

KATIONISASI PERMUKAAN KAIN KAPAS UNTUK MENINGKATKAN PENYERAPAN NANOPARTIKEL PERAK SEBAGAI ZAT ANTIBAKTERI

CATIONIZATION OF COTTON FABRIC SURFACE TO IMPROVE ADSORPTION OF SILVER NANOPARTICLES AS AN ANTIBACTERIAL AGENT

Cica Kasipah, Tatang Wahyudi

Balai Besar Tekstil
Jl. A. Yani no. 390 Bandung, Telp. 022- 7206214-5, Fax 022-7271288
Email : texirdti@bdg.centrin.net.id

Tanggal diterima : 1 Mei 2013, direvisi : 27 Mei 2013, disetujui terbit : 3 Juni 2013

ABSTRAK

Kationisasi kain kapas dilakukan untuk meningkatkan penyerapan nanopartikel perak yang berfungsi sebagai zat antibakteri. Tahapan penelitian yang dilakukan meliputi kain kapas dikationisasi dengan metode perendaman (*exhaust*) menggunakan 3-kloro-2- hidroksipropil trimetil ammonium klorida (CHPTAC) dengan variasi konsentrasi 4-14% v/v, kemudian kain kapas normal dan kain kapas terkationisasi di rendam dalam larutan koloid nanopartikel perak 154 ppm, vlot 30:1 pada suhu 80°C selama 30 menit. Hasil karakterisasi menggunakan *Fourier Transmittance Infra Red Spectrophotometer* (FTIR) menunjukkan bahwa kain kapas terkationisasi mempunyai puncak serapan gugus ammonium pada bilangan gelombang 2361 cm^{-1} dengan konsentrasi CHPTAC optimum 12%. Hasil perendaman kain kapas terkationisasi dengan koloid nano partikel perak memiliki sifat antibakteri di atas 15 kali pencucian rumah tangga.

Kata kunci : kationisasi, kain kapas, CHPTAC, nanopartikel perak, antibakteri

ABSTRACT

Cationization of cotton fabric was done to improve the adsorption of the silver nanoparticles as antibacterial agent. Cotton fabric was cationized by exhaustion method using 4-14% v/v various concentration of 3-chloro-2-hydroxypropyl trimethylammonium chloride (CHPTAC), afterward normal and cationized cotton fabric were exhausted in 154 ppm of colloidal silver nanoparticles, in vlot 30:1, at temperature 80°C for 30 minutes. Characterization using Fourier Transmittance Infra Red Spectrophotometer (FTIR) showed that the cationized cotton fabric had an absorption peak of ammonium group at wave number 2361 cm^{-1} with optimum concentration of CHPTAC 12%. The result of exhausted cationized cotton fabric in colloidal silver nanoparticles had antibacterial properties more than 15 times of household washing.

Keywords : cationization, cotton fabric, CHPTAC, silver nanoparticle, antibacterial

PENDAHULUAN

Penelitian modifikasi serat kapas saat ini banyak dikembangkan dalam rangka upaya untuk meningkatkan fungsionalitasnya. Modifikasi serat antara lain bertujuan untuk menghasilkan sifat-sifat baru seperti superhidrofobisitas, peningkatan hidrofilitas, peningkatan *dyeability* dan lain-lain.^{1,2,3}

Kapas merupakan serat alam yang banyak dipergunakan di industri tekstil. Beberapa studi dan penelitian modifikasi kain kapas yang telah dilakukan oleh para peneliti membuktikan dapat

