

**PREPARASI DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT KITOSAN-ZnO/ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**  
**PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF CHITOSAN-ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**  
**COMPOSITE**

**Dina Kartika Maharani\*, Rusly Hidayah**

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Surabaya

\*email: dkmaharani@gmail.com<sup>1</sup>

**ABSTRAK**

Penelitian ini memiliki tujuan untuk menghasilkan material komposit baru berbasis bio polimer dan material anorganik non toksik yang dapat diaplikasikan pada berbagai bidang salah satunya pada industri tekstil sebagai agen antibakteri melalui proses pelapisan atau *coating* pada kain. Komposit kitosan-ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dipreparasi melalui pencampuran larutan kitosan dengan partikel ZnO dan sol Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (alumina) yang dibuat dengan metode sol-gel. Karakterisasi komposit dilakukan menggunakan metode spektrofotometri FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) dan XRD (*X-Ray Diffraction*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit kitosan-ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang dihasilkan berupa larutan yang jernih dan transparan sehingga sangat sesuai untuk proses pelapisan tekstil sebagai agen fungsional antibakteri pada tekstil. Karakterisasi FTIR komposit menunjukkan telah terjadi interaksi antara gugus fungsi pada kitosan dengan ZnO dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada daerah bilangan gelombang 3500-3400 cm<sup>-1</sup>, 1600-1500 cm<sup>-1</sup> serta 600-450 cm<sup>-1</sup>. Hal ini menandakan bahwa kitosan telah berinteraksi dengan partikel ZnO dan alumina. Hasil karakterisasi kristalinitas komposit menggunakan XRD juga menunjukkan adanya pergeseran sudut 2θ pada kitosan di 2θ 10° dan 19° yang mengindikasikan bahwa terjadi interaksi antara kitosan dengan partikel ZnO dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Kata kunci : alumina, kitosan, komposit, spektra FTIR, XRD, ZnO

**ABSTRACT**

The purpose of this research was to prepare novel composite based on biopolymer and nontoxic inorganic materials that can be applied for many uses such as coating agent on textile for antibacterial purposes. In this research, Chitosan-ZnO/ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> composites were prepared by mixing chitosan solution with ZnO particles and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (alumina) sol produced by sol-gel method. The products were characterized with Fourier Transform Infra Red (FTIR) Spectrophotometer and X-Ray Diffractometer (XRD). The result of this research showed that composites exist as transparent solution that was suitable for coating agent application. The result of FTIR Spectrophotometer analysis showed that there were interactions between chitosan, ZnO particles and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> particles which indicated from absorption bands in the region of wave number 3500-3400 cm<sup>-1</sup>, 1600-1500 cm<sup>-1</sup> and 600-450 cm<sup>-1</sup>. It mean that chitosan interacted to ZnO particles and alumina particles . The XRD analysis of composites showed that there were change in the diffraction peak in the 2

theta value of  $10^\circ$  and  $19^\circ$  which indicated interaction of chitosan with ZnO particles and alumina particles.

Keyword : Alumina, Chitosan, Composite, FTIR Spectra, ZnO, XRD

## PENDAHULUAN

Perkembangan nano teknologi dan nano sains telah sedemikian pesat dan menjadi terdepan selama kurun waktu satu dasawarsa terakhir (Rajendran, *et al.*, 2010). Nano teknologi menciptakan suatu struktur yang memiliki sifat yang unggul dengan mengontrol atom, molekul, material fungsional dan sistem pada skala nanometer (Kathirvelu, *et al.*, 2009). Salah satu perkembangan nanoteknologi saat ini adalah nanokomposit yaitu nanokomposit organik-anorganik.

Nanokomposit organik-anorganik merupakan gabungan dari biopolimer organik serta material anorganik yang memiliki sifat yang lebih baik dari masing-masing biopolimer organik maupun material anorganik sendiri (He, *et al.*, 2002). Aplikasi nanokomposit organik-anorganik tersebar pada berbagai bidang seperti industri plastik, karet, fiber, pelapis (*coating*), tekstil dan industri lainnya dalam rangka meningkatkan sifat mekanik, termal dan optik seperti kekakuan, kelenturan dari suatu bahan (He, *et al.*, 2002).

Beberapa penelitian nanokomposit yang telah dilakukan diantaranya adalah pembuatan komposit kitosan-silika untuk aplikasi biosensor glukosa oleh Saxena, *et al.* (2008) yang melaporkan bahwa komposit kitosan-silika sebagai membran pemisah protein memiliki selektifitas membran dan stabilitas dimensional yang lebih baik daripada membran kitosan. Hal ini dikarenakan adanya penggabungan dari kekuatan pengikatan serta stabilitas mekanik dan termal yang baik dari material anorganik serta reaktivitas kimia yang baik dari gugus fungsional pada material organik. Penelitian lainnya adalah pembuatan komposit kitosan-silika-paladium sebagai

katalis hidrogenasi asetofenon dimana katalis kitosan-silika-paladium memiliki energi ikat yang lebih tinggi dibandingkan katalis paladium itu sendiri (Sun, *et al.*, 2007). Mahltig, *et al.* (2005) melakukan penelitian tentang penggunaan komposit silika kitosan sebagai pelapis tekstil sehingga menghasilkan tekstil antibakteri yang stabil terhadap pencucian. Penelitian Sun, *et al.* (2007) tentang komposit Ag-SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> sebagai agen anti bakteri pada polimer dengan metode sol-gel juga telah dilaporkan. Oleh karena itu penelitian tentang pembuatan komposit untuk berbagai aplikasi menjanjikan performa yang lebih unggul.

