

## **ANALISIS PENGARUH pH ALKALI TERHADAP KEKUATAN TARIK KAIN POLIESTER-KAPAS (65%-35%) PADA PENCELUPAN MENGGUNAKAN ZAT WARNA DISPERSI-REAKTIF**

### *ANALYSIS ON THE EFFECT OF ALKALINE PH ON THE TENSILE STRENGTH OF POLYESTER/COTTON (65%-35%) FABRIC IN DYEING USING DISPERSE-REACTIVE DYES*

**Wendian Krystanto Simarmata, Hilmi Amanah Aditya Cahyaningtyas\*, Rr Wiwiek Eka Mulyani**

Politeknik STTT Bandung Kota Bandung, 40272, Indonesia

\*Penulis korespondensi:

Alamat Email : [hilmiamanah@kemenperin.go.id](mailto:hilmiamanah@kemenperin.go.id)

Tanggal diterima: 21 April 2025, direvisi: 26 Mei 2025,  
disetujui terbit: 31 Mei 2025

#### **Abstrak**

Kain poliester-kapas dicelup menggunakan zat warna dispersi dan zat warna reaktif. Pencelupan poliester dengan zat warna dispersi umumnya pada kondisi pH asam. Namun, proses pencelupan zat warna reaktif diperlukan suasana pH alkali agar zat warna dapat terfiksasi pada serat kapas. Penggunaan alkali kuat dapat mengakibatkan pengikisan permukaan serat poliester dan berdampak pada penurunan kekuatan tarik. Pada penelitian ini membahas mengenai penggunaan alkali dalam proses pencelupan kain poliester-kapas dengan zat warna dispersi dan reaktif untuk mendapatkan kualitas pencelupan tanpa menurunkan nilai kekuatan tarik kain. Alkali yang digunakan adalah  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dengan variasi konsentrasi 10 g/L (pH 11), 15 g/L (pH 12) dan 20 g/L (pH 13). Proses pencelupan dilakukan dengan metode kontinyu dengan cara *one bath two stage* (1B2S). Karakterisasi yang dilakukan terhadap hasil pencelupan dianalisa dengan pengujian kekuatan tarik, pengujian ketahanan warna, kerataan warna menggunakan spektrofotometer, dan ketahanan luntur warna terhadap gosokan. Hasil penelitian menunjukkan kondisi terbaik pada pH 12 dengan penggunaan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  sebesar 15 g/L memiliki nilai kekuatan tarik lusi 39 kg, kekuatan tarik pakan 28,09 kg, ketahanan warna 12,69, kerataan warna 1,17, ketahanan luntur warna terhadap gosokan basah 4, dan ketahanan terhadap gosokan kering 4-5.

Kata kunci: Poliester, Kapas , Zat warna Reaktif , Zat warna Dispersi,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

#### **Abstract**

*Polyester-cotton fabric was dyed using disperse and reactive dyes. Dyeing of polyester using disperse dyes is commonly performed under acidic pH condition. However, reactive dyes dyeing process requires an alkaline pH condition so that the dye can be fixed on the cotton fiber. The usage of strong alkaline can cause erosion of the surface of the polyester fiber and result in a decrease in tensile strength. This research discusses about alkaline usage in the dyeing process of polyester-cotton fabric with disperse and reactive dyes to obtain good dyeing quality without reducing*

*the tensile strength value of the fabric. The type of alkaline used was  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  with concentration of 10 g/L (pH 11), 15 g/L (pH 12) and 20 g/L (pH 13). The dyeing process is carried out continuously using one bath two stages (1B2S). The characterization carried out on the dyeing samples were analyzed by tensile strength testing, color strength, color evenness using spectrophotometer, and color fastness to rubbing test. The results of the research showed the best condition under pH 12 with the usage of 15 g/L  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  had greater value of 39 kg for warp tensile strength, 28.08 kg for weft tensile strength, 12.69 of color strength, 1.17 of color evenness, color fastness to wet rubbing of 4 and color fastness to dry rubbing of 4-5.*

*Keywords : Polyester, cotton, reactive dyes, Disperse dyes,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$*

## **PENDAHULUAN**

Poliester terdiri dari gugus etilena ( $\text{CH}_2$ )<sub>2</sub> karbonil (C=O) dan ester (-COOR) dan diketahui sebagai serat sintetik yang bersifat hidrofob. Rantai utama poliester sebagian besar tersusun atas gugus hidrokarbon non-polar dan cincin aromatik yang menurunkan polaritas keseluruhan polimer. Ketiadaan gugus polar bebas yang mampu membentuk ikatan hidrogen dengan air, serta dominasi karakter non polar menyebabkan poliester memiliki afinitas rendah terhadap air. Selain itu, kerapatan dan struktur kristalin pada poliester dapat menahan proses penyerapan zat warna<sup>1</sup>.

