

**PEMANFAATAN KOMPOSIT KITOSAN SILIKA TITANIA SEBAGAI AGEN FIKSASI
ZAT WARNA RHODAMIN B PADA KAIN KATUN**

**UTILIZATION OF SILICA TITANIA CHITOSAN COMPOSITE AS A FIXATING AGENT
FOR RHODAMINE B DYES ON COTTON FABRICS**

Nurul Anizar* dan Dina Kartika Maharani

Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences

State University of Surabaya

Jl. Ketintang Surabaya (60231), Telp. 031-8298761

*Corresponding author, email: nurulanizar@gmail.com

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan komposit kitosan silika titania sebagai agen fiksasi zat warna rhodamin B yang dilapiskan pada kain katun untuk mengetahui ketahanan luntur zat warna dan mengetahui karakteristik fisika maupun kimia dari komposit kitosan silika titania dan kain yang telah terlapisi komposit kitosan silika titania. Pembuatan komposit kitosan silika titania yaitu mencampurkan kitosan dengan sol silika titania yang dibuat dari prekursor Tetra Ethyl Ortho Silicate dan Titanium isopropoksida dengan perbandingan 3:7. Kemudian komposit dan rhodamin B dilapiskan pada kain dengan beberapa metode pelapisan. Karakterisasi komposit kitosan silika titania dilakukan dengan spektrofotometer FTIR dan XRD. Karakterisasi kain yang dilapisi komposit kitosan silika titania dilakukan dengan DRUV, SEM dan Autograph. Karakteristik kimia dari komposit kitosan silika titania menunjukkan terjadi interaksi antara kitosan dan silika titania membentuk jaringan yang tidak teratur pada bilangan gelombang 3433 cm^{-1} . Pada bilangan gelombang 913 cm^{-1} terjadi interaksi gugus NH_2 dari kitosan berikatan dengan gugus Si-O-Ti pada silika titania. Dan bilangan gelombang 553 cm^{-1} menunjukkan bahwa kitosan telah terintegrasi pada silika titania. Karakteristik fisika dari komposit kitosan silika titania menunjukkan bahwa komposit kitosan silika titania bersifat amorf. Kain yang dilapisi komposit kitosan silika titania dan zat warna memiliki karakteristik persen ketahanan luntur yaitu sebesar 99,16 %, morfologi permukaan yang halus dan kekuatan mekanik yang besar.

Kata kunci: komposit, kitosan silika titania, ketahanan luntur

Abstract. This research aims to utilize silica titania chitosan composite as a fixating agent for rhodamine B that will be coated on cotton fabric to determine the color fastness and determine the physical and chemical characteristics of silica titania chitosan composite and the fabrics that had been coated with. Preparation of silica titania chitosan composite is done by mixing chitosan with silica titania sol that made from precursor Tetra Ethyl Ortho Silicate and Titanium isopropoxide with a ratio of 3:7. The composite and rhodamine B is coated to the fabrics with some coating method. Silica titania chitosan composite was characterized by FTIR spectrophotometer and XRD. The cotton fabrics that coated by silica titania chitosan composite was characterized by DRUV, SEM and Autograph. Chemical characteristics of silica titania chitosan composites showed at 3433 cm^{-1} wave number due to an interaction between the chitosan and silica titania to form an inframework. The wave number of 913 cm^{-1} due to the NH_2 group from chitosan binds to the Si-O-Ti groups from the silica titania. And at wave number 553 cm^{-1} , indicated that chitosan has been integrated on silica titania. Physical characteristic from silica titania chitosan composite showed that it's amorphous. The cotton fabrics that coated by silica titania chitosan composite and dyes has characteristics percent of wash fastness is 99,16 %, with a smooth surface morphology and high tensile strength.

Keywords: composite, silica titania chitosan, wash fastness

PENDAHULUAN

Perkembangan industri di Indonesia mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya sumber daya manusia. Berbagai

jenis industri banyak terdapat di Indonesia salah satunya adalah industri batik dan tekstil. Seiring berkembangnya industri maka limbah akibat

proses industri semakin meningkat. Limbah zat warna yang dihasilkan oleh industri tekstil pada umumnya merupakan senyawa yang non *biodegradable*. Salah satu zat warna yang paling banyak digunakan oleh industri tekstil yaitu rhodamin B [1].

