinations, especially with the development of the Mandalika Special Economic Zone. One of the cultural products that has the potential to be offered to tourists is Lombok traditional weaving. The study aims to analyze the effect of the pH of the dye solution on the characteristics of the dyed fabric. The research method uses a mechanical thermal method to obtain anthocyanin powder extraction, standard staining methods namely mordant, staining, and fixation, as well as characterization using tensilons, *Color Analyzer software*, *Hoolooovoo*, and *Encycolorpedi website*. The extraction of anthocyanin compounds from teak leaves (*Tectona grandis*) was successfully carried out by mechanical thermal method. Color analysis and identified color changes are significantly affected by differences in solution pH. The higher the pH used, the darker the color will be produced and the higher the level of color fading in the fabric. The smallest ΔE value is at pH 6 = 5.364 and the largest ΔE value is at pH 14 = 17.145. However, an increase in pH tends to increase the tensile strength of the fabric. However, the optimum tensile strength condition was obtained in a solution of pH 12, which was 17.414 MPa, while at pH 13 and pH 14, the tensile strength of the fabric decreased to 16.071 MPa. Based on the analysis of the influence of pH of dye solution on fabric tensile strength, it was identified that a 6th-order polynomial model (determination coefficient $R^2 = 0.9479$) was identified as accurate enough to model the influence of pH on fabric tensile strength. Therefore, this finding has potential in the textile industry, especially in increasing the economic value of Lombok weaving.

Keyword: Elastic modulus; fading; tensile strength

Pendahuluan

Saat ini, Lombok menjadi salah satu destinasi wisata unggulan, terutama dengan pengembangan Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Mandalika yang menjadi magnet baik wisatawan mancanegara maupun domestic. Kondisi ini mendorong peningkatan jumlah kunjungan wisatawan sehingga permintaan cendera mata khas Lombok menjadi meningkat. Salah satu produk budaya yang memiliki potensi untuk ditawarkan pada wisatawan yaitu tenun tradisional Lombok. Keragaman karya seni budaya tenun Lombok menjadi daya tarik bagi wisatawan. Untuk menonjolkan

ciri khas tenun Lombok maka perlu dilakukan inovasi peningkatan daya tarik yang ramah lingkungan melalui inovasi pewarna bahan alam.

Penggunaan warna pada kain tenun dapat mempengaruhi nilai kualitas dan ekonomis produk kain tenun bagi konsumen. Namun pada saat ini, para pengrajin kebanyakan masih menggunakan pewarna sintetis. Padahal kain tenun yang diwarnai dengan pewarna alami memiliki nilai jual yang lebih tinggi hingga dua kali lipat dari kain tenun yang diwarnai oleh pewarna sintetis. Selain itu, pewarna alami cenderung menghasilkan warna yang lebih natural dibandingkan

How to Cite:

Rahayu, S., Lestari, S. D., Budianto, A., Alaydrus, A. T., & Akhyar, H. (2025). Studi Pengaruh pH Terhadap Stabilitas Warna dan Kuat Tarik Kain Katun Dengan Pewarna Alami Antosianin. *Kappa Journal*, 9(1), 43-48. <https://doi.org/10.29408/kpj.v9i1.29595>

pewarna sintetis menghasilkan warna yang lebih terang dan mencolok (Kurniawidi dkk., 2024). Pewarna sintetis juga dapat menimbulkan dampak negative yang dapat menyebabkan kerusakan Lingkungan. Penggunaan pewarna alami menjadi salah satu cara untuk menghindari hal tersebut. Zat pewarna alami dapat diproduksi dari hasil ekstraksi berbagai tumbuhan yang ada di sekitar. Salah satu tumbuhan yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber pewarna alami, yaitu daun Jati (*Tectona grandis*). Daun jati memiliki kandungan senyawa antosianin sehingga dapat dijadikan sumber pewarna alami. Senyawa antosianin dari ekstrak daun jati akan menghasilkan pigmen alami untuk dimanfaatkan sebagai pewarna yang ramah lingkungan (Qomariah dkk., 2022)

Antosianin merupakan pigmen merah, ungu, kuning, biru maupun hijau tergantung pada kesetabilannya (Perdani, 2023). Antosianin terdapat di dalam vakuola sel tanaman. Sifat dari senyawa antosianin yakni mudah bereaksi dengan berbagai zat kimia, mudah teroksidasi maupun tereduksi, dan mudah terhidrolisis. Kestabilan senyawa antosianin juga sangat dipengaruhi oleh pH pelarut. Zat warna antosianin akan menghasilkan variasi warna apabila terjadi penurunan ataupun kenaikan pH larutan yang digunakan (Ayun dkk., 2022). Hal ini menjadikan para peneliti lebih banyak mencari informasi mengenai bagaimana variasi pH dapat mempengaruhi warna maupun kelunturan kain dari hasil pewarnaan senyawa antosianin.

