

OPTIMALISASI pH DENGAN CAMPURAN ALKALI Na₂CO₃-NaOH PADA PENCELUPAN KAPAS DENGAN ZAT WARNA REAKTIF PANAS

*OPTIMIZING pH USING ALKALI MIXTURE (Na₂CO₃ - NaOH) IN
COTTON DYEING WITH HOT REACTIVE DYES*

Sekar Ambarwaningthyas W., Witri Aini Salis*, Rr. Wiwiek Eka Mulyani

Politeknik STTT Bandung, Kota Bandung, 40272, Indonesia

*Penulis korespondensi:
Alamat Email : witriainisalis89@gmail.com

Tanggal diterima: 25 Maret 2024, direvisi: 10 Juni 2024,
disetujui terbit: 11 Juni 2024

Abstrak

Zat warna reaktif banyak digunakan untuk mencelup kain kapas. Salah satu faktor yang berpengaruh dalam proses pencelupan menggunakan zat warna reaktif panas adalah penggunaan alkali sebagai pengatur pH larutan pencelupan dan untuk proses fiksasi zat warna ke dalam serat. Penggunaan pH larutan alkali yang tepat dan stabil berpengaruh terhadap proses fiksasi. Untuk mendapatkan pH alkali yang stabil dalam rentang 10,5, 11, 11,5, dan 12 dapat menggunakan campuran alkali (Na₂CO₃-NaOH). Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses fiksasi zat warna dipengaruhi oleh penggunaan campuran alkali (Na₂CO₃-NaOH) pada pH 10,5-12. Ketahanan luntur warna terhadap pencucian, kerataan warna, kecerahan warna, dan ketuaan warna (K/S) diuji. Kondisi proses terbaik diperoleh pada pH 11. Pada kondisi tersebut, nilai ketuaan warna (K/S) sebesar 22,578, nilai kecerahan warna (lightness) sebesar 17,154, nilai kerataan warna (standar deviasi) sebesar 0,310 dan nilai ketahanan luntur warna terhadap pencucian untuk penodaan warna pada kain pelapis kapas dan wol di multifiber sebesar 5 dan perubahan warnanya adalah 4-5.

Keywords : kapas, reaktif panas, Na₂CO₃, NaOH

Abstract

Reactive dyestuffs are widely used for dyeing cotton fabrics. One of the influential factors in the dyeing process using heat reactive dyes is the use of alkali to change the pH of the dyeing solution for dye fixation. Using an alkaline solution with the proper and consistent pH has an impact on the fixation process. A mixture of alkalis (Na₂CO₃-NaOH) can be used to provide a stable alkaline pH in the range of 10.5, 11, 11.5, and 12. Color fastness to washing, color evenness, color brightness, and color strength (K/S) were tested. The results showed that the dye fixation process was influenced by the use of alkali mixture (Na₂CO₃-NaOH). The best process for dyeing cotton fabrics with hot reactive dyes using alkali mixture (Na₂CO₃-NaOH) achieved at pH 11. Under these conditions, the color strength (K/S) was 22.578, the lightness value was 17.154, the color evenness value (standard deviation) was 0.310 and the color fastness value to washing for color staining of cotton and wool fabrics in multifiber was 5 and the color change was 4-5.

Keywords : Cotton, reactive dyes, Na₂CO₃, NaOH

PENDAHULUAN

Sejak awal peradaban modern, kapas telah digunakan sebagai serat tekstil. Banyak pakaian yang terbuat dari kapas. Kapas semakin diminati karena kenyamanannya yang luar biasa, kekuatannya, daya serap terhadap kelembapan, sifat menyerap keringat, dan ketersediaannya di seluruh dunia¹⁻⁵.

Pewarna reaktif sangat cocok untuk pencelupan bahan kapas dan banyak digunakan dalam industri tekstil⁶. Pewarna ini dapat digunakan untuk menghasilkan berbagai warna dan memiliki tahan luntur warna yang baik⁷. Dalam kondisi basa, pewarna reaktif sering mengikat atom karbon dari gugus reaktif pewarna dan atom oksigen dari gugus hidroksil kapas.