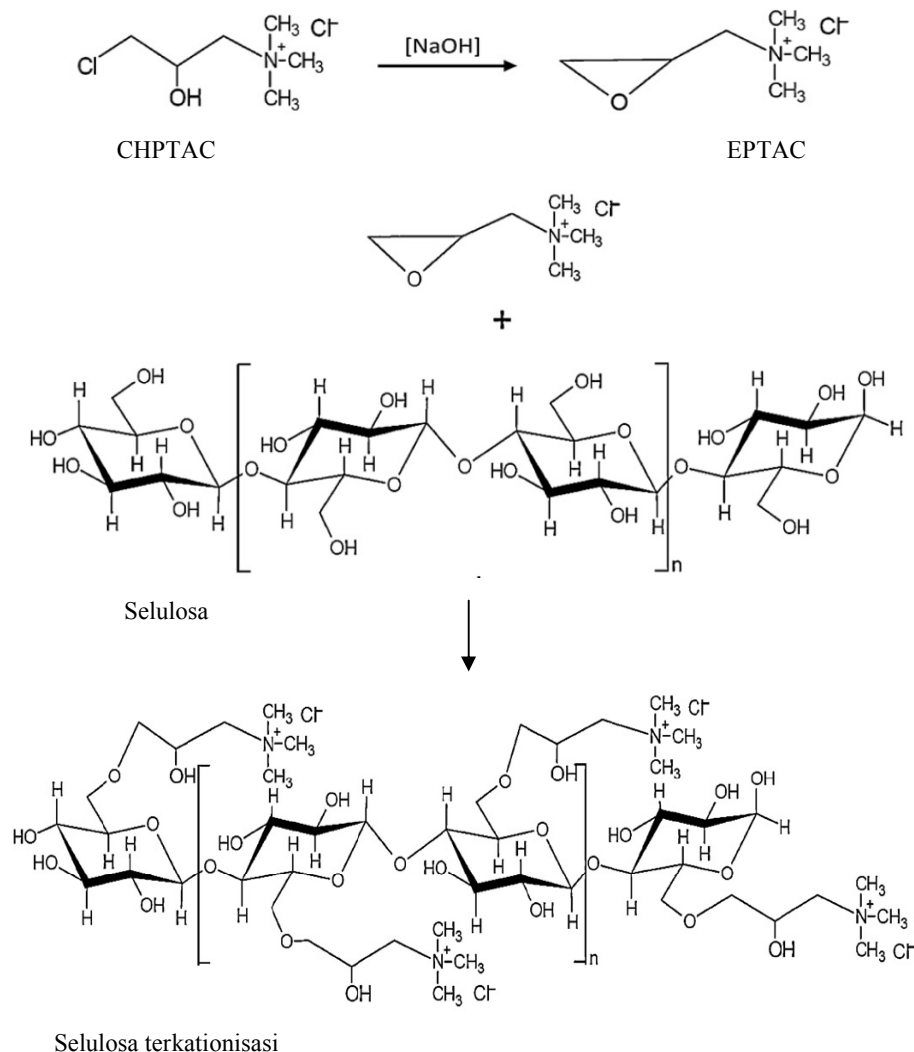
memberikan pengaruh yang baik terhadap proses pencelupan dan penyempurnaannya, dikarenakan telah terjadi perubahan muatan ion pada permukaan serat kapas tersebut. Sebagai contoh, pencelupan zat warna reaktif pada kain kapas yang terkationisasi dapat meningkatkan kecerahan warna, tahan luntur warna yang tinggi dan proses pencelupan yang lebih efisien. Demikian pula dalam proses penyempurnaannya dapat memberikan keunggulan-keunggulan tertentu.³ Beberapa senyawa ammonium kuarterner atau senyawa yang mengandung gugus amino; monomer-monomer

seperti senyawa epoksi, senyawa kuartener klorotriazin, N-metiloakrilamida, polimer-polimerseperti poli-kloro-hidrin dimetilamin, poliamida epiklorhidrin, poli (4-vinilpiridin) ammonium kuartener dapat digunakan untuk memodifikasi serat-serat selulosa.^{4,5,6,7}