Poliester tidak tahan alkali kuat. Penggunaan alkali kuat dapat menyebabkan terkikisnya bagian permukaan serat. Serat poliester juga memiliki titik leleh yang tinggi yaitu pada suhu 280°C, juga memiliki daya tahan gosok maupun sobekan serta elastisitas yang tinggi. Poliester banyak dicelup menggunakan zat warna dispersi karena zat warna dispersi bersifat hidrofobik dan memiliki kompatibilitas yang baik sehingga dapat mewarnai serat poliester.

Serat poliester memiliki beberapa kelebihan dari serat kapas dalam hal kekuatan, tahan lama, ketahanan terhadap panas dan sinar UV. Namun serat poliester juga memiliki beberapa kekurangan jika dibandingkan dengan serat kapas seperti kurang menyerap

cairan tidak seperti serat kapas yang mampu menyerap cairan dengan mudah<sup>2</sup>.

Zat warna dispersi tergolong sebagai pewarna dengan karakteristik kelarutan yang sangat rendah dan digunakan sebagai pewarna serat yang bersifat hidrofob. Molekul pewarna ini dapat mencelup serat sintetik seperti nilon dan poliester. Memiliki berat molekul yang rendah tanpa adanya gugus pelarut dan membutuhkan zat pendispersi untuk mendispersikan zat warna secara merata dalam larutan<sup>3</sup>.

Kapas umum dimanfaatkan untuk produk garmen dan fashion. Kelebihan kapas dibandingkan poliester adalah memiliki sifat mudah menyerap air (hidrofilik) sehingga nyaman digunakan. Zat warna yang sering digunakan untuk mencelup kapas yaitu zat warna reaktif. Zat warna reaktif dapat memberikan hasil pencelupan yang cerah dan memiliki ketahanan luntur warna yang baik terhadap pencucian.

Zat warna reaktif merupakan pewarna yang dapat berikatan kuat secara kovalen dengan serat kapas. Pencelupan dengan zat warna ini akan menghasilkan warna cerah dengan ketahanan luntur warna yang sangat baik disebabkan adanya reaksi antara gugus reaktif zat warna dengan gugus -OH yang terdapat pada serat kapas. Peningkatan fiksasi antara serat dan zat warna dipengaruhi oleh metode pencelupan, tipe zat warna,

konsentrasi, waktu pencelupan, jumlah garam dan suasana pH yang digunakan<sup>4,5,6</sup>.

Pemakaian alkali memiliki pengaruh terhadap kekuatan tarik pada kain campuran poliester-kapas dikarenakan degradasi ataupun pengikisan serat terutama pada serat poliester. Pengikisan serat akan membuat kain menjadi langgai dan lembut. Akan tetapi, apabila pemberian konsentrasi terlalu tinggi atau melebihi kondisi optimum, maka akan menurunkan kekuatan serat<sup>7</sup>. Pada konsentrasi tertentu, alkali dapat menyebabkan penggelembungan serat selulosa. Bentuk penampang serat kapas yang awalnya berbentuk ginjal akan berubah menjadi lebih bulat, puntiran serat akan terbuka sehingga serat mampu membagi beban sepanjang serat dengan merata, sehingga kekuatan tariknya bertambah. Namun, pada serat poliester pada konsentrasi alkali sangat tinggi dapat mengalami hidrolisis ester, yang menyebabkan pemutusan rantai polimer serta penurunan kekuatan serat<sup>8,9</sup>.

Metode pencelupan *pad thermosol 1 bath 2 stage* memiliki beberapa kelebihan terutama dalam pencelupan serat sintetis maupun campuran. Proses yang dilakukan akan lebih efisien dalam segi waktu dan konsumsi energi. Bahaya lingkungan juga dapat diminimalisir dengan adanya pengurangan jumlah bahan kimia yang digunakan<sup>10</sup>.

