

SINTESIS DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT KITOSAN-ZnO/ALUMINA SEBAGAI AGEN ANTIBAKTERI PADA KAIN KATUN

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF CHITOSAN-ZnO/ALUMINA COMPOSITE AS ANTIBACTERIAL AGENT ON COTTON FABRICS

Lailatul Khasanah dan Dina Kartika Maharani*

*Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Surabaya, Jl. Ketintang, Surabaya, 60231*

* email: khasanah.lailatul@gmail.com

Abstrak. Telah dilakukan penelitian tentang sintesis dan karakterisasi komposit kitosan-ZnO/alumina sebagai agen antibakteri pada kain katun. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya aktivitas antibakteri *Staphylococcus aureus* pada kain katun dengan menggunakan kitosan-ZnO/alumina sebagai agen antibakteri. Komposit kitosan-ZnO/alumina dibuat dengan perbandingan volum(%v/v) kitosan:ZnO berturut-turut 1:1; 1:2 dan 2:1. Hasil analisis FTIR menunjukkan bahwa adanya pergeseran pada $3433,29\text{ cm}^{-1}$ menjadi $3425,58\text{ cm}^{-1}$ dengan intensitas rendah yang menunjukkan gugus -OH kitosan dan terdapat puncak baru pada komposit dengan rentang bilangan gelombang $500-1000\text{ cm}^{-1}$ ($941,26\text{ cm}^{-1}$ dan $902,69\text{ cm}^{-1}$) yang menunjukkan adanya vibrasi ulur Al-O dari alumina dan pada $470,63\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan vibrasi gugus O-Zn-O. Hasil uji aktivitas antibakteri menunjukkan kain yang dilapisi kitosan-ZnO/alumina (2:1) memiliki %reduksi terbaik sebesar 89,12%. sedangkan ketahanan ikat terhadap pencucian pada kain yang dilapisi kitosan-ZnO/alumina (2:1) mengalami sedikit penurunan aktivitas antibakteri dengan tingkat penurunan sebesar 0,81%.

Kata kunci: Alumina, kitosan, rodamin b, komposit.

Abstract. The synthesis and characterization of chitosan-ZnO/alumina composite as an antibacterial agent on cotton fabric has been investigated. This work present to determine the bacterial activity of *staphylococcus aureus* on cotton fabric using chitosan-ZnO/alumina composite. Chitosan-ZnO/alumina composite prepared with volume ratio(%v/v) chitosan:ZnO/alumina at 1:1 ; 1:2 and 2:1 respectively. The result showed that there has been a deplacement band at $3433,29\text{ cm}^{-1}$ to $3425,58\text{ cm}^{-1}$ at lower intencity indicated OH group from chitosan in composite and there was a new band absorption in composite from Al-O stretch vibration at $500-1000\text{ cm}^{-1}$ ($941,26\text{ cm}^{-1}$ dan $902,69\text{ cm}^{-1}$) and there was O-Zn-O vibration at $470,63\text{ cm}^{-1}$. The best antibacterial activity of cotton fabric showed on chitosan-ZnO/alumina (2:1) which is the value about 89,12%. Whereas, the strengthen connective resistant from eaching in chitosan-ZnO/alumina coated fabric had a slight decline of antibacterial activity approximately 0,81%.

Key words: Alumina, chitosan, ZnO, composite, antibacterial agent, cotton fabric.

PENDAHULUAN

Kebutuhan untuk mengembangkan bahan tekstil pada industri tekstil yang menawarkan perlindungan lebih baik dari radiasi UV, bakteri, atau jamur perlu dilakukan. Bahan antibakteri diterapkan untuk membatasi penyebaran penyakit dari serangan mikroorganisme, bahaya infeksi luka yang disebabkan oleh bakteri, bau, noda pada bahan tekstil, dan kerusakan yang disebabkan oleh jamur terutama pada kain yang terbuat dari serat alam [1].