Selain kualitas dan ketahanan luntur, perlu ada tinjauan tentang sifat mekanik dari kain. Sifat mekanik yang dapat ditinjau yakni kuat tarik dan modulus elastisitasnya. Kekuatan tarik kain akan berpengaruh signifikan terhadap kualitas kain hasil pewarnaan. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis sifat mekanik kain hasil dari pewarnaan oleh pewarna alami (Rahayu dkk., 2021). Penelitian yang dilakukan oleh Kurniawidi dkk., (2023) dengan mengidentifikasi kualitas sifat mekanik benang katun yang diwarnai menggunakan pewarna alami dengan senyawa antosianin. Penelitian tersebut dilakukan dengan perlakuan pH dalam kondisi asam yang menghasilkan karakteristik warna dan mekanik yang berbeda. Penelitian ini merupakan pengembangan penelitian tersebut dengan memodifikasi tingkat pH larutannya pada kondisi basa. Hal ini perlu dilakukan untuk membandingkan perlakuan yang tepat pada kain tenun sehingga dapat diperoleh kualitas kain tenun yang terbaik.

Metode

Eksperimen untuk pengaplikasian pewarna pada kain katun dibagi dalam dua tahapan, yakni pembuatan serbuk pewarna dari senyawa antosianin dan pewarnaan kain katun. Serbuk pewarna dari bahan

alam *Tectona grandis* diperoleh dengan metode termal mekanik. Pembuatan serbuk pewarna meliputi: pencucian, pemotongan, pengeringan, penghalusan serta homogenisasi. Daun dicuci menggunakan air bersih untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada daun. Selanjutnya daun dipotong kecil-kecil dengan lebar 0,5 cm agar kadar air dalam daun lebih mudah berkurang. Proses pengeringan dilakukan menggunakan oven selama 2 jam dengan suhu 70°C. Daun yang telah kering dihaluskan hingga mendapatkan hasil serbuk daun *Tectona grandis*. Serbuk pewarna selanjutnya dihomogenkan ukurannya menggunakan ayakan 100 mesh sehingga diperoleh serbuk pewarna yang siap diaplikasikan dalam proses pewarnaan.

Proses pewarnaan dibagi dalam 3 tahapan yakni mordanting, pewarnaan, dan fiksasi. Pada proses pewarnaan disiapkan kain dengan ukuran (15 x 15) cm. Kain tersebut di *mordan* dalam larutan tawas selama 12 jam. Setelah itu, kain dikeringkan dan kain siap diwarnai dengan serbuk pewarna dari zat warna senyawa antosianin. Tahap pewarnaan kain ini dilakukan dengan metode pemanasan. Serbuk pewarna dilarutkan menggunakan aquades dan ditambahkan larutan NaOH 1 M untuk memperoleh pH 7 sampai dengan 14. Pewarnaan dilakukan dengan memanaskan larutan pewarna hingga mendidih pada suhu 100 °C dan volumenya menjadi setengah volume awal. Kemudian kain dipanaskan selama 10 menit di dalam larutan pewarna. Kain dijemur hingga benar-benar kering. Tahapan akhir yakni, fiksasi. Kain difiksasi dengan merendam kain dalam larutan tawas selama 30 menit. Kemudian kain dikeringkan hingga benar-benar kering. Setelah itu, kain siap untuk dianalisis warna dan kuat tariknya.