Telah banyak peneliti yang memaparkan penelitian mengenai proses pencelupan kain kapas menggunakan zat warna reaktif. Diantaranya memaparkan pemakaian alkali NaOH 48°Be untuk mengetahui pengaruh alkali terhadap perbedaan warna<sup>5</sup>. Selain itu terdapat pula evaluasi hasil pencelupan yang telah mengalami proses kationisasi dengan polidialildimetil ammonium klorida dan amonium sulfat<sup>4</sup>, sedangkan pada

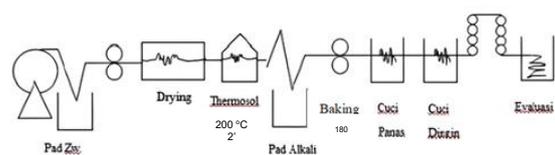
penelitian ini memanfaatkan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dengan rentang mulai dari pH 11 hingga 13 dan tanpa penambahan garam.

Hasil pencelupan kain kapas kemudian diuji terhadap kekuatan tarik, ketuaan dan kerataan warna, serta ketahanan luntur warna mengacu kepada Standar Nasional Indonesia SNI 0051:2008 sebagai persyaratan mutu untuk kain tenun untuk kemeja. Secara umum, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan alkali terhadap kekuatan tarik kain poliester-kapas yang telah dicelup dengan zat warna dispersi dan reaktif.

## BAHAN DAN METODA

Kain yang digunakan dalam penelitian ini adalah kain campuran 65 % poliester dan 35% kapas yang telah dilakukan proses *pre – treatment*. Jenis kain tenun dengan anyaman polos memiliki gramasi sebesar 110 g/m<sup>2</sup>, total lusi 110 helai/inch, dan total pakan 66 helai/inch. Zat warna reaktif monoklorotirazin, zat warna dispersi, zat pembasah, zat anti migrasi, urea, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

Proses pencelupan dilakukan dengan cara *one-bath two stage* dengan metode kontinyu (*pad thermosol* dan *pad baking*). Proses *baking* pada suhu 180<sup>0</sup> C selama 2 menit dan proses *thermosol* pada suhu 200<sup>0</sup> C selama 2 menit. Skema proses pencelupan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema proses pencelupan poliester-kapas dengan metode kontinyu.

Proses *pad* zat warna menggunakan resep zat warna dispersi

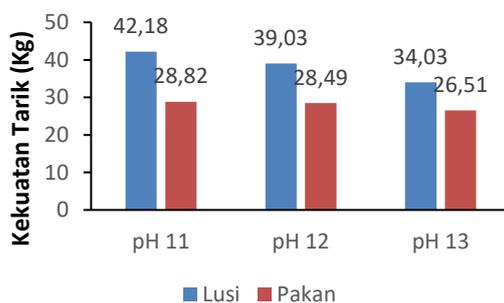
20 g/L, zat warna reaktif 10 g/L, anti migrasi 10 g/L, *wetting agent* 3 g/L dan urea 25 g/L. Kemudian dilanjutkan dengan variasi percobaan pada proses pad alkali menggunakan dengan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  pada rentang 10 g/L (pH 11), 15 g/L (pH 12) dan 20 g/L (pH 13).

Evaluasi dilakukan dengan pengujian kekuatan Tarik pita tirus berdasarkan SNI 08-0276-2009, ketuaan warna dan kerataan warna berdasarkan SNI 08 – 4667 – 1998 menggunakan *spektrofotometer* (Macbeth Color eye 3000) dari panjang gelombang 400 – 700 nm dengan rentang 20 nm, nilai reflektansi dikonversikan menjadi nilai ketuaan warna (K/S) dengan hukum Kubelka-Munk. Kerataan diperoleh dari nilai standar deviasi K/S. Pengujian ketahanan luntur warna terhadap gosokan berdasarkan standar SNI 0288-2008.

## PEMBAHASAN

### Kekuatan Tarik kain

Kain hasil pencelupan dengan penggunaan pH alkali yang berbeda menunjukkan nilai kekuatan tarik yang berbeda. Pada Gambar 2, terlihat penurunan kekuatan tarik pada penggunaan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang menurun seiring dengan peningkatan nilai pH.



Gambar 2. Hasil uji kekuatan tarik arah lusi dan pakan

Grafik pada Gambar 2 menunjukkan terjadinya penurunan kekuatan tarik kain baik pada arah lusi dan pakan mulai pH 11 hingga pH 13.

Hal ini dapat dikaitkan dengan perlakuan alkali selama proses

pencelupan berlangsung. Perlakuan serat poliester dengan larutan alkali dapat memberikan permukaan halus dengan penurunan diameter serat sehingga mengakibatkan penurunan kekuatan tarik pada poliester<sup>11</sup>.