Pertumbuhan mikroba, terutama bakteri dalam bahan tekstil dapat mengakibatkan bau yang

tidak sedap, iritasi kulit dan mendorong timbulnya infeksi [2]. Lingkungan memainkan peran penting dalam terjadinya infeksi terutama infeksi karena mikroorganisme patogen tertentu yang dapat ditularkan ketika terjadi kontak. Infeksi ini paling sering terjadi di rumah sakit sehingga perlu dilakukan kontrol mikroorganisme pada kain tekstil terutama pada bakteri *Staphylococcus aureus* yang disebarkan melalui kontak tidak langsung dengan menyentuh obyek-obyek seperti selimut, tirai tempat tidur, dan pakaian pelindung perawat yang

tercemar oleh kulit yang terinfeksi dari seseorang yang terkena penyakit bakteri tersebut [3].

Serat katun merupakan salah satu jenis serat alam (*natural fibers*) yang berasal dari tumbuhan yang digunakan sebagai bahan baku industri tekstil atau lainnya. Kain katun sangat populer karena memiliki sifat-sifat yang sangat baik seperti biodegradasi, afinitas pada kulit dan higroskopik. Akan tetapi, kain katun merupakan media yang sangat baik untuk mikroorganisme tumbuh misalnya bakteri, karena area permukaan besar dan kemampuan untuk menjaga kelembaban [4].

Penelitian tentang perbedaan jumlah bakteri yang tumbuh pada kain katun 100% menghasilkan bahwa bakteri *S.aureus* memiliki tingkat pertumbuhan yang lebih banyak dibandingkan dengan *Escherichia coli* dan *Klebsiella pneumoniae* dengan hasil perhitungan berturut-turut 93.000 koloni/mL, 78.000 koloni/mL dan 90.000 koloni/mL [5].

Penanganan untuk mengatasi masalah ini yaitu menggunakan bahan antibakteri pada tekstil dengan cara melapiskan agen antibakteri yang akan menghambat pertumbuhan bakteri pada produk tekstil tersebut.

Agen antibakteri non toksik yang saat ini dikembangkan oleh peneliti yaitu kitosan. Kitosan dapat digunakan sebagai agen pelapisan tekstil yang multifungsi karena selain mempunyai sifat sebagai antimikroba, kitosan dapat digunakan untuk meningkatkan proses pencelupan, dan dapat menghilangkan bau pada kain. Namun kitosan juga memiliki keterbatasan dalam penerapannya pada pelapisan kain diantaranya kitosan hanya efektif pada konsentrasi tinggi dalam melawan mikroorganisme, dan pada konsentrasi tinggi ini akan terjadi pembentukan lapisan tipis (*film*) pada permukaan kain yang akan mengakibatkan menurunnya permeabilitas udara dan mengakibatkan kain menjadi kaku [6].

Aktivitas antibakteri kitosan yang telah dilaporkan umumnya berkisar kurang dari 60%. Kitosan yang diaplikasikan pada tekstil diketahui memiliki kemampuan menghambat bakteri yang kurang memuaskan karena lemahnya ikatan kitosan pada substrat tekstil. Untuk meningkatkan aktivitas antimikrobanya maka kitosan perlu dimodifikasi dengan ZnO. Komposit kitosan-ZnO pada kain

katun memiliki aktivitas antimikroba yang sangat baik dan daya tahan yang lebih baik dibanding dengan kitosan yang berikatan silang dengan kain katun. Penelitian tersebut menghasilkan data bahwa kitosan-ZnO dapat mereduksi bakteri *Staphylococcus aureus* sebesar 88% dan bakteri *Escherichia coli* sebesar 84% [7].

Kitosan memiliki kemampuan luar biasa untuk membentuk kompleks logam dengan logam seng karena gugus amina dan gugus hidroksil yang ada sehingga kompleks kitosan-ZnO menarik minat besar untuk digunakan potensinya sebagai antibakteri. Sedangkan alumina (Al_2O_3) berguna dalam berbagai aplikasi karena transparansi, kekerasan, isolasi dan sifat kestabilan kimia. Partikel alumina ditambahkan ke dalam tahap pelapisan untuk meningkatkan ketahanan abrasi dari lapisan pakaian. Hal ini didukung oleh penelitian dari Xiao *et al* (2009) yang menyatakan bahwa terjadi peningkatan sifat mekanik dari kain PET yang dilapisi oleh Al_2O_3 dengan kekuatan tarik dan mulurnya meningkat hingga 7,9% dan 5,7% [8].