Nano komposit kitosan-ZnO-Alumina merupakan sebuah komposit dari gabungan material kitosan, nanopartikel ZnO dan alumina yang dibuat dan diaplikasikan sebagai bahan antibakteri pada tekstil. Kitosan dalam material komposit dapat membentuk struktur lapisan (*layer*) pada partikel oksida anorganik seperti yang telah dilaporkan pada pembuatan katalis kitosan-Pt-SiO<sub>2</sub> yang dimungkinkan dapat berfungsi sebagai penghalang agglomerasi partikel SiO<sub>2</sub> dan meningkatkan stabilitas kimia dari katalis komposit kitosan-Pt-SiO<sub>2</sub> (Guibal, 2005). Penggabungan polimer kitosan dengan anorganik seperti silika, ZnO atau alumina dapat meningkatkan ketahanan abrasi kitosan pada kain (Farouk, 2012). Material ZnO memiliki aplikasi yang luas salah satunya diterapkan pada pelapisan tekstil karena memiliki sifat unik seperti sifat fotokatalitik, sifat anti UV, sifat antibakteri, sifat semikonduktor serta aman bagi manusia (Becheri, *et al.*, 2008). Alumina juga memiliki aplikasi yang luas seperti pada tekstil, industri keramik, industri katalis heterogen, dapat berfungsi sebagai material *abrasive*, absorben,

antibakteri, serta sebagai matriks pendukung pada material komposit (Shadiq, *et al.*, 2009). Material alumina juga diketahui dapat meningkatkan ketahanan mekanik, termal dan meningkatkan sifat tahan api suatu bahan (Mahltig, *et al.*, 2005). Material ZnO memiliki potensial zeta positif yang memungkinkan interaksi dengan permukaan material seperti selulosa dan biopolimer lainnya sehingga dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan mekanik dari biomaterial (Mahltig, *et al.*, 2005).

Biopolimer organik yang banyak diteliti dalam kajian komposit salah satunya adalah kitosan. Kitosan merupakan turunan deasetilasi kitin dan merupakan polisakarida dengan kelimpahan terbesar kedua di alam setelah selulosa yang berasal dari cangkang udang atau kepiting (Fouda, *et al.*, 2005). Kitosan sendiri merupakan polimer alam polikationik yang bersifat *biodegradable*, *biocompatible*, aman, tidak beracun, dapat membentuk *film* (lapis tipis) serta memiliki kemampuan adsorpsi (Al Sagheer and Muslim, 2010). Kitosan juga memiliki gugus fungsional amino yang sangat reaktif, bersifat sebagai antibakteri serta proses produksinya tidak memakan biaya yang besar (Farouk, *et al.*, 2012). Dengan demikian penggunaan kitosan untuk aplikasi sebagai agen pelapis pada tekstil sangat menguntungkan untuk dilakukan. Melihat besarnya potensi partikel ZnO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> serta biopolimer kitosan maka penelitian tentang material nanokomposit berbasis kitosan, material ZnO dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ini menjadi sangat penting untuk dikembangkan dan diteliti lebih lanjut.

Penelitian tentang pembuatan komposit berbasis kitosan dan nanopartikel oksida ZnO dengan *crosslink* silika untuk aplikasi agen antibakteri telah dilakukan oleh Farouk (2012). Hasil penelitian Farouk menunjukkan bahwa kemampuan penghambatan bakteri *Staphylo-*

*ccus aureus* oleh komposit kitosan-nanopartikel ZnO meningkat dibandingkan dengan kitosan. Hal ini disebabkan karena adanya nanopartikel yang tersebar pada polimer kitosan dengan *crosslink* silika dapat menurunkan berat molekul serta viskositas dari kitosan, sehingga aktivitas antibakterinya meningkat. Penelitian serupa juga dilakukan oleh AbdElhady (2012) yang melakukan sintesis komposit kitosan-nanopartikel ZnO sebagai agen antibakteri dan anti UV pada tekstil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivitas antibakteri kitosan-nanopartikel ZnO terhadap bakteri *S. aureus* dan *Escherichia coli* meningkat karena adanya penggabungan kemampuan penghambatan bakteri dari material kitosan dan sifat fotokatalitik ZnO (AbdElhady, 2012). Oleh karena itu pembuatan komposit kitosan-ZnO menjanjikan hasil yang memuaskan dalam aplikasi sebagai agen pelapis dengan sifat antibakteri pada tekstil.

Berdasarkan penelitian-penelitian di atas, maka dalam penelitian ini akan dibuat komposit kitosan-ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang dipreparasi melalui pencampuran larutan kitosan dengan partikel ZnO dan sol alumina yang dibuat dengan metode sol-gel. Dalam penelitian ini digunakan material Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> karena material alumina berfungsi untuk meningkatkan distribusi partikel ZnO. Partikel SiO<sub>2</sub> diketahui mudah mengalami agglomerasi (Leng, *et al.*, 2007) sehingga akan menurunkan kemampuan untuk mendispersi partikel ZnO. Komposit dikarakterisasi gugus fungsinya menggunakan spektrofotometer FTIR serta kristalinitasnya dengan XRD.

