

# PENCELUPAN KAIN RAJUT KAPAS/MODALS MENGGUNAKAN ZAT WARNA REAKTIF BIFUNCTIONAL METODE ONE-BATH

## COTTON/MODALS KNITTED BLENDED FABRIC DYEING WITH BIFUNCTIONAL DYES IN ONE-BATH

Indra Joshua<sup>1</sup>, Samuel Martin Pradana<sup>1</sup>, Wiwiek Eka Mulyani<sup>1\*</sup>

1. Politeknik STTT, Bandung, 40272, Indonesia

\*E-mail : [wimulyani@gmail.com](mailto:wimulyani@gmail.com)

### ABSTRAK

Zat warna reaktif *bifunctional* digunakan untuk mencelup kain rajut campuran Kapas/*modals* (65%/35%). Perbedaan sifat daya serap kapas dan *modals* serta pengaruh konsentrasi natrium sulfat dan natrium karbonat akan dibahas dalam penelitian ini. Karakteristik hasil pencelupan dianalisa dengan pengujian K/S dan analisa terhadap ketahanan luntur warna setelah pencucian dengan menggunakan spektrofotometer. Hasil penelitian menunjukkan terdapat pengaruh penggunaan konsentrasi natrium sulfat dan natrium karbonat terhadap ketuaan warna dan kerataan warna tetapi tidak berpengaruh terhadap ketahanan luntur warna terhadap pencucian. Penggunaan natrium sulfat 50 g/L dan natrium karbonat 15 g/L dan pH larutan sebesar 11,7 pada suhu 60 °C selama 60 menit dapat menaikkan ketuaan warna serta dapat meningkatkan kerataan warna hasil pencelupan

Keywords : Kapas, *Modals*, Zat warna Reaktif *bifunctional*, Natrium sulfat, Natrium karbonat

### ABSTRACT

*The bifunctional of reactive dyes were used to dye the 65/35 percent blended fabric of cotton/modals. The effect of the pH value, the amount of sodium sulfate and sodium carbonate was studied on the union dyeing properties of the knitted blended fabric of cotton/modals. By measuring the K / S values with spectrophotometer, the union dyeing property of cotton/modals was analyzed. The findings show that sodium sulfat and sodium carbonate concentration affect the dyeing properties of the union. The usage of sodium sulfate 50 g/L and sodium carbonate 15 g/L and pH value of the solution 11,7 on 60°C for 60 minute can increase color depth and color evenness of dyeing.*

Keywords : cotton, modals, bifunctional reactive dyes, sodium sulfate, sodium carbonate

## 1. Pendahuluan

Serat *modals* merupakan serat selulosa regenerasi. Prinsip pembuatan serat *modals* hampir mirip dengan pembuatan serat rayon viskosa, namun yang membedakan kedua serat tersebut terletak pada bahan dasar pembuatannya. Serat *modals* dibuat dari pulp kayu pohon *beech* sedangkan rayon berasal dari pulp kayu. Karakteristik dari serat *modals* diantaranya mudah dicuci dan tahan lunturnya bagus, lembut, penyerapan air yang sangat tinggi (Gnanapriya., 2017., Gun., 2011, Radhika dan Moses., 2014, Röder.dkk, 2013 Tencel, Lenzing.Ltd., 2020). Struktur *amorf* pada *modals* lebih banyak dibandingkan dengan struktur kristalin sehingga *modals* memiliki sifat penyerapan terhadap air dan zat warna lebih tinggi dibandingkan dengan kapas. *Moisture regain* serat kapas pada kondisi standar (RH 65%) adalah 7-8,5% (Soeprijono, 1973) sedangkan *modals* 11% (Basit., dkk,2019 dan Lenzing.Ltd.,2020). Perbedaan daya serap ini akan mempengaruhi proses difusi zat warna pada proses pencelupan *one bath* (Bairagi, dkk., 2005 dan Koh., 2004., El-Shishtawt., 2007). Kain campuran kapas/*modals* dapat dicelup dengan zat warna reaktif

metode *one-bath*. Pencampuran kapas dengan *modals* dengan desain kain rajut dilakukan untuk meningkatkan kenyamanan pakai.