Berdasarkan latar belakang diatas karena adanya sifat-sifat khusus yang dimiliki oleh kitosan, ZnO serta alumina maka dalam penelitian ini akan dilakukan pembuatan komposit kitosan-ZnO/alumina sebagai agen antibakteri yang diuji dengan bakteri *Staphylococcus aureus* pada pelapisan kain katun melalui metode pelapisan *dip-coating* dengan teknik *pad-dry-cure*.

METODE PENELITIAN

Alat

Satu set alat refluks, Pengaduk magnet, Cawan porselen, Alat penggerus (mortar), Kaca arloji, cawan petri, penjepit *stainless steel*, Termometer air raksa, pencuci ultrasonik, autograf, *stiffness tester*, pH meter, erlenmeyer, mikropipet, *Hot plate stirrer*, pengaduk magnet, kaca arloji, termometer air raksa, neraca analitis, gunting, oven, kawat inokulasi, pembakar spirtus, autoklaf, sentrifuse, *Fourier Transform Infra-Red Spectrophotometer* (Shimadzu), *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

Bahan

Kitosan berasal dari CV.Ocean Fresh bandung dengan DD >80%, Asam asetat 2%, HCl 3M, NaOH p.a (merck), $ZnCl_2$, 2-propanol (merck),

Etanol p.a, Etanol teknis, Aluminium Isopropoksida (Sigma), PVA (Brataco), Sodium Dodesil Sulfat (SDS) 1%, Kain Katun, aquades, *Nutrient Broth* (NB), agar-agar, kapas, minyak goreng, benang, kultur bakteri *staphylococcus aureus strain* FNCC 0041.

PROSEDUR PENELITIAN

Pembuatan Kitosan 1%

Kitosan sebanyak 1 gram dilarutkan dalam 100 ml larutan asam asetat 2%.

Sintesis Sol Alumina

Aluminium Isopropoksida (AIP) ditambahkan dengan HCl 3 M dan dilarutkan dengan 100 mL campuran etanol air dengan diaduk selama 2 jam pada suhu 80 °C. Campuran ditambah PVA dan diaduk selama 24 jam dalam temperatur ruang.

Sintesis Sol ZnO

Partikel ZnO dibuat dengan melarutkan 5,5 gram ZnCl₂ kedalam 200 mL air dan dipanaskan sampai temperatur 90 °C selama 10 menit kemudian ditambahkan NaOH dan didiamkan untuk memisahkan supernatan dan filtratnya. Supernatan dicuci dengan air sampai NaCl hilang. Endapan dicuci dengan aquades dan ditambah dengan propanol dalam ultrasonik selama 10 menit kemudian disentrifuge 6000 rpm selama 15 menit. Supernatan yang terbentuk dipanaskan dalam tanur pada temperatur 250 selama 5 jam. Larutan ZnO dibuat dengan melarutkan partikel ZnO dalam aqua demineralisasi.

Sintesis komposit kitosan-ZnO/alumina

Komposit dibuat dengan mencampurkan larutan kitosan dan sol ZnO/alumina dengan perbandingan volume (% v/v) sebesar 1:1 ; 1:2 dan 2:1. Larutan diaduk selama 30 menit.

Tahap Pelapisan Kain Katun dengan Kitosan-ZnO-alumina dengan teknik *pad-dry-cure*

Kain dipotong (7 cm x 3 cm) dan dicuci dengan alkohol menggunakan ultrasonik. Kain dicelupkan pada larutan kitosan maupun larutan komposit kitosan-ZnO-alumina sebanyak 10 kali dan dioven pada suhu 80°C selama 5 menit. Kain dikeringkan

pada temperatur 140 °C selama 3 menit. Berat kain setelah pencelupan maupun pengeringan ditimbang.

Karakterisasi Kimia Komposit Kitosan-ZnO/alumina

Larutan komposit kitosan-ZnO/alumina dikeringkan dalam oven sampai kering pada temperatur 60°C. Beberapa mg serbuk komposit yang didapatkan dicampur dengan beberapa mg KBr kering untuk dibuat pellet selanjutnya dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer FTIR.

