

EFEKTIFITAS PENGGUNAAN PH ALKALI DALAM PENCELUPAN KAIN KAPAS DENGAN ZAT WARNA REAKTIF MONOKLOROTRIAZIN METODE PERENDAMAN

THE EFFECTIVENESS OF ALKALINE PH ON THE DYEING COTTON FABRICS USING MONOCHLOROTRIAZINE REACTIVE DYES WITH EXHAUST METHOD

**Rr Wiwiek Eka Mulyani^{1*}, Izmie Khoerunnisa¹, Lestari Wardani¹, Pudjiati¹,
Samuel Martin Pradana²**

¹Politeknik STTT Bandung, Kota Bandung, 40272, Indonesia

²Universitas Negeri Padang, Kota Padang, 25171, Indonesia

*Penulis korespondensi:

Alamat Email : wimulyani@gmail.com

Tanggal diterima: 24 April 2024, direvisi: 04 Juni 2024,
disetujui terbit: 11 Juni 2024

Abstrak

Zat warna reaktif panas jenis monoklorotriazin merupakan zat warna yang memiliki sifat tidak tahan terhadap alkali. Namun, dalam proses pencelupan dengan zat warna reaktif memerlukan alkali untuk proses fiksasi agar zat warna dapat berikatan dengan serat. Faktor yang berpengaruh pada proses fiksasi adalah penggunaan alkali dan pH larutan pencelupan. Penelitian ini membahas mengenai pengaruh pH alkali pada larutan pencelupan zat warna monoklorotriazin (C.I Reactive Orange 13) untuk mendapatkan hasil pencelupan pada kain kapas yang memiliki ketuaan dan kerataan warna, serta ketahanan warna terhadap pencucian yang baik (nilai 4-5). Alkali yang digunakan menggunakan alkali kuat (natrium hidroksida) dengan rentang pH 10, 10,5, 11, 11,5, dan 12. Metode pencelupan menggunakan metode perendaman pada suhu 80°C selama 60 menit. Evaluasi ketuaan dan kerataan warna menggunakan spektrofotometer dan laundry O meter untuk menganalisis ketahanan luntur warna terhadap pencucian. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan alkali berpengaruh terhadap ketuaan warna tetapi tidak berpengaruh terhadap kerataan dan ketahanan luntur warna. Hasil pencelupan optimum didapat pada pH 10,5 dengan nilai ketuaan warna (K/S) sebesar 2,94, nilai standar deviasi (kerataan warna) sebesar 0,01, nilai 5 pada ketahanan luntur terhadap pencucian.

Kata kunci: Zat Warna Reaktif Monoklorotriazin, Kapas, pH Larutan, Natrium hidroksida, Metode Perendaman.

Abstract

Monochlorotriazine type hot reactive dyes are dyes that are not resistant to alkalis. However, in the dyeing process with reactive dye, it requires alkali for the fixation process so that the dye can bind to the fiber. Factors that influence the fixation process are the use of alkali and the pH of the dyeing solution. This research discusses the effect of alkaline pH on monochlorotriazine (C.I Reactive Orange 13) dyeing solutions to obtain dyeing results on cotton fabrics that have aging and evenness of color, as well as good color resistance to washing (values 4-5) The dyeing process is conducted using an immersion method at 80°C for 60 minutes. Color strength and color evenness are evaluated using a spectrophotometer, while a Laundry O meter is used to assess color fastness to washing. The results show that

alkali levels affect color aging but not evenness or fastness. Optimal dyeing results are achieved at pH 10.5, with a color strength value (K/S) of 2.94, a standard deviation value (color evenness) of 0.01, and a color fastness value of 5.

Keywords: Monochlorotriazine Reactive Dyes, Cotton, pH Solution, Sodium hydroxide, Exhaust Method.