Zat warna reaktif adalah zat warna yang dapat berikatan dengan serat selulosa melalui ikatan kovalen dan merupakan zat warna yang larut dalam air. Karena mengadakan reaksi dengan serat selulosa, maka hasil pencelupan zat warna reaktif mempunyai ketahanan luntur warna yang sangat baik^{4,8,9}.

Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap pencelupan zat warna reaktif dengan serat kapas antara lain suhu, elektrolit, alkali, dan perbandingan larutan celup (vlot)¹⁰. Alkali merupakan faktor penting dalam pencelupan reaktif yang berfungsi untuk fiksasi zat warna ke dalam serat^{11,12}. Fiksasi zat warna reaktif terjadi pada kisaran pH 10,5-12,0¹³. Pada pH tersebut zat warna reaktif yang telah berdifusi ke dalam serat akan bereaksi dengan serat selulosa. Penambahan alkali sangat penting

untuk mengatur alkalinitas yang sesuai dan mendorong pembentukan ion selulosa. pH larutan celup sangat berpengaruh terhadap kereaktifan, dimana pH yang makin alkalis umumnya akan meningkatkan kereaktifan zat warna reaktif. Meningkatnya kereaktifan zat warna akan mempercepat terjadinya reaksi antara zat warna dengan serat maupun reaksi dengan air (hidrolisa)¹¹.

Fiksasi zat warna reaktif dapat dilakukan dengan menambahkan NaOH atau Na₂CO₃. Na₂CO₃ merupakan salah satu zat yang umum digunakan untuk fiksasi pada pencelupan menggunakan zat warna reaktif dan sebagai pengatur pH untuk mempertahankan kondisi basa yang stabil¹⁰⁻¹². Penggunaan Na₂CO₃ berpengaruh terhadap sifat tahan luntur kain kapas dengan pencelupan reaktif^{10,12,14}.

NaOH dapat digunakan untuk proses fiksasi, namun alkalinitas NaOH yang tinggi akan sulit mengontrol pH. NaOH juga digunakan khususnya dalam pencelupan dengan warna gelap^{15,16}. Dalam pencelupan dengan warna gelap membutuhkan jumlah alkali yang lebih tinggi¹⁷. Penggunaan campuran alkali lemah dan alkali kuat seperti Na₂CO₃ dan NaOH dapat menaikan pH, menjaga kestabilan pH, dan meningkatkan proses fiksasi zat warna pada kain^{15,16}.

Penggunaan campuran alkali pada pencelupan dengan warna gelap seperti warna hitam dapat menghasilkan yang lebih tua daripada pencelupan dengan menggunakan Na₂CO₃ saja. Warna yang lebih tua menunjukkan bahwa lebih

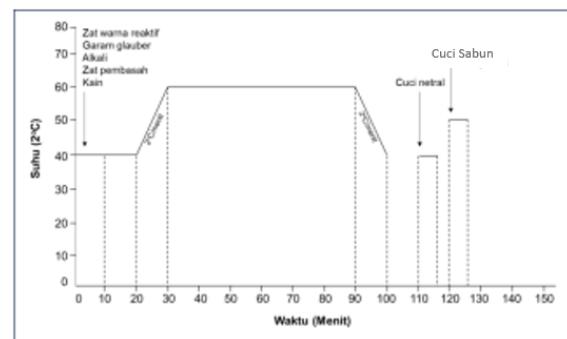
banyak zat warna yang terfiksasi ke dalam serat¹⁵.

Penelitian ini membahas mengenai penggunaan campuran alkali lemah dan alkali kuat yaitu Na_2CO_3 dan NaOH untuk mencapai pH 10,5 – 12 karena pada pH tersebut zat warna reaktif terserap dan bereaksi dengan serat sehingga didapatkan hasil fiksasi yang maksimal. Proses pemasukan alkali dilakukan dengan menggunakan metode *all in*. Menurut literatur, penggunaan campuran alkali sebagai zat fiksasi dengan konsentrasi zat yang tepat dapat meningkatkan ketahanan luntur warna dan ketuaan warna yang dihasilkan dibandingkan dengan menggunakan Na_2CO_3 ¹⁶.