Uji Aktivitas Antibakteri Kain Setelah Pelapisan

Kain dipotong sebesar 1,5 cm x 1,5 cm. Kemudian disiapkan lima buah erlenmeyer. Erlenmeyer pertama, kedua dan ketiga diberi label A₁, A₂, dan A₃ diisi oleh kain yang dilapisi komposit dengan perbandingan komposisi kitosan: ZnO/Al₂O₃ 1:1 ; 1:2 dan 2:1. Kemudian erlenmeyer berikutnya diberi label B diisi dengan kultur stok bakteri *S.aureus* saja tanpa adanya kain dan erlenmeyer terakhir diberi label C diisi dengan kain katun saja. Setelah itu, kelima erlenmeyer tersebut dilakukan sterilisasi kedalam autoklaf pada suhu 121°C dengan tekanan 1 atm. Kemudian pada erlenmeyer A dan C ditambahkan dengan kultur stok bakteri *S.aureus*. Lalu diinkubasi selama 1 jam pada 37°C. Setelah itu diambil 1 mL larutan dari kelima labu dan dituangkan dalam media nutrien agar lalu dihomogenkan dan ditunggu hingga memadat.

Perhitungan persen reduksi bakteri dilakukan dengan menggunakan rumus :

$$R(\%) = \frac{(B-A) \times 100}{B} \text{ atau } R(\%) = \frac{(C-A)}{C} \times 100$$

Dimana:

R = % reduksi bakteri

A = jumlah koloni bakteri pada kultur yang diberi kain terlapisi komposit kitosan-ZnO/alumina.

B/C = jumlah koloni bakteri awal/kain kontrol

Uji Daya Tahan Terhadap Pencucian

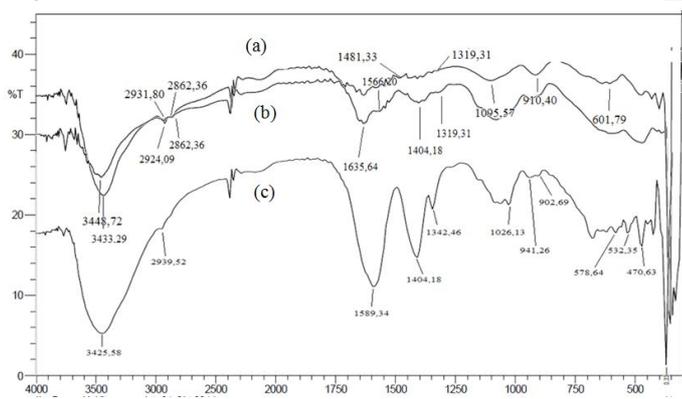
100 mL sodium dodesil sulfat (SDS) 1 % sebanyak 100 mL dicelupkan pada kain dan dicuci

menggunakan *ultrasonic washer*. kain dikeringkan pada suhu tinggi 60°C selama 5 menit. Kain yang sudah dicuci diuji aktivitas antibakterinya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi kimia kitosan, sol ZnO/alumina dan komposit kitosan-ZnO/alumina

Karakteristik Kimia Komposit Kitosan-ZnO/alumina Hasil analisis gugus fungsional kimia komposit kitosan-ZnO/alumina dengan menggunakan spektrofotometer FTIR ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil spektra FTIR sol (a) ZnO/Al₂O₃, (b) kitosan dan (c) komposit kitosan-ZnO/Al₂O₃

Berdasarkan hasil spektra pada Gambar 1 menunjukkan adanya interaksi antara kitosan dan sol ZnO-alumina melalui pita serapan yang lebar dari vibrasi ulur gugus -OH yang tumpang tindih dengan gugus -NH pada bilangan gelombang 3433,29 cm⁻¹ pada kitosan dan terjadi pergeseran menjadi 3425,58 cm⁻¹ pada komposit dengan intensitas yang rendah dan serapan yang lebih luas. Puncak baru pada komposit muncul dengan rentang bilangan gelombang 500-1000 cm⁻¹ (941,26 cm⁻¹ dan 902,69 cm⁻¹) yang menunjukkan adanya vibrasi ulur Al-O dari alumina sedangkan pada sol ZnO/alumina muncul pada 910,4 cm⁻¹. Munculnya puncak baru pada bilangan gelombang 470,63 cm⁻¹ yang menunjukkan vibrasi gugus O-Zn-O. Pada komposit muncul puncak baru dengan bilangan gelombang 578,64 cm⁻¹, 532,35 cm⁻¹ dan 601,79 cm⁻¹ yang menunjukkan adanya vibrasi ulur dari O-Zn dan Al-O-Zn. Hal ini mengindikasikan sol ZnO yang disintesis telah mengalami interaksi dengan alumina melalui ikatan Al-O-Zn dan larutan kitosan melalui

ikatan hidrogen amida sekunder dengan gugus hidroksil bebas dari sol.