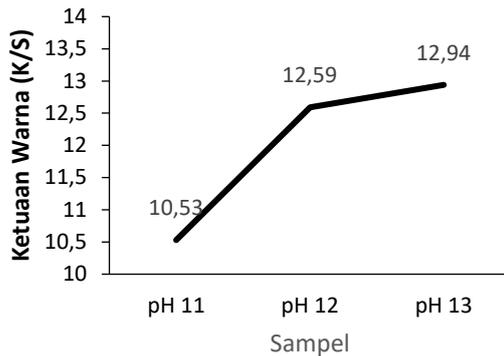
Selama tahap fiksasi, konsentrasi alkali merupakan faktor penting yang mempengaruhi performa pencelupan karena alkali tidak hanya mendorong reaksi antara zat warna reaktif dan gugus hidroksil dari selulosa atau air, tetapi juga bertindak sebagai penggelembung serat kapas<sup>12</sup>.

Namun alkali berlebih pada suhu yang tinggi dan adanya oksigen udara dapat menyebabkan kerusakan pada serat yang disebut oksiselulosa. Oksiselulosa memiliki daya reduksi yang tinggi karena adanya gugus aldehid (-COH). Hal ini dapat mengakibatkan pemutusan rantai molekul glukosa yang menyebabkan penurunan kekuatan tarik serat kapas.

Kondisi pada pH 13 dapat menyebabkan serat poliester terhidrolisis sehingga kekuatan tarik kain setelah pencelupan menurun.

### Ketuaan Warna

Hubungan antara ketuaan warna dengan penggunaan alkali  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dapat dilihat pada Gambar 3. Peningkatan nilai ketuaan warna (K/S) menyatakan tingginya jumlah zat warna yang terserap ke dalam serat kain. Nilai ketuaan warna meningkat seiring dengan penambahan jumlah konsentrasi alkali dan peningkatan pH.



Gambar 3. Perbandingan ketuaan warna sampel standar dengan variasi pH

Alkali seperti natrium karbonat, natrium bikarbonat atau natrium hidroksida berfungsi untuk proses fiksasi antara kapas dengan zat warna. Jumlah dan komposisi alkali bergantung pada pH yang diperlukan untuk jenis gugus reaktif tertentu dari pewarna dan metode pencelupan yang digunakan<sup>13</sup>.

Zat warna reaktif adalah pewarna anionik yang dapat larut dalam air. Namun, dalam larutan celup zat warna reaktif akan ditolak oleh permukaan serat kapas yang bermuatan negatif. Garam seperti natrium klorida atau natrium sulfat ditambahkan sebagai elektrolit mengurangi gaya tolak tersebut dan berfungsi pula untuk mendorong masuknya zat warna ke dalam serat. Hal ini juga mendukung penetrasi pewarna ke bagian dalam serat (difusi) yang mengarah pada fiksasi pewarna yang lebih baik<sup>13</sup>. Namun, fiksasi zat warna reaktif pada pH rendah dapat menyebabkan fiksasi zat warna dengan serat kurang maksimal dan penggunaan konsentrasi garam yang tinggi akan menyebabkan masalah lingkungan<sup>14</sup>.

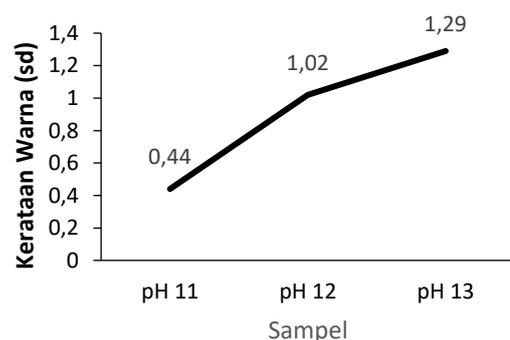
Dalam penelitian ini tidak ditambahkan garam dalam larutan celup tetapi hasil penelitian menunjukkan bahwa ketuaan warna meningkat seiring kenaikan pH dari 11 hingga 13. Makin tinggi nilai pH

pencelupan (pH 13) dapat menghasilkan ketuaan warna yang lebih tinggi (12,94) dibandingkan dengan variasi larutan alkali dengan pH 11 (10,53) maupun 12 (12,59).