Zat warna reaktif *bifunctional* merupakan zat warna yang memiliki dua gugus reaktif yang berbeda tapi sifatnya sama seperti zat warna reaktif tipe *monoclorotiazin* (MCT), dan vinil sulfon (VS) (Koh,dkk., 2004 dan Ahmed.,2005). Sifat dari zat warna reaktif *bifunctional* memiliki sifat yang sama seperti zat warna MCT maupun VS dari segi zat warna maupun hasil celupannya.

Zat warna reaktif *bifunctional* memiliki sifat penyerapan primer medium (*primary exhaustion*) dan fiksasi yang medium (*fixation rate medium*). Pencelupan dengan zat warna reaktif *bifunctional* memiliki sifat yang tidak terlalu sensitif terhadap garam maupun dengan alkali sehingga untuk pemasukkan garam maupun alkali bisa dilakukan secara langsung dan tidak menimbulkan masalah pada hasil pencelupannya (Koh., dkk, 2004, El-Shishtawt.,2007, Khan, 2020, *Suncolours*).

Proses pencelupan zat warna reaktif *bifunctional* tidak sama dengan proses

pencelupan zat warna MCT maupun VS. Suhu untuk pencelupan zat warna reaktif VS adalah 60 °C sementara zat warna reaktif MCT adalah 80 °C. Hasil pencelupan zat warna reaktif MCT tidak tahan asam sedangkan sifat hasil pencelupan VS yang tahan asam. Kedua sifat tersebut, maka suhu pencelupan zat warna *bifunctional* yang digunakan adalah pada suhu 70 °C dan setelah proses pencelupan tidak dilakukan proses penetralan. Pencelupan kain campuran kapas/*modals* tidak hanya melibatkan zat warna reaktif tetapi juga penggunaan elektrolit (garam) dan alkali. Laju reaksi dipengaruhi oleh suhu, pH, dan alkali. Kenaikan suhu, penggunaan alkali yang banyak, dan kenaikan pH dapat mempengaruhi tingginya laju reaksi sehingga jika suhu semakin tinggi maka laju reaksi pada proses pencelupan menjadi naik. Penggunaan alkali yang tinggi dapat menaikkan pH pada proses pencelupan sehingga laju reaksi pada proses pencelupan menjadi naik. Hal tersebut menyebabkan reaksi fiksasi lebih cepat, dan mengakibatkan reaksi hidrolisa semakin tinggi (Koh., dkk, 2004, Jie.,2015). Rentang pemilihan suhu pencelupan disesuaikan pula dengan

komposisi pencampuran serat, gramasi serta desain rajutannya.

Pencelupan zat warna reaktif memerlukan elektrolit (garam) yang berfungsi untuk menaikkan laju difusi atau penyerapan zat warna ke dalam serat. Dalam pencelupan dengan *liquor ratio* yang rendah, penambahan garam yang berlebihan dapat mengakibatkan penurunan kelarutan zat warna dalam larutan celup. Hal tersebut dapat menimbulkan difusi zat warna ke dalam serat menjadi kurang maksimal. Penggunaan garam yang berlebih dapat mengakibatkan zat warna beragregasi dan menurunkan daya migrasi zat warna ke dalam serat, sehingga dapat menyebabkan ketidakrataan warna (Jie.,2015). Penggunaan garam yang kurang dapat menimbulkan laju difusi zat warna ke dalam serat kurang maksimal sehingga warna hasil pencelupan menjadi lebih muda.

Alkali berperan dalam proses fiksasi zat warna ke dalam serat, dan ionisasi serat selulosa. Penambahan alkali dapat menaikkan derajat fiksasi pada proses pencelupan sehingga zat warna

dapat berfiksasi pada serat. Pelepasan ion  $H^+$  pada selulosa menghasilkan *cell-o* yang akan mensubstitusi gugus reaktif dari zat warna. Ikatan kovalen terbentuk pada reaksi tersebut, sehingga mendapatkan ketahanan luntur warna baik serta dapat meningkatkan ketahanan warna (Sumitomo, Koh., 2004).

*Modals* memiliki daya serap yang tinggi. Pada pencelupan campuran *modals/kapas* jika konsentrasi elektrolit (garam) yang digunakan tinggi, akan meningkatkan kecepatan penyerapan zat warna, sehingga dapat meningkatkan resiko ketidakrataan hasil pencelupan (Khan, 2020). Perbedaan sifat daya serap tersebut akan mempengaruhi proses difusi pada pencelupan *metode one bath*. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk memperbaiki hasil kerataan warna pada pencelupan kapas/*modals* yang memiliki perbedaan daya serap. Penelitian difokuskan mengenai pengaruh penambahan natrium sulfat dan natrium karbonat yang berperan sebagai elektrolit dan pemfiksasi.

Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi natrium sulfat sebesar 30, 35, 40, 45, 50 g/L, dan natrium karbonat sebesar

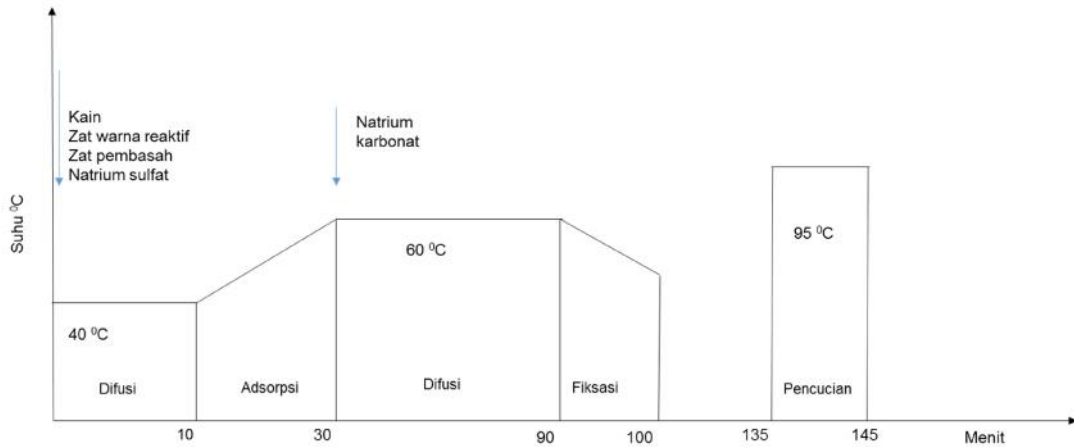
12, 15, 18, 20 g/L. pH larutan dipengaruhi oleh konsentrasi penggunaan natrium karbonat. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil pencelupan yang merata pada kain campuran kapas/*modals* yang memiliki perbedaan daya serap menggunakan zat warna reaktif *bifunctional metode one-bath*.

## 2. Bahan dan metode

Bahan : Kain yang digunakan dalam percobaan ini adalah kain campuran kapas/*modals* (65%/35%) yang telah dilakukan proses *pre – treatment (scouring, bleaching)*. Jenis kain rajut *single jersey* dengan nomor benang 30 S, cpi 23 helai/cm dan wpi 20 helai/cm. Zat warna reaktif *bifunctional* Sunfix (*Yellow SSR, Red SSN, Dark Blue SS*) 1.43 % (owf), zat pembasah, natrium sulfat dan natrium karbonat.

Metode : Pencelupan dilakukan dengan metode *one-bath* secara *exhaust* dengan perbandingan *liquor ratio* 1 :7 pada suhu 60 °C dalam waktu 60 menit menggunakan mesin *jet dyeing*

## Skema Proses Pencelupan



**Grafik 2.1 Skema proses Pencelupan Kapas/Modals (65/35%) dengan Zat Warna Reaktif Bifunctional metode One-Bath**

Evaluasi : Pengujian Ketuaan warna berdasarkan SNI 08 – 4667 – 1998 menggunakan *spektrofotometer* (Macbeth *Color eye 3000*) dari panjang gelombang 400 – 700 nm dengan selang 20 nm, nilai reflektansi dikonversikan menjadi nilai ketuaan warna (K/S) dengan hukum Kubelka-Munk. Ketahanan

luntur warna terhadap pencucian berdasarkan SNI ISO 105-D01:2011 menggunakan *Launder tester* dengan kain pelapis *multifiber* kemudian perubahan warna dinilai dengan *Grey Scale* dan penodaan warna pada kain pelapis dinilai dengan *Staining Scale*.