Tahap Pelapisan Kain dengan Komposit Kitosan-ZnO/Al₂O₃

Hasil pelapisan komposit kitosan-ZnO/alumina dengan kain katun ditentukan sebagai *wet pick-up*. Data Tabel 1 digunakan untuk mengetahui berapa banyak komposit dan pelarut yang dapat tertahan pada kain saat pelapisan berlangsung.

Tabel 1. Hasil % *wet pick-up*

Jenis Kain	% <i>wet-pick up</i>					Rata-rata (%)
	I	II	III	IV	V	
Kain dilapisi kitosan-ZnO/ alumina (1:1)	94,02	91,93	99,69	97,71	97,75	96,22
Kain dilapisi kitosan-ZnO/ alumina (1:2)	113,82	113,82	109,62	106,85	109,35	110,69
Kain dilapisi kitosan-ZnO/ alumina (2:1)	115,08	118,24	112,75	118,90	118,11	116,62
Kain dilapisi kitosan	125,6	128,63	126,74	129,47	124,18	126,92

Dari hasil *wet-pick up* didapatkan bahwa nilai tertinggi dihasilkan oleh kitosan dan diikuti oleh komposit kitosan-ZnO/alumina 2:1. Hal ini menandakan bahwa semakin banyak volume kitosan yang ditambahkan maka kain akan mengalami penambahan berat yang diakibatkan oleh tertutupnya pori-pori serat kain oleh kitosan sehingga serat selulosa kain akan berinteraksi dengan kitosan. Pelapisan kain menggunakan metode *pad dry cure* tersebut menghasilkan *wet pick up* kain berkisar antara 96,22 – 126,92%. Nilai ini selaras dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Junaidi dkk. (2011) yang berkisar antara 83-133% pada pelapisan kain katun dengan kitosan menggunakan proses *pad* sebanyak dua kali.

Uji Aktivitas Antibakteri Kain Hasil Pelapisan pada Perbandingan Komposisi

Kain yang telah dilapisi kitosan, komposit kitosan-ZnO/alumina dan sol ZnO/alumina dilakukan uji aktivitas antibakterinya. Aktivitas antimikroba diuji secara kuantitatif pada bakteri *Staphylococcus aureus* dengan metode tes AATCC 100-2004. Hasil yang diperoleh dari pengujian aktivitas antibakteri ini dirangkum pada Tabel 2.

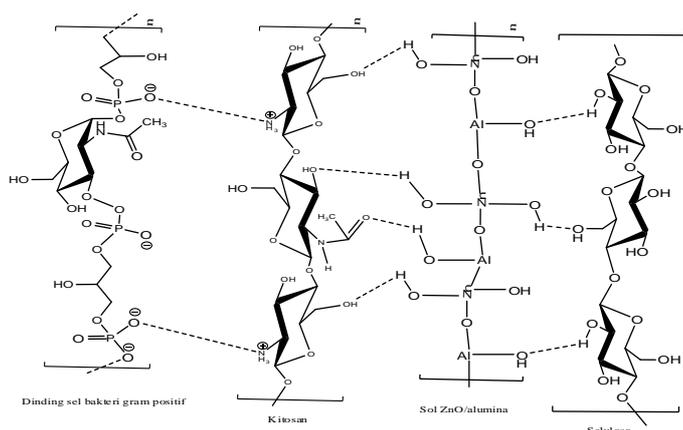
Tabel 2. Hasil % hambatan aktivitas antibakteri *S.aureus*

Jenis Kain	% reduksi bakteri
------------	-------------------

Kain katun (kontrol)	0
Kain + sol ZnO/alumina	82,77%
Kain+ kitosan	86,69%
Kain + kit-ZnO/alumina (1:1)	88,31%
Kain + kit-ZnO/alumina (1:2)	85,61%
Kain + kit-ZnO/alumina (2:1)	89,12%