## METODELOGI PENELITIAN

### Alat-alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain satu set alat refluks, Erlenmeyer, gelas beker, *hot plate stirrer*, pengaduk magnet, corong gelas, kertas saring, oven pemanas, neraca

analitik, termometer, pH meter, labu ukur, pipet volum, pipet tetes, pengaduk spatula, furnice, sonicator dan sentrifuge.

### Bahan-bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain HCl p.a, asam asetat p.a, etanol 97%, ZnCl<sub>2</sub>, alumunium isopropoksida (Al(OC<sub>3</sub>H<sub>7</sub>)<sub>3</sub>), PVA, propanol serta aquades.

### Prosedur penelitian

#### Pembuatan larutan kitosan

Larutan kitosan 1% dibuat dengan cara melarutkan 1 gram kitosan ke dalam 100 mL larutan asam asetat 2% selanjutnya diaduk sampai larutan homogen (Maharani, *et al*, 2012).

#### Pembuatan partikel ZnO

Partikel ZnO dibuat dengan cara melarutkan ZnCl<sub>2</sub> ke dalam air dan dipanaskan sampai temperatur 90 °C selama 10 menit, selanjutnya ditambahkan larutan NaOH dan didiamkan untuk memisahkan supernatan dan filtratnya. Supernatan dicuci dengan air sampai NaCl hilang. Selanjutnya supernatan ditambahkan dengan propanol kemudian dimasukkan dalam alat sonikator selama 30 menit. Larutan kemudian disentrifuge dan supernatan yang diperoleh dipanaskan dalam tanur pada temperatur 250 °C selama 5 jam (Maharani dan Rusmini, 2012).

#### Pembuatan sol alumina

Sol alumina dibuat dari alumunium isopropoksida (Al(OC<sub>3</sub>H<sub>7</sub>)<sub>3</sub>). Sebanyak 0,5 mL (Al(OC<sub>3</sub>H<sub>7</sub>)<sub>3</sub>) dilarutkan dalam 97 mL etanol dan ditambah 2 mL HCl 0,01 M sebagai katalis selanjutnya ditambahkan PVA dan campuran homogen diaduk menggunakan magnetik stirer selama 24 jam pada temperatur ruang.

#### Pemuatan komposit kitosan-ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Pembuatan komposit kitosan-ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dilakukan dengan cara

mencampurkan larutan kitosan, suspensi ZnO dalam air dan sol alumina dengan perbandingan %v/v = 20:80:20.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik FisikaKimia Kitosan

Larutan kitosan 1% sebagai prekursor komposit telah berhasil dipreparasi dengan cara melarutkan kitosan sebanyak 1 gram ke dalam 100 mL larutan asam asetat 2%. Hasil yang diperoleh berupa larutan kitosan yang berwarna kekuningan jernih serta larut sempurna dan homogen. Larutan kitosan yang homogen ini sangat diperlukan dalam aplikasi seperti pelapis (*coating agent*) proses pelapisan pada kain, karena larutan yang homogen akan menghasilkan pelapisan yang merata, sempurna, dan tidak merubah warna bahan.

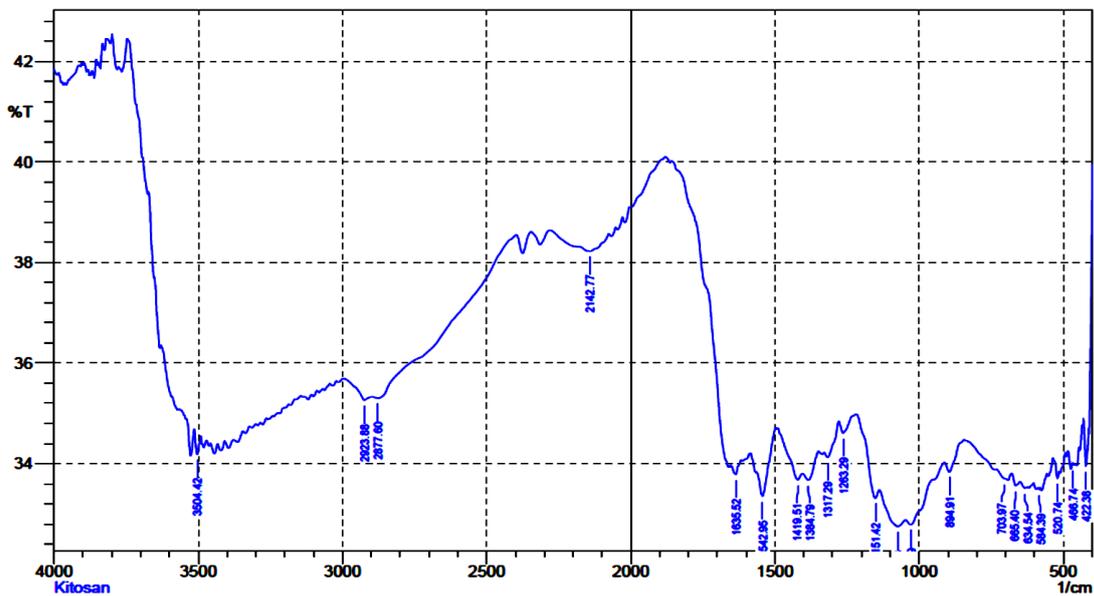
Kitosan sebagai salah satu prekursor dalam komposit terlebih dahulu dikarakterisasi gugus fungsional serta ditentukan harga derajat deasetilasi (DD) yang merupakan salah satu parameter penting untuk aplikasi kitosan. Hasil karakterisasi gugus fungsi kitosan menggunakan spektrofotometer FTIR ditunjukkan pada **Gambar 1**.

Hasil analisis dengan spektrofotometer FTIR yang ditunjukkan pada **Gambar 1** menunjukkan bahwa terdapat serapan gugus-gugus fungsional kitosan diantaranya yaitu serapan pada bilangan gelombang 3504,42 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan vibrasi ulur gugus OH, serapan dengan intensitas rendah di daerah 2923,88 cm<sup>-1</sup> menunjukkan vibrasi simetris CH<sub>3</sub>, pada daerah 1635,52 cm<sup>-1</sup> dan 1542,95 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan vibrasi ulur gugus C=O dan vibrasi tekuk gugus NH (Tan, *et al.*, 2005). Serapan gugus-gugus fungsional kitosan tersebut telah menunjukkan karakter gugus fungsi kitosan dengan nilai derajat deasetilasi yang cukup baik. Berdasarkan perhitungan diperoleh harga DD menggunakan metode *baseline* adalah sebesar 79,15% yang

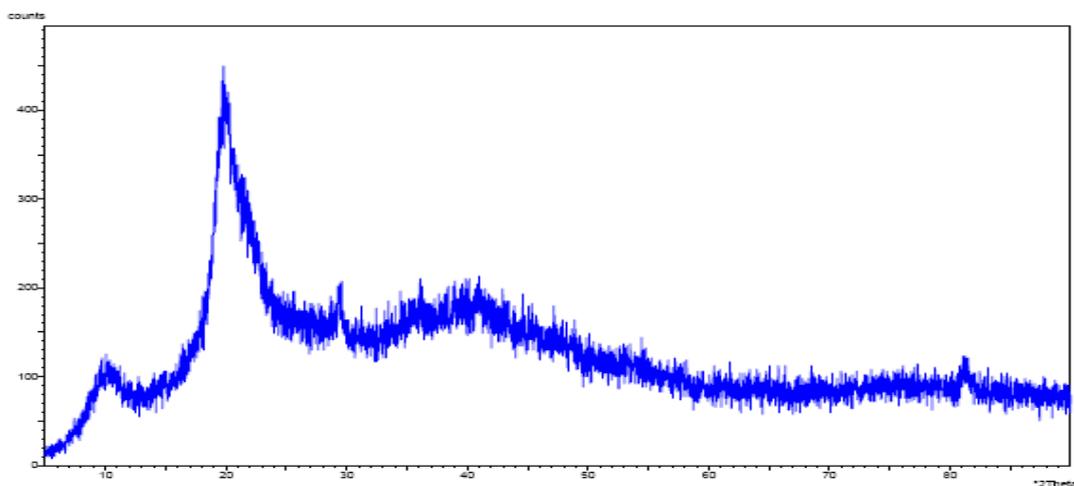
menunjukkan kitosan yang digunakan sudah cukup baik (Standar DD kitosan adalah sebesar > 60%).

Berdasarkan hasil analisis difraksi sinar X seperti ditunjukkan pada **Gambar 2** diketahui bahwa kristalinitas kitosan yang digunakan dalam penelitian ini tidak terlalu tinggi atau cenderung amorf, yang menandakan bahwa kitosan tersebut sudah cukup baik karena tidak menunjukkan karakter kristalin kitin, yang didukung pula dengan data perhitungan derajat deasetilasi Kitosan menggunakan spektrofotometer

FTIR yang mencapai 79,15%. Puncak-puncak karakteristik kitosan muncul pada  $2\theta$  5-40° yang merefleksikan bidang 020, 110, 101, dan 130. Puncak pada sekitar  $2\theta$  9° merefleksikan bidang 020, sedangkan puncak pada  $2\theta$  19,85° merefleksikan bidang 110, dan puncak pada  $2\theta$  29,43° merefleksikan bidang 130 (Zhang, *et. al.*, 2003). Kitosan dengan karakteristik yang baik tersebut dimungkinkan dapat memberikan interaksi yang kuat antara gugus-gugusnya dengan dinding sel bakteri maupun partikel lainnya.



**Gambar 1.** Spektra FTIR kitosan

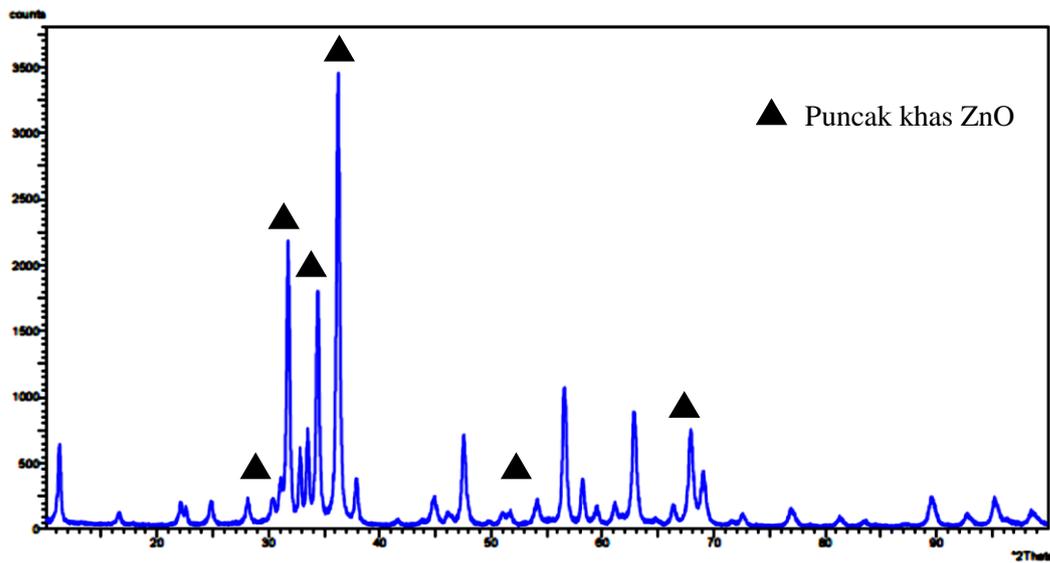


**Gambar 2.** Difraktogram Kitosan

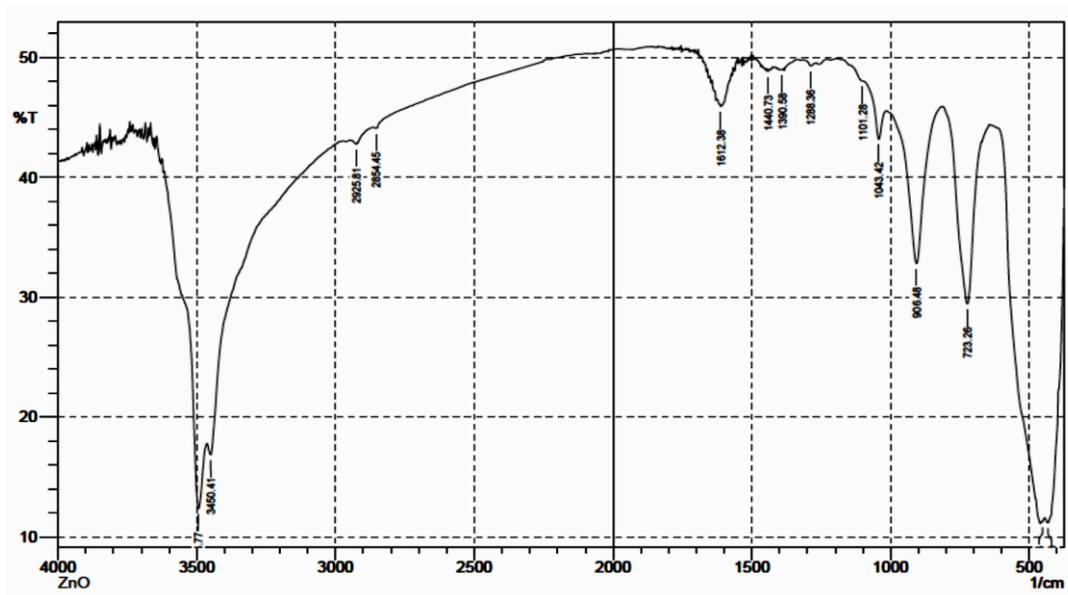
### Karakteristik fisika kimia partikel ZnO

Partikel ZnO sebagai prekursor komposit juga telah berhasil dibuat dan menghasilkan serbuk berwarna putih. Warna putih ini merupakan warna khas dari padatan ZnO. Hasil karakterisasi kristalinitas partikel ZnO menggunakan XRD yang ditampilkan pada **Gambar 3** menunjukkan telah terbentuk fasa kristalin ZnO yaitu muncul puncak pada  $2\theta$   $30^\circ$ ,  $34^\circ$ ,  $36^\circ$ ,  $51^\circ$  dan  $68^\circ$  (Becheri, *et al.*, 2008) sehingga dapat disimpulkan bahwa partikel ZnO telah berhasil dipreparasi.

Karakterisasi terhadap partikel ZnO juga telah dilakukan dengan spektrofotometer FTIR. Spektra FTIR partikel ZnO pada **Gambar 4** menunjukkan adanya serapan pada daerah bilangan gelombang  $453\text{ cm}^{-1}$  yang merupakan serapan khas dari ikatan Zn-O. Serapan gugus fungsi pada daerah bilangan gelombang  $600\text{-}400\text{ cm}^{-1}$  merupakan serapan khas dari gugus Zn-O (Abdelhady, 2012).



Gambar 3. Difraktogram partikel ZnO

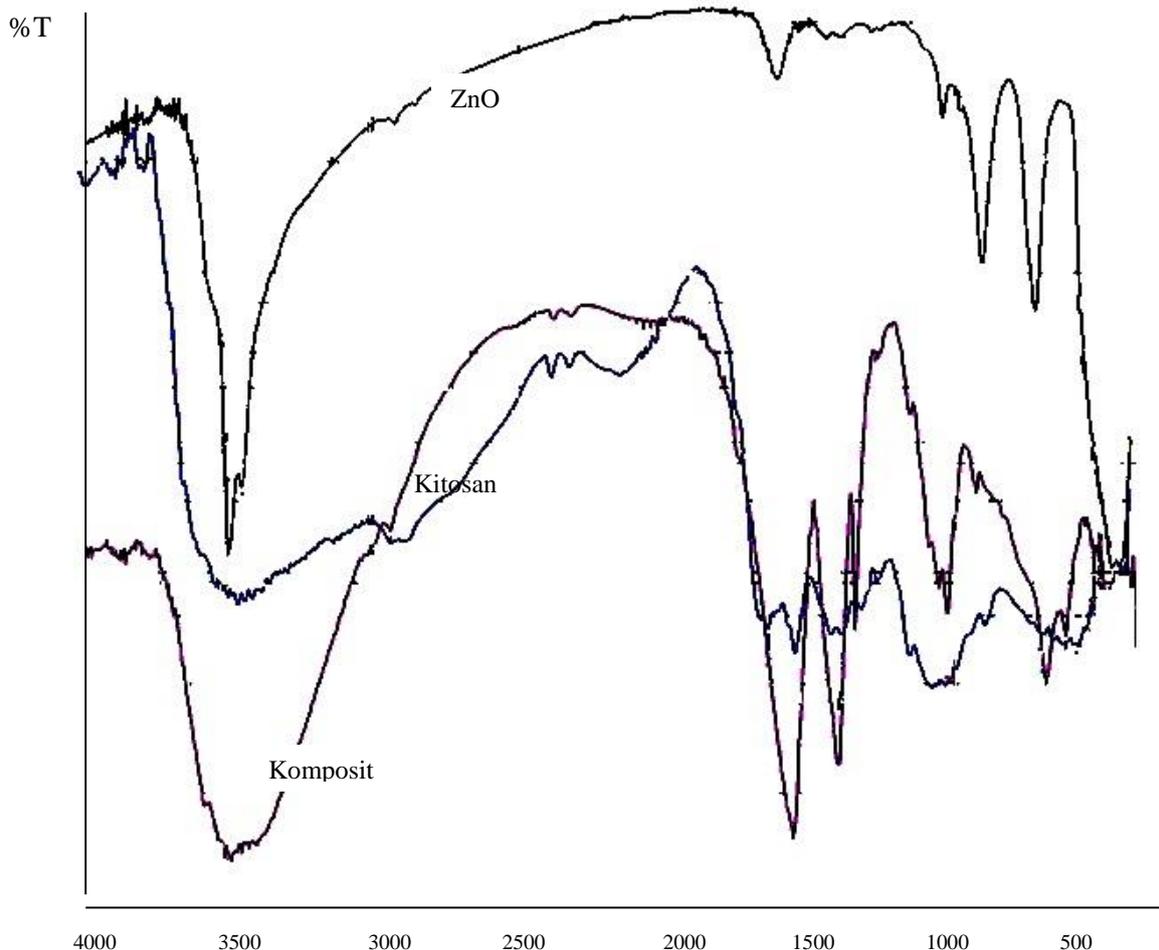


Gambar 4. Spektra FTIR ZnO

### Karakteristik komposit kitosan ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Komposit kitosan ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dikarakterisasi gugus fungsi maupun kristalinitasnya. Spektra FTIR pada **Gambar 5** menunjukkan bahwa telah terjadi interaksi antara gugus fungsi pada kitosan dengan gugus fungsi pada ZnO dan alumina yang ditandai dengan pergeseran bilangan gelombang gugus fungsi pada kitosan di daerah 3500-3400 cm<sup>-1</sup>, 1600-1500 cm<sup>-1</sup> serta daerah serapan gugus fungsi ZnO pada daerah sekitar 600-450 cm<sup>-1</sup> (Salehi, *et al.*, 2010). Pergeseran

bilangan gelombang pada daerah bilangan 3504 cm<sup>-1</sup> pada kitosan menjadi 3502 cm<sup>-1</sup> pada komposit kitosan menunjukkan terjadinya interaksi antara gugus NH<sub>2</sub> dengan ZnO. Interaksi antar prekursor pada komposit kitosan ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> juga terlihat kuat yang ditandai dengan pergeseran bilangan gelombang dari 1542 cm<sup>-1</sup> pada kitosan menjadi 1550 cm<sup>-1</sup> pada komposit kitosan ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Perubahan serapan yang terjadi tersebut menandakan bahwa partikel ZnO telah terintegrasi dengan kitosan.



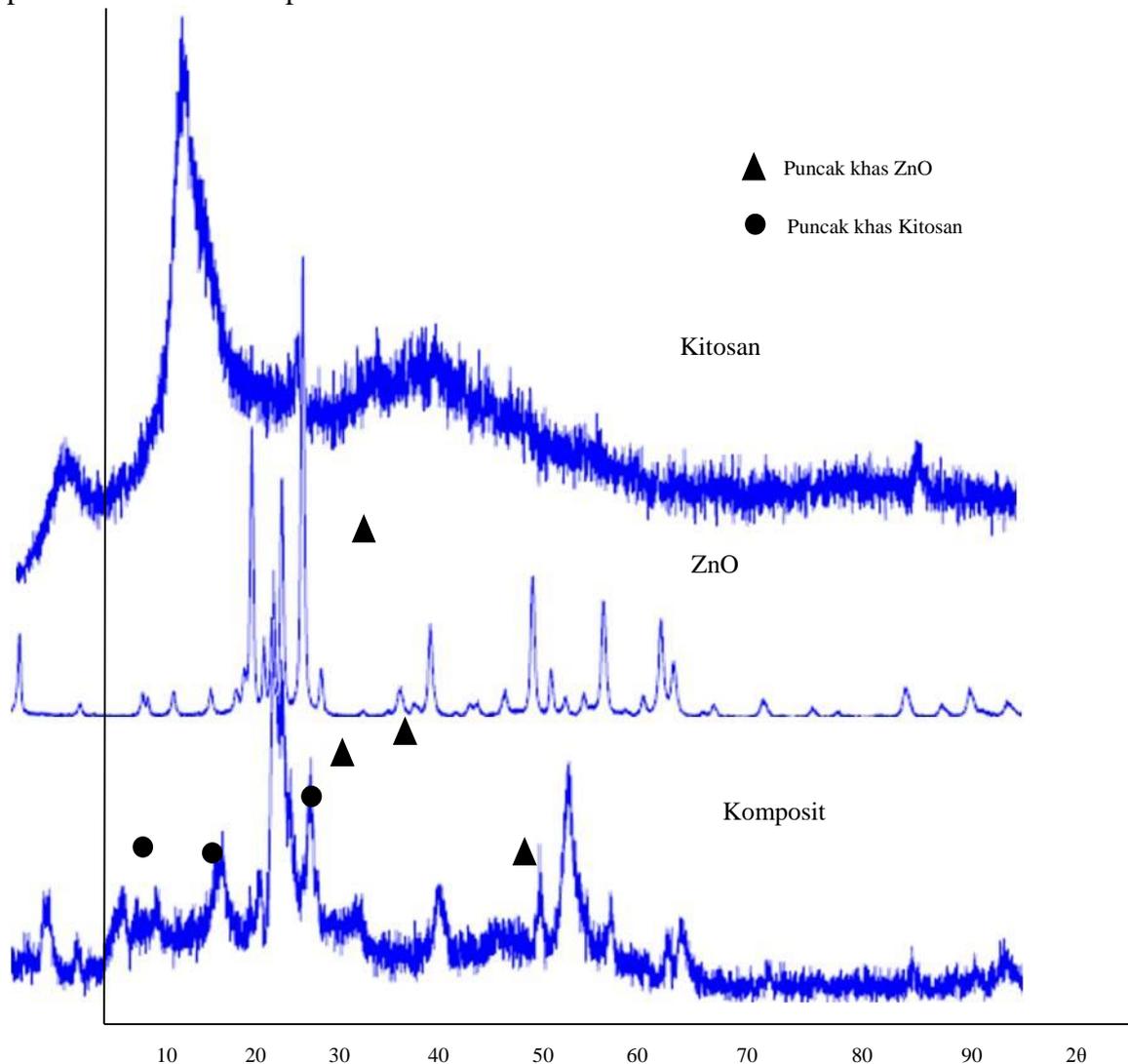
**Gambar 5.** Spektra FTIR komposit kitosan ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Hasil karakterisasi kristalinitas komposit kitosan ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> seperti disajikan pada **Gambar 6** menunjukkan

adanya perbedaan yang cukup signifikan pada kristalinitas komposit kitosan ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dibanding dengan kitosan.

Berdasarkan difraktogram pada **Gambar 6** terlihat bahwa terdapat perbedaan terhadap kristalinitas serta kerapatan struktur komposit kitosan ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan kitosan. Adanya distribusi nanopartikel ZnO dan alumina dalam kitosan menghasilkan kenaikan kristalinitas pada komposit kitosan-ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dibandingkan dengan kitosan. Hal ini juga mengindikasikan adanya partikel ZnO dan alumina yang terintegrasi dengan kitosan sehingga memunculkan pergeseran sudut puncak di 2θ 19,85°; 29,43°; 34,76° pada kitosan menjadi 2θ 20,18°; 28,93°; 33,57° pada komposit kitosan ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Terjadinya penurunan intensitas puncak khas kitosan

pada daerah 2θ 10° dan 19° pada komposit kitosan ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> menunjukkan bahwa terjadi perubahan kerapatan struktur kristalin kitosan akibat partikel ZnO dan alumina terintegrasi dengan kitosan. Partikel ZnO dan alumina yang terintegrasi pada komposit kitosan ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> masih menghasilkan puncak-puncak karakteristik dari kedua material ZnO dan alumina. Puncak-puncak khas dari ZnO kristalin muncul pada daerah 2θ 30°, 34°, 36°, 51° dan 68° dimana kitosan dalam ukuran mikro masih mendominasi puncak-puncak kristalin ZnO pada difraktogram komposit kitosan ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. (AbdEhady, 2012).



**Gambar 6.** Difraktogram komposit kitosan ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

## KESIMPULAN

Telah berhasil dilakukan sintesis komposit kitosan ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> melalui metode sol-gel. Komposit yang dihasilkan berupa larutan yang jernih dan transparan sehingga sangat sesuai untuk aplikasi pada tekstil. Karakterisasi FTIR komposit menunjukkan telah terjadi interaksi antara kitosan dengan ZnO dan alumina yang ditandai dengan adanya pergeseran bilangan gelombang pada daerah 3500-3400 cm<sup>-1</sup>, 1600-1500 cm<sup>-1</sup> serta 600-450 cm<sup>-1</sup>. Hasil karakterisasi kristalinitas komposit menggunakan XRD menunjukkan adanya penurunan puncak khas kitosan pada 2θ 10° dan 19° yang mengindikasikan bahwa kitosan telah terintegrasi dengan partikel ZnO dan alumina.

## DAFTAR PUSTAKA

- AbdElhady, M.M., 2012, Preparation, Characterization of Chitosan/ZnO Nanoparticles for Imp arting Antimicrobial and UV Protection to Cotton Fabric, *International Journal of Carbohydrate Composite*, Vol. 2012
- Al Sagheer, F and Muslim, S., 2010, Thermal and Mechanical Properties of Chitosan-SiO<sub>2</sub> Hybrid Composites, *Journal of Nanomaterial*, Vol. 10 : 1-7.
- Becheri, A., Durr, M., Nostro P., Bagliani, P. 2008. Synthesis and characterization of zinc oxide nanoparticles: application to textiles as UV-absorbers. *Journal of Nanopart Research*. Pp.679–689
- Fouda, M.M.G., 2005, Use of Polysaccharides in Medical Textile Applications, *Dissertation*, Universitat Duissburg-essen, Germany.
- Farouk, A., M., 2012, ZnO Nanoparticles-Chitosan Composite as Antibacterial Finish for Textiles, *International Journal of Carbohydrate Chemistry*, Vol. 2012
- Guibal, E., 2005, Heterogeneous Catalysis on Chitosan-Based Materials: A Review, *Prog. Polym Sci*, Vol. 30, pp 71-109
- He, Q., Wu, L., Gu, G., You, B., 2002, Preparation and characterization of acrylic/nano-TiO<sub>2</sub> composite latex, *High Performance Polymers*, 14 : 383.
- Kathirvelu,S., De Souza, S., and Durai, B., 2009, UV protection finishing of textiles using ZnO nanoparticles, *Indian Journal of Fiber and Textiles Research*, Vol. 34., 263-279
- Leng, P.B., Akil, H.M., and Lin, O.H., 2007, Thermal Properties of Microsilica and Nanosilica Filled Polypropylene Composite with Epoxy as Dispersing Aid, *J. Reinf. Plast. Compos.*, 26, 761-770.
- Maharani, D.K., Amaria, C., Rusmini, 2012, Preparasi dan Karakterisasi Komposit Kitosan-Silika Titania, *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, Vol. 19, No. 1.
- Maharani, D.K., dan Rusmini, 2012, Karakterisasi Komposit Kitosan SiO<sub>2</sub>/ZnO Secara Spektrofotometri IR dan Difraksi Sinar-X, *Proseding Seminar nasional Kimia Unesa* ISBN : 978-979-028-550-7
- Mahlting, B., Haufe, H. dan Bottcher, H., 2005, Functionalisation of textile by Inorganic sol-gel coatings, *J. Mater. Chem.*, Vol.15, 4385-4398.
- Salehi, R., Arawi, M, Mahmodi, M.M., 2010, Novel Biocompatible Composite (Chitosan-ZnO Nanoparticles): Preparation, Characterization, dye adsorption properties, *Colloid Surface B*, Vol. 80, 86-93.
- Saxena A., Tripathi, B.P. and. Shahi, V.K., 2008, An improved process for separation of proteins using modified chitosan-silica cross-

- linked charged ultrafilter membranes under coupled driving forces: Isoelectric separation of proteins, *J. Colloid Interface Sci.*, 319, 252–262
- Sun, B., Sun, S., Zhang, W., 2007, Preparation and antibacterial activities of Ag-doped SiO<sub>2</sub>–TiO<sub>2</sub> composite films by liquid phase deposition (LPD) method, *J. of Mater. Sci.*, Vol 42 : 10085-10089
- Rajendran, R., Balakumar, C., Ahammed, H.A, Jayakumar, S, 2010, Use of zinc oxide nano particles for production of antimicrobial textiles, *International Journal of Engineering, Science and Technology*, Vol. 2, No. 1, 2010, pp. 202-208
- Tan, X.C., Tian., Y., Cai, P. and Zou, X., 2005, Glucose biosensor based on glucose oxidase immobilized in sol–gel chitosan/silica hybrid composite film on Prussian blue modified glass carbon electrode, *Anal. Bioanal. Chem.*, Vol. 381 : 500–507.
- Zhang, Z, Chen, L., Ji, J.,Huang Y., Chen, D., 2003, Antibacterial Properties of Cotton Fabrics Treated with Chitosan, *Textile Res. J.*,. **73**, 1103-1106.