PENDAHULUAN

Kapas merupakan bahan yang banyak digunakan untuk produk fashion¹. Sifatnya yang hidrofilik menjadikan kapas nyaman dikenakan sehingga banyak digunakan dalam produk garmen seperti kemeja dan kaos. Persyaratan kain untuk fashion umumnya harus memiliki warna yang tidak cepat pudar, ketahanan luntur warna yang baik, dan tahan terhadap pencucian berulang¹.

Kain kapas dapat dicelup dengan zat warna reaktif¹. Kelebihan zat warna reaktif adalah memiliki ketahanan luntur warna terhadap pencucian yang sangat baik yang mampu bertahan walaupun dilakukan pencucian berulang². Pada proses pencelupannya, kain kapas dapat dicelup dengan menggunakan zat warna reaktif berjenis monoklorotriazin (MCT). Zat warna monoklorotriazin memiliki keunggulan, diantaranya hasil pencelupannya tahan terhadap alkali sehingga dalam proses pencucian rumah tangga dapat menggunakan jenis deterjen yang mengandung alkali⁵. Namun pada proses pencelupannya, zat warna MCT ini tidak tahan terhadap alkali. Oleh karena itu diperlukan suatu analisis terhadap efektivitas penggunaan pH larutan pada proses pencelupan kapas dengan zat warna reaktif monoklorotriazin untuk mendapatkan hasil pencelupan yang rata dan memiliki ketahanan luntur warna yang baik dalam rentang nilai 4-5.

Salah satu faktor yang berpengaruh pada proses pencelupan selulosa dengan zat warna reaktif adalah pengaruh pH oleh penambahan alkali³. Alkali yang digunakan adalah NaOH yang merupakan jenis alkali kuat. Penggunaan pH larutan celup sangat berpengaruh terhadap kereaktifan zat warna sehingga dapat mempercepat terjadinya reaksi fiksasi antara zat warna dengan serat⁶. Pada dasarnya mekanisme pencelupan zat warna reaktif pada selulosa terdiri dari dua tahap. Tahap pertama yaitu tahap penyerapan zat warna ke dalam serat. Pada tahap ini belum terjadi reaksi karena belum ada penambahan alkali. Tahap kedua merupakan fiksasi, yaitu terjadinya reaksi antara zat warna dengan serat yang akan membentuk ikatan kovalen. Reaksi ini terjadi dengan adanya penambahan alkali. Selain dapat bereaksi dengan serat, adanya peningkatan suhu akan mengakibatkan zat warna juga mengadakan reaksi hidrolisis dengan air. Hal itu akan mengakibatkan zat warna menjadi tidak reaktif sehingga tidak dapat berdifusi dan terfiksasi ke dalam serat⁷.

Zat warna reaktif dapat bereaksi dengan selulosa membentuk ikatan kovalen. Namun selain bereaksi dengan selulosa, zat warna juga mengadakan reaksi dengan gugus hidroksil dari air dengan penambahan alkali⁸. Sisa zat warna yang tidak terfiksasi akibat penggunaan alkali yang terlalu banyak

menyebabkan zat warna terhidrolisis, sehingga zat warna tidak bisa terserap masuk ke dalam bahan. Hal ini mengakibatkan ketuaan serta kerataan warnanya akan menurun serta ketahanan luntur warna terhadap pencucian dan gosokan menjadi kurang baik⁹.

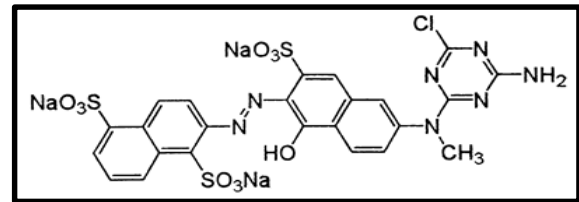
Ikatan yang mungkin terjadi pada proses pencelupan zat warna yang terhidrolisis yaitu ikatan Van Der Waals dan hidrogen yang ikatan nya kurang kuat sehingga zat warna dapat keluar dari serat saat pengujian ketahanan luntur warna terhadap pencucian dan gosokan. Upaya untuk meningkatkan ketahanan luntur warna terhadap pencucian dan gosokan pada kain kapas hasil pencelupan dengan zat warna reaktif metode perendaman adalah dengan memvariasikan pH larutan pencelupan dengan penambahan alkali (NaOH).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pH terhadap proses fiksasi zat warna pada pencelupan kain kapas menggunakan zat warna reaktif panas monoklorotriazin dengan metode perendaman. mendapat ketuaan dan kerataan warna yang baik serta ketahanan luntur warna dengan nilai 3-4 (minimum).