Kain yang dilapisi dengan kitosan-ZnO/alumina (2:1) memiliki aktivitas antibakteri terbesar dengan tingkat reduksi bakteri sebesar 89,12%. Hal ini menandakan bahwa dengan banyaknya volume kitosan yang ditambahkan pada komposit maka akan meningkatkan sifat antibakterinya. secara umum, kain yang dilapisi komposit cenderung memiliki aktivitas antibakteri yang lebih baik dibandingkan dengan kain yang dilapisi kitosan saja, sol ZnO/alumina maupun kain kontrol. Kitosan yang berikatan dengan sol ZnO/alumina memiliki aktivitas antibakteri yang lebih baik dikarenakan adanya kitosan mempunyai gugus amina terprotonasi sehingga dapat menghambat pertumbuhan bakteri selain itu adanya oksida dari sol ZnO/alumina juga akan meningkatkan sifat antibakterinya. aktivitas penghambatan bakteri ini diduga diakibatkan oleh adanya interaksi ionik yang terjadi pada komposit kitosan kitosan-ZnO/alumina dengan dinding sel bakteri. Dinding sel bakteri gram positif cenderung bermuatan negatif dan memiliki gugus hidrofilik yang terdiri dari alkohol dan fosfat sehingga gugus amonium kuartener kitosan akan lebih banyak berinteraksi dengan dinding sel yang mengandung alkohol dan fosfat tersebut.

Kain yang dilapisi kitosan saja memiliki aktivitas antibakteri yang lebih kecil dibandingkan dengan komposit. Hal ini dikarenakan sedikitnya jumlah kation yang ada pada kitosan dibandingkan jumlah kation yang ada pada komposit kitosan-ZnO/alumina. Kation yang berkontribusi dalam menghambat bakteri pada kitosan hanyalah berupa kation amonium kuartener kitosan saja sedangkan kation yang berkontribusi dalam komposit berupa kation yang ada pada kitosan dan sol ZnO/alumina. Banyaknya jumlah kation ini akan berperan pada tingkat penghambatan bakteri *S.aureus* yang ada.



Gambar 2. Hipotetik mekanisme interaksi dinding sel bakteri gram positif dengan komposit kitosan-ZnO/alumina

Uji Daya Tahan terhadap pencucian dan uji aktivitas antibakterinya.

Kain yang telah dilapisi komposit kitosan-ZnO/alumina (2:1) dari hasil terbaik uji aktivitas antibakteri sebelumnya diuji kekuatan ikat kompositnya dengan uji *laundering*.

Uji pencucian kain hasil pelapisan dilakukan untuk mengetahui kekuatan ikatan komposit pada kain agar dapat diketahui besarnya efek aktivitas antibakteri setelah pencucian. Hasil yang diperoleh dirangkum pada Tabel 3.

Tabel 3. hasil % hambatan aktivitas antibakteri *S.aureus* setelah satu kali pencucian

Jenis	Reduksi bakteri (%)		Penurunan (%)
	Sebelum pencucian	Sesudah pencucian	
Kain katun	0	0	0
Kain dilapisi kitosan	63,64	60,79	2,85
Kain dilapisi sol ZnO/alumina	61,87	58,48	3,39
Kain dilapisi komposit (2:1)	70,28	69,47	0,81

Penurunan % reduksi bakteri terkecil didapat pada kain yang dilapisi komposit kitosan-ZnO/alumina (2:1) sebesar 0,81%. Hasil ini menunjukkan bahwa kain yang dilapisi komposit memiliki efektivitas antibakteri yang lebih baik dibandingkan dengan kain yang dilapisi kitosan saja maupun sol ZnO/alumina terhadap ketahanan pencucian. Hal ini disebabkan pada komposit kitosan-ZnO/alumina hasil pelapisan memiliki ikatan kovalen maupun ikatan hidrogen antar

molekul yang lebih banyak dibandingkan dengan kain yang dilapisi kitosan saja maupun sol ZnO/alumina sehingga pada saat dilakukan pencucian kain yang dilapisi komposit tersebut masih tetap dapat mempertahankan sifat antibakterinya. Aktivitas antibakteri kain yang dilapisi komposit setelah pencucian lebih tinggi dibandingkan dengan kain yang dilapisi kitosan saja menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan sol ZnO/alumina pada komposit akan memperkuat ikatan antara kitosan dengan selulosa kain melalui ikatan hidrogen yang ada sehingga mencegah kitosan tersebut tidak mudah lepas kedalam larutan karena jumlah amonium kuarterer bermuatan positif yang terbentuk pada kitosan yang menempel di serat selulosa kain digunakan untuk menghambat pertumbuhan bakteri melalui interaksi antara polikationik ammonium kuarterer kitosan dengan muatan ion negatif sel bakteri [9].

