

**PEMANFAATAN KOMPOSIT KITOSAN ZnO-SiO<sub>2</sub> SEBAGAI AGEN ANTIBAKTERI TERHADAP BAKTERI *Staphylococcus aureus* PADA KAIN KATUN**

**THE USE OF CHITOSAN ZnO-SiO<sub>2</sub> COMPOSITE AS ANTIBACTERIAL AGENT OF *Staphylococcus aureus* BACTERIA IN COTTON FABRIC**

**Ririn Setiyani\* dan Dina Kartika Maharani**

*Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*

*Universitas Negeri Surabaya, Jl. Ketintang, Surabaya, 60231*

\* email: [ririn.setiyani.rs@gmail.com](mailto:ririn.setiyani.rs@gmail.com)

**Abstrak.** Telah dilakukan penelitian tentang pembuatan dan karakterisasi komposit kitosan ZnO-SiO<sub>2</sub> sebagai agen antibakteri yang diaplikasikan pada kain katun dengan metode pelapisan pencelupan atau dip-coating dan dengan teknik pengeringan pad dry-cure. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan data aktivitas antibakteri kain katun terlapisi komposit kitosan ZnO-SiO<sub>2</sub> yang memberikan nilai aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* yang paling tinggi. Komposit kitosan ZnO-SiO<sub>2</sub> dibuat dengan perbandingan % volum 1:0,5:1; 1:1:1 dan 1:1,5:1 yang hasilnya akan dianalisis menggunakan spektrofotometer FTIR. Hasil analisis FTIR menunjukkan bahwa telah terjadi interaksi antara kitosan dengan sol ZnO-SiO<sub>2</sub> pada pita serapan 3433 cm<sup>-1</sup> sampai 3448,72 cm<sup>-1</sup>, dan terjadi pergeseran bilangan gelombang kitosan dengan sol ZnO-SiO<sub>2</sub> pada pita serapan 1635,64 cm<sup>-1</sup> sampai 1566,20 cm<sup>-1</sup>. Terdapat serapan khas vibrasi Si-O-Zn pada daerah bilangan gelombang 1411,89cm<sup>-1</sup>. Terdapat pita serapan yang khas vibrasi Zn-O dan N-Zn pada daerah bilangan gelombang 462,92 cm<sup>-1</sup>, 570,93 cm<sup>-1</sup>, 617,22 cm<sup>-1</sup>, 671,23 cm<sup>-1</sup> menandakan bahwa Zn terintegrasi pada komposit. Aktivitas antibakteri kain terlapisi kitosan ZnO-SiO<sub>2</sub> dengan perbandingan komposisi 1:1,5:1 memiliki aktivitas antibakteri tersebesar yaitu sebesar 89,042 %.

**Kata kunci:** agen antibakteri, kitosan, , komposit, silika,

**Abstract.** The experiment of synthesis and characterization of chitosan ZnO-SiO<sub>2</sub> composite as antibacterial agent which applied to cotton fabric by dip coating method and drying techniques pad dry-cure have been conducted. Purpose of this experiment was to gain the data of antibacterial activity of cotton fabric coated with chitosan ZnO-SiO<sub>2</sub> composite which give the highest antibacterial activity to chitosan ZnO-SiO<sub>2</sub> composite. Chitosan ZnO-SiO<sub>2</sub> composite composition was made with ratio % volume 1:0,5:1; 1:1:1; and 1:1,5:1 which the result will be analyzed by FTIR Spectrophotometer. The result of FTIR analysis shows that there was decreasing interaction between chitosan and ZnO-SiO<sub>2</sub> sol in absorption band 3433 cm<sup>-1</sup> to 3433,72 cm<sup>-1</sup>, and there was movement of chitosan wave number in adsorption band 1635,64 cm<sup>-1</sup> to 1566,20 cm<sup>-1</sup>. There was special absorption band of Si-O-Zn vibration in wave number area 1411,89cm<sup>-1</sup>. There was special absorption band of Zn-O and N-Zn vibration in wave number area of 462,92 cm<sup>-1</sup>, 570,93 cm<sup>-1</sup>; 617,22 cm<sup>-1</sup> dan 671,23 cm<sup>-1</sup>. It shows that Zn can be integrated to composite. Antibacterial activity of fabric coated with chitosan ZnO-SiO<sub>2</sub> composite with composition ratio 1:1,5:1 was 89,042%