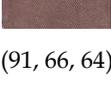
Dalam penelitian dianalisis karakteristik warna kain hasil pewarnaan dan kuat tarik kain setelah pewarnaan. Analisis perubahan warna diidentifikasi jenis warna, kode warna, dan nilai RGB. Analisis warna memanfaatkan kombinasi beberapa *software* yakni *Color Analyzer*, *Hoolooovoo*, dan web *Encycolorpedia*. Hasil analisis warna diperoleh berupa kode HEX. Kode HEX dianalisis pada web *Encycolorpedia* dan menghasilkan bayangan warna dari setiap pH. Kode warna yang diperoleh juga di analisis untuk menghitung ketahanan luntur dengan menghitung nilai ΔE . Nilai tersebut berkorelasi dengan perubahan warna yang terjadi dari proses setelah pencucian. Pengujian kain terhadap tahan luntur warna dilakukan untuk mengetahui perbandingan kelunturan warna yang terjadi pada kain yang diwarnai oleh senyawa antosianin dengan variasi pH kondisi basa. Pencucian sabun dilakukan berdasarkan standar SNI ISO 105-C06:2010. Sedangkan, untuk analisis sifat mekanik kain diuji dengan alat *Universal Tensile Machine* (UTM)/ Tensilon RTG 1310.

Parameter yang diuji yakni, kuat tarik dan modulus elastisitas kain. Untuk metode uji standar kekuatan tarik kain menggunakan standar ASTM D5035. Sampel diuji dengan klem dan jarak antara klem atas dan klem bawah adalah 7,5 cm. Untuk kecepatan uji yang digunakan yakni 300 mm/menit. Hasil pengukuran kuat tarik diinterpretasikan menggunakan *Microsoft excel*.

Hasil dan Pembahasan

Pewarnaan kain katun dengan memanfaatkan senyawa antosianin dari daun *tectona grandis* telah berhasil dilakukan. Dalam penelitian ini dilakukan variasi pH larutan warna untuk melihat perbedaan warna yang dihasilkan akibat variasi pH warna pada proses pewarnaan. Variasi pH larutan warna diaplikasikan pada saat proses pewarnaan dan menghasilkan warna yang berbeda-beda (Tabel 1).

Tabel 1. Analisis warna kain katun dengan variasi pH

Sampel	Gambar & Kode RGB	Kode Warna	Jenis Warna
pH 6	 (124, 96, 83)	#7C6053	<i>Pale Bown</i>
pH 7	 (116, 91, 79)	#745B4F	<i>Pale Bown</i>
pH 8	 (98, 68, 64)	#634543	<i>Rose ebony</i>
pH 9	 (103, 72, 67)	#674843	<i>Rose ebony Liver</i>
pH 10	 (95, 66, 60)	#5F423C	<i>Rose ebony</i>
pH 11	 (91, 66, 64)	#5B4240	<i>Dark Liver (horses)</i>
pH 12	 (82, 57, 55)	#523937	<i>Dark Liver (horses)</i>

Sampel	Gambar & Kode RGB	Kode Warna	Jenis Warna
pH 13	 (79, 49, 51)	#4F3133	<i>Old Burgundy Dark Liver (horses)</i>
pH 14	 (78, 52, 53)	#4E3435	<i>Old Burgundy Dark Liver (horses)</i>

PH 6 merupakan pH murni dari pewarna menghasilkan warna yang sama dengan pH 7 yaitu kombinasi warna merah oranye. Pada pH 8 - 12 menghasilkan kombinasi dari warna merah dan pada pH 13 dan 14 (basa kuat) menghasilkan kombinasi dari warna pink merah. Perbedaan warna dari setiap pH tidak signifikan masih dalam arah warna yang sama yakni, warna cenderung masih dalam spektrum warna merah. Namun, variasi pH yang digunakan mempengaruhi kecerahan warna yang dihasilkan. Semakin tinggi pH yang digunakan maka warna yang dihasilkan akan semakin gelap. Gelapnya warna dari senyawa antosianin yang diaplikasikan pada kain merupakan hasil dari degradasi dan polimerasi pigmen. Warna pada antosianin akan mengalami degradasi disebabkan oleh perubahan kation flavilium yang berwarna merah menjadi basa karbinol dan akhirnya menjadi kalkon yang tidak berwarna dan berakhir pada produk degradasi yang berwarna coklat (Djaafar dkk., 2022).

Pengujian Grey scale dilakukan dengan menaruh kain sampel diantara kain putih dan dilakukan pengadukan larutan sabun dengan suhu berkisar antara 40°C-50 °C (Widian dkk., 2022). Pengujian luntur menghasilkan perubahan warna yang tidak signifikan (Tabel 2).