### 3. Hasil Penelitian

**Tabel 3.1 Nilai pH larutan Natrium Karbonat**

No	Natrium karbonat	pH
1	12 g/l	11.65
2	15 g/l	11.70
3	18 g/l	11.73
4	20 g/l	11.75

**Tabel 3.2 Data Hasil Pengujian Ketuaan Warna (K/S)**

Natrium sulfat / Natrium karbonat	K/S				
	30 g/l	35 g/l	40 g/l	45 g/l	50 g/l
12 g/l	141.60	143.62	143.41	144.42	153.18
15 g/l	137.79	134.66	141.96	148.43	146.13
18 g/l	136.36	145.44	147.43	143.44	153.15
20 g/l	142.08	146.77	145.96	153.15	151.40

**Tabel 3.3 Data Hasil Pengujian Kerataan Warna (sd)**

Natrium sulfat / Natrium karbonat	Standar Deviasi				
	30 g/l	35 g/l	40 g/l	45 g/l	50 g/l
12 g/l	0.97	1.98	3.29	2.52	3.29
15 g/l	1.27	1.27	1.61	1.60	0.66
18 g/l	1.60	1.61	2.70	1.41	1.42
20 g/l	1.53	1.89	1.85	1.42	1.64

**Tabel 3.4 Data Hasil Pengujian Ketahanan Luntur Warna terhadap Pencucian**

Pendaan terhadap multiber	Natrium Sulfat g/L				
	30 g/L	35 g/L	40	45	50
	Natrium Karbonat 12,15,18,2 0 g/L	Natrium Karbonat 12,15,18,2 0 g/L	Natrium Karbonat 12,15,18,2 0 g/L	Natrium Karbonat 12,15,18,2 0 g/L	Natrium Karbonat 12,15,18,2 0 g/L
Rayonasetat	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
Kapas	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
Nilon	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
Poliester	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
Akrilat	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
Wool	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5

#### 4. Hasil Pembahasan

##### 4.1 Ketahanan Warna

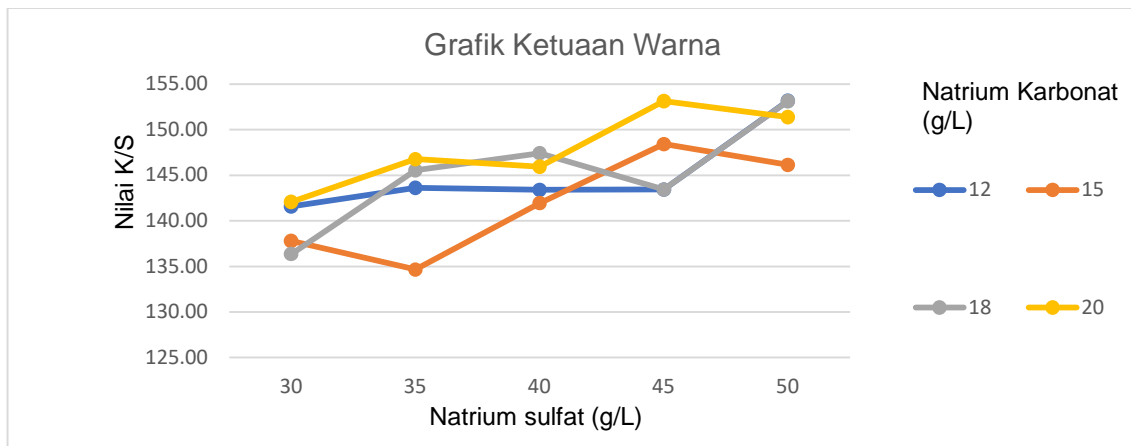
Evaluasi ketahanan warna dilakukan dengan cara mengukur K/S kain yang

telah dicelup dari masing – masing variasi. Makin tinggi nilai K/S, menunjukkan ketahanan warna yang makin tinggi. Berdasarkan Tabel 3.2

dan Grafik 4.1 tentang pengujian ketuaan warna nilai K/S yang tertinggi pada konsentrasi natrium sulfat sebesar 50 g/L dan natrium karbonat 12 g/L dengan nilai sebesar 151.18. Untuk nilai K/S terendah pada konsentrasi natrium sulfat sebesar 35 g/l dan natrium karbonat sebesar 15 g/l dengan nilai sebesar 134.66. Penambahan konsentrasi natrium sulfat berpengaruh terhadap peningkatan laju penyerapan zat warna sehingga warna hasil