BAHAN DAN METODA

Kain yang digunakan pada penelitian ini adalah kapas yang telah melalui proses persiapan penyempurnaan dengan struktur anyaman polos dan gramasi sebesar 79,7 g/m² serta nomor benang lusi dan pakan masing-masing Ne1 54 dan Ne1 55.

Metoda : Pencelupan dilakukan secara metode perendaman menggunakan zat warna reaktif (Corafix Jet Black GDR) 5% owf, garam glauber (Na_2SO_4) 90 g/L, pembasah 1mL/L dengan perbandingan larutan dan kain sebesar 1 :10 pada suhu 60 °C dalam waktu 60 menit dengan variasi pengondisian pH menggunakan satu jenis alkali Na_2CO_3 dan alkali campuran (Na_2CO_3 – NaOH) sesuai pada Tabel 1.



Gambar 1. Skema proses Pencelupan Kapas dengan Zat Warna Reaktif Panas

Tabel 1. Resep Pengondisian pH

| No. | Kondisi pH | Na_2CO_3 | NaOH (flakes) |
|-----|------------|--------------------------|------------------------|
| 1 | 10,5 | 3 g/L | 0,5 g/L |
| 2* | 10,75 | 22 g/L | - |
| 3 | 11 | 4 g/L | 0,6 g/L |
| 4 | 11,5 | 7,5 g/L | 0,95 g/L |
| 5 | 12 | 10 g/L | 1,2 g/L |

*merupakan resep standar dengan menggunakan Na_2CO_3 (single alkali)

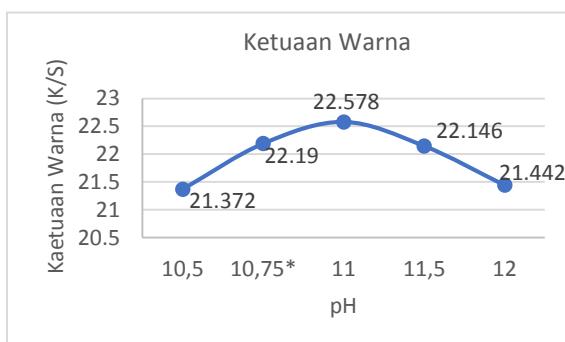
Evaluasi dilakukan dengan pengujian ketuaan warna dan kerataan warna berdasarkan SNI ISO 105-J03:2010 dan kecerahan warna (Lightness) menggunakan spektrofotometer (Minolta CM-3600d) dari panjang gelombang 400 – 700 nm dengan rentang 20 nm, nilai reflektansi dikonversikan menjadi nilai ketuaan warna (K/S) dengan hukum Kubelka-Munk. Kerataan diperoleh dari nilai standar deviasi K/S. Pengujian ketahanan luntur warna terhadap pencucian berdasarkan SNI ISO 105- C06:2010 dengan menilai penodaan dan perubahan warna yang terjadi setelah pencucian menggunakan *staining scale* dan *grey scale*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ketuaan warna

Nilai ketuaan warna (K/S) zat warna menunjukkan banyaknya zat warna yang terserap pada pada kain. Makin banyak zat warna yang terserap pada kain, maka semakin besar nilai K/S dan makin tua warna yang tampak pada kain. Hasil pengujian ketuaan warna (K/S) pada pencelupan kain kapas menggunakan zat warna reaktif panas dengan campuran alkali (Na_2CO_3 - NaOH) diperoleh pada panjang gelombang maksimum 600 nm.

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa terdapat pengaruh dari penggunaan campuran alkali (Na_2CO_3 - NaOH) terhadap ketuaan warna (K/S). Penggunaan campuran alkali (Na_2CO_3 - NaOH) terjadi peningkatan terhadap ketuaan warna (K/S) hingga pH 11.



Gambar 2. Grafik pengujian ketuaan warna (K/S) hasil pencelupan kain kapas dengan zat warna reaktif panas menggunakan campuran alkali (Na_2CO_3 - NaOH).

Peningkatan ketuaan warna (K/S) tersebut dikarenakan adanya penambahan alkali yang akan mengionkan selulosa menjadi ion selulosat (Sel-O^-) dan mendorong terjadinya reaksi fiksasi zat warna dengan serat. Jumlah ion selulosat

yang terbentuk akan bertambah seiring dengan penambahan alkali pada larutan celup.