Proses kationisasi serat kapas dapat dilakukan dengan cara fisika dan kimia. Kationisasi cara fisika antara lain dengan menggunakan teknik plasma,⁸ sedangkan kationisasi cara kimia dilakukan dengan menggunakan zat kimia pengkation. Pemilihan zat pengkation untuk modifikasi serat selulosa harus memperhatikan beberapa hal diantaranya harga yang relatif murah, reaktif terhadap selulosa, tidak merubah warna (menjadi noda) pada kain, dan tidak beracun. CHPTAC (3-kloro-2- hidroksipropil trimetil ammonium klorida) merupakan salah satu bahan kimia yang dapat digunakan untuk proses kationisasi serat kain kapas dikarenakan bahan kimia tersebut mengandung gugus ammonium kuarterner,

disamping itu reaktif terhadap selulosa dan tidak toksik terhadap kulit manusia.⁹

Sampel kain kapas yang dikationisasi dengan CHPTAC pada suasana basa mengalami reaksi 2 tahap sebagaimana pada Gambar 1.⁹ Tahap pertama terjadi deprotonisasi gugus OH pada CHPTAC membentuk oksigen yang bermuatan negatif, yang diikuti dengan proses pelepasan atom Cl menghasilkan karbonium (atom C bermuatan positif). Atom karbonium selanjutnya melakukan ikatan dengan oksigen yang bermuatan negatif membentuk senyawa 2,3-epoksi propil trimetil amonium klorida (EPTAC). Pada tahap berikutnya gugus epoksi pada EPTAC menyerang atom H dari gugus OH pada atom C (6) struktur selulosa menghasilkan oksigen bermuatan negatif dan selanjutnya membentuk ikatan dengan atom karbonium pada EPTAC menghasilkan struktur selulosa yang terkationisasi.



Gambar 1. Mekanisme reaksi kationisasi serat selulosa dengan CHPTAC⁹

A. Guesmi,¹⁰ menggunakan zat pengkation bromoasetil bromida dan trietilamin dengan metode ultrasonik dan Lili wang,³ menggunakan zat pengkation CHPTAC dengan metode *two-bath pad-bake* untuk meningkatkan efisiensi pencelupan kain kapas dengan zat warna reaktif.

Pada penelitian terdahulu,¹¹ telah dilakukan penggunaan nanopartikel perak sebagai zat antibakteri pada kain kapas dengan bantuan resin silikon sebagai perekatnya, namun demikian hasil yang diperoleh masih belum memenuhi harapan dikarenakan *durability* kain yang dihasilkan terhadap pencucian masih sangat rendah sehingga sifat antibakterinya terlalu cepat hilang. Hal tersebut disebabkan tidak adanya ikatan kimia antara nanopartikel perak dengan serat kain. Nanopartikel perak yang terdispersi dalam air akan membentuk koloid bermuatan negatif, begitu pula dengan kain kapas yang dimasukkan ke dalam air akan bermuatan negatif, sehingga menyebabkan nanopartikel perak tidak akan dapat terikat oleh permukaan kain kapas dikarenakan muatan ionnya yang sama dan akan terjadi tolak menolak antar ion negatif.¹² Oleh karena itu untuk meningkatkan sifat *durability* nanopartikel perak pada kain kapas terhadap pencucian perlu diupayakan antara lain dengan cara mengkationisasi kain kapas terlebih dahulu agar terjadi ikatan kimia antara nanopartikel perak dengan serat kapas tersebut.

Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan sebagai upaya untuk meningkatkan *durability* kain hasil proses penyempurnaan dengan zat antibakteri nanopartikel perak, dengan cara mengkationisasi serat kain kapas menggunakan senyawa ammonium kuarterner, dalam hal ini CHPTAC dengan metode *exhaust* sebelum dilakukan proses penyempurnaan dengan nanopartikel perak.

METODE

Bahan dan peralatan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah zat pengkation 3-kloro-2-hidroksipropil trimetil ammonium klorida (CHPTAC) (Aldrich), perak nitrat (AgNO_3) (Merck) sebagai prekursor perak, natrium borohidrida (NaBH_4) (Merck) sebagai pereduksi, asam poli akrilat (PAA) (Aldrich) sebagai zat penstabil larutan koloid nano perak, natrium hidroksida (NaOH) (Merck), kain kapas 100%.