Tabel 2. Analisis kelunturan kain dengan variasi pH

Sampel	Sebelum Pencucian (RGB)	Setelah Pencucian (RGB)	ΔE
pH 6	 (124, 96, 83)	 (125, 97, 93)	5,364
pH 7	 (116, 91, 79)	 (111, 90, 87)	5,892

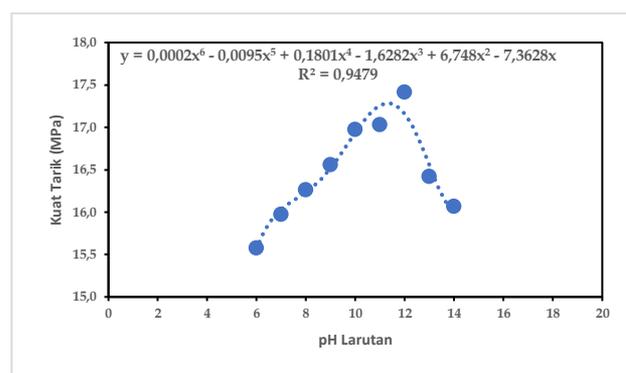
Sampel	Sebelum Pencucian (RGB)	Setelah Pencucian (RGB)	ΔE
pH 8	 (98, 68, 64)	 (95, 75, 78)	7,243
pH 9	 (103, 72, 67)	 (98, 76, 79)	7,077
pH 10	 (95, 66, 60)	 97, 72, 77)	7,853
pH 11	 (91, 66, 64)	 (96, 70, 81)	8,245
pH 12	 (82, 57, 55)	 (93, 67, 78)	9,513
pH 13	 (79, 49, 51)	 (103, 82, 91)	13,967
pH 14	 (78, 52, 53)	 (109, 87, 97)	17,145

Nilai ΔE yang merupakan nilai perhitungan perubahan warna total dari produk (Yang dkk., 2022). Dalam hal ini, nilai ΔE merupakan perubahan warna pada proses pewarnaan sebelum dan setelah pencucian. Dengan adanya perlakuan pH pada kondisi basa menghasilkan nilai ΔE yang semakin besar (Tabel 2). Hal ini disebabkan karena penambahan larutan NaOH pada proses pewarnaan dapat menurunkan intensitas warna pada kain. Selain terjadinya perubahan ΔE , perlakuan pH mempengaruhi kuat tarik kain hasil pewarnaan (Tabel 3).

Tabel 3. Analisis sifat mekanik kain dengan variasi pH

pH Larutan	Kuat Tarik (MPa)	Modulus Elastisitas (MPa)
6	15,578 ± 0,651	131,453
7	15,974 ± 0,773	135,033
8	16,265 ± 0,684	151,863
9	16,562 ± 0,579	153,333
10	16,978 ± 2,480	156,287
11	17,032 ± 0,124	167,337
12	17,414 ± 0,286	168,083
13	16,424 ± 0,772	144,803
14	16,071 ± 0,478	143,447

Nilai kuat tarik dari setiap pH larutan memiliki nilai yang berbeda-beda (Tabel 3). Selain kuat tarik, salah satu parameter untuk mengetahui sifat mekanik dari kain hasil pewarnaan senyawa antosianin adalah modulus elastisitas. Pada umumnya, material dengan modulus elastisitas yang tinggi biasanya juga akan menghasilkan nilai kuat tarik yang tinggi. Kain yang diwarnai dengan pH yang terlalu tinggi akan kehilangan elastisitas alami dari serat sehingga modulus elastisitasnya akan semakin menurun.



Gambar 1. Hubungan pengaruh pH larutan terhadap kuat tarik kain

Kuat tarik kain yang diberi pewarna alami dari pigmen antosianin dipengaruhi oleh pH larutan pewarna. Grafik hubungan kedua parameter membentuk pola menyerupai lonceng asimetris. Peningkatan kuat tarik secara optimal terjadi pada pH larutan sekitar 11 hingga 12, kemudian kuat tarik mengalami penurunan seiring dengan peningkatan pH. Pada kisaran pH 10,5-12,0 zat warna reaktif menunjukkan penyerapan yang optimal dan bereaksi dengan serat sehingga didapatkan hasil fiksasi yang maksimal (Ambarwaningthyas dkk., 2024). Fiksasi yang maksimal dalam proses pewarnaan membuat lebih banyak senyawa antosianin menempel pada serat kain. Penyerapan yang lebih banyak ini

membuat ikatan serat kain akan menjadi lebih kuat dan meningkatkan kemampuan kain untuk tahan terhadap tarikan.