Pada proses fiksasi, alkali dapat bereaksi dengan serat selulosa dan melepaskan ion  $H^+$  dimana sel - o yang tersisa akan berikatan dengan zat warna reaktif pada bagian karbokation yang ditinggalkan oleh atom halogenya. Pembentukan ikatan kovalen antara kapas dengan zat warna dapat berkontribusi pada peningkatan ketuaan warna dan ketahanan luntur warna<sup>16</sup>. Ikatan yang kuat ini diharapkan dapat menghasilkan sifat ketahanan luntur warna yang sangat baik.

### Kerataan warna

Tujuan dari proses pencelupan ialah memperoleh warna yang merata pada seluruh permukaan kain. Nilai kerataan warna pada kain kapas hasil celup diperoleh dari standar deviasi hasil pengujian pada 5 titik area kain sampel pada pengujian K/S. Grafik pada Gambar 4 menunjukkan hubungan antara kerataan warna dengan penggunaan alkali  $Na_2CO_3$ .



Gambar 4. Perbandingan kerataan warna sampel standar dengan variasi pH

Reaksi antara zat warna reaktif, dan serat selulosa tidak mungkin terjadi tanpa alkali. Jumlah alkali adalah faktor penting dalam fiksasi zat warna reaktif. Tetapi, semua zat warna reaktif tidak

memiliki substantivitas, dan reaktivitas yang sama<sup>13</sup>.

Dalam kondisi alkali, zat warna reaktif bereaksi dengan gugus hidroksil selulosa, sebagian besar melalui substitusi atau adisi neukleofilik, untuk membentuk ikatan kovalen. Namun, zat warna reaktif juga dapat bereaksi dengan gugus hidroksil dari air sehingga dapat menyebabkan terjadinya hidrolisis. Akibatnya zat warna tidak lagi dapat bereaksi dengan selulosa. Hal ini mengakibatkan terjadinya penurunan kerataan warna hasil pencelupan.

#### **Ketahanan Luntur Warna Terhadap gosokan**

Pengujian ketahanan luntur warna terhadap gosokan metode basah maupun kering dilakukan pada tiap sampel uji. Evaluasi dilakukan dengan cara membandingkan kain kapas setelah diberi gosokan pada kain uji dengan staining scale dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Ketahanan luntur warna terhadap gosokan basah dan kering

Sampel	Uji Gosokan	
	Basah	Kering
Standar	4	4-5
pH 11	4	4-5
pH 12	4	4-5
pH 13	4-5	4-5

Ketahanan luntur warna terhadap pencucian pada penelitian ini mengalami kenaikan pada pH 13. Pada kondisi pH 13 zat warna terfiksasi dengan baik ke dalam serat dan tidak menyebabkan *ring dyeing*. Daya luntur yang tinggi pada zat warna reaktif karena memiliki gugus reaktif yang unik yang membentuk ikatan kovalen dengan gugus hidroksil dari selulosa (kapas) pada pH alkali.

Rata-rata setiap sampel memiliki kategori nilai tahan luntur warna yang

baik. Akan tetapi, dari keseluruhan pengujian gosokan kering diperoleh hasil yang lebih baik dibandingkan uji basah. Hal ini dapat dipengaruhi oleh lebih besarnya gesekan yang terjadi pada kain kapas putih yang basah dengan kain sampel sehingga lebih banyak pula zat warna yang menodai kain kapas<sup>17</sup>. Selain itu sifat zat warna reaktif yang larut dalam air mempengaruhi pula terhadap penodaan kain pelapis.

Zat warna reaktif juga bereaksi dengan ion hidroksida yang ada dalam larutan celup pada kondisi pH alkali. Hal ini dapat menghasilkan zat warna yang tidak reaktif yang masih berada di permukaan serat dan di dalam larutan pencelupan<sup>14</sup>.

Untuk mengatasi hal tersebut pada penelitian ini dilakukan pencucian pada suhu 80 °C menggunakan sabun dan pembilasan sebanyak 2 kali untuk menghilangkan sisa zat warna yang hanya menempel di permukaan kain, Pencucian dengan suhu tinggi dan berulang mampu meningkatkan ketahanan luntur warna terhadap gosokan karena tidak ada sisa zat warna yang hanya menodai di permukaan kain.

Selain itu zat warna dispersi dan poliester bersifat hidrofobik dan sedikit menodai kain kapas sehingga ketahanan gosok pada kain relatif baik di kisaran 4-5.