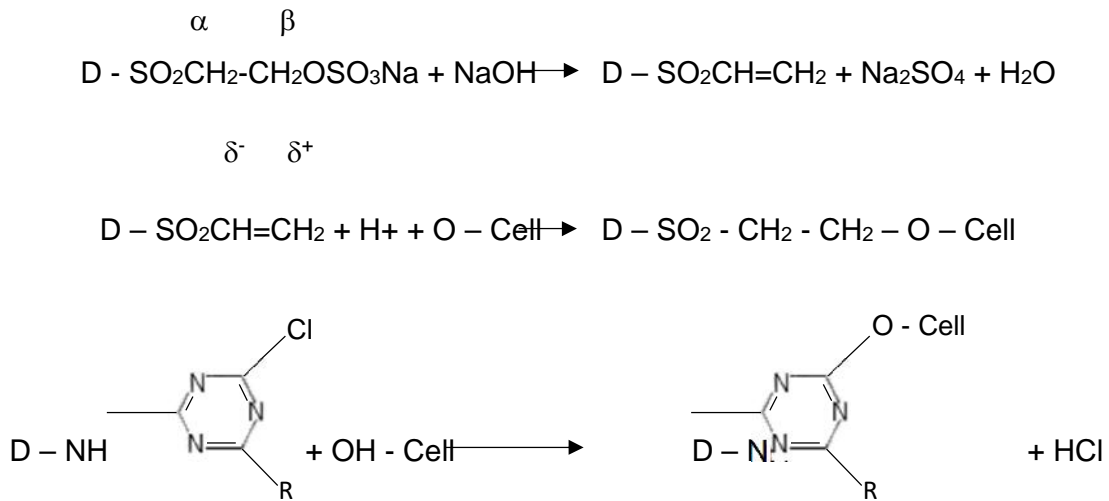
pencelupan menjadi lebih tua. Penambahan alkali mengakibatkan terjadinya reaksi fiksasi zat warna ke dalam serat sehingga warna hasil pencelupan menjadi tua.

**Penurunan nilai K/S pada konsentrasi natrium sulfat 35 g/l dan soda ash 15 g/l disebabkan oleh terjadinya agregasi dan hidrolisis zat warna sehingga zat warna tidak terfiksasi, dan menyebabkan ketuaan warna menjadi turun.**



**Grafik 4.1 Hubungan Konsentrasi Natrium Sulfat dengan Natrium Bikarbonat terhadap Ketuaan warna**

Mekanisme reaksi fiksasi antara zat warna dengan serat dapat dilihat pada Gambar 4.2 di bawah ini :

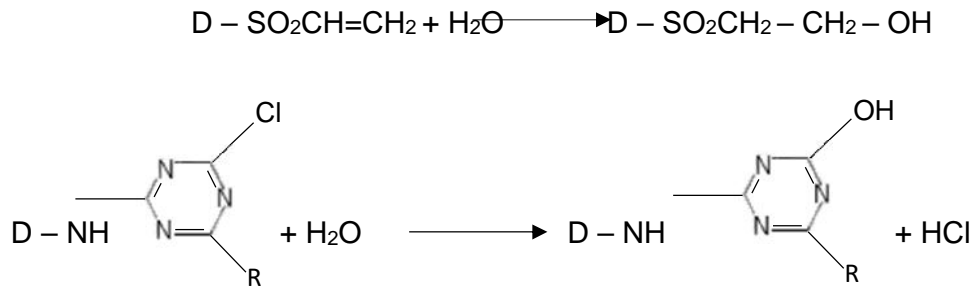


**Gambar 4.2 Reaksi Fiksasi Zat warna Reaktif dengan serat selulosa (sumitomo)**

Reaksi yang terjadi pada gambar tersebut merupakan reaksi fiksasi zat warna dengan serat selulosa. Pada proses fiksasi alkali yang terdapat pada zat warna akan bereaksi pada serat selulosa. Pelepasan ion  $\text{H}^+$  dan terbentuknya *O-cell* akan berikatan dengan zat warna. Ikatan yang terjadi pada serat selulosa dengan zat warna membentuk ikatan kovalen, sehingga tahan luntur yang dihasilkan setelah pencelupan menjadi baik. Reaksi yang terjadi tidak hanya fiksasi zat warna ke dalam serat melainkan juga ada reaksi hidrolisa zat warna.

Berdasarkan reaksi diatas dapat dijelaskan hubungan antara grafik ketuaan dan kerataan warna bahwa penambahan natrium sulfat sebagai (elektrolit) garam berkaitan dengan kenaikan laju difusi pada proses pencelupan. Kenaikan konsentrasi natrium sulfat antara 30-50 g/L mengalami kenaikan nilai K/S di semua variasi.