METODE PENELITIAN

Pada percobaan ini, Material kain yang digunakan adalah kain kapas dengan anyaman polos, yang memiliki nomor benang lusi (Ne = 20), nomor benang pakan (Ne= 17), dan tetal lusi 40 helai/cm, tetal pakan 32 helai/cm, serta berat kain 94,9 g/m². Zat warna yang digunakan adalah Zat warna C.I

Reactive Orange 13 dimana zat warna tersebut termasuk pada golongan zat warna reaktif panas dengan sistem kereaktifan berupa monoklorotriazin. Secara umum, zat warna C.I Reactive Orange 13 memiliki struktur seperti pada Gambar 1 dibawah ini.



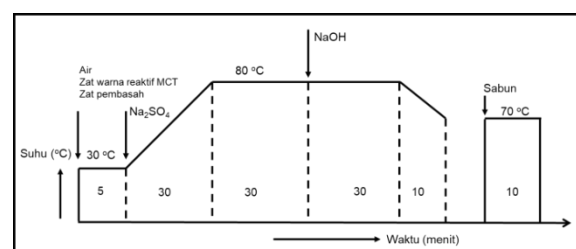
Gambar 1. Struktur zat warna C.I Reactive Orange 13.

Penelitian ini dilakukan dengan dua proses utama berupa :

1. Proses pencelupan
2. Proses pencucian

Kedua proses ini penting dilakukan untuk menunjang pengujian dengan melihat efektivitas penggunaan pH alkali pada zat warna reaktif dengan metode exhaust.

Skema proses pencelupan kapas menggunakan zat warna reaktif panas monoklorotriazin metode perendaman dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Skema proses pencelupan kain kapas dengan zat warna reaktif

Dalam proses pencelupannya, kain dicelup dengan vlot 1:20 pada tabung rapid dyeing menggunakan mesin HT-HP (High Temperature High Pressure). Kain kapas yang sudah dicelup kemudian dibilas dan dilakukan pencucian panas.

Setelah melalui proses pencelupan dan pencucian, dilakukan evaluasi terhadap ketuaan warna, kerataan warna, dan ketahanan luntur warna untuk melihat ke efektivitasan pH pada zat warna reaktif dengan metode exhaust.

HASIL PENELITIAN

Evaluasi ketuaan warna dan kerataan warna dilakukan berdasarkan SNI 08 – 4667 – 1998 menggunakan spektrofotometer (Minolta CM 3600d) dari panjang gelombang 400 – 700 nm dengan rentang 20 nm. Nilai K/S dihitung dari nilai reflektansi paling rendah dengan menggunakan rumus Kubelka-Munk pada persamaan 1.

$$K/S = \frac{(1-R)^2}{2R} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

K : Koefisien penyerapan zat warna

S : Koefisien penghamburan cahaya

R : reflektansi

Hasil evaluasi ketuaan warna (K/S), pada hasil pencelupan kapas dengan zat warna reaktif panas monoklorotirazin metode perendaman dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai ketuaan warna (K/S) hasil pencelupan kapas menggunakan zat warna reaktif panas monoklorotirazin (C.I Reactive Orange 13) dengan variasi pH larutan celup.

pH	Nilai Ketuaan warna (K/S)
10	2,541
10,5	2,944
11	2,188
11,5	1,521
12	0,806

$$\text{Standar Deviasi (SD)} = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}} \dots \dots \dots (2)$$

Tabel 2. Nilai kerataan warna hasil pencelupan kapas menggunakan zat warna reaktif panas monoklorotirazin (C.I Reactive Orange 13) dengan variasi pH larutan celup.

pH	Nilai kerataan warna
10	0,016
10,5	0,011
11	0,016
11,5	0,018
12	0,017

Evaluasi ketahanan luntur warna menggunakan Laundry O meter dengan mengacu pada standar SNI ISO 105-C06:2010.

