

**PENGARUH ZAT ANTI SADAH TERHADAP KUALITAS AIR PROSES
DAN HASIL PENCELUPAN POLIESTER-RAYON**
*THE INFLUENCE OF CHELATING AGENT ON PROCESS WATER
QUALITY AND POLYESTER-RAYON DYEING RESULTS*

Lestari Wardani*, Dita Asnawati, Rr. Wiwiek Eka Mulyani
Politeknik STTT Bandung, Kota Bandung, 40272, Indonesia

*Penulis korespondensi:
Alamat email Penulis korespondensi: ureshii85@gmail.com

Tanggal diterima: 28 Maret 2023, direvisi: 14 Juni 2023, disetujui terbit: 14 Juni 2023

Abstrak

Air yang dapat digunakan dalam proses pencelupan adalah air dengan kesadahan antara 0-3 dH. Air proses yang memiliki kesadahan tinggi perlu diturunkan nilai kesadahannya sebelum digunakan untuk proses pencelupan. Penurunan kesadahan air proses dilakukan dengan cara kompleksometri yaitu mengikat ion-ion logam penyebab sadah dengan zat anti sadah. Dalam penelitian ini, air sadah diproses dengan menggunakan zat anti sadah organik fosfonat untuk menurunkan kesadahan pada air proses. Air yang telah diturunkan kesadahannya selanjutnya digunakan sebagai air untuk proses pencelupan. Proses pencelupan dilakukan pada kain poliester rayon dengan zat warna dispersi dan reaktif. Karakterisasi yang dilakukan pada penelitian ini meliputi nilai kesadahan, ketuaan warna (K/S), kerataan warna, dan ketahanan luntur warna terhadap pencucian. Penggunaan zat anti sadah organik fosfonat dengan variasi konsentrasi 0 ml; 0,2ml/L; 0,4ml/L berhasil menurunkan kesadahan air dengan nilai kesadahan 10,3 dH ; 5,6 dH ; 0 dH. Hasil pencelupan menggunakan air proses yang telah diturunkan kesadahannya menunjukkan nilai nilai ketuaan warna sebesar 18,23, nilai kerataan warna sebesar 0,052. Nilai penodaan warna pada uji ketahanan luntur warna terhadap pencucian pada serat selulosa asetat 4 dan pada serat nylon 3-4 pada penggunaan 0,4 ml/L dengan kesadahan 0 dH. Makin rendah kesadahan air maka kerataan warna hasil pencelupan dan ketahanan luntur warna terhadap pencucian makin baik walaupun terjadi penurunan ketuaan warna.

Kata kunci : zat anti sadah, Organik fosfonat, Poliester, Rayon, Zat warna dispersi, Zat warna Reaktif.

Abstract

Water with a hardness of 0–3 dH is suitable for use in the dyeing process. Process water that has a high hardness needs to be reduced before being used for the dyeing process. The complexometric approach is used to reduce the hardness of processed water by binding metal ions that induce hardness with anti-hardening chemicals. In this research, the hardness of processed water was lowered by treatment with phosphonate organic hardness agents. The water that has undergone hardness

reduction is then used in the dyeing procedure. The dispersion and reactive dyes are used in the dying process, which is carried out on polyester rayon fabric. In this study, color strength (K/S), color evenness, color fastness to washing, and hardness parameters were all assessed as part of the characterization process. The addition of phosphonate organic hardness agents at various concentrations, including 0 ml, 0.2 ml/L, and 0.4 ml/L, was successful in lowering the water's hardness to a value of 10.3 dH, 5.6 dH, and 0 dH, respectively. The results of dyeing with process water that has been softened indicate a color strength value of 18.23 and an evenness value of 0.052. The color fastness test value for washing cellulose acetate 4 fibers and nylon 3–4 fibers at 0.4 ml/L with a hardness of 0 dH. The lower the hardness of the water, the better the color evenness of the dyeing results and the colorfastness to washing even the strength color although color strength is decreased.

Keywords: Chelating agent, Organic phosphonate, Polyester, Rayon, Dispersiondye, Reactive dye.