Selain terjadinya proses fiksasi, penambahan alkali yang berlebih dapat pula menyebabkan terjadinya reaksi hidrolisis pada zat warna reaktif. pH larutan pada penelitian ini relatif mendekati dengan range 11,65-11,75. Reaksi hidrolisis dapat dilihat pada Gambar 4.3 di bawah ini.



**Gambar 4.3 Reaksi Hidrolisa Zat Warna Reaktif (sumitomo)**

Ukuran molekul zat warna reaktif lebih kecil dibandingkan dengan zat warna direk sehingga memiliki substantifitas yang rendah. Walaupun berukuran kecil namun zat warna reaktif memiliki ikatan kovalen yang kekuatannya 30 kali lebih besar dibandingkan gaya Van Der Waals (Koh., 2004). Secara umum mekanisme proses pencelupan zat warna reaktif pada kain selulosa dibagi dalam 2 fase penting yaitu adsorpsi dan difusi serta fase fiksasi. Fase tersebut dapat dilihat pada gambar 2.1 pada skema proses pencelupan. Fase adsorpsi dan difusi terjadi dimana zat warna teradsorpsi ke permukaan serat dan berdifusi ke dalam matrix serat. Fase fiksasi terjadi dimana anion zat warna dan serat saling bereaksi. Pencelupan menggunakan zat warna reaktif umumnya ditambahkan elektrolit. Penambahan elektrolit ini sangat berpengaruh terhadap larutan

celup zat warna reaktif sehingga dapat dikatakan larutan celupnya sensitif terhadap penambahan elektrolit. Penambahan elektrolit ini dapat meningkatkan laju penyerapan zat warna. Elektrolit atau garam yang digunakan umumnya natrium sulfat dan natrium klorida. Pada saat kain direndam dalam larutan celup zat warna reaktif, zat warna akan terserap pada kain sampai mencapai kesetimbangan dan pada saat inilah zat warna akan terserap secara maksimal. Serat selulosa yang berada di dalam air bermuatan negatif, sehingga terjadi tolakan elektrostatis antara anion zat warna reaktif. Tolakan tersebut mengakibatkan zat warna kurang terserap pada selulosa. Adanya penambahan elektrolit seperti natrium sulfat dapat menjadi penghalang elektrostatis tersebut yang dikenal dengan potensial Donnan sehingga

dapat meningkatkan substantifitas dan memungkinkan meningkatkan gaya Van Der Waals (Koh,2004). Koefisien difusi zat warna merupakan fungsi dari konsentrasi zat warna dan konsentrasi elektrolit. Grafik 4.1 menunjukkan terjadinya kenaikan penyerapan zat warna seiring dengan kenaikan konsentrasi elektrolit. Grafik tersebut merupakan fungsi linear. Kenaikan penyerapan merupakan respon dari zat warna terhadap penurunan gaya elektostatik karena ditambahkannya konsentrasi elektrolit. Struktur *amorf* dan *moisture regain* pada serat *modals* (11%) berpengaruh terhadap laju