Hasil evaluasi ketahanan luntur warna terhadap pencucian dapat dilihat pada Tabel 3. Kain pelapis menggunakan kain kapas dan wol.

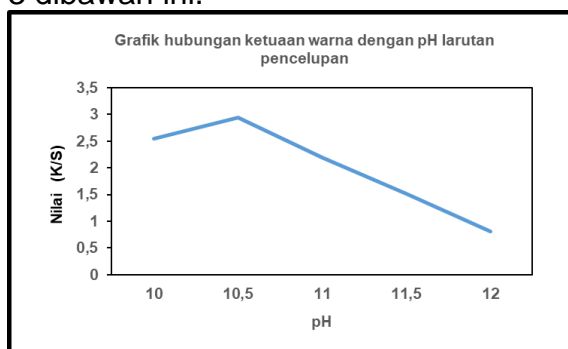
Tabel 3. Nilai ketahanan luntur warna terhadap pencucian pada hasil pencelupan kapas menggunakan zat warna reaktif panas monoklorotirazin (C.I Reactive Orange 13) dengan variasi pH larutan celup.

pH	Nilai penodaan warna (<i>staining scale</i>)		Nilai perubahan warna (<i>grey scale</i>)
	Kapas	Wol	
10	5	5	5
10,5	5	5	5

11	5	5	5
11,5	4-5	5	4-5
12	4-5	4-5	4-5

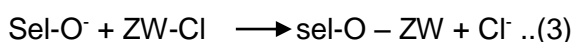
PEMBAHASAN

Hasil evaluasi ketuaan warna (K/S) pada kain kapas yang telah dicelup menggunakan zat warna reaktif monoklorotriazin (C.I Reactive Orange 13) metode perendaman dengan variasi pH diperoleh pada panjang gelombang maksimum 500 nm. Grafik pengaruh pH terhadap ketuaan warna (K/S) pada kain kapas hasil pencelupan Orange 13) dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Hubungan ketuaan warna dengan pH larutan pencelupan zat warna reaktif monoklorotiazin pada kain kapas.

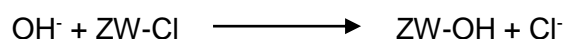
Penggunaan alkali hingga pH 10,5 pada larutan pencelupan dapat meningkatkan kereaktifan zat warna sehingga dapat mempercepat terjadinya reaksi fiksasi antara zat warna reaktif dengan serat kapas. Makin tinggi pH maka makin besar sel-O⁻ yang akan berikatan dengan zat warna sehingga lebih banyak zat warna yang terfiksasi ke dalam serat. Prinsip reaksi antara selulosa dengan zat warna reaktif dapat dilihat pada persamaan 3 :



Penambahan pH yang terlalu tinggi akan mempercepat terjadinya reaksi hidrolisis sehingga zat warna tidak dapat berfiksasi ke dalam serat

sehingga mengakibatkan nilai ketuaan warna (K/S) cenderung akan menurun kembali. Hal ini terjadi pada penambahan pH 11 hingga 12. Alkali yang digunakan adalah NaOH yang merupakan alkali kuat. Sifat zat warna reaktif monoklorotriazin yang tidak tahan terhadap perlakuan dalam kondisi alkali mengakibatkan terjadinya reaksi hidrolisis. Zat warna yang terhidrolisis (ZW-OH) tidak reaktif lagi sehingga zat warna tidak dapat bereaksi dengan serat. Zat warna yang tidak dapat bereaksi dengan serat tidak dapat berdifusi ke dalam serat karena reaksi hidrolisis zat warna menyebabkan konsentrasi zat warna di permukaan serat lebih rendah daripada konsentrasi zat warna di dalam serat.