Zat warna reaktif memiliki sistem reaktif yang membentuk ikatan kovalen dengan gugus hidroksil atau amino dari serat selulosa atau serat protein. Gugus reaktif ini dapat meningkatkan fiksasi dalam kondisi pH tinggi (alkali) dan ion selulosat (Sel-O^-) adalah inisiator reaksi antara selulosa dan zat warna dengan penambahan reaksi nukleofilik¹⁵.

Makin banyak alkali maka kereaktifan akan meningkat sehingga menaikkan konsentrasi ion selulosat (Sel-O^-) sehingga zat warna yang terfiksasi ke dalam serat semakin banyak karena ion selulosat yang berikatan dengan zat warna semakin besar.

Namun, kereaktifan dari suatu zat warna memiliki titik optimum, dimana zat warna tidak bisa terfiksasi kedalam serat dan tidak dapat berikatan dengan serat. Hal ini dapat terlihat pada Gambar 2, setelah mencapai titik optimum pada pH 11, nilai ketuaan warna menurun pada pH 11,5 dan pH 12. Kenaikan pH yang terlalu tinggi dapat menyebabkan terjadinya reaksi hidrolisis sehingga zat warna tidak terfiksasi ke dalam serat. Zat warna yang terhidrolisa sebagian berada pada larutan celup dan sebagian berada di permukaan serat, namun tidak dapat bereaksi dengan serat karena zat warna sudah tidak reaktif lagi. Nilai ketuaan warna (K/S) tertinggi diperoleh pada kain kapas hasil proses pencelupan pada pH 11 dengan nilai ketuaan warna (K/S) 22,578 dan nilai ketuaan warna (K/S) terendah diperoleh pada kain kapas hasil pencelupan pada pH 12

dengan nilai ketuaan warna (K/S) 21,442. Pada pH 10,75 menggunakan Na_2CO_3 saja memiliki nilai ketuaan warna (K/S) yang lebih muda dibandingkan sampel dengan pH 11 menggunakan campuran alkali (Na_2CO_3 – NaOH).

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan Moula dan Chakraborty di mana untuk fiksasi zat warna reaktif persyaratan pH yang disarankan pada rentang 10,5 – 11,5^{15,18}.

Kerataan Warna

Hasil pengujian kerataan warna pada kain kapas menggunakan zat warna reaktif panas dengan campuran alkali (Na_2CO_3 - NaOH) variasi pH diperoleh melalui lima kali pengukuran ketuaan warna pada lima tempat yang berbeda sehingga didapat nilai standar deviasinya. Nilai standar deviasi dihitung dari nilai K/S untuk mengevaluasi kerataan warna hasil pencelupan. Kerataan warna yang semakin baik ditunjukan dengan semakin rendah nilai standar deviasi.

Berdasarkan grafik pada Gambar 3, dapat dilihat bahwa kerataan warna yang paling kecil didapatkan pada kain yang dicelup pada pH 11 dengan nilai standar deviasi 0,310. Berdasarkan pengujian tersebut, tampak bahwa kenaikan pH hingga pada pH 11 yang digunakan pada proses pencelupan kain kapas menggunakan zat warna reaktif panas akan meningkatkan nilai kerataan warna namun tidak terlalu signifikan.

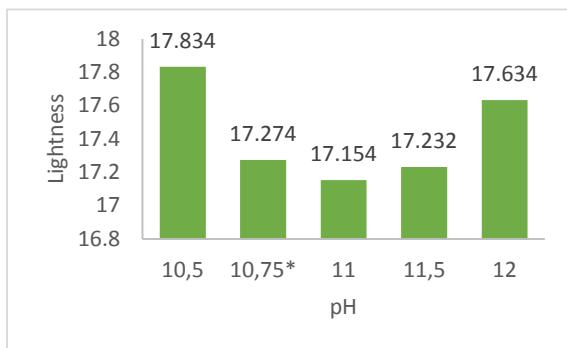


Gambar 3. Grafik pengujian kerataan warna hasil pencelupan kain kapas dengan zat warna reaktif panas menggunakan campuran alkali (Na_2CO_3 - NaOH)

Penggunaan alkali berpengaruh terhadap kerataan warna. Alkali akan menentukan berapa banyak jumlah zat warna yang terfiksasi kedalam bahan. Penggunaan alkali yang terlalu berlebih dapat menyebabkan kerataan warna yang kurang baik. Penggunaan alkali yang terlalu banyak, pH akan mengalami peningkatan dan dapat menyebabkan zat warna terhidrolisis sehingga menjadi tidak reaktif. Akibatnya, penyerapan zat warna pada kain menurun sehingga kerataan warnapun menjadi turun.