#### **KESIMPULAN**

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa peningkatan pH memberikan pengaruh terhadap kekuatan tarik, ketuaan dan kerataan warna tetapi tidak berpengaruh secara signifikan terhadap ketahanan luntur warna berdasarkan uji gosok. Selain itu, semakin besar pH yang diberikan maka akan berbanding lurus dengan ketuaan warna. Sebaliknya, pH yang rendah akan menghasilkan kerataan warna dan kekuatan tarik yang paling baik.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Ketema, A. & Worku, A. Review on Intermolecular Forces between Dyes Used for Polyester Dyeing and Polyester Fiber. *J. Chem.* (2020).
2. Taufiq, A. Efek Konsentrasi Zat Pengemban Terhadap Ketuaan Warna pada Pencelupan Serat Poliester dengan Zat Warna Dispersi. 11, 65–76 (2006).
3. Indrawijaya, B. Uji Absorpsi Pencelupan Kain Poliester Menggunakan Pewarna Disperse. *J. Ilm. Tek. Kim.* 2, 1 (2018).
4. Kasipah, C., Novarini, E., Rakhmatia, E. Y. & Natawijaya, D. Peningkatan Kemampuan Pencelupan Kain Kapas Terhadap Zat Warna Reaktif Melalui Proses Kationisasi. *Arena Tekst.* 30, 55–66 (2015).
5. Pratomo, K. T., Darmojo, H. S. & Harsadi, I. Pengaruh Pemakaian Alkali (NaOH 48°Be) Terhadap Perbedaan Warna Pada Pencelupan Kain 100% Kapas Dengan Zat Warna Reaktif. *J. Ilm. Fak. Tek.* 1, 113–117 (2020).
6. Siddiqua, U. H., Ali, S., Iqbal, M. & Hussain, T. Relationship between structure and dyeing properties of reactive dyes for cotton dyeing. *J. Mol. Liq.* 241, 839–844 (2017).
7. Suhardjo, A. & Legowo, S. Modifikasi Kain Poliester/Selulosa Menggunakan Proses Karboksimetilasi Metode Benam Peras Pemanggangan. *J. Sains Mater. Indones.* 16, 178–187 (2015).
8. Nesimnasi, J. J. S., Boimau, K. & Pell, Y. M. Pengaruh Perlakuan Alkali (NaOH) pada Serat Agave Cantula terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester. *J. Tek. Mesin* 2, 29–38 (2015).
9. Diharjo, K. Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit. *J. Tek. Mesin* (2008).
10. Patil, H. I., Dorugade, V. A. & Shivankar, V. S. Single and double bath dyeing of polyester/cotton blended fabric using disperse and reactive dye. *Int. J. Text. Eng. Process.* 2, (2016).
11. Musale, R. M. & Shukla, S. R. Weight reduction of polyester fabric using sodium hydroxide solutions with additives cetyltrimethylammonium bromide and [BMIM]Cl. *J. Text. Inst.* 108, 467–471 (2017).
12. Dong, X., Gu, Z., Hang, C., Ke, G., Jiang, L., & He, J. (2019). Study on the salt-free low-alkaline reactive cotton dyeing in high concentration of ethanol in volume. *Journal of Cleaner Production*, 226, 316-323.
13. Khatri, A., Peerzada, M. H., Mohsin, M. & White, M. A review on developments in dyeing cotton fabrics with reactive dyes for reducing effluent pollution. *Journal of Cleaner Production* vol. 87 50–57 at <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.017> (2015).
14. Ahmed, N. S. (2005). The use of sodium edate in the dyeing of cotton with reactive dyes. *Dyes and Pigments*, 65(3), 221-225.
15. Morris, K. F., Lewis, D. M. & Broadbent, P. J. Design and application of a multifunctional reactive dye capable of high fixation efficiency on cellulose. *Color. Technol.* 124, 186–194 (2008).
16. Hermawan, J., Pradana, S. M. & Mulyani, W. E. Pengaruh Ph Awal Dan Durasi Penambahan Alkali Pada Pencelupan Kain Rajut Bambu Dan Kapas (60%/40%) Menggunakan Zat Warna Reaktif Vinil Sulfon Metoda One-Bath. *Texere* 19, 16–25 (2021).
17. Cahyaningtyas, H. A. A., Vera, A & Mulyani, W. E. Meningkatkan Kinerja Pencelupan Kapas: Mengeksplorasi Pengaruh pH Asam pada Larutan. *Texere* 22, 38-47 (2024).