Reaksi hidrolisis terjadi pada persamaan 4.



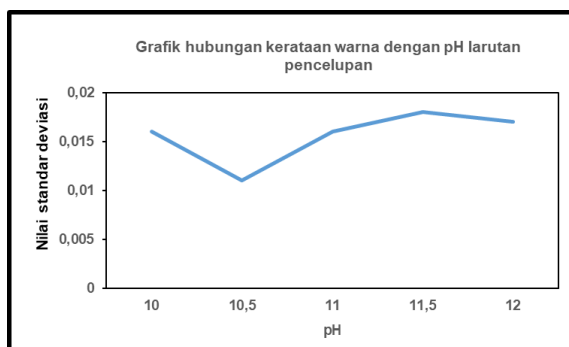
Proses difusi dipengaruhi oleh suhu, struktur molekul zat warna, dan kerapatan serta sifat kain yang digunakan. Proses difusi yang terlalu cepat mengakibatkan zat warna tidak dapat berdifusi secara merata ke dalam serat.

Zat warna C.I Reactive Orange 13 memiliki sifat larut dalam air, substantifitas sedang, kereaktifan sedang dan dapat dicelup pada suhu 80°C.

Zat warna C.I Reactive Orange 13 merupakan zat warna yang dikategorikan sebagai zat warna reaktif panas monoklorotriazin. Zat warna ini memiliki kereaktifan yang sedang sehingga memiliki difusi dan migrasi yang rendah. Oleh karena itu proses pencelupan dilakukan pada suhu 80°C yang bertujuan agar menaikkan energi kinetik molekul zat warna agar dapat terdifusi ke dalam serat.

Peningkatan suhu menghasilkan energi panas yang dapat menimbulkan gerakan molekul pada serat sehingga memungkinkan zat warna bermigrasi ke dalam serat. Zat warna dalam larutan pencelupan pada suhu tinggi akan mengalami gerakan yang cepat sehingga mendesak molekul zat warna terdorong masuk ke dalam serat¹⁰.

Hasil evaluasi kerataan warna diperoleh melalui lima kali pengukuran ketuaan warna pada lima tempat yang berbeda sehingga dapat dihitung nilai standar deviasinya. Grafik hubungan kerataan warna dengan pH larutan pencelupan dapat dilihat pada Gambar hasil pengujian pengaruh pH terhadap kerataan warna pada kain kapas hasil pencelupan menggunakan zat warna reaktif monoklorotriazin (C.I Reactive Orange 13) metode perendaman dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan kerataan warna dengan pH larutan pencelupan zat warna reaktif monoklorotiazin pada kain kapas.

Berdasarkan Gambar 4 kerataan warna yang paling tinggi didapatkan pada kain kapas yang dicelup pada pH 10,5 dengan nilai standar deviasi yang paling kecil yaitu 0,011. Kenaikan pH hingga pada pH 10,5 yang digunakan pada proses pencelupan kain kapas menggunakan zat warna reaktif cenderung akan meningkatkan nilai kerataan warna namun tidak terlalu signifikan. Penggunaan pH yang terlalu

tinggi akan menurunkan nilai kerataan warna. Hal ini dikarenakan pada saat proses pencelupan, zat warna yang terhidrolisis tidak dapat berdifusi merata masuk ke dalam serat. Penambahan NaOH menjelang akhir proses akan menyebabkan terbentuknya sel-O- dan membentuk ikatan kovalen antara serat dengan zat warna.

Nilai ketahanan luntur warna terhadap pencucian dapat dilihat pada Tabel 3. Pengujian tahan luntur warna terhadap pencucian menunjukkan hasil yang baik dengan nilai perubahan warna menghasilkan nilai 5 dan nilai penodaan warna pada kain pelapis (multifiber) kapas maupun wol menghasilkan nilai rata-rata 4-5 sampai 5. Ketahanan luntur warna terhadap pencucian dipengaruhi oleh sifat zat warna, proses pencucian, dan ikatan antara serat dengan zat warna.