Peralatan utama yang digunakan yaitu *Fourier Transmittance Infra Red Spectrophotometer* (FTIR) *Perkin Elmer Spektrum One* untuk pengerjaan karakterisasi serat kapas terkationisasi, spektrofotometer UV-Vis *Perkin Elmer Lambda 35* untuk karakterisasi nanopartikel perak hasil sintesis.

Prosedur Percobaan

Kationisasi kain kapas

Proses kationisasi kain kapas dilakukan dengan metode perendaman (*exhaust*). Sampel kain kapas di-*exhaust* dalam larutan CHPTAC dengan vlot 30:1. Larutan CHPTAC divariasikan konsentrasinya 4 – 14% v/v. pH larutan CHPTAC diatur dengan menggunakan larutan NaOH 30% hingga pH 8. Sampel kain direndam pada larutan CHPTAC dan dipanaskan hingga suhu mencapai 85°C selama 30 menit sambil diaduk setiap 10 menit. Setelah proses kationisasi selesai, sampel kain diangkat dan dibilas dengan air kemudian dikeringkan. Selanjutnya sampel kain terkationisasi diuji dengan menggunakan alat spektrometer FTIR.

Sintesis nanopartikel perak

Pembuatan larutan koloid nanopartikel perak dilakukan sebagaimana penelitian yang dikembangkan oleh Wahyudi, T.,¹¹ yaitu dengan cara mereduksi 5 mL larutan AgNO_3 0,01 M dengan 30 mL NaBH_4 0,002 M dan penambahan 0,05 mL PAA 1%. Teknis pengerjaannya dilakukan dengan cara menambahkan tetes demi tetes larutan perak nitrat ke dalam larutan borohidrid yang telah mengandung poli asam akrilat.

Perlakuan kain kapas terkationisasi dengan larutan koloid nanopartikel perak

Proses perlakuan sampel kain kapas terkationisasi terhadap larutan koloid nanopartikel perak menggunakan cara *exhaust* sama seperti yang dilakukan pada proses kationisasi. Sampel kain terkationisasi direndam dalam larutan koloid nanopartikel perak dengan konsentrasi 154 ppm dengan vlot 30:1, dipanaskan hingga suhu mencapai 85°C selama 30 menit sambil diaduk setiap 10 menit. Setelah proses selesai, sampel kain diangkat dan dibilas dengan air beberapa kali, kemudian dikeringkan di ruangan gelap. Sampel kain selanjutnya diuji ketahanan cucinya sesuai metode standar SNI-ISO 105-C06: 2010.¹⁴