Kecerahan Warna (*Lightness*)

Kecerahan warna dari hasil pencelupan zat warna reaktif dengan warna hitam terhadap suatu kain dapat diketahui dengan mengukur nilai Lightness atau kecerahan. Nilai kecerahan yang makin rendah menunjukan bahwa kain hasil pencelupan memiliki warna yang lebih gelap. Hasil pengujian kecerahan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik pengujian kecerahan warna (lightness) hasil pencelupan kain kapas dengan zat warna reaktif panas menggunakan campuran alkali (Na_2CO_3 - NaOH)

Berdasarkan Gambar 4 nilai kecerahan pada larutan yang menggunakan Na_2CO_3 memiliki nilai 17,274 sedangkan pada larutan menggunakan campuran alkali (Na_2CO_3 – NaOH) pada pH 11 memiliki nilai yang lebih gelap yaitu 17,154 begitu juga pada pH 11,5 yang memiliki nilai 17,232. Namun, nilai kecerahan meningkat pada pH 12 dengan nilai 17,634 dan pada pH 10,5 dengan nilai 17,830 yang menunjukkan bahwa warna yang dihasilkan makin cerah. Nilai kecerahan yang paling baik yaitu pada sampel menggunakan campuran alkali (Na_2CO_3 – NaOH) diperoleh pada pH 11 dengan nilai 17,154. Hal tersebut menandakan bahwa pada pH 11, warna yang dihasilkan lebih gelap dibandingkan dengan pH lainnya. Banyaknya zat warna yang terserap pada kain menyebabkan ketuaan warna meningkat sehingga kain menjadi lebih gelap dengan nilai kecerahan warna yang lebih kecil.

Ketahanan Luntur Warna terhadap Pencucian

Hasil pengujian ketahanan luntur warna terhadap pencucian dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Nilai pengujian tahan luntur warna terhadap pencucian pada pencelupan kain kapas dengan zat warna reaktif panas

| pH | Nilai penodaan warna (staining scale) | | Nilai perubahan warna (grey scale) |
|--------|---------------------------------------|-----|------------------------------------|
| | Kapas | Wol | |
| 10,5 | 5 | 5 | 4-5 |
| 10,75* | 5 | 5 | 4-5 |
| 11 | 5 | 5 | 4-5 |
| 11,5 | 4-5 | 4-5 | 4-5 |
| 12 | 4-5 | 4-5 | 4-5 |

Berdasarkan data pada Tabel. 2 diperoleh nilai perubahan warna dengan nilai 5 dan nilai penodaan warna pada kain pelapis multifiber kapas maupun wol menghasilkan nilai rata-rata 4-5 hingga 5. Ketahanan luntur warna terhadap pencucian dapat dipengaruhi oleh proses pencucian maupun ikatan zat warna dengan serat. Hal ini menunjukkan bahwa campuran alkali yang digunakan tidak terlalu mempengaruhi nilai tahan luntur warna terhadap pencucian. Zat warna reaktif sudah terfiksasi ke dalam serat dan berikatan secara kovalen dengan serat. Ikatan kovalen merupakan ikatan yang kuat dalam ikatan kimia sehingga zat warna yang sudah terfiksasi ke dalam serat tidak akan mudah keluar dari serat. Namun, terjadi perubahan nilai penodaan warna pada pH 11,5- 12. Hal ini dapat disebabkan karena adanya reaksi hidrolisa sehingga zat warna tidak terfiksasi dengan serat. Zat warna yang tidak terfiksasi akan menempel pada permukaan serat, namun zat warna tersebut dapat dihilangkan saat proses pencucian sesudah pencelupan. Proses pencucian dilakukan dengan baik sehingga dapat menghilangkan sisa zat warna yang tidak terfiksasi dan masih menempel pada permukaan serat dan tidak memberi penodaan pada kain pelapis mutifiber saat pengujian.