Berdasarkan Tabel 3 besarnya pH tidak mempengaruhi nilai tahan luntur warna terhadap pencucian, hal ini dikarenakan zat warna reaktif sudah terfiksasi dengan baik dan sudah berikatan secara kovalen dengan serat. Zat warna yang saat proses fiksasi sudah berikatan kovalen dengan serat akan memiliki nilai ketahanan luntur yang tinggi. Ikatan kovalen merupakan ikatan yang paling kuat dibandingkan dengan jenis ikatan yang lain sehingga memungkinkan terjadinya kestabilan zat warna yang lebih tinggi sehingga zat warna yang sudah fiksasi ke dalam serat tidak akan mudah keluar dari serat. Namun demikian, terjadinya reaksi hidrolisis menyebabkan nilai perubahan warna dan penodaan warna mengalami penurunan pada pH 11,5-12. Hal ini dikarenakan ikatan yang terjadi menjadi ikatan hidrogen dan Van Der Waals. Walaupun banyak zat warna yang masih menempel di permukaan serat karena terjadinya reaksi hidrolisis saat proses

pencelupan dan kondisi pH yang terlalu tinggi, sisa-sisa zat warna yang tidak fiksasi tersebut dapat dihilangkan saat proses pencucian setelah pencelupan. Proses pencucian dilakukan pada suhu tinggi kisaran 70-90 °C dengan penambahan sabun bertujuan untuk mengeluarkan sisa zat warna yang menempel di permukaan serat sehingga zat warna tidak masuk kembali ke dalam serat. Proses pencucian yang tepat dapat menghilangkan sisa zat warna yang tidak terfiksasi yang masih menempel dipermukaan serat sehingga kain memiliki ketahanan luntur pencucian sangat baik dengan rentang nilai 4-5.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan penggunaan alkali akan efektif terhadap ketuaan warna dan kerataan warna tetapi tidak efektif pada ketahanan luntur warna terhadap pencucian dan gosokan . Hasil pencelupan optimum didapat pada pH 10.5 dengan nilai ketuaan warna (K/S) sebesar 2,94, nilai standar deviasi (kerataan warna) sebesar 0,01, nilai 5 pada ketahanan luntur terhadap pencucian.

DAFTAR PUSTAKA

1. Cotton, L., Hayward, A. S., Lant, N. J. & Blackburn, R. S. Improved garment longevity and reduced microfibre release are important sustainability benefits of laundering in colder and quicker washing machine cycles. *Dyes and Pigments* 177, 108120 (2020).
2. Bigolin, R., Blomgren, E., Lidström, A., Malmgren De Oliveira, S. & Thornquist, C. Material Inventories and Garment Ontologies: Advancing Upcycling Methods in Fashion Practice. *Sustainability* 14, 2906 (2022).
3. Lewis, D. M. & Vo, L. T. T. Dyeing cotton with reactive dyes under neutral conditions. *Coloration Technology* 123, 306–311 (2007).
4. Zhao, C. et al. Synthesis and Properties of Novel Reactive Dyes Comprising Acyl Fluoride Group on Cotton Fabrics. *Molecules* 27, 4147 (2022).
5. Patel, M. J., Tandel, R. C., Sonera, S. A. & Bairwa, S. K. Trends in the synthesis and application of some reactive dyes: A review. *Braz. J. of Sci.* 2, 14–29 (2023).
6. Tang, A. Y. L. & Kan, C. Non-aqueous dyeing of cotton fibre with reactive dyes: A review. *Coloration Technol* 136, 214–223 (2020).
7. Pei, L., Gu, X. & Wang, J. Sustainable dyeing of cotton fabric with reactive dye in silicone oil emulsion for improving dye uptake and reducing wastewater. *Cellulose* 28, 2537–2550 (2021).