Kurangnya perhatian terhadap limbah industri batik dan tekstil, mengakibatkan lingkungan perairan di sekitar menjadi tercemar. Selain itu pada industri batik dan tekstil juga sering mengalami permasalahan tentang ketahanan daya luntur terhadap corak warna kain setelah proses pencucian. Permasalahan tentang ketahanan daya luntur ini dapat diatasi dengan penambahan agen fiksasi yaitu zat tambahan yang berfungsi untuk mengikat zat warna [2]. Namun agar penambahan agen fiksasi tersebut tidak menimbulkan masalah terhadap lingkungan maka diperlukan agen fiksasi yang ramah lingkungan dan bersifat non-toksik. Salah satu material organik yang memiliki peran sebagai agen fiksasi yaitu kitosan.

Kitosan memiliki sifat biokompabilitas, *biodegradable*, dan tidak beracun sehingga banyak dikembangkan sebagai bahan bioaktif. Selain itu adanya gugus NH_2 dan OH serta sifat polikationik kitosan dalam larutan asam menyebabkan kitosan dapat mengikat senyawa-senyawa maupun logam. Kitosan memiliki stabilitas yang rendah terhadap proses pencucian. Hal ini disebabkan karena tidak adanya ikatan kimia antara kitosan dengan selulosa pada kain [3]. Oleh karena itu diperlukan peningkatan stabilitas pada tekstil yaitu dengan fungsionalisasi tekstil. Secara umum, fungsionalisasi pada tekstil dapat dicapai dengan memperbaiki sifat serat kain maupun dengan memodifikasi permukaan tekstil. Proses fungsionalisasi tekstil pada prinsipnya dapat berupa menginkorporasi bahan aditif fungsional pada serat tekstil, *grafting* secara kimia pada polimer serat tekstil atau pemberian perlakuan akhir pada tekstil yaitu melapisi tekstil dengan bahan fungsional. Perlakuan akhir pada tekstil yaitu pelapisan yang banyak dilakukan dengan metode pelapisan nanosol atau nanosol *coating* menggunakan material anorganik dan material nanokomposit [4].

Material nanokomposit yang digunakan pada penelitian ini adalah kitosan silika titania. Penambahan silika pada larutan kitosan dapat meningkatkan stabilitas kitosan pada kain terhadap proses pencucian. Silika dalam bentuk nanosol dengan diameter lebih kecil dari 50 nm dapat berperan sebagai pembawa senyawa organik agar terikat kuat pada substrat kain. Fungsionalisasi tekstil dapat menggunakan sol silika yang dimodifikasi dengan oksida logam lain yang membentuk lapisan oksida transparan pada tekstil [4]. Kain yang dicelup ke dalam komposit Si/Ti dan zat warna mengalami peningkatan sifat ketahanan luntur hingga 95 % [5]. Selain itu, titania mampu berinteraksi elektrostatik dengan selulosa kain katun [6]. Pembuatan nanosol silika dan titania dengan menggunakan metode sol-gel.

Metode sol-gel adalah salah satu metode pembentukan material melalui jaringan oksida dengan reaksi polikondensasi pada medium cair. Proses ini melibatkan perubahan fasa larutan (sol) menjadi fasa padat (gel), melalui tahapan pembentukan larutan, pembentukan gel, penuaan (*aging*), pengeringan dan pemadatan (*densification*) [7].

Pelapisan komposit kitosan silika titania pada kain katun dilakukan dengan metode *dip-coating* dengan teknik *pad-dry-cure*. Metode pelapisan ini secara praktis lebih menguntungkan karena relatif sederhana, mempunyai sifat ketahanan mekanis yang lebih baik dan memerlukan bahan aktif lebih sedikit [4].

Berdasarkan uraian tersebut, maka dilakukan inovasi dengan upaya membuat komposit kitosan silika titania sebagai agen fiksasi zat warna rhodamin B. Harapannya adalah proses fungsionalisasi tekstil dengan menggabungkan material nanokomposit berupa kitosan dan material anorganik silika-titania sebagai agen fiksasi dapat digunakan untuk meningkatkan ketahanan luntur zat warna rhodamin B pada kain katun sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan akibat limbah zat warna yang berasal dari industri tekstil.