PENDAHULUAN

Air sangat dibutuhkan pada proses basah tekstil. Air yang digunakan untuk proses basah tekstil harus memenuhi persyaratan air proses tekstil. Umumnya, pemurnian air diperlukan untuk menghindari cacat pewarnaan seperti ketidakrataan, warna kusam atau pegangan kasar [1], [2]. Salah satu proses basah tekstil adalah proses pencelupan. Proses pencelupan sangat bergantung pada kualitas air seperti kesadahan, alkalinitas, kekeruhan dll. Kesadahan air mengambil peran penting pada proses pencelupan [3].

Air sadah adalah air yang mengandung ion-ion penyebab kesadahan, yaitu ion kalsium dan ion magnesium. Ion-ion logam tersebut akan ada dalam proses pencelupan, karena ion-ion tersebut dapat berikatan dengan gugus azo zat warna. Hal ini menyebabkan struktur molekul zat warna menjadi besar sehingga zat warna akan sulit berdifusi ke dalam serat dan akan berada di permukaan kain [3].

Kesadahan air didefinisikan sebagai kandungan terukur dari kation logam divalent. Kalsium terlarut (Ca^{2+}) dan

magnesium (Mg^{2+}) adalah dua kation divalensi yang ditemukan pada tingkat yang cukup besar di sebagian besar perairan. Dalam air alami, kalsium dan magnesium umumnya terikat dalam bentuk bikarbonat, sulfat atau klorida[4]. Keberadaan ion-ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} akan menyerang gugus pelarut pada zat pendispersi sehingga menyebabkan daya dispersinya menurun sehingga kelarutan zat warna berkurang yang mengakibatkan terbentuknya agregat zat warna, sehingga zat warna akan mengendap dan tidak berikatan dengan serat [1], [3].

Air yang dapat digunakan dalam proses pencelupan adalah air dengan kesadahan antara 0-3 dH. Jika kesadahan air melebihi 3 dH, maka ion-ion pada kesadahan air akan menghambat proses fiksasi zat warna. Penurunan sadah menggunakan zat anti sadah metode kompleksometri yang dilakukan yang akan mengikat logam-logam penyebab kesadahan, sehingga ion-ion sadah tidak akan mengganggu kinerja zat warna dan zat pembantu tekstil [4]-[6]. Fosfonat adalah zat *chelating* yang digunakan dalam jumlah besar dalam

produk industri dan rumah tangga sebagai penghambat kerak dan agen pengkelat. Dalam industri tekstil fosfonat digunakan sebagai penstabil zat pemutih berbasis peroksida dan sebagai zat anti sadah [7].

Pada penelitian ini, zat anti sadah yang digunakan menggunakan zat aktif anionik berkomposisi senyawa organik fosfonat (RPO_3^{-2}) memiliki struktur kimia

1-hydroxyethane 1,1-diphosphonic acid [HEDP]. Fosfonat memiliki tiga atom oksigen yang mampu berikatan untuk logam. Fosfonat juga dapat mengoordinasikan logam saat berada dalam keadaan protonasi [8], [9].

Kelebihan zat ini berbentuk cairan tidak berwarna sehingga mudah dalam proses pelarutan dan tidak meninggalkan sisa silikat pada mesin dan material kain. Zat anti sadah berbasis fosfat digunakan untuk mencegah pembentukan endapan dan biasa digunakan untuk menekan aktivitas ion logam bebas dan meningkatkan total konsentrasi ion logam terlarut [4], [5].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menurunkan kesadahan air proses tekstil menggunakan senyawa organik fosfonat.

Air proses yang telah diturunkan kesadahannya digunakan untuk mencelup kain poliester-rayon (65/35%). Poliester merupakan serat sintetik yang dibuat dari asam tereftalat dan etilena glikol [10]. Poliester bersifat hidrofob, tahan terhadap asam namun tidak tahan terhadap alkali kuat. Dalam proses pencelupan, poliester dapat dicelup menggunakan zat warna dispersi.

Rayon merupakan serat selulosa regenerasi yang dibuat dari pulp yang dimurnikan dengan natrium hidroksida, dan karbon disulfida membentuk natrium selulosa xantat. Natrium

selulosa xantat yang terbentuk dilarutkan di dalam natrium hidroksida encer, sehingga menjadi larutan kental yang dikenal sebagai *viscose* [11].