Pengujian sifat aktifitas antibakteri

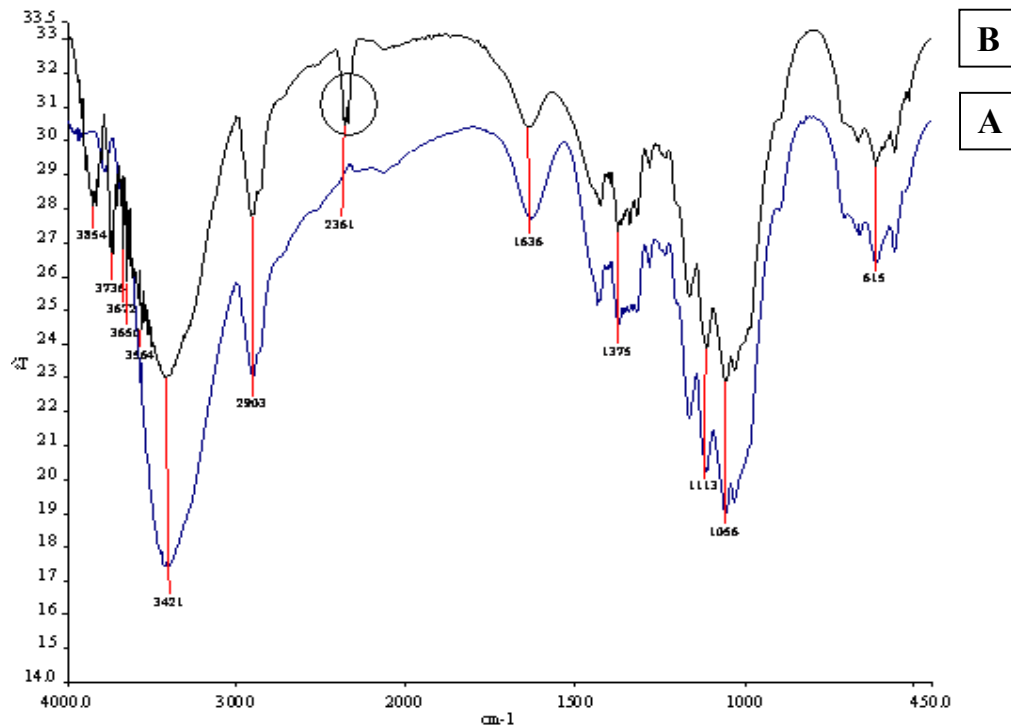
Uji aktifitas antibakteri dilakukan sesuai standar AATCC 147-1998.¹⁵ Jenis bakteri yang digunakan *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Daya hambat material uji diketahui dengan mengukur lebar zona hambat di sekitar sampel kain (dalam millimeter).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi kain kapas terkationisasi

Pengukuran FTIR dilakukan untuk mengetahui pengaruh proses kationisasi dengan CHPTAC pada serat selulosa kain kapas. Pada Gambar 2 ditunjukkan kurva FTIR kain kapas yang diproses kationisasi menggunakan CHPTAC, terbukti bahwa pada kain kapas terkationisasi terdapat serapan amonium kuarterner (C-N) pada bilangan gelombang 2361 cm^{-1} , sedangkan kain kapas tanpa proses kationisasi tidak ada serapan pada bilangan gelombang tersebut. Kedua sampel kain memiliki karakteristik spektra yang sama pada bilangan gelombang 3421 cm^{-1} yang merupakan absorpsi dari OH *stretching*, pada 2903 cm^{-1} merupakan absorpsi dari CH *stretching*, pada 1375 cm^{-1} merupakan absorpsi dari CH *bending* yang merupakan ciri khas serapan pada struktur kimia dari serat selulosa.

Terhadap sampel kain kapas yang telah mengalami proses kationisasi dengan berbagai variasi konsentrasi CHPTAC masing-masing dilakukan pengujian dengan menggunakan FTIR untuk melihat spektra gugus amonium kuarterner serat selulosa pada bilangan gelombang 2361 cm^{-1} . Dari masing-masing kurva FTIR (kurva tidak ditampilkan) dihitung luas puncak spektra gugus amonium kuarterner serat selulosa pada bilangan gelombang 2361 cm^{-1} yang hasilnya disajikan pada Tabel 1. Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa penggunaan CHPTAC sebesar 12% v/v telah menyebabkan serat selulosa terkationisasi sempurna dengan luas puncak sebesar 65 mm^2 , sementara penggunaan CHPTAC di atas 12% v/v tidak menunjukkan adanya kenaikan luas puncak gugus amonium kuarterner yang signifikan.



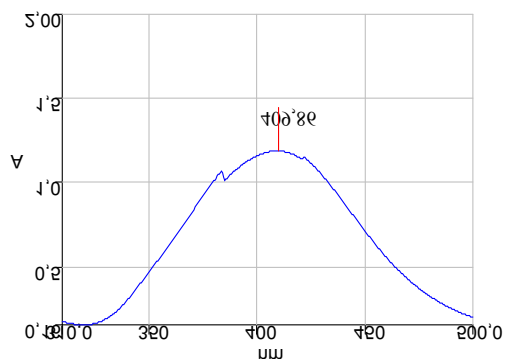
Gambar 2. Hasil uji FTIR (A) kain kapas awal, (B) kain kapas terkationisasi CHPTAC