METODE PENELITIAN

Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain *Hot plate stirrer*, neraca analitis, oven, spektrofotometer FTIR (PerkinElmer), difraksi sinar X (Philips Analytical), SEM (Zeiss), EDX (Bruker) dan spektrofotometer DRUV (Shimadzu ISR-2200).

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain yaitu kitosan, *Tetra Ethyl Ortho Silicate* (TEOS), *Titanium isopropoksida* (Ti(iPr)), etanol p.a, HCl 0,1 M, Rhodamin B, *Sodium Dodecil Sulfate* (SDS) 1 %.

PROSEDUR PENELITIAN

Pembuatan Larutan Kitosan

Larutan kitosan yang akan digunakan adalah larutan kitosan 1 % yaitu dengan melarutkan 1 gram kitosan dalam 100 mL asam asetat 2 % dengan menggunakan gelas kimia 250 mL. Kemudian diaduk selama 1 jam sehingga kitosan larut dan diperoleh larutan yang homogen.

Pembuatan Sol Silika Titania

Pembuatan sol silika-titania dengan menggunakan metode sol-gel dimana prekursor titania yang digunakan adalah Titanium isopropoksida (Ti(iPr)) dan prekursor silika adalah Tetra Etil Orto silikat (TEOS). Perbandingan komposisi silika dan titania yaitu 3 : 1. Sebanyak 0,1 mL Titanium isopropoksida (Ti(iPr)) dilarutkan dalam 2 mL HCl 0,1 M dan ditambah TEOS sebanyak 0,3 mL selanjutnya ditambah 97,6 mL etanol. Campuran homogen diaduk menggunakan magnetik stirrer selama 24 jam pada suhu kamar.

Pembuatan Komposit Kitosan Silika Titania

Pembuatan komposit kitosan silika titania dibuat dengan perbandingan volum 3 : 7 dengan cara mencampurkan larutan kitosan 1 % sebanyak 30 mL dengan 70 mL sol silika titania kemudian diaduk selama 30 menit.

Pembuatan Larutan Zat Warna

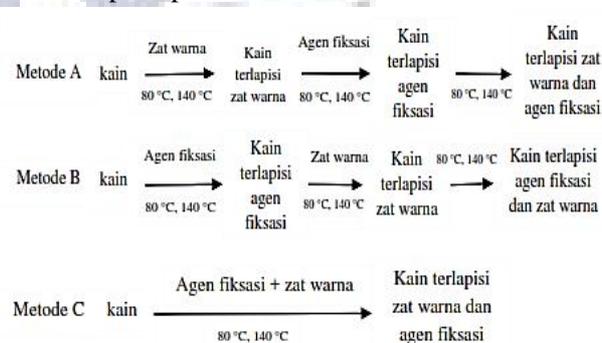
Sebanyak 0,004 gram serbuk Rhodamin B ditimbang dengan menggunakan neraca analitis kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL selanjutnya ditambahkan etanol sampai tanda batas dan dikocok hingga campuran homogen.

Pembuatan Komposit dengan Zat Warna

Sebanyak 18 gram komposit ditambah dengan 0,9 gram larutan Rhodamin B dimasukkan dalam gelas kimia 250 mL kemudian ditambah 81,1 mL etanol dan diaduk hingga tercampur sempurna.

Pelapisan Zat Warna dan Komposit pada Kain

Kain katun yang akan dilapisi oleh material nanokomposit dipotong dengan ukuran 7 x 3 cm. Dibuat batas atas sebesar 1 cm untuk mengikatkan benang pada kain agar bisa digantung setelah proses pencelupan. Selanjutnya dicuci dengan menggunakan etanol teknis untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada kain dan dikeringkan pada suhu 60 °C selama 15 menit. Kemudian kain dilapisi dengan agen fiksasi dan zat warna dengan variasi seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Metode pelapisan kain

Pencelupan kain dilakukan sebanyak 10 kali dengan kecepatan tarik ~ 3 cm/detik. Selanjutnya kain dikering-anginkan selama 15 menit kemudian ditimbang untuk memperoleh berat *wet pick-up*.