#### **4.2 Kerataan Warna Hasil Pencelupan**

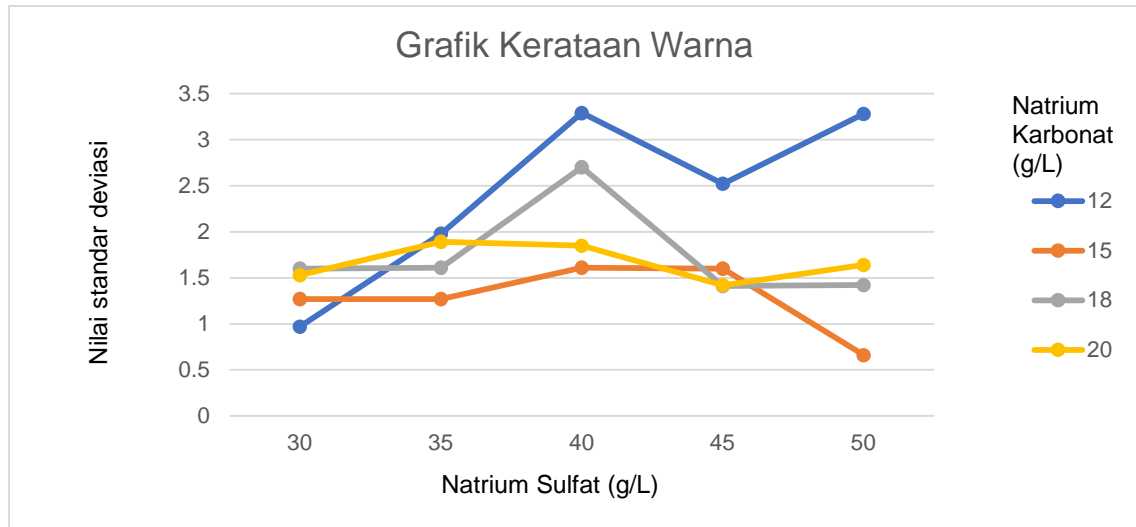
Evaluasi kerataan warna dilakukan dengan menghitung nilai standar deviasi dari data nilai K/S. Makin rendah nilai standar deviasi, menunjukkan kerataan warna yang makin baik. Berdasarkan Tabel 3.3 dan Grafik 4.4 nilai standar variasi yang terendah berada pada konsentrasi natrium sulfat 50 g/l dan natrium karbonat 15 g/l dengan nilai sebesar 0.66 sedangkan untuk variasi lainnya memperoleh nilai standar deviasi yang terlalu tinggi. Penambahan garam dapat memperbesar migrasi zat warna

penyerapan dan proses difusi zat warna. Susunannya yang tidak kompak, dan tidak sejajar menyebabkan fleksibilitas dan porositas sehingga air maupun larutan zat warna lebih mudah mengisi celah-celah kosong dan lebih mudah menyerap. Struktur *amorf* yang dimiliki serat *modals* lebih banyak dibandingkan kapas, sehingga *modals* dapat menyerap zat warna lebih mudah dibandingkan kapas. Sifat serat sangat mempengaruhi sifat pencelupan sehingga proses difusi zat warna sangat dipengaruhi oleh sifat *amorf* dan kristalin suatu serat.

ke dalam serat. Namun penambahan alkali yang lebih sedikit akan mengakibatkan reaksi fiksasi berjalan lebih lambat sehingga warna hasil pencelupan menjadi lebih rata. Kenaikan nilai standar deviasi disebabkan oleh penggunaan garam yang berlebihan yang mengakibatkan beragregasinya zat warna dalam larutan pencelupan, penurunan kelarutan zat warna, dan penurunan daya migrasi zat warna ke dalam serat yang menimbulkan ketidakerataan warna hasil pencelupan. Penambahan alkali yang berlebih kemungkinan dapat menimbulkan sebagian gugus MCT

terhidrolisa, yang terdapat pada zat warna reaktif *bifunctional* tersebut menjadi kurang reaktif mengakibatkan

warna hasil pencelupan sebagian tidak rata.



**Grafik 4.4 Hubungan Konsentrasi Natrium Sulfat dengan Natrium Karbonat terhadap Kerataan warna**

### 4.3 Pengujian Ketahanan Luntur Warna terhadap Pencucian

Evaluasi ketahanan luntur dilakukan menggunakan kain multifiber sebagai pelapis kemudian dilakukan penilaian berdasarkan perubahan warna dan penodaan pada kain pelapis. Berdasarkan Tabel 3.4, nilai perubahan warna dan penodaan berkisar 4/5 dan dikatakan memiliki ketahanan luntur terhadap pencucian yang baik. Hal ini disebabkan karena serat selulosa memiliki ikatan kovalen antara serat dengan zat warna pada saat proses pencelupan berlangsung. Ikatan kovalen terjadi pada saat zat warna reaktif yang berdifusi ke dalam serat

dengan penambahan alkali, sehingga terjadi reaksi fiksasi antara serat dengan zat warna reaktif. Selain ikatan, proses pencucian pada zat warna reaktif sebaiknya dilakukan pada suhu yang relatif tinggi yaitu sekitar 95 °C. Hal ini dilakukan untuk menghilangkan sisa zat warna yang hanya menempel di permukaan dan sisa zat warna reaktif yang terhidrolisa sehingga ketahanan luntur warna terhadap pencuciannya menjadi lebih baik.