Tabel 1. Optimasikationisasi kain kapas dengan variasi konsentrasi CHPTAC

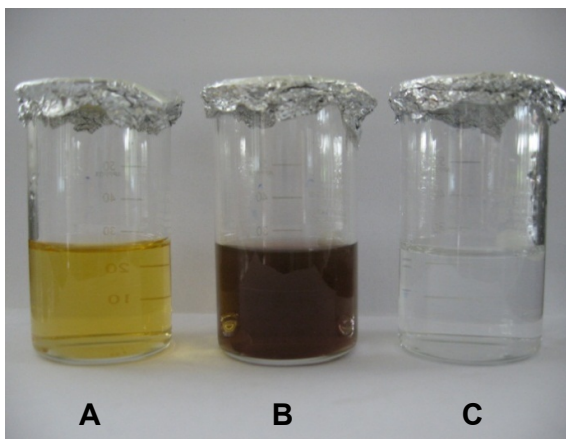
Kosentrasi CHPTAC (%)	Luas puncak, mm^2 , pada bilangan gelombang 2361 cm^{-1}
Blangko	0
4	10,5
6	22,5
8	33
10	45
12	65

Aplikasi koloid nanopartikel perak pada kain kapas terkationisasi

Koloid nanopartikel perak yang digunakan pada kain kapas terkationisasi adalah nanopartikel perak hasil sintesis sesuai dengan prosedur yang telah dilakukan.¹¹ Cara sintesis ini merupakan yang mudah untuk dikerjakan. Hasil sintesis berupa larutan koloid berwarna kuning yang berdasarkan perhitungan secara stokiometri mempunyai kadar nanopartikel perak sebesar 154 ppm. Hasil karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis menunjukkan bahwa larutan koloid tersebut mempunyai puncak serapan 409 nm sebagaimana terlihat pada Gambar 3, yakni masih di sekitar panjang gelombang 400 nm yang merupakan puncak plasmon partikel nano perak. Plasmon adalah sifat eksitasi kolektif konduksi elektron pada suatu logam.¹³ Hasil pengukuran terdahulu menggunakan alat *particle size analyzer* (PSA) bahwa larutan koloid nanopartikel perak mempunyai ukuran rata-rata 70 nm.¹¹



Gambar 3. Puncak serapan panjang gelombang larutan koloid perak nanopartikel



Gambar 4. Koloid nanopartikel perak (A) sebelum perendaman sampel kain, (B) sesudah perendaman sampel kain kapas tanpa kationisasi, (C) sesudah perendaman sampel kain kapas terkationisasi

sampel kain kapas terkationisasi CHPTAC 12%.

Gambar 4 memperlihatkan sifat penyerapan kain kapas terhadap nanopartikel perak. Tampak bahwa larutan koloid nanopartikel perak sesudah pencelupan kain kapas terkationisasi dengan konsentrasi CHPTAC optimum sebesar 12% tampak menjadi tidak berwarna (Gambar 4 C). Warna kuning dari koloid nanopartikel perak terserap sempurna ke dalam serat kapas. Lain halnya dengan larutan koloid nanopartikel perak setelah dilakukan perendaman kain kapas tanpa proses kationisasi memperlihatkan warna gelap coklat kehitaman (Gambar 4 B). Hal ini menunjukkan bahwa nanopartikel perak sebagian besar tidak terserap pada kain kapas dan nanopartikel perak mengalami proses aglomerasi sehingga larutan berwarna coklat.¹³

Uji aktifitas antibakteri kain kapas terkationisasi hasil perendaman dalam larutan koloid nanopartikel perak

Kain kapas tanpa kationisasi dan kain kapas terkationisasi yang telah direndam dengan larutan koloid nanopartikel perak diuji aktifitas antibakterinya sesuai dengan metode AATCC 147-1998.¹⁵ Uji ini dilakukan untuk mengevaluasi seberapa besar lebar zona hambat media bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* yang terjadi setelah kontak permukaan dengan sampel kain. Ukuran zona hambat yang terbentuk menunjukkan kekuatan daya hambat nanopartikel perak. Semakin lebar zona hambat yang ditimbulkan menunjukkan semakin kuatnya daya hambat senyawa tersebut terhadap pertumbuhan bakteri.