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

Dengan,

A : berat kain awal

B : berat kain setelah dikeing-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 dan ditimbang beratnya hingga konstan.

Uji Ketahanan Luntur Zat Warna

Kain yang telah dilapisi oleh agen fiksasi dan zat warna kemudian dilakukan proses *leaching* atau pelepasan zat warna yang dilakukan dengan pencucian menggunakan *sodium dodecil sulfate* (SDS) 1 % sebanyak 100 mL. Pada penelitian ini digunakan *sodium dodecil sulfate* (SDS) karena merupakan surfaktan anionik yang mudah terurai oleh mikroorganisme sehingga tidak menimbulkan pencemaran lingkungan. Uji ketahanan tekstil terhadap zat warna dilakukan dengan menggunakan analisis spektrofotometer UV-Vis *diffuse reflectance* (DRUV). Persen *leaching* yang diasumsikan sebagai anti pudar dihitung dengan persamaan dari analisis DRUV yaitu :

$$D = \frac{100 (rA - rB)}{(100 - rB)}$$

Dengan,

rA : reflektansi setelah uji *leaching*

rB : reflektansi sebelum uji *leaching*

Karakterisasi Kimia Komposit Kitosan Silika Titania yaitu Identifikasi Gugus Fungsional Menggunakan Spektrofotometer FTIR

Larutan komposit kitosan silika titania dikeringkan dalam oven sampai kering pada temperatur 60 °C. Beberapa mg serbuk komposit yang didapatkan dicampur dengan beberapa mg KBr kering untuk dibuat pellet kemudian dianalisis dengan menggunakan FTIR.

Karakterisasi Kimia Komposit Kitosan Silika Titania yaitu Pengujian Kristalinitas Menggunakan Difraksi Sinar X (XRD)

Larutan komposit kitosan silika titania dikeringkan dalam oven sampai kering pada temperatur 60 °C. Sebanyak ± 1 gram sampel ditembak oleh seberkas elektron. Dari penembakan tersebut akan dihasilkan berkas-berkas difraksi dari

sampel tersebut diterjemahkan ke dalam grafik intensitas terhadap posisi 2θ.

Karakterisasi Fisika Kain yang Telah Dilapisi Komposit Kitosan Silika Titania

(1) Uji Kekuatan Tarik dan Mulur Kain yang Telah Dilapisi Komposit Kitosan Silika Titania

Kain yang telah dilapisi dengan komposit kitosan silika titania diuji kekuatan tarik mulurnya. Prinsip dari uji kekuatan tarik mulur adalah mengukur beban dan kemuluran yang diperlukan untuk menarik kain sampai putus dengan menggunakan alat uji kuat tarik pada kecepatan 200mm/menit. Dan data yang diperoleh dihitung *modulus Young* dengan persamaan berikut :

$$\text{modulus Young} = \frac{\sigma}{\Sigma}$$

Keterangan :

σ : tegangan (N/m²)

Σ : regangan (%)

(2) Analisis Morfologi Pada Permukaan Kain yang Telah Dilapisi Komposit Kitosan Silika Titania Menggunakan SEM

Permukaan kain yang telah dilapisi komposit kitosan silika titania akan ditembak dengan berkas elektron berenergi tinggi. Permukaan kain yang dikenai berkas akan memantulkan kembali berkas tersebut atau menghasilkan elektron sekunder ke segala arah. Tetapi ada satu arah dimana berkas dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Detektor di dalam SEM mendeteksi elektron yang dipantulkan dan menentukan lokasi berkas yang dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Arah tersebut memberi informasi profil permukaan kain.

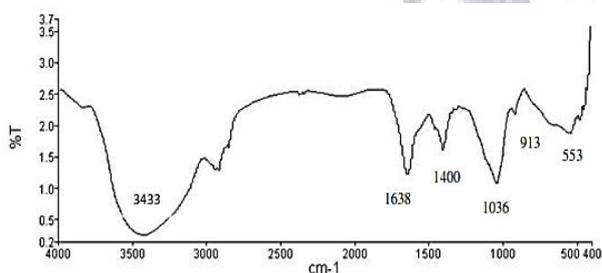
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan komposit kitosan silika titania telah berhasil dilakukan dengan menggunakan metode sol-gel dimana prekursor titania yang digunakan adalah Titanium isopropoksida (Ti(iPr)) dan prekursor silika adalah Tetra Etil Orto silikat (TEOS). Hasil yang diperoleh adalah komposit berwarna kuning jernih yang homogen. Larutan

jernih dan homogen ini akan dapat memberikan hasil pelapisan yang merata dan tidak merusak kain. Larutan komposit kitosan silika titania yang didapat kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C untuk dilakukan karakterisasi secara kimia dengan menggunakan spektrofotometer *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan karakterisasi secara kimia dengan menggunakan difraksi sinar X (XRD).