## 5. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa difusi dan penyerapan zat warna terhadap kain kapas/*modals*

menggunakan zat warna reaktif *bifunctional* dengan *metode one-bath* dipengaruhi oleh konsentrasi natrium sulfat dan natrium karbonat. Peningkatan konsentrasi natrium sulfat dapat meningkatkan laju difusi zat warna, sehingga dapat meningkatkan ketahanan warna serta dengan meningkatnya laju migrasi zat warna ke dalam serat sehingga dapat meningkatkan kerataan. Natrium karbonat berpengaruh terhadap laju

fiksasi. Adanya perbedaan daya serap antara serat kapas dan serat *modals* diperlukan suatu metode untuk mengatur laju difusi dan laju fiksasi zat warna ke dalam serat. Penggunaan konsentrasi natrium sulfat dan natrium karbonat pada kain campuran kapas/*modals* yang tepat dapat memperbaiki laju penyerapan zat warna untuk mendapatkan kerataan warna yang seragam.

#### **Daftar Pustaka**

1. Ahmed, N. S. (2005). *The use of sodium edate in the dyeing of cotton with reactive dyes. Dyes and Pigments, 65(3), 221-225.*
2. Bairagi, N., Gulrajani, M. L., Deopura, B. L., & Shrivastava, A. (2005). *Dyeing of N-modified viscose rayon fibres with reactive dyes. Coloration technology, 121(3), 113-120.*
3. Basit, A., Latif, W., Ashraf, M., Rehman, A., Iqbal, K., Maqsood, H. S., & Baig, S. A. (2019). *Comparison of mechanical and thermal comfort properties of tencel blended with regenerated fibers and cotton woven fabrics. Autex Research Journal, 19(1), 80-85.*
4. El-Shishtawt, Reda. M., dkk (2007). *The use of sodium edate in dyeing : II Union dyeing of cotton/wool blend with hetero bi-functional reactive dyes, National Research Centre, Egypt.*
5. Gun, D.A., (2011). *Dimensional, Physical and Thermal Properties of Plain Knitted Fabrics Made from 50/50 Blend of Modals Viscose Fiber in Microfiber Form with Cotton Fiber. Fibers and Polymers, 12(8), pp.1083-1090*
6. Gnanapriya, K. and Jeyakodi, M., 2017. *A study on modals fabric treated with formic acid. Journal of Textile & Apparel/Tekstil ve Konfeksiyon, 27(2).*

7. <https://www.tencel.com/b2b/product/tencel-modals> diakses tanggal 3 November 2020
8. Jie, L.I.U., 2015. *Silk/Modals Blended Fabric Dyeing with Reactive Dyes in One Bath. Progress in Textile Science & Technology*, (6), p.10.
9. Khan, M.E., 2020. *Comparative Study on Dyeing of Cotton, Modals and Lyocell Fabrics Using Bifunctional and Polyfunctional Reactive Dyes. Journal of Textile Science and Technology*, 6(01), p.40.
10. Koh, J., Kim, I. S., Kim, S. S., Shim, W. S., & Kim, J. P. (2004). *Dyeing properties of bi-functional reactive dyes on a novel regenerated cellulosic fiber. Fibers and Polymers*, 5(1), 44-51.
11. **Lenzing Viscose-Modals Pretreatment Dyeing Finishing, Lenzing Ltd**
12. Radhika, R. and Moses, J.J., 2014. *Study on dyed and finished modals, cotton and modals/cotton (50: 50) blend fabrics for their color strength and fastness properties. International Journal of Engineering Research and Science & Technology*, 3(2), pp.24-37.
13. Röder, T., Moosbauer, J., Wöss, K., Schlader, S. and Kraft, G., 2013. *Man-made cellulose fibres—a comparison based on morphology and mechanical properties. Lenzinger Berichte*, 91, pp.7-12.
14. Soeprijono, P dkk. (1973). *Serat-Serat Tekstil*. Institut Teknologi Tekstil.
15. **Suncolours Reactive Dyestuffs, Ohyoung Chemical Ltd.**
16. **SNI 08-4667-1998, Cara Uji Ketuaan Warna, Badan Standarisasi Nasional, 2010 (BSN)**
17. **SNI ISO 105-D01:2011, Ketahanan Luntur Warna Terhadap Pencucian , Badan Standarisasi Nasional, 2011 (BSN)**
18. **Technical Information, Sumitomo Chemical Ltd.**