Analisis statistik gambar 1 menunjukkan terbentuknya model hubungan polinomial orde 6 dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,9479$. Nilai ini mengindikasikan bahwa sekitar 94,79% kuat tarik kain dipengaruhi oleh pH larutan pewarna alami [pigmen antosianin. pH larutan juga mempengaruhi interaksi pigmen antosianin dengan serat kain, dimana pada pH rendah antosianin cenderung berbentuk flavilium kationik yang kurang stabil dalam serat kain sedangkan [ada pH tinggi terjadi degradasi pigmen yang menyebabkan penurunan kuat tarik. Pada pH 13 dan 14 kuat tarik terus mengalami penurunan. Menurunnya kuat tarik ini disebabkan karena penambahan NaOH pada larutan pewarna sehingga kain bersifat basa. Penggunaan volume NaOH yang tinggi membuat larutan akan lebih bersifat alkalis dan menyebabkan kerusakan serat. Akibat dari besarnya pH yang digunakan menyebabkan serat mengalami degradasi struktur kimia dan menurunkan kekuatan tarik kain. Pada pH tinggi atau bersifat basa kuat mengakibatkan ikatan glikosida dalam selulosa akan terputus. Dimana selulosa merupakan komponen utama kain katun. Pemutusan ikatan tersebut menyebabkan serat mengalami depolimerisasi, yakni pemecahan rantai panjang selulosa menjadi unit yang lebih pendek, dan menyebabkan penurunan kekuatan mekanis serat (Arsyad & Kondo, 2020).

Berdasarkan kondisi tersebut, representasi tren grafik dengan model polinomial orde 6 cukup akurat untuk memodelkan pengaruh pH terhadap kuat tarik kain. Namun, perlu dilakukan analisis statistik tambahan berupa analisis residual dan pengujian model regresi non-linear untuk memvalidasi temuan ini. Optimalisasi pemodelan yang akurat akan sangat membantu industri tekstil untuk menentukan kondisi optimal dalam proses pewarnaan. Oleh karena itu, temuan ini memiliki potensi dalam industri tekstil khususnya dalam meningkatkan nilai ekonomis tenun khas Lombok.

Kesimpulan

Ekstraksi senyawa antosianin dari daun jati (*Tectona grandis*) telah berhasil dilakukan dengan metode mechanical termal. Pewarnaan kain dengan pigmen antosianin dipengaruhi oleh pH larutan saat proses pewarnaan. Semakin tinggi pH yang digunakan maka warna yang dihasilkan akan semakin gelap dan tingkat kelunturan warna pada kain semakin tinggi. Nilai ΔE terkecil berada pada pH 6 = 5,364 yang merupakan pH murni dari pewarna dengan kelunturan yang paling rendah. Sedangkan, nilai ΔE terbesar berada pada pH 14 = 17,145 yakni pada kondisi basa kuat. Namun,

peningkatan pH cenderung meningkatkan kuat tarik kain. Tetapi kondisi kuat tarik optimum diperoleh pada larutan pH 12 dengan nilai kuat tarik sebesar 17,414 MP, sedangkan pada pH 13 dan pH 14 kuat tarik kain mengalami penurunan menjadi 16,071 MPa. Berdasarkan analisis pengaruh pH larutan pewarna dengan kuat tarik kain, teridentifikasi model polinomial orde 6 (koefisien determinasi $R^2 = 0,9479$) cukup akurat untuk memodelkan pengaruh pH terhadap kuat tarik kain. Oleh karena itu, temuan ini memiliki potensi dalam industri tekstil khususnya dalam meningkatkan nilai ekonomis tenun khas Lombok. Analisis statistik tambahan, seperti analisis residual dan pengujian model regresi non-linear, perlu dilakukan untuk memastikan validitas temuan ini. Pemodelan yang lebih akurat akan sangat bermanfaat bagi industri tekstil dalam menentukan kondisi optimal untuk proses pewarnaan.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini kolaborasi antara Program Studi Fisika-FMIPA dengan Program Studi Teknik Informatika-FT Universitas Mataram. Penelitian didanai melalui sumber pendanaan PNBPU Universitas Mataram tahun 2020 skema pendanaan Penelitian Dosen Pemula.