Dari masing-masing sampel kain kapas yang diuji sifat antibakterinya, diukur lebar zona hambat yang terbentuk (foto zona hambat tidak ditampilkan) dan hasilnya disajikan pada Tabel 2. Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa aplikasi nanopartikel perak pada kain kapas tanpa proses kationisasi menghasilkan zona hambat 3,5 mm terhadap *Staphylococcus aureus* dan 4,0 mm terhadap *Escherichia coli*, tetapi sifat antibakterinya tidak permanen karena setelah dilakukan uji proses pencucian 1 kali saja (setara dengan 5 kali pencucian rumah tangga) sesuai dengan metode SNI-ISO 105-C06: 2010 daya hambatnya terhadap bakteri tersebut telah hilang. Aplikasi nanopartikel perak pada kain kapas yang terkationisasi dengan CHPTAC pada konsentrasi 4% menunjukkan zona hambat yang hampir sama dengan kain kapas tanpa proses kationisasi yakni 3,5 mm terhadap *Staphylococcus aureus* dan 4,5 mm terhadap *Escherichia coli*. Sifat antibakterinya hilang setelah kain tersebut mengalami proses pencucian 3 kali (setara dengan 15 kali pencucian rumah tangga). Hal tersebut dikarenakan jumlah nanopartikel perak yang terserap oleh kain kapas belum maksimal. Pada

penggunaan konsentrasi CHPTAC 6%, 8%, dan 10% intensitas penyerapan nanopartikel perak oleh kain kapas meningkat dan menghasilkan daya hambat yang cukup permanen terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* setelah pencucian 3 kali atau dengan kata lain bahwa kain kapas tersebut masih memilikisifat antibakteri setelah mengalami proses pencucian 15 kali pencucian rumah tangga. Pada konsentrasi 12% dan 14% CHPTAC, sampel kain kapas menghasilkan zona hambat yang tinggi yakni 8,5 mm terhadap *Staphylococcus aureus* dan 9,5 mm terhadap *Escherichia coli*. Demikian pula sifat *durability*-nya terhadap pencucian juga besar. Hal tersebut dapat dikatakan bahwa nanopartikel perak terikat kuat pada kain kapas terkationisasi. Nanopartikel perak terikat secara elektrovalen pada serat kain kapas. Proses kationisasi secara optimal terjadi pada penggunaan CHPTAC 12%, karena penggunaan CHPTAC yang lebih tinggi dari konsentrasi tersebut tidak menunjukkan peningkatan daya hambat yang signifikan.

Tabel 2. Lebar zona hambat yang ditimbulkan sampel kain kapas setelah direndam dengan koloid nanopartikel perak terhadap pertumbuhan bakteri.

Konsentrasi CHPTAC (%)	Proses pencucian	Diameter Zona Hambat (mm)	
		<i>S.aureus</i>	<i>E.coli</i>
Kontrol	0 x	0	0
0	1 x	3,5	4,0
	2 x	0	0
	3 x	0	0
4	1 x	3,5	4,5
	2 x	2,0	2,5
	3 x	0	0
6	1 x	5,0	7,5
	2 x	4,0	6,5
	3 x	3,0	4,5
8	1 x	6,5	8,0
	2 x	6,0	7,5
	3 x	5,0	6,5
10	1 x	7,0	8,5
	2 x	6,5	8,0
	3 x	5,0	7,0
12	1 x	8,5	9,5
	2 x	8,5	9,5

	3 x	8,0	9,0
14	1 x	8,5	9,5
	2 x	8,5	9,5
	3 x	8,0	9,0

KESIMPULAN

Gugus ammonium kuarterner telah berhasil di bentuk pada serat kain kapas menggunakan 3-kloro-2-hidroksipropil trimetil ammonium klorida (CHPTAC) dengan konsentrasi optimum sebesar 12%. Aktifitas antibakterikain kapas terkationisasi yang mengandung nanopartikel perak memiliki ketahanan (*durability*) proses uji pencucian di atas 15 kali pencucian rumah tangga.