Identifikasi Gugus Fungsional Menggunakan Spektrofotometer FTIR

Hasil analisis identifikasi gugus fungsional disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Spektra FTIR komposit kitosan silika titania

Pada Gambar 2 menunjukkan adanya serapan 3433 cm^{-1} menunjukkan vibrasi ulur gugus fungsional $-\text{OH}$ dari Ti-OH atau Si-OH atau kitosan dan vibrasi ulur N-H dari kitosan.

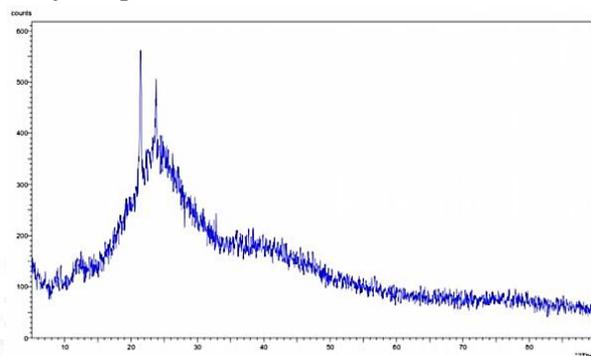
Pada spektra komposit silika titania terdapat serapan vibrasi tekuk $-\text{OH}$ dari Ti-OH atau Si-OH atau kitosan pada bilangan gelombang 1638 cm^{-1} sampai 1400 cm^{-1} . Penurunan intensitas menunjukkan terjadi interaksi antara kitosan dengan silika titania yaitu ikatan hidrogen antara gugus OH kitosan dengan gugus silanol (Si-OH) dan titaniol (Ti-OH).

Pada spektra kitosan silika titania terdapat serapan vibrasi ulur Si-O-Ti pada bilangan gelombang 913 cm^{-1} menunjukkan bahwa gugus NH_2 dari kitosan berikatan dengan gugus fungsi Si-O-Ti pada silika titania.

Pelebaran pita serapan vibrasi ulur Si-O-Ti pada bilangan gelombang 553 cm^{-1} yang terlihat pada komposit kitosan silika titania tersebut juga menunjukkan bahwa kitosan telah terintegrasi pada silika titania.

Pengujian Kristalinitas Menggunakan Difraksi Sinar X (XRD)

Hasil analisis kristalinitas komposit disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Difraktogram komposit kitosan silika titania

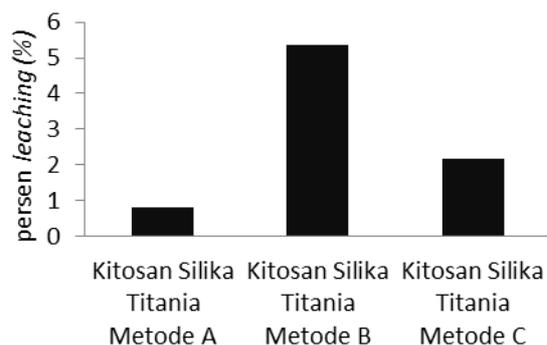
Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan difraksi sinar X seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 terdapat serapan puncak lebar sekitar $2\theta = 21^\circ$ yang mengindikasikan silika bersifat amorf [8] dengan nilai $d = 4,14 \text{ \AA}$.

Tidak adanya puncak baru pada komposit kitosan silika titania menunjukkan bahwa tidak ada ikatan kimia yang terjadi antara kitosan dengan silika titania. Selain itu pada Gambar 3 terdapat puncak karakteristik kitosan yaitu pada $2\theta = 19^\circ$ merefleksikan bidang 110 [9]. Kristalinitas kitosan memiliki karakteristik yang baik sehingga dimungkinkan dapat memberikan interaksi yang kuat antara gugus-gugusnya dengan zat warna maupun kain. Selain itu adanya kitosan meningkatkan struktur amorf pada $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ [10].

Tidak adanya puncak khas dari kristalinitas titania pada daerah serapan 25° dimungkinkan karena struktur titania yang tertanam di dalam silika terlalu amorf [11].

Uji Ketahanan Luntur Zat Warna Menggunakan *Diffuse Reflectance Uv-Vis* (DRUV)

Hasil uji ketahanan warna terhadap zat warna rhodamin B pada kain yang telah terlapsi agen fiksasi berupa kitosan silika titania disajikan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Grafik persen *leaching* dengan beberapa teknik pelapisan

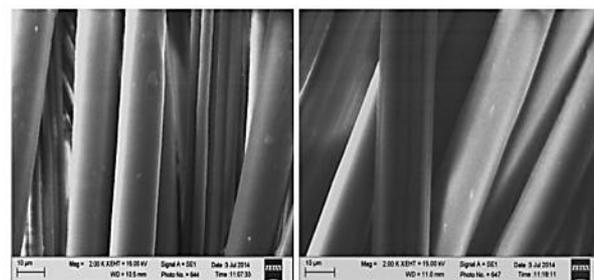
Berdasarkan Gambar 4 terlihat jelas bahwa kain yang terlapsi agen fiksasi dengan menggunakan metode A menghasilkan persen *leaching* paling rendah atau persen ketahanan luntur sebesar 99,16 %. Hal ini dimungkinkan karena pada saat tahap pelapisan pertama terjadi interaksi antara kain dengan zat warna. Kemudian pada pelapisan kedua dengan komposit kitosan silika titania kemungkinan zat warna akan berinteraksi lebih kuat dengan komposit kitosan silika titania sehingga menghasilkan ketahanan luntur yang lebih besar.

Sedangkan metode B menghasilkan nilai menghasilkan persen *leaching* paling tinggi atau persen ketahanan luntur sebesar 94,62 %. Hal ini dapat dimungkinkan karena kitosan silika titania akan lebih terikat kuat pada kain sehingga pada saat akan dilapsi zat warna terjadi interaksi yang lebih lemah sehingga menghasilkan ketahanan luntur zat warna lebih rendah.

Metode C menghasilkan persen *leaching* yang tinggi atau persen ketahanan luntur sebesar 97,82 %. Hal ini dikarenakan kain akan berinteraksi secara langsung dengan dua material sekaligus dan interaksi dengan zat warna akan berkurang.

Analisis Morfologi Pada Permukaan Kain yang Telah Dilapsi Komposit Kitosan Silika Titania Menggunakan SEM

Hasil analisis morfologi kain yang telah dilapsi komposit kitosan silika titania disajikan pada Gambar 5.



(a) (b)

Gambar 5. Morfologi permukaan kain terlapsi kitosan silika titania dan zat warna sebelum pencucian (a) dan permukaan kain terlapsi kitosan silika titania dan zat warna setelah pencucian (b)

Hasil analisis menunjukkan bahwa kain yang dilapsi kitosan silika titania dan memiliki morfologi yang baik pada saat sebelum maupun setelah proses pencucian. Hal ini menunjukkan bahwa teknik pelapisan kain dengan komposit yang dibuat dengan menggunakan metode sol gel memberikan hasil pelapisan yang baik atau halus dan tidak merusak kain.

Uji Kekuatan Mekanik Kain yang Telah Dilapsi Komposit Kitosan Silika Titania

Kain yang telah dilapsi komposit silika titania dan kitosan silika titania serta zat warna diukur kekuatan mekanik dengan menggunakan Autograph.

Hasil yang diperoleh yaitu kain yang telah dilapsi dengan kitosan silika titania memiliki nilai *modulus young* sebesar 38284,83 N/m². Hal ini menandakan bahwa kitosan memiliki kekuatan untuk meningkatkan kekuatan mekanik kain sehingga kain yang telah dilapsi komposit kitosan silika titania memiliki kekuatan mekanik yang lebih besar.

PENUTUP

Simpulan

Karakteristik kimia dari komposit kitosan silika titania menunjukkan terjadi penurunan intensitas pada bilangan gelombang 3433 cm⁻¹ dikarenakan terjadi interaksi antara kitosan dan silika titania membentuk jaringan yang tidak teratur. Terjadi pergeseran bilangan gelombang pada 913 cm⁻¹ dikarenakan gugus NH₂ dari kitosan

berikatan dengan gugus fungsi Si-O-Ti pada silika titania. Dan terjadi pelebaran pita serapan bilangan gelombang 553 cm^{-1} menunjukkan bahwa kitosan telah terintegrasi pada silika titania. Karakteristik fisika dari komposit kitosan silika titania menunjukkan bahwa komposit kitosan silika titania bersifat amorf.

Kain yang terlapis agen fiksasi dengan menggunakan metode A menghasilkan persen *leaching* paling rendah atau persen ketahanan luntur sebesar 99,16 % dan kain yang dilapisi dengan komposit kitosan silika titania memiliki morfologi permukaan yang halus dan kekuatan mekanik yang besar.

Saran

Dari hasil yang didapat dari penelitian ini dapat dikemukakan saran-saran yaitu sebagai berikut :

1. Berdasarkan uji ketahanan luntur, didapatkan nilai zat warna Rhodamin B yang kecil yang diakibatkan terlalu kecilnya konsentrasi dari Rhodamin B maka perlu dilakukan penambahan konsentrasi zat warna yang digunakan agar didapatkan warna yang lebih cerah atau lebih terlihat.
2. Berdasarkan uji ketahanan luntur, kain yang telah dilapisi komposit silika titania maupun kitosan silika titania mengalami degradasi akibat proses pencucian menggunakan surfaktan anionik, maka sebaiknya dilakukan percobaan menggunakan surfaktan nonionik yang bagian aktif permukaannya tidak bermuatan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Zhang, Gaojie., Wu, Jinming., Liu, Shanguang dan Yan, Mi. 2008. *Fabrication of Titania Thin Film with Composite Nanostructure and Its Ability to Photodegrade Rhodamine B in Water*. Department of Material Science and Engineering. Zhejiang University. Hangzhou.
2. Maharani, Dina Kartika., Rusmini., Dwiningsih, Kusumawati. 2013. *Pemanfaatan Potensi Alam Kitosan Berpadu Material Nano $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ Sebagai Agen Fiksasi Zat Warna Dalam Upaya Mengurangi Limbah Zat Warna Industri Batik dan Tekstil*. Laporan Penelitian Hibah Bersaing. Surabaya : Universitas Negeri Surabaya.
3. Chung, Y.K., Lee, K.K., and Kim, J.W. 1998. Durable Press and Antimicrobial Finishing of Cotton Fabrics with a Citric Acid and Chitosan Treatment. *Textile Research Journal*, 68, 772-775.
4. Mahltig, B., Haufe, H. and Bottcher, H.. 2005. Functionalisation of Textiles by Inorganic Sol-Gel Coatings. *Journal of Materials Chemistry* 15:4385-4398.
5. Kartini, Indriana., Ilmi, Indriana. 2012. *Wash Fastness Improvement of Malachite Green Dyed Cotton Fabrics Coated with Nanosol Composites of Silica-Titania*. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
6. Mirjalili, Mohammad., Karimi, Loghman. 2011. Photocatalytic Degradation of Synthesized Colorant Stains on Cotton Fabric Coated with Nano TiO_2 . *Journal of Fiber Bioengineering and Informatics Vol. 3 No. 4*.
7. Brinker, C.J., and Scherer, G. 1990. *Sol-Gel Science : The Physics and Chemistry of Sol-Gel Processing*. Academic Press Limited. London.
8. Kalapathy, U., Proctor, A., and Shultz, J. 2000. A Simple Method for Production of Pure Silica from Rice Hull Ash. *Bioresource Technology*, 73, 257-262.
9. Sun, Y., Guo, Y., Lu, Q., Meng, X., Xiaohua, W., Guo Y., Wang, Y., Liu, X., and Zhang, Z. 2005. Highly Selective Asymmetry Transfer Hydrogenation of Prochiral Acetophenone Catalyzed by Palladium-Chitosan on Silica