Daftar Pustaka

- Ambarwaningthyas, S., Salis, W. A., & Mulyani, Rr. W. E. (2024). Optimalisasi pH Dengan Campuran Alkali Na_2CO_3 -NaOH Pada Pencelupan Kapas Dengan Zat Warna Reaktif Panas. *Texere*, 22(1), 48–55. <https://doi.org/10.53298/texere.v22i1.05>
- Arsyad, M., & Kondo, Y. (2020). Efek Perlakuan Natrium Hidroksida Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Serat Sabut Kelapa. *Prosiding 4th Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat*. <https://cropstechnology.wordpress.com/category/biopolymer/>
- Ayun, Q., Khomsiyah, & Ajeng, A. (2022). Pengaruh pH Larutan Terhadap Kestabilan Warna Senyawa Antosianin Yang Terdapat Pada Ekstrak Kulit Buah Naga (*Hylocereus costaricensis*). *Jurnal Crystal : Publikasi Penelitian Kimia Dan Terapannya*, 4(1), 1–36. <https://doi.org/10.365xx/jc.vxxxxxxx>
- Djaafar, T. F., Marwati, T., Indrasari, S. D., Hatmi, R. U., Siswanto, N., Purwaningsih, P., Ambarsari, I., & Supriyadi, S. (2022). Mutu Fisik Buah Salak Pondoh (*Salacca edulis* Reinw): Pengaruh Pelilinan dan Pengemasan Menggunakan Kantong Plastik Low Density Polyethylene. *AgriTECH*, 42(2), 113. <https://doi.org/10.22146/agritech.55376>
- Kurniawidi, D. W., Ardianto, T., Alaa', S., Alhadi, K., Dewi, D. L., S., RR. D., & Rahayu, S. (2024). Pemanfaatan Daun Jati Dan Daun Mangga Sebagai Sumber Pewarna Alami Untuk Kain Pada Pengrajin Tenun Lombok Berbasis Green Teknologi. *Jurnal Abdi Insani*, 11(1),

- 490–497.
<https://doi.org/10.29303/abdiinsani.v11i1.1372>
- Kurniawidi, D. W., Dewi, D. L., Rahayu, S., Budianto, A., & Alaa, S. (2023). Characteristics of Dyeing Cotton Thread Using Fine Particle Powder from *Tectona Grandis* Leaf. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(10), 8173–8179. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i10.3753>
- Perdani, A. W. (2023). Mini Review: Ekstraksi Antosianin Sebagai Pewarna Makanan Dengan Bantuan Ultrasonik Dan Purifikasi Dengan Sephadex. *Prosiding Pendidikan Teknik Boga Busana*, 18(1).
- Qomariah, U. K. N., Bashiroh, V. A., & Chusnah, M. (2022). Ekspresi Warna Ecoprint Daun Jati (*Tectona grandis*) Pada Katun Primiissima dengan Mordan Tawas, Tunjung dan Kapur. *AGROSAINTIFIKA*, 5(1), 17–23. <https://doi.org/10.32764/agrosaintifika.v5i1.2972>
- Rahayu, S., Kurniawidi, D. W., Hudha, L. S., & Alaa, S. (2021). New techniques for improving the quality of cotton yarn using natural dyes from teak leaves (*Tectona grandis*), ketapang leaves (*Terminalia catappa*), and tender skin (*Lannea coromandelica*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 637(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/637/1/012084>
- Widian, O. A., Widayatno, T., & Haerudin, A. (2022). Pengaruh Jenis Dan Konsentrasi Zat Fiksasi Pada Ekstrak Daun Mangga Dalam Pewarnaan Kain Batik. *Jurnal Tengawang*, 12(1), 76–85. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.26418/jt.v12i1.53613>
- Yang, L., Wang, S., Zhang, H., Du, C., Li, S., & Yang, J. (2022). Effects of black soybean powder particle size on the characteristics of mixed powder and wheat flour dough. *LWT*, 167, 113834. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113834>