SIMPULAN

Berdasarkan data hasil dapat disimpulkan bahwa :

1. Sintesis dan Karakterisasi komposit kitosan-ZnO/alumina pada perbandingan komposisi 1:1; 1:2 dan 2:1 telah berhasil dilakukan dengan ditandai adanya perubahan spektra antara kitosan dan komposit di pita serapan pada bilangan gelombang 3433 cm^{-1} menjadi 3448 cm^{-1} . Puncak baru pada komposit muncul dengan rentang bilangan gelombang $500\text{-}1000\text{ cm}^{-1}$ ($941,26\text{ cm}^{-1}$ dan $902,69\text{ cm}^{-1}$)
2. Hasil uji aktivitas antibakteri pada kain katun yang dilapisi komposit dengan perbandingan %(V/V) kitosan:sol ZnO/alumina 1:1 ; 1:2 dan 2:1 adalah 88,31%, 85,61% dan 89,12%. Kain yang dilapisi komposit kitosan-ZnO/alumina (2:1) memiliki tingkat %reduksi bakteri terbaik.
3. Hasil uji ketahanan pencucian komposit terhadap kekuatan ikatnya pada kain katun menunjukkan adanya penurunan reduksi bakteri sebesar 0,81%

SARAN

Disarankan untuk melakukan variasi banyaknya pencucian agar dapat diketahui ketahanan kekuatan ikat komposit terhadap aktivitas antibakterinya, selain itu perlu dilakukan variasi volume kitosan untuk penentuan kondisi optimum

volume kitosan yang dapat digunakan sebagai agen antibakteri pada komposit tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

1. Rajendran, Krishnaveni., Thambidurai Sivalingam. 2013."Industrial Method of Cotton Fabric Finishing with Chitosan-ZnO Composite for Anti-bacterial and Thermal Stability".*Journal of Industrial Crops and Products*. Vol. 47: pp 160-167.
2. Junaidi, Ahmad Budi., Ihsan Kamil, Sunardi.2011. "Stabilitas Lapisan Kitosan pada Kain Katun : Pengaruh Berat Molekul Kitosan". *JurnalSains dan Terapan Kimia*. Vol. 5 (2): hal. 96-104
3. Takai, Kenichi., Tokuko Ohtsuka, Yoshiko Senda, Miyuki Nakao, Kouichiro Yamamoto, Junji Matsouka, Yoshikazu Hirai. 2002. "Antibacterial Properties of Antimicrobial-Finished Textile Products". *Microbial and immunology*. Vol. 46 (2): pp 75-81.
4. Haryono, Agus., Sri Budi Harmami. 2010. "Aplikasi Nanopartikel Perak pada Serat Katun sebagai Produk Jadi Tekstil Antimikroba". *Jurnal Kimia Indonesia* Vol. 5 (1): hal. 1-6.
5. Rajendran, S., S.C. Anand. 1999. "Development of a Versatile Antimicrobial Finish for Textile Materials for Healthcare and Hygiene Applications". *Proceedings of the International Conference*: pp 107-116.
6. Joshi, Mangala. 2008. *The impact of nanotechnology on polyesters, polyamides and other textiles*. India : Woodhead publishing limited
7. Rajendran, Krishnaveni., Thambidurai Sivalingam. 2013."Industrial Method of Cotton Fabric Finishing with Chitosan-ZnO Composite for Anti-bacterial and Thermal Stability".*Journal of Industrial Crops and Products*. Vol. 47: pp 160-167.
8. Xiao, Xueliang., Fang Chen, Qufu Wei.2009. "Surface modification of polyester nonwoven fabrics by Al_2O_3 sol-gel coating".*Journal of Coating Technology*: pp 1-5.
9. Aristianti, Deswita. 2011. *Daya Hambat Komposit Kitosan/Ag dengan Lapisan SiO_2 pada Kain Katun Terhadap Aktivitas Antibakteri*. Skripsi diterbitkan. Surakarta: PPs Universitas Sebelas Maret Surakarta.