Pada proses pencelupan dengan zat warna dispersi, diperlukan zat pendispersi agar zat warna dapat terdispersi monomolekuler sehingga mudah terserap pada material poliester. Kinerja zat pendispersi anionik akan terganggu jika kondisi air masih memiliki kesadahan yang tinggi. Kondisi air proses dengan sadah yang tinggi pada proses pencelupan dapat menyebabkan ion-ion penyebab sadah (Ca^{2+} dan Mg^{2+}) berikatan dengan gugus pelarut zat pendispersi sehingga menurunkan daya dispersi untuk melarutkan zat warna dispersi menjadi monomolekuler. Adanya ion-ion penyebab sadah juga dapat berikatan dengan zat warna menjadi agregat yang sukar larut dalam padatan sehingga hasil pencelupan tidak rata. Pada penelitian ini digunakan zat anti sadah berbasis organik fosfat untuk memperbaiki kualitas air proses dan hasil pencelupan poliester-rayon dengan zat warna dispersi.

BAHAN DAN METODA

Kain yang digunakan dalam penelitian ini adalah kain campuran poliester/rayon (65%/35%) yang telah dilakukan proses *pre - treatment* (*scouring, bleaching*). Jenis kain tenun desain keper dengan total lusi 100 helai/inchi, total pakan 54 helai/inchi, no benang lusi dan pakan masing-masing 20 tex dengan gramasi kain sebesar 175 gram/m². Zat yang digunakan pada penelitian ini adalah zat anti sadah berbasis organik fosfonat, zat warna dispersi, zat warna reaktif, zat pendispersi anionik, campuran alkali (NaOH dan Na_2SiO_3).

Proses pencelupan dilakukan dengan metoda *Termosol sistem one bath two stage* Pada suhu 220 °C selama 1 menit.

Evaluasi dilakukan dengan pengujian kesadahan cara kompleksometri. Pengujian ketuaan warna dan kerataan warna berdasarkan SNI 08 – 4667 – 1998 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 mengacu pada standar SNI ISO 105-C06:2010)[12].

HASIL PENELITIAN

Hasil pengujian kesadahan air dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai kesadahan terhadap penambahan zat anti sadah berbasis organik fosfonat.

Zat sadah (mL/L)	Kesadahan Air (dH)
0	10,3
0,2	5,6
0,4	0

Hasil pengujian ketuaan warna (K/S) pada hasil pencelupan dengan menggunakan zat warna dispersi - reaktif dengan variasi kesadahan air dan konsentrasi zat pendispersi anionik dapat dilihat pada Tabel 2 .

Tabel 2. Data nilai K/S rata-rata kain poliester-rayon hasil pencelupan dengan zat warna dispersi-reaktif.

Hasil pengujian kerataan warna pada hasil pencelupan kain poliester-rayon

Kesadahan air (dH)	K/S
10,3	20,86
5,6	19,61
0	18,22

dengan menggunakan zat warna dispersi-reaktif dengan variasi kesadahan air dan konsentrasi zat pendispersi anionik dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai standar deviasi K/S kain poliester-rayon hasil pencelupan dengan zat warna dispersi-reaktif.

Kesadahan air	Standar deviasi
10,3	0,56
5,6	0,21
0	0,05

Hasil pengujian ketahanan luntur warna terhadap pencucian pada hasil pencelupan dengan menggunakan zat warna dispersi reaktif dengan variasi kesadahan air dan konsentrasi zat pendispersi anionik dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Nilai ketahanan luntur warna terhadap pencucian

A	Staining scale						Grey scale
	SA	S	N	P	A	W	
10,3	3-4	4-5	3	4-5	5	4-5	4-5
5,6	3-4	4-5	3	4-5	5	4-5	5
0	4	4-5	3-4	4-5	5	4-5	4-5