KESIMPULAN

Penggunaan campuran Na₂CO₃-NaOH berperan sebagai pengatur pH dan zat fiksasi yang memengaruhi ketuaan warna (K/S), kerataan warna, dan kecerahan warna, tetapi tidak begitu memengaruhi ketahanan luntur warna terhadap pencelupan. Semakin tinggi pH hingga pH 11 maka ketuaan warna (K/S), kecerahan warna (lightness), dan kerataan warna meningkat kemudian menurun pada pH di atas pH 11. Kondisi terbaik untuk pencelupan kain kapas menggunakan zat warna reaktif

panas dengan campuran alkali sebagai zat fiksasi yaitu pada pH 11 dengan penggunaan Na₂CO₃ dan NaOH sebanyak 4 g/L dan 0,6 g/L. Pada kondisi tersebut diperoleh nilai ketuaan warna (K/S) sebesar 22,578, nilai kecerahan warna (lightness) sebesar 17,154, nilai kerataan warna (standar deviasi) sebesar 0,310 dan nilai ketahanan luntur warna terhadap pencucian untuk penodaan warna pada kain pelapis kapas dan wol di multifiber sebesar 5 dan perubahan warnanya adalah 4-5.

DAFTAR PUSTAKA

1. Mortazavi SM, Ziae A, Khayamian T. Evaluating Simultaneous Desizing and Bleaching of Greige Cotton Fabric using KMnO₄. *Text Res J.* 2008;78(6):497–501. Ramadani Silvi, Pengaruh Konsentrasi KMnO₄ dan suhu pada proses penghilangan kanji dan pengelantangan secara simultan terhadap kain poliester kapas (65%-35%), Politeknik STTT Bandung.
2. Kostić M, Škundrić P, Praskalo J, Pejić B, Medović A. New functionalities in cellulosic fibers developed by chemical modification. *Hem Ind.* 2007;61(5):233–7.
3. Knežević M, Kramar A, Hajnrih T, Korica M, Nikolić T, Žekić A, et al. Influence of Potassium Permanganate Oxidation on Structure and Properties of Cotton. *J Nat Fibers* [Internet]. 2022;19(2):403–15. Available from: <https://doi.org/10.1080/15440478.2020.1745120>
4. Tanaka C, Yui Y, Isogai A. TEMPO-Mediated Oxidation of Cotton Cellulose Fabrics with Sodium Dichloroisocyanurate. *J Fiber Sci Technol.* 2016;72(8):172–8.
5. Kristiansen KA, Potthast A, Christensen BE. Periodate oxidation of polysaccharides for modification of chemical and physical properties.
6. Carbohydr Res [Internet]. 2010;345(10):1264–71. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.carres.2010.02.011>
7. Henniges U, Potthast A. Bleaching Revisited: Impact of Oxidative and Reductive Bleaching Treatments on Cellulose and Paper by Ute Henniges and Antje Potthast. *Restaur J Preserv Libr Arch.* 2009;294–320.
8. Madhu A, Patra AK. KMnO₄ pre-treatment of linen. *J Text Inst.* 2014;105(5):520–7.
9. SNI 3801-2010 Pengujian Pengurangan Berat. (2010).
10. SNI ISO 105-J02:2011 Penilaian derajat putih menggunakan instrumen. (2011).
11. SNI 0279-2013 Pengujian Daya Serap. (2013).
12. SNI 0276-2009 Pengujian Tarik Kain. (2009).
13. Abdel-Halim ES. Simple and economic bleaching process for cotton fabric. *Carbohydr Polym* [Internet]. 2012;88(4):1233–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2012.01.082>
14. Kuntari. Optimalisasi proses desizing, scouring, bleaching, dan caustisizing secara simultan, sistem pad-batch pada kain rayon viskosa. *Jurnal sains materi indonesia.* Edisi Khusus Oktober. 2006; 118-123.