**Key words:** antibacterial agent, chitosan , composite , silica,

## PENDAHULUAN

Industri tekstil memiliki kontribusi yang cukup signifikan terhadap perolehan devisa ekspor, penyerapan tenaga kerja, dan pemenuhan kebutuhan sandang dalam negeri. Arti penting Tekstil dan Produk Tekstil dapat dilihat dari perannya sebagai salah satu kebutuhan dasar manusia selain pangan dan papan. Konsumsi sandang akan cenderung meningkat seiring dengan laju pertumbuhan penduduk [1]. Meningkatnya industri tekstil menyebabkan banyaknya inovasi-inovasi baru terkait dengan fungsi dari tekstil yang multifungsi yaitu tekstil yang menghasilkan nilai tambah fungsional baru dengan adanya proses penambahan material pada tekstil menggunakan teknologi [2]. Salah satu fungsi tambahan dari tekstil fungsional adalah perlindungan terhadap mikroorganisme atau sebagai antibakteri [3]. Perkembangan tekstil antibakteri meningkat seiring dengan permintaan konsumen yang menginginkan tekstil yang aman dan bersifat antimikroba [4].

Kain katun merupakan bahan tekstil dari serat alami yang sangat diminati konsumen. Kelemahan kain katun adalah sebagai serat alami, kain katun merupakan media yang ideal untuk pertumbuhan bakteri akibat sifat higroskopis dari kain katun [5]. Sifat kain katun yang higroskopis juga menyebabkan mudahnya jamur berkembang, akan tetapi pertumbuhan bakteri pada kondisi yang optimum lebih cepat jika dibandingkan dengan jamur. Infeksi bakteri *Staphylococcus aureus* pada serat kain katun menyebabkan bau, kerusakan pada serat kain, adanya perubahan warna dan berkurangnya sifat mekanik tekstil seperti kekuatan tarik kain. Kain katun selain sebagai media pertumbuhan bakteri juga sebagai media penyebaran bakteri yang menyebabkan infeksi kulit karena tekstil akan berinteraksi langsung dengan kulit [4]. Bahan antibakteri yang selama ini sering digunakan pada tekstil merupakan bahan antibakteri yang memiliki sifat toksik dan cenderung menimbulkan pencemaran lingkungan seperti senyawa kompleks logam Cd, Ag, Cu, dan Hg, senyawa organo-Tin (Timah organik) [6].

Dewasa ini mulai dikembangkan agen antibakteri yang aman dan tidak toksik pada lingkungan yaitu kitosan. Kitosan merupakan senyawa biopolimer alam yang bersifat ramah lingkungan, *biocompatible*, *biodegradable*, dan

tidak beracun. Pada pH asam  $< 6,5$ , gugus amina bebas ( $-NH_2$ ) kitosan terprotonasi menjadi gugus amina kationik ( $-NH_3^+$ ) dan dapat berinteraksi dengan berbagai material bermuatan negatif, seperti permukaan sel bakteri [7]. Kelemahan dari agen antibakteri kitosan adalah kitosan tidak tahan terhadap pencucian, sehingga aktivitas antibakterinya menjadi sangat rendah. Hal ini dikarenakan, stabilitas yang rendah terhadap proses pencucian. Oleh karena itu, diperlukan peningkatan stabilitas pada tekstil dengan cara mengkompositkan kitosan dengan material anorganik untuk meningkatkan sifat mekanik dan ketahanan terhadap abrasi, sehingga tahan terhadap proses pencucian.

Salah satu material anorganik yang dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan mekanik adalah oksida logam ZnO. Oksida logam ZnO diketahui selain memiliki ketahanan mekanik juga memiliki aktivitas antibakteri yang baik dibanding kitosan [8]. Kitosan-ZnO memiliki aktivitas antibakteri yang lebih baik dari pada kitosan [9]. Kekuatan ikat agen antibakteri kitosan dan ZnO dapat ditingkatkan dengan penambahan silika ( $SiO_2$ ). Gugus Si-OH pada silika ( $SiO_2$ ) dapat digunakan untuk memperkuat ikatan kitosan pada kain, agar kitosan tidak mudah lepas. Pelapisan komposit kitosan/Ag 0,1 % dengan  $SiO_2$  pada kain katun mampu menghambat aktivitas pertumbuhan bakteri *S.aureus* sebelum pencucian sebesar 64 % dan penghambatan bakteri *S.aureus* setelah pencucian sebesar 28,4 % [10].

Pembuatan material anorganik berupa silika ( $SiO_2$ ) dapat dipreparasi dengan metode sol-gel. Metode sol-gel merupakan teknik pembuatan suatu material pada temperatur rendah sehingga reaksi yang terjadi memfasilitasi pemasukan senyawa organik ke dalam matrik anorganik yang berdasarkan pada reaksi hidrolisis dan kondensasi dengan senyawa logam transisi alkoksida atau metalloid [2]. Persen mulur kain katun tanpa dilapisi komposit kitosan ZnO adalah sebesar  $21.9 \pm 1.06$  %, sementara mulur kain katun terlapisi komposit kitosan ZnO sebesar  $23.5 \pm 1.12$  % [8].

Berdasarkan uraian diatas, maka dalam penelitian ini akan dilakukan pembuatan komposit kitosan ZnO- $SiO_2$  sebagai agen antibakteri yang ramah lingkungan yang memiliki ketahanan mekanik, abrasi dan tahan terhadap pencucian.

Komposit yang dihasilkan tahan terhadap pencucian dan memiliki aktivitas antibakteri yang tinggi dibanding kitosan. Komposit kitosan ZnO-SiO<sub>2</sub> yang dihasilkan dalam penelitian ini diharapkan tidak hanya memiliki ketahanan mekanik yang baik akan tetapi memiliki aktivitas antibakteri yang tinggi. Uji aktivitas antibakteri dilakukan pada bakteri *Staphylococcus aureus*. Dari beberapa bakteri yang menginfeksi kain bakteri *Staphylococcus aureus* paling menyukai kain katun dan jumlahnya relatif banyak dibanding bakteri lainnya. Pelapisan komposit kitosan ZnO-SiO<sub>2</sub> pada kain katun dilakukan dengan metode *dip-coating* dan teknik *pad-dry-cure*. Metode pelapisan *dip coating* adalah teknik pembuatan lapis tipis yang memiliki keuntungan yaitu metode ini sederhana, mudah diaplikasikan, dan membutuhkan prekursor yang sedikit [11].

## METODE PENELITIAN

### Alat

Satu set alat refluks, satu set alat-alat gelas, *hot plate stirrer*, pengaduk magnet, cawan porselen, penjepit *stainless steel*, termometer air raksa, neraca analitis, oven, tanur, *sentrifuge*, *Fourier Transform Infra-Red Spectrophotometer* (FTIR), SEM (*Scanning Electron Microscope*), *autograph*, *Ultrasonic Vibrator*, *stiffness tester*

### Bahan

Kain katun, benang, kitosan yang dibeli dari CV. OCEAN FRESH Bandung, asam asetat, NaOH p.a (Merck), HCl p.a (Merck), CH<sub>3</sub>COOH p.a (Merck), Etanol p.a (Merck), etanol teknis, TEOS (Merck), ZnCl<sub>2</sub>, *Sodium dedocyl sulfate* dan aquades serta aqua demineralisasi, TEOS, Biakan bakteri *S.aureus strain FNCC 0041* yang dibeli dari Universitas Gajah Mada Yogyakarta, *Nutrien Agar*, *Nutrien Broth*.

## PROSEDUR PENELITIAN

### Pembuatan Partikel ZnO

Partikel ZnO dibuat dengan cara menambahkan NaOH pada larutan ZnCl<sub>2</sub> selanjutnya dikalsinasi pada temperatur 250°C selama 5 jam.

### Pembuatan Sol Silika

Sol silika dibuat dengan metode sol gel dengan prekursor TEOS dan katalis HCl yang dihidrolisis dalam Etanol selama 24 jam.

### Pembuatan Komposit Kitosan ZnO-SiO<sub>2</sub>

Larutan ZnO dibuat dengan melarutkan partikel ZnO dalam aqua demineralisasi. Komposit dibuat dengan cara mencampurkan larutan kitosan, sol silika dan larutan ZnO dengan perbandingan komposisi (v/v) = 1:0,5:1; 1:1:1; 1:1,5:1 dan diaduk selama 30 menit

### Metode Pelapisan Komposit pada Kain

Kain katun yang akan dilapisi oleh material komposit dan zat warna dipotong dengan ukuran 7 x 3 cm. Dibuat batas atas sebesar 1 cm untuk mengaitkan benang pada kain agar bisa digantung setelah proses pencelupan. Selanjutnya kain dicuci dengan menggunakan etanol teknis untuk menghilangkan kotoran yang menempel, selanjutnya kain dibilas dengan aquades. Kain kemudian dikeringkan pada suhu 60 °C selama 15 menit. Pencelupan kain dilakukan sebanyak 10 kali dengan kecepatan tarik ~ 3 cm/detik. Selanjutnya kain dikering-anginkan selama 15 menit kemudian ditimbang untuk memperoleh % *wet pick-up*.

$$\text{Wet-pick up (\%)} = \frac{B-A}{A} \times 100 \%$$

Dengan,

A : berat kain awal

B : berat kain setelah dikering-anginkan setelah diberi perlakuan pencelupan

Kain selanjutnya dikeringkan dalam oven (*drying*) pada temperatur 80 °C selama 5 menit dan dilanjutkan dengan *curing* pada temperatur 140 °C selama 3 menit kemudian ditimbang beratnya hingga konstan.

### Karakterisasi Kimia Komposit Kitosan ZnO-SiO<sub>2</sub>

Larutan, kitosan, sol ZnO-SiO<sub>2</sub> dan komposit kitosan-ZnO-SiO<sub>2</sub> dikeringkan dalam oven sampai kering pada temperatur 80 °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

Pengujian antibakteri pada material tekstil dilakukan merujuk kepada AATCC 100-1999. Kain yang sudah dilapisi komposit kitosan ZnO-SiO<sub>2</sub> selanjutnya di uji aktivitas antibakterinya terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* kemudian dihitung persen reduksi bakterinya berdasarkan persamaan berikut ini :

$$\text{Persentase Reduksi Bakteri} = \frac{B-A}{B} \times 100\%$$

$$\text{atau} \quad \frac{C-A}{C} \times 100\%$$

Dengan:

A = Jumlah koloni bakteri pada labu erlenmeyer A yang berisi kain yang dilapisi agen antibakteri

B = Jumlah koloni bakteri pada labu erlenmeyer B yang berisi kultur bakteri tanpa sampel kain yang dilapisi agen antibakteri

C = Jumlah koloni bakteri pada labu erlenmeyer C yang berisi kain tanpa dilapisi agen antibakteri yang sudah steril

Apabila perbedaan konsentrasi bakteri antara erlenmeyer B dan C > 15%, rumus perhitungan B diganti dengan C. C adalah jumlah koloni bakteri pada labu erlenmeyer C.

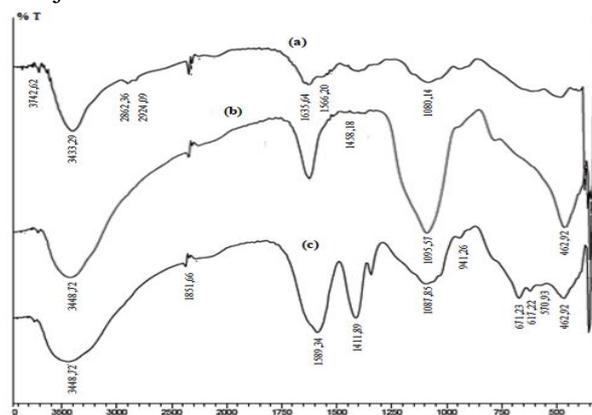
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai karakterisasi kimia dari komposit kitosan ZnO-SiO<sub>2</sub> dan kain yang terlapisi agen antibakteri dari komposit kitosan ZnO-SiO<sub>2</sub> dengan variasi komposisi perbandingan (% v/v). Data hasil komposit dikarakterisasi dengan menggunakan instrument FTIR, aktivitas antibakteri kain terlapisi komposit kitosan ZnO-SiO<sub>2</sub> diuji dengan bakteri *Staphylococcus aureus*

#### Interaksi Kitosan dengan Sol ZnO-SiO<sub>2</sub>

Komposit kitosan ZnO-SiO<sub>2</sub> yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah larutan yang homogen dan tidak berwarna. Larutan yang tidak berwarna dan homogen ini akan menghasilkan pelapisan yang baik dan tidak merusak warna kain apabila

dilapiskan pada kain katun. Larutan komposit kitosan ZnO-SiO<sub>2</sub> yang dihasilkan kemudian di oven dengan suhu 60°C untuk menghasilkan serbuk komposit kitosan ZnO-SiO<sub>2</sub> yang selanjutnya dianalisis gugus fungsi dengan instrumen FTIR. Hasil spektra FTIR komposit kitosan ZnO-SiO<sub>2</sub> ditunjukkan dalam Gambar 1 berikut ini :



**Gambar 1. Hasil spektra FTIR kitosan (a), sol ZnO-SiO<sub>2</sub> (b) dan komposit kitosan ZnO-SiO<sub>2</sub> (c)**

Berdasarkan hasil spektra pada Gambar 1 menunjukkan

adanya pita serapan pada bilangan gelombang 3448,72 cm<sup>-1</sup> merupakan vibrasi ulur gugus O-H dari Silika (SiO<sub>2</sub>) yang tumpang tindih gugus N-H amina primer dari kitosan. Interaksi kitosan dengan sol ZnO-SiO<sub>2</sub> dapat terlihat dengan adanya pergeseran bilangan gelombang dan perubahan intensitas serapan kitosan pada daerah bilangan gelombang 1635,64 cm<sup>-1</sup> (pita amida I) dan 1566,20 pita amida II menjadi 1851,66 cm<sup>-1</sup> dan 1589,34 cm<sup>-1</sup>.

Hasil analisis FTIR komposit kitosan ZnO-SiO<sub>2</sub> serapan gugus Si-O-Si berada pada bilangan gelombang 1087,85 cm<sup>-1</sup>, serapan vibrasi gugus Zn-O stretching dan serapan vibrasi gugus N-Zn berada pada bilangan gelombang 462,92 cm<sup>-1</sup>, 570,93 cm<sup>-1</sup>; 617,22 cm<sup>-1</sup> dan 671,23 cm<sup>-1</sup>. Pada komposit kitosan ZnO-SiO<sub>2</sub> serapan gugus Si-O-Zn mengalami pergeseran bilangan gelombang menjadi 1411,89 cm<sup>-1</sup>. Berdasarkan hasil analisis gugus fungsi tersebut terjadi interaksi antara kitosan dan sol ZnO-SiO<sub>2</sub> sehingga membentuk komposit kitosan ZnO-SiO<sub>2</sub>.

### Uji Aktivitas Antibakteri Kain terlapisi Komposit Kitosan ZnO-SiO<sub>2</sub>

Hasil pengujian aktivitas antibakteri kain terlapisi komposit kitosan ZnO-SiO<sub>2</sub> disajikan pada Tabel 1 berikut ini :

Sampel Kain Terlapisi		Persen Reduksi (%)
Komposit Kitosan ZnO-SiO <sub>2</sub>	1:0,5:1	86,015%
	1:1:1	87,625%
	1:1,5:1	89,042%

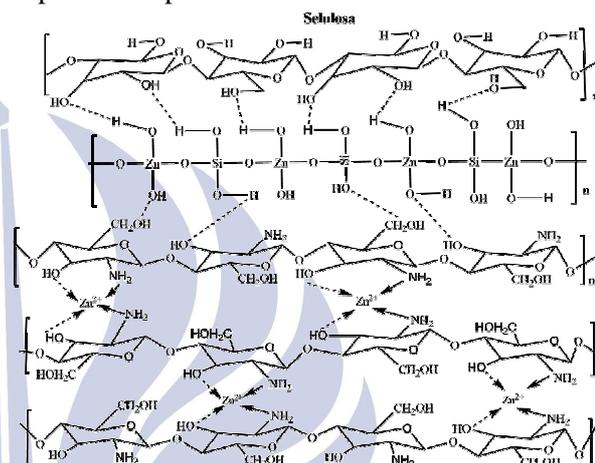
Tabel 1. Hasil Uji Aktivitas Antibakteri Kain terlapisi Komposit Kitosan ZnO-SiO<sub>2</sub>

Berdasarkan Tabel 1. dapat diketahui bahwa dengan perbandingan komposisi komposit kitosan ZnO-SiO<sub>2</sub> 1:1,5:1 efek antibakterinya paling besar, hal ini ditandai dengan persen reduksinya mencapai 89,042%. Efek antibakteri komposit kitosan ZnO-SiO<sub>2</sub> berasal dari kitosan dan ZnO. Kemampuan penghambatan pertumbuhan bakteri pada komposit kitosan ZnO-SiO<sub>2</sub> diakibatkan oleh pembentukan kompleks oleh ion logam Zn dan kitosan. Adanya interaksi kitosan dengan ion logam Zn dikarenakan situs aktif pada kitosan diperankan oleh atom N dari gugus amina (-NH<sub>2</sub>) dan atom O dari gugus hidroksi (-OH).

Reaksi kompleks antara kitosan dan ion logam sesuai dengan teori asam-basa Lewis, ion logam bertindak sebagai akseptor elektron, nitrogen dari kitosan bertindak sebagai basa lewis yang menyumbang sepasang elektron untuk berkoordinasi dengan logam. Reaksi pembentukan kompleks ini melalui ikatan kovalen koordinasi membentuk kelat. Selain dari pembentukan kompleks melalui ikatan koordinasi oleh atom N dari gugus NH<sub>2</sub> kitosan, gugus -OH dari kitosan juga berperan dalam interaksi dengan ion logam kepadatan muatan positif dari kitosan [12].

Setelah terbentuk kompleks, kepadatan muatan positif dari kitosan akan meningkat sehingga menyebabkan daya tarik antara permukaan sel bakteri semakin tinggi, hal inilah yang menyebabkan aktivitas antibakteri komposit kitosan ZnO-SiO<sub>2</sub> yang dilapiskan pada kain katun lebih tinggi dibanding kitosan.

Reaksi kelat yang dibentuk oleh kitosan dan ion logam akan berinteraksi dengan permukaan sel luar bakteri seperti protein, fosfolipid, asam lemak, sehingga menyebabkan terganggunya membran sitoplasma. Terganggunya membran sitoplasma menyebabkan aktivitas metabolisme dan pertumbuhan sel dari bakteri terganggu [13]. Reaksi hipotetik komposit kitosan ZnO-SiO<sub>2</sub> pada kain dengan membentuk kompleks kitosan-ion logam dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Reaksi hipotetik Reaksi hipotetik antara komposit kitosan ZnO-SiO<sub>2</sub> dengan kompleks kitosan-Zn [13]

### SIMPULAN

Berdasarkan data hasil dapat disimpulkan bahwa :

1. Karakterisasi kimia komposit kitosan ZnO-SiO<sub>2</sub> untuk menganalisis interaksi gugus-gugus fungsi pada komposit telah dilakukan. Interaksi gugus-gugus fungsi pada komposit kitosan ZnO-SiO<sub>2</sub> ditandai dengan adanya pelebaran puncak gelombang pada daerah bilangan gelombang 3448, 72cm<sup>-1</sup> dan adanya pergeseran bilangan gelombang pada daerah bilangan gelombang 1635,64 cm<sup>-1</sup> (pita amida I) dan 1566,20 pita amida II menjadi 1851,66 cm<sup>-1</sup> dan 1589,34 cm<sup>-1</sup>.
2. Perbandingan komposisi berdasarkan (%v/v) komposit kitosan ZnO-SiO<sub>2</sub> yang dilapiskan pada kain katun dengan aktivitas antibakteri paling besar terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* adalah dengan perbandingan 1:1,5:1 dengan aktivitas antibakteri sebesar 89,042%.

**SARAN**

Disarankan untuk membuat partikel ZnO berukuran nano dan kitosan berukuran nano untuk meningkatkan efek antibakterinya. Material berukuran nano akan lebih merata apabila dilapiskan ke kain, dikarenakan material berukuran nano akan dapat menjangkau serat kain yang berukuran kecil.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Hermawan, Iwan. 2011. Analisis Dampak Kebijakan Makroekonomi Terhadap Perkembangan Industri Tekstil dan Produk Tekstil Indonesia. *Buletin Ekonomi Moneter dan Perbankan*. hal 373-408
- Mahltig, B., Haufe, H., Bottcher, H.. 2005. Functionalisation of Textiles by Inorganic Sol-Gel Coating. *Journal Material Chemistry*. Vol.15: pp 4385–4398
- Wang, Z., Li, G., Peng, H., Zhang, Z.. 2005. Study on Novel Antibacterial High-Impact Polystyrene/TiO<sub>2</sub> Nanocomposite. *Journal of Materials Science*, Vol. 40: pp 6433–6438
- Wasif, A.I & Laga S.K.. 2009. Use of Nano Silver As an Antimicrobial Agent for Cotton. *Journal of Textile & Engineering Institute*. Vol.9 (1) : pp 5-14
- Abo-Shosha, M.H., El-Hoshamy, M.B., Hashem, A.M., and Nagar, A.H., 2007, A Leaching Type Antibacterial Agent in The Easy-care Finishing of Knitted Cotton Fabric, *Journal of Industrial Textiles*. Vol.37(1): pp 55-71.
- Ramachandran, T., Rajendrakumar, K. dan Rajendran, R., 2004, Antimicrobial Textile-an Overview, *IE (I) Journal-TX*. Vol.84: pp 42-47.
- Juntarapun, Kantima dan Satirapipathkul, Chuntimon..2012. Antimicrobial Activity of Chitosan and Tannic Acid on Cotton Fabrics Materials. Jurnal disajikan dalam *RMUTP International Conference: Textiles & Fashion 2012*, Bangkok, 3-4 Juli.
- Farouk, A., Moussa, S., Mathlas, U., Tector, T.2012. ZnO Nanoparticles-Chitosan Composite as Antibacterial Finish for Textiles. *International Journal of Carbohydrate Chemistry*. Vol. 2012: pp 1-8
- Abdelhady, M. M.. 2012. Preparation and Characterization of Chitosan/ Zinc Oxide Nanoparticles for Imparting Antimicrobial and UV Protection to Cotton Fabric. *Journal of Carbohydrate Chemistry*. Vol. 2012: pp 1-6
- Pramita, Dhienta Cory. 2011. *Daya Hambat Lapisan SiO<sub>2</sub> dan Komposit Kitosan/Ag Pada Kain Katun Terhadap Aktivitas Bakteri*. Skripsi. Surakarta : Universitas Sebelas Maret
- Arief, S., Alif, A., Willian, N.. Pembuatan Lapisan Tipis TiO<sub>2</sub>-Doped Logam M (M=Ni, Cu, dan Zn) dengan metoda *Dip-Coating* dan Aplikasi Sifat Kataliknya pada Penjernihan Air Rawa Gambut. *Jurnal Riset Kimia*. Vol.2(1): pp 69-64
- Laksono, E. W. (2009). Kajian Terhadap Aplikasi Kitosan Sebagai Adsorben Ion Logam Dalam Limbah Cair. *Juridik Kimia, FMIPA, UNY*.
- Wang, X., Du, Y., Fan, L., Liu, H., Hu, Y. 2005. Chitosan-Metal Complexes as Antimicrobial Agent: Synthesis, Characterization and Structure-Activity Study. *Polymer Bulletin*. Vol. 55: pp 105-113