PUSTAKA

- Erasmus, E., F. A. Barkhuysen, (2009), Superhydrophobic Cotton by Fluorosilane Modofication, *Indian Journal of Fiber & Textile Research*, Vol 34 : 377 – 379.
- Alexandre, O., A. C. Paulo, (2004), Monitoring Biotransformations in Polyesters, *Biocatalysis and Biotransformation*, Vol 22 : 353 – 356.
- Lili Wang, Wei ma, Shufen Zhang, Xiaoxu Teng, Jinzong Yang., (2009), Preparation of Cationic Cotton with Two-Bath Pad-Bake Process and Its Application in Salt-Free Dyeing, *Carbihydrat Polymer*, Vol 78 : 602-608.
- Ma Wei, Zhang S., Yang J.Z., (2008) Development of Functional Polymers in Modification of Cotton for Improving Dyeability of Reactive dyes, *The Proceeding of the 3rd International Conference on Functional Molecules*, Page 69 – 75.
- Hauser, P. J., A. H. Tabba, (2002), Dyeing of Cationic Cotton with Fiber Reactive Dyes, *AATCC Review*, Vol 5 36 -39.
- Richard, S., Blackburn, Stephen, M. B., (2003), Treatment of Cotton with Cationic, Nucleophilic Polymers to Enable Reactive Dyeing at Neutral pH without Electrolyte Addition, *Journal of Applied Polymer science*, Vol 89 : 1026 – 1031.
- Guo, Q., Xin, S., (2003), Dendrimers- a New Kind of Macro- Molecules with Attention, *Polymer Materials Science and Engineering*, Vol 19 : 18 – 22.
- Juan P., F. Blázquez, D. Fell, E. Bonaccorso, A. Campo, (2011), Superhydrophilic and Superhydrophobic Nanostructured Surfaces via Plasma Treatment, *Journal of Colloid and Interface Science*, Vol 357 : 234 – 238.
- Khatri Z., Mayakrishnan, G., Hirata Y., Kai Wei, Ick-Soo Kim, (2013), Cationic-Cellulose Nanofibers: Preparation and Dyeability with Anionic Reactive Dyes for Apparel

- Application, *Carbohydrate Polymers*, Vol 91 : 434-443.
- ¹⁰ Guesmi A., Ladhari N., Sakli F., (2013), Ultrasonic Preparation of Cationic Cotton and Its Application in Ultrasonic Natural Dyeing, *Ultrasonic Sonochemistry*, Vol 20 : 571-579.
- ¹¹ Wahyudi, T., Doni S., Qomarudin H., (2011), Sintesis Nanopartikel Perak dan Uji Aktifitasnya Terhadap Bakteri E. Coli dan S. Aureus, *Arena Tekstil*, Vol 26 : 55-60.
- ¹² Shateri M. K. A., M. E. Yazdanshenas., (2009), Effect of Cationization on Adsorption of Silver Nanoparticles on Cotton, *Cellulose*, Vol 16:1147-1157.
- ¹³ Sileikaite A. et al., (2006), Analysis of Silver Nanoparticles Produced by Chemical Reduction of Silver Salt Solution, *Material Science (Medziagotyra)*, 12, 4, 287-291.
- ¹⁴ SNI-ISO 105-C06: 2010, Tekstil-Cara Uji Tahan Luntur warna-Bagian C06:Tahan Luntur Warna Terhadap Pencucian Rumah Tangga dan Komersial, Badan Standardisasi nasional.
- ¹⁵ AATCC Test Method 147-1998, 2004, *Antibacterial Activity Assessment of Textile Materials*, AATCC Technical Manual.
-