

EFEKTIVITAS NANO KOMPOSIT KITOSAN-EPOKSI SILIKA SEBAGAI BAHAN ANTIBAKTERI RAMAH LINGKUNGAN PADA TEKSTIL

Dina Kartika Maharani¹, Indriana Kartini², Nurul Hidayat Aprilita³

¹Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: dkmaharani@gmail.com

^{2,3}Jurusan Kimia, FMIPA UGM Yogyakarta

ABSTRACT

Preparation of nano composite chitosan-epoxysilica as an friendly antibacterial agent to environment used for textile has been investigated. Chitosan was mixed to epoxysilica to increase the binding of chitosan on textile. The antibacterial activity of chitosan, chitosan-silica and chitosan-epoxysilica nano composite on textile was tested against *Staphylococcus aureus* bacteria. Chitosan-epoxysilica nano composite was characterized with X-ray Diffractogram and Infra Red Spectrophotometer analysis. The antibacterial activity of nano composite on textile was tested using Shake Flask Turbidimetry method. The InfraRed Spectrofotometry result showed that there was difference peaks of chitosan-epoxysilica composite and chitosan-silica composite because of epoxysilica or silica interactions with chitosan. The antibacterial activity of chitosan on textile was 43.54%, chitosan-silica 0.01 M composite on textile was 46.78% and chitosan-epoxysilica 0.01 M compisite was 54.82%.

Keywords: Chitosan composite, chitosan, epoxysilica, antibacterial textile

PENGANTAR

Kitosan merupakan biopolimer alami dengan kelimpahan terbesar kedua di alam setelah selulosa. Kitosan terdapat dalam rangka luar crustacean dan arthropoda, dan merupakan kopolimer nontoksik yang terdiri dari unit kopolimer β -(1,4)-2-acetamido-2-deoksi-D-glukosa dan β -(1,4)-2-amino-2-deoksi-D-glukosa (Liu dkk, 2006). Kitosan diperoleh dari proses N-deasetilasi kitin. Adanya gugus amina bebas yang dimiliki oleh kitosan tersebut menyebabkan kitosan dapat dimodifikasi untuk memperoleh turunan kitosan (Bhumkar dan Phokarkar, 2006). Kitosan memiliki struktur yang sama dengan selulosa, namun gugus hidroksil pada atom karbon kedua digantikan oleh gugus amina. Kitosan larut dalam berbagai pelarut seperti asam klorida, asam format dan asam asetat, sedangkan kitin tidak larut dalam air maupun pelarut-pelarut asam.

Biodegradable, *biocompatible*, dan *bioadhesive* merupakan sifat-sifat utama dari polimer kitosan, sehingga kitosan sangat luas aplikasinya di antaranya sebagai bahan antibakteri pada tekstil. Dalam pH asam, gugus amina bebas (-NH₂) terprotonasi menjadi gugus amina kationik (-NH₃⁺). Kitosan merupakan larutan polielektrolit linier pada pH asam. Kitosan memiliki densitas muatan yang tinggi, satu muatan per unit glukosamin, sehingga muatan positif kitosan dari gugus (-NH₃⁺) dapat berinteraksi dengan berbagai material bermuatan negatif (Sanford, 1990). Permukaan luar dari sel bakteri diketahui memiliki muatan negatif sehingga kemampuan pengikatan kitosan pada sel

bakteri merupakan sifat yang sangat penting dalam aplikasi kitosan sebagai bahan antibakteri.

Sifat antibakteri kitosan pada tekstil diketahui tidak memiliki ketahanan yang cukup tinggi karena tidak adanya ikatan kimia yang terjadi antara kitosan dengan selulosa (Chung *et al*, 1998). Oleh karena itu kitosan banyak dimodifikasi dengan berbagai macam bahan *crosslinking* seperti glutaraldehid, *Dimethyloldihydroxyethyleneurea* (DMDHEU) maupun silika membentuk komposit. Modifikasi pada sol silika dapat dilakukan dalam rangka meningkatkan kekuatan sifat adhesif silika pada substrat tekstil. Sol silika yang dimodifikasi dengan penambahan epoksi silika seperti glisidoksi propil trimetoksisilan (GPTMS) diketahui dapat meningkatkan adhesi pelapisan nanosol pada substrat tekstil seperti katun. Peningkatan adhesi tersebut diakibatkan oleh adanya ikatan kimia yang dihasilkan dari pembukaan cincin epoksi sehingga gugus hidroksi yang terbentuk berikatan dengan permukaan katun (Mahltig *et al.*, 2002).