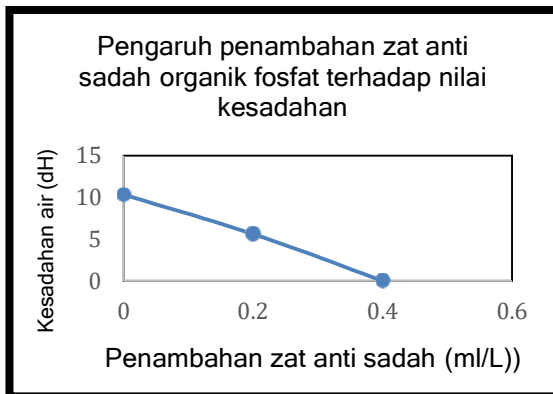
Keterangan

- A: kesadahan air (dH)
- SA: kain selulosa asetat
- S: kain selulosa
- N: kain nylon
- P: kain poliester
- A: kain akrilik W: kain wool

PEMBAHASAN

Pengaruh zat anti sadah terhadap penurunan nilai kesadahan pada air proses.

Grafik nilai kesadahan terhadap penggunaan zat anti sadah ditunjukkan oleh Gambar 1.

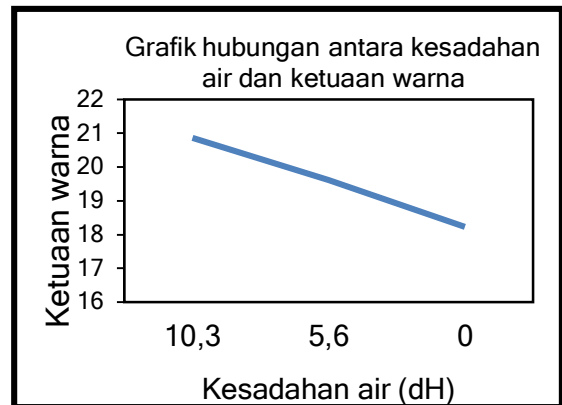


Gambar 1. Pengaruh penambahan zat anti sadah berbasis organik fosfat terhadap nilai kesadahan.

Grafik nilai kesadahan menunjukkan bahwa penambahan jumlah zat anti sadah dapat menurunkan nilai dari kesadahan air. Zat anti sadah dapat mengikat logam Ca dan Mg menjadi senyawa kompleks. Adanya pembentukan kompleks seperti ligan terner, yaitu ikatan simultan dua atom logam oleh satu fosfonat [8] menyebabkan nilai kesadahan air menurun. Fosfonat juga dapat mengikat logam terlarut penyebab sadah (Ca^{2+} dan Mg^{2+}) sehingga logam tersebut tidak akan bereaksi dengan zat warna.

Pengaruh kesadahan air terhadap ketuaan warna hasil pencelupan.

Grafik pengaruh kesadahan air terhadap ketuaan warna ditunjukkan oleh gambar 2.



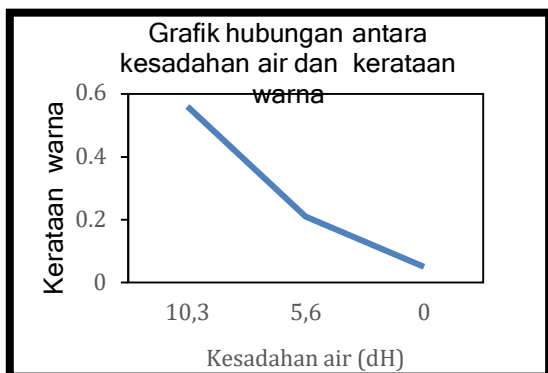
Gambar 2. Grafik pengaruh kesadahan air terhadap ketuaan warna.

Nilai ketuaan warna (K/S) menunjukkan banyaknya zat warna yang terserap ke dalam bahan. Makin besar nilai K/S, maka makin banyak zat warna yang terserap sehingga warna kain semakin tua.

Gambar 2 menunjukkan hubungan antara kesadahan dengan ketuaan warna. Berdasarkan grafik tampak terjadi sedikit penurunan ketuaan warna seiring menurunnya kesadahan air. Hal itu dikarenakan ion sadah (Ca^{2+} dan Mg^{2+}) dapat bertindak sebagai mordant yang menyebabkan penyerapan zat warna yang lebih besar dan warna yang lebih dalam [13]. Akibatnya kain dengan kesadahan rendah memiliki ketuaan warna yang lebih rendah. Walaupun terjadi penurunan ketuaan warna hasil pencelupan, tetapi kesadahan berpengaruh pula pada kerataan warna.

Pengaruh kesadahan air terhadap kerataan warna hasil pencelupan.

Gambar 3 menunjukkan hubungan antara kesadahan dengan kerataan warna.



Gambar 3. Grafik pengaruh kesadahan air terhadap nilai kerataan warna.

Penggunaan zat anti sadah berbasis organik fosfonat berfungsi untuk mencegah terjadinya reaksi antara ion-ion logam penyebab kesadahan dengan zat warna melalui pembentukan senyawa kompleks khelat dengan ion-ion logam tersebut. Makin kecil kesadahan air, semakin kecil pula pengaruh ion-ion logam penyebab kesadahan terhadap larutan dan menyebabkan ketahanan zat warna relatif lebih baik. Penurunan kesadahan menyebabkan tidak terjadinya agregasi zat warna sehingga fiksasi zat warna pada kain makin baik. Fiksasi zat warna yang makin baik akan menghasilkan warna yang lebih rata. Pada Gambar 3 membuktikan bahwa dengan menurunnya kesadahan air, warna hasil pencelupan makin rata walaupun ketahanan menurun.

Pengaruh kesadahan air terhadap ketahanan luntur warna hasil pencelupan.

Pada kondisi air memiliki kesadahan yang tinggi, ketahanan warna mengalami kenaikan namun zat warna hanya melapisi permukaan kain saja. Akibatnya ketahanan luntur warna terhadap pencucian berada pada rentang nilai 3-4 yang menunjukkan terjadi penodaan pada kain. Penodaan

terjadi pada kain selulosa asetat dan nilon yang menunjukkan adanya ring dyeing di mana zat warna dispersi hanya mewarnai permukaan kain saja. Proses pencelupan dilakukan dengan metode termosol yang membutuhkan zat warna dispersi dengan ukuran molekul yang besar. Ukuran molekul yang besar membutuhkan proses pendispersian yang sempurna untuk membentuk partikel zat warna monomolekuler. Namun, masih adanya logam Ca^{2+} dan Mg^{2+} menyebabkan kinerja zat pendispersi terganggu sehingga molekul zat warna tidak terdispersi monomolekuler. Akibatnya molekul zat warna berukuran besar sehingga sulit terdifusi pada bagian dalam kain dan hanya mewarnai permukaan kain. Hal ini juga yang menyebabkan ketidak rataan warna pada hasil pencelupan.

Posisi zat warna di permukaan menyebabkan tahan luntur warna terhadap pencucian kurang baik, karena zat warna mudah keluar saat proses pencucian. Bentuk zat warna yang masih beragregat akibat masih adanya ion penyebab sadah mengakibatkan hasil pencelupan pada kesadahan 5,6 dH memiliki kerataan yang kurang baik bila dibandingkan dengan air yang tidak mengandung sadah.

Penodaan ini terjadi karena metode yang digunakan adalah satu larutan dua tahap dimana tidak ada proses *reduction cleaning* untuk zat warna dispersi sehingga memungkinkan zat warna masih menempel dipermukaan dan dapat keluar dan menodai serat pelapis ketika dilakukan proses pencucian

Pada kondisi kesadahan air proses 0 dH yang artinya tidak ada ion-ion penyebab sadah, nilai K/S mengalami penurunan dari kedua nilai sadah lainnya. Hal ini disebabkan ion-ion

penyebab sadah sudah tidak ada yang mengganggu kinerja zat pendispersi anionik sehingga pendispersi dapat bekerja maksimal membentuk zat warna menjadi monomolekuler sehingga difusi zat warna ke dalam serat lebih cepat dan merata di dalam serat walaupun terjadi penurunan ketahanan warna.