Nanokomposit khususnya nanokomposit organik/anorganik banyak dikembangkan karena memiliki performa yang lebih baik dibandingkan komposit organik atau komposit anorganik. Contoh penggunaan nanokomposit organik/anorganik di antaranya dapat digunakan pada industri plastik, karet, perekat, fiber dan proses pelapisan untuk meningkatkan sifat mekanik, termal dan optik dari material (He dkk, 2002). Nanopartikel silika banyak dipelajari dalam sistem polimer nanokomposit organik/anorganik. Oksida silika memiliki sifat nontoksik dan

biokompatibel sehingga banyak dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi. Matrik silika secara kimia stabil, bersifat hidrofilik, mudah disintesis dan memiliki kekuatan mekanik (Antovska dkk, 2006). Nanokomposit epoksi silika/silika memiliki keuntungan dari segi kemampuan adhesi yang lebih baik pada banyak substrat, ketahanan korosi yang tinggi, ketahanan terhadap keretakan dan sebagainya serta menunjukkan performa yang baik untuk pelapisan, perekatan, dan lain-lain. Dispersi nanopartikel dalam matrik polimer memiliki pengaruh yang signifikan terhadap sifat nanokomposit. Metode sol-gel diketahui dapat meningkatkan dispersi nanopartikel pada matrik organik.

Secara umum fungsionalisasi pada tekstil dapat dicapai dengan memperbaiki sifat serat kain maupun dengan memodifikasi permukaan tekstil. Proses fungsionalisasi tekstil pada prinsipnya adalah dapat berupa menginkorporasi bahan aditif fungsional pada serat tekstil, *grafting* secara kimia pada polimer serat tekstil serta pemberian perlakuan akhir pada tekstil yaitu melapisi tekstil dengan bahan fungsional. Prinsip yang terakhir yaitu proses pelapisan pada tekstil merupakan metode yang sangat fleksibel, tidak tergantung pada jenis serat tekstil, memerlukan bahan aditif yang sedikit, serta memudahkan kombinasi antara berbagai bahan fungsional. Perlakuan akhir pada tekstil yaitu pelapisan banyak dilakukan dengan metode pelapisan nanosol atau nanosol *coating* (Mahltig *et al*, 2005).

Dalam penelitian ini dibuat nanokomposit kitosan-epoksi silika sebagai bahan antibakteri ramah lingkungan pada tekstil dengan cara melapiskan kitosan maupun komposit kitosan-epoksi silika pada kain katun dengan menggunakan metode *dip-coating* dengan teknik *pad-dry-cure*. Interaksi kitosan dengan epoksi silika dan silika pada kain katun dikarakterisasi dengan *X-Ray Diffractometer* (XRD) dan spektrofotometer *Infra Red Spectrophotometer* (IR). Aktivitas antibakteri kain kitosan maupun kain komposit kitosan-silika diuji terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dengan metode *Shake flask turbidimetry*.

BAHAN DAN CARA KERJA

Bahan

Kitosan diisolasi dari limbah cangkang kepiting. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain NaOH p.a, HCl p.a, Asam Asetat p.a, Etanol 97%, TEOS, *Glycidoxypropyltrimetoxysilane* (GPTMS), Aquades, *Tryptone Soy Broth* (TSB), dan Nutrien Agar.

Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain satu set alat refluks, erlenmeyer, gelas beker, *hot plate*

stirer, pengaduk magnet, corong gelas, kertas saring, oven pemanas, neraca analitik, alat pencelup (*dip-coating*), *Autoclave* dan *Incubator Shaker*.

Preparasi Kitosan dan Nano Komposit Kitosan

Kitosan dipreparasi dari reaksi deasetilasi kitin yang diisolasi dari limbah cangkang kepiting dengan hasil harga derajat deasetilasi sebesar 70%. Larutan kitosan dibuat dengan pelarut asam asetat 2% dengan konsentrasi 0,1%. Preparasi nano sol epoksi silika dilakukan dengan menggunakan metode sol-gel dengan prekursor glisid oksipropiltrimetoksisilan (GPTMS) dan pelarut etanol. Konsentrasi glisidoksipropiltrimetoksisilan (GPTMS) yang digunakan adalah 0,01 M; 0,05 M; 0,1 M; 0,25 M dan 0,5 M. Komposit kitosan-epoksi silika dan komposit kitosan silika dibuat melalui proses pengadukan larutan kitosan dan nanosol epoksi silika maupun nanosol silika dengan perbandingan % berat/berat kitosan:nanosol adalah 60:40.

Pelapisan Nano Komposit pada Tekstil

Pelapisan kitosan dan komposit kitosan pada kain katun dilakukan menggunakan metode pencelupan atau *dip-coating* dengan teknik *pad-dry-cure*. Kain katun dicelupkan pada larutan kitosan maupun larutan komposit kitosan sebanyak 10 kali, selanjutnya dikeringkan pada temperatur 80° C selama 5 menit dan dikeringkan kembali pada temperatur 140° C selama 3 menit. Berat kain setelah pencelupan maupun pengeringan ditimbang.

Uji Aktivitas Antibakteri Nano Komposit pada Tekstil

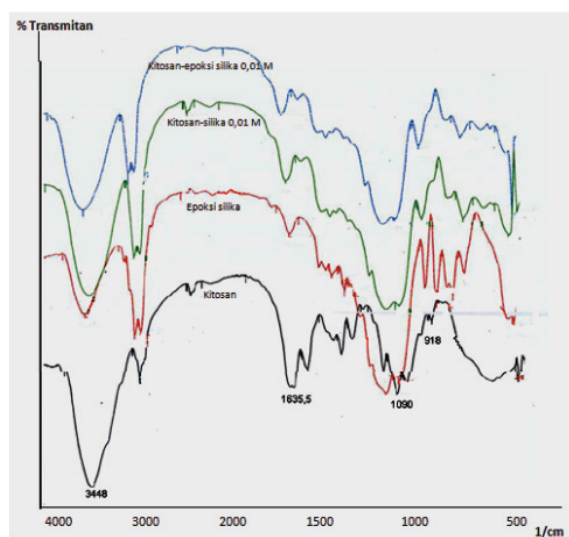
Uji aktivitas antibakteri dilakukan dengan metode *shake flask turbidimetry*. terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*. Aktivitas antibakteri dihitung sebagai % hambatan terhadap pertumbuhan bakteri dari selisih laju pertumbuhan bakteri pada kontrol dan laju pertumbuhan bakteri pada sampel setiap kurun waktu 3 jam. *Optical Density* masing-masing sampel maupun kontrol diukur pada jam ke-0, 3, 6, 9, dan 24.

HASIL

Karakterisasi Kitosan dan Nano Komposit Kitosan-Epoksi Silika

Analisis spektrofotometer IR pada kitosan maupun nano komposit kitosan-epoksi silika pada Gambar 1 menunjukkan adanya perubahan serapan pada kitosan, nano komposit kitosan-epoksi silika, dan nano komposit kitosan-silika. Pengamatan terhadap spektra kitosan dan

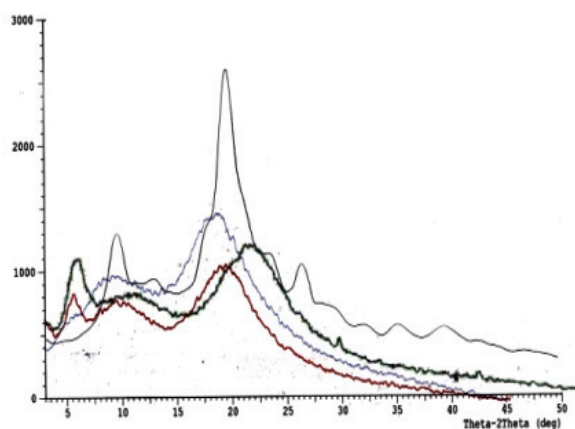
komposit kitosan-epoksi silika dan komposit kitosan-silika diuraikan sebagai berikut. Peningkatan serapan pada $3425,3 \text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan vibrasi ulur O-H pada spektra komposit kitosan-epoksi silika maupun komposit kitosan-silika menandakan adanya penambahan gugus OH pada komposit yang berasal dari gugus OH pada epoksi silika dan silika. Penurunan serapan pada $1651,0 \text{ cm}^{-1}$ dan $1558,4$ pada spektra komposit disebabkan oleh adanya ikatan hidrogen yang terbentuk antara gugus asetamida maupun amina dengan gugus O-H silanol pada epoksi dan silika. Peningkatan serapan pada daerah sekitar $1081,1 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya *overlapping* antara vibrasi C-O pada cincin glukosamin dan serapan vibrasi Si-O-Si. Berdasarkan hasil pengamatan pada spektra tersebut diketahui bahwa gugus OH dari epoksi silika maupun silika dapat berinteraksi dengan gugus asetamida, amina dan hidroksil pada kitosan melalui ikatan hidrogen. Interaksi ini menyebabkan meningkatnya kekuatan ikatan kitosan pada kain dengan adanya *crosslink* dari gugus silika.



Gambar 1. Spektra infra merah kitosan, kitosan-epoksi silika, kitosan-silika dan epoksi silika

Hasil analisa XRD pada kitosan dan nano komposit kitosan-epoksi silika pada Gambar 2 menunjukkan bahwa puncak di 2θ 10° dan 20° pada komposit kitosan-epoksi silika mengalami penurunan intensitas yang sangat besar serta memiliki puncak yang melebar dibandingkan pada kitosan. Hal ini berarti bahwa penambahan epoksi silika maupun silika mengubah kristalinitas kitosan menjadi lebih bersifat amorf yang menunjukkan adanya interaksi antara kitosan dengan epoksi silika. Interaksi tersebut berakibat pada meningkatnya ketidakteraturan struktur kristalin

kitosan sehingga menjadi bersifat amorf. Tidak adanya puncak baru yang muncul pada difraktogram komposit kitosan-epoksi silika menunjukkan tidak adanya ikatan kimia yang terjadi antara kitosan dengan epoksi silika. Demikian juga dengan difraktogram komposit kitosan-silika menunjukkan perubahan kristalinitas kitosan akibat adanya interaksi antara kitosan dengan silika.



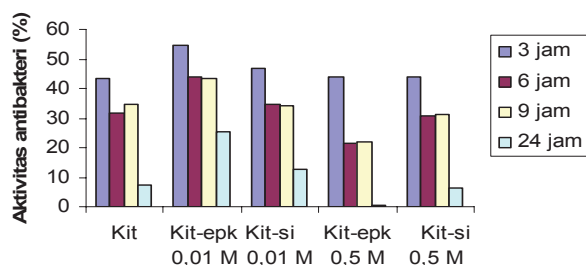
Gambar 2. Difraktogram kitosan, kitosan-epoksi silika, kitosan-silika dan epoksi silika

Aktivitas Antibakteri Nano Komposit Kitosan-Epoksi Silika pada Tekstil

Hasil uji aktivitas antibakteri pada kain yang dilapisi kitosan dibandingkan dengan kain yang dilapisi kitosan-epoksi silika maupun kitosan-silika seperti disajikan pada Gambar 3 menunjukkan bahwa kain yang dilapisi komposit kitosan-epoksi silika maupun kitosan-silika memiliki aktivitas antibakteri yang relatif tidak jauh berbeda dengan kain yang dilapisi kitosan. Persentase aktivitas antibakteri kain kitosan pada jam ke-3 adalah sebesar 43,54%, sedangkan kain kitosan-silika 0,01 M adalah sebesar 46,78% dan kain kitosan-epoksi silika 0,01 M adalah sebesar 54,82%. Adanya penambahan epoksi silika maupun silika pada kitosan relatif tidak banyak memengaruhi aktivitas antibakteri kitosan. Hal ini mengindikasikan bahwa pada konsentrasi epoksi silika 0,01 M maupun silika 0,01 M dan 0,5 M dalam komposit relatif tidak memengaruhi kinerja gugus aktif NH_3^+ pada kitosan dalam proses penghambatan pertumbuhan bakteri.

Persentase aktivitas antibakteri pada kain kitosan-epoksi silika 0,01 M berdasarkan hasil uji aktivitas antibakteri yang telah dilakukan menunjukkan aktivitas antibakteri yang lebih tinggi dibandingkan pada kain kitosan maupun kain kitosan-silika 0,01 M dan 0,05 M. Hal ini mengindikasikan

bahwa mekanisme antibakteri oleh ketiga jenis kain tersebut diperkirakan dapat berbeda-beda satu dengan yang lain akibat perbedaan bahan pelapisnya.



Gambar 3. Aktivitas antibakteri kain kitosan-epoksi silika dengan variasi konsentrasi epoksi silika.

Komposit kitosan-epoksi silika dan kitosan-silika telah berhasil dipreparasi. Berdasarkan hasil analisis spektrofotometri inframerah dan difraksi sinar-X diketahui bahwa komposit kitosan-epoksi silika dan kitosan-silika memiliki karakter yang berbeda dengan kitosan. Penambahan epoksi silika dan silika menyebabkan adanya interaksi antara kitosan dengan epoksi silika dan silika. Hasil analisis difraksi sinar-X menunjukkan perubahan kristalinitas kitosan akibat interaksi epoksi silika maupun silika dengan kitosan, sehingga menurunkan kristalinitasnya.

Aktivitas antibakteri kain kitosan pada jam ke-3 adalah sebesar 43,54%, sedangkan kain kitosan-silika 0,01 M adalah sebesar 46,78% dan kain kitosan-epoksi silika 0,01 M adalah sebesar 54,82%. Perbedaan aktivitas antibakteri pada ketiga jenis kain tersebut mengindikasikan adanya perbedaan mekanisme antibakterinya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Pemerintah Republik Indonesia yang mendanai penelitian ini melalui Program Insentif Riset Terapan dari Kementerian Negara Riset dan Teknologi.

KEPUSTAKAAN

- Antovska P, Cvetkovska M, Goračinova K, 2006. Preparation and characterization of sol-gel processed spray dried silica xerogel microparticles as carrier of heparin sodium. *Bulletin of the Chemists and Technologists of Macedonia* 25(2): 121–126.
- Bhumkar DR dan Phokarkar VB, 2006. Studies on Effect of pH on Crosslinking of Chitosan With Sodium Tripolyphosphate: A Technical Note. *AAPS Pharmacy Science Technology* 7.
- Chung YK, Lee, KK dan Kim JW, 1998. Durable Press and Antimicrobial Finishing of Cotton Fabrics with a Citric Acid and Chitosan Treatment, *Textile Res. J.* 68: 772–775.
- He Wu L, Gu, G, Wu L, Gu G, You B, 2002. Preparation and Characterization of Acrylic/Nano-TiO₂ Composite Latex *High Performance Polymers* 14.
- Liu N, Chen XG, Park HJ, Chen XG, Park HJ, Liu CG, Liu CS, Meng XH, Yu LJ, 2006. Effect of MW and concentration of chitosan on antibacterial activity of Escherichia coli. *Carbohydrate Polymers* 64: 60–65.
- Mahltig B, Haufe H, dan Bottcher H, 2005. Functionalisation of textile by Inorganic sol-gel coatings, *J. Mater. Chem.* 15: 4385–4398.
- Sandford PA, 1990. High Purity Chitosan and Alginate: Preparation, Analysis and Applications, *Proceeding of a conference on Frontiers in Carbohydrate Research*, Purdue University, Indiana USA.