Berbeda halnya pada hasil ketahanan luntur warna terhadap pencucian pada kain selulosa dan wool. Ikatan antara rayon dengan zat warna reaktif membentuk ikatan kovalen yang merupakan ikatan yang kuat antara serat dengan selulosa. Sementara ikatan yang terjadi antara poliester dengan zat warna dispersi adalah ikatan hidrofobik dan ikatan fisika. Terbentuknya ikatan kovalen antara

rayon dan zat warna reaktif menyebabkan kain memiliki ketahanan luntur warna terhadap pencucian lebih baik dibandingkan ikatan fisika

KESIMPULAN

Zat anti sadah berbasis organik fosfonat berpengaruh terhadap penurunan kesadahan air dan hasil pencelupan. Makin besar konsentrasi zat anti sadah, maka kesadahan air menurun hingga 0 dH. Kesadahan 0 dH mampu meningkatkan kualitas hasil pencelupan poliester-rayon menggunakan zat warna dispersi-reaktif dengan kerataan yang baik dan ketahanan luntur warna terhadap pencucian yang baik pada rentang nilai 4-5.

DAFTAR PUSTAKA

1. S. M. M. Kabir and J. Koh, "Effect of chelating agent in disperse dye dyeing on polyester fabric," *Fibers Polym.*, vol. 18, no. 12, pp. 2315-2321, 2017, doi: 10.1007/s12221-017-7481-4.
2. K. Gotoh, K. Horibe, Y. Mei, and T. Tsujisaka, "Effects of water hardness on textile detergency performance in aqueous cleaning systems," *J. Oleo Sci.*, vol. 65, no. 2, pp. 123-133, 2016, doi: 10.5650/jos.ess15168.
3. T. Shinde, R. Marathe, and V. A. Dorugade, "Effect of water hardness on reactive dyeing of cotton," vol. 1, no. 4, pp. 28-34, 2015.
4. A. Yiu, L. Tang, C. H. Lee, Y. M. Wang, and C. W. Kan, "Reverse Micellar Dyeing of Cotton Fiber with Reactive Dyes: A Study of the Effect of Water pH and Hardness," 2019, doi: 10.1021/acsomega.9b00597.
5. K. J. Gagnon, H. P. Perry, and A. Clear, "Conventional and Unconventional Metal-Organic Frameworks Based on Phosphonate Ligands: MOFs and UMOFs," pp. 1034-1054, 2012.
6. B. Nowack, "Aminopolyphosphonate removal during wastewater treatment," *Water Res.*, vol. 36, no. 18, pp. 4636-4642, 2002, doi: 10.1016/S0043-1354(02)00196-3.
7. A. T. Stone, M. A. Knight, and B. Nowack, "Speciation and chemical reactions of phosphonate chelating agents in aqueous media," *ACS Symp. Ser.*, vol. 806, pp. 59-94, 2002, doi: 10.1021/bk-2002-0806.ch004.
8. E. Rott, H. Steinmetz, and J. W. Metzger, "Organophosphonates: A review on environmental relevance, biodegradability and removal in wastewater treatment plants," *Sci. Total Environ.*, vol. 615, pp. 1176-1191, 2018, doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.09.223.
9. H. Studnik, S. Liebsch, G. Forlani, D. Wieczorek, P. Kafarski, and J. Lipok, "Amino polyphosphonates - chemical features and practical uses, environmental durability and biodegradation," *N. Biotechnol.*, vol. 32, no. 1, pp. 1-6, 2015, doi: 10.1016/j.nbt.2014.06.007.
10. R. A. B. L. Deopura and M. J. and B. Gupta, *Polyesters and polyamides*. 2008.
11. S. Sugesty, T. Kardiansyah, and H. Hardiani, "Bamboo as Raw Materials for Dissolving Pulp with Environmental Friendly Technology for Rayon Fiber," *Procedia Chem.*, vol. 17, pp. 194-199, 2015, doi: 10.1016/j.proche.2015.12.122.
12. D. Asnawati, "PENGARUH KESADAHAN AIR DAN ZAT PENDISPERSI ANIONIK TERHADAP HASIL PENCELUPAN ZAT WARNA DISPERSI-REAKTIF METODA THERMOSOL ONE BATH TWO STAGE PADA KAIN POLIESTER-RAYON (65%-35%)," *Politeknik STTT Bandung*, 2020.
13. M. Chougule, "An experimental study of effect of water quality on cotton textile wet processing," *Int. J. Res. Dev. Technol.*, vol. 6, no. 5, pp. 41-47, 2020, [Online]. Available: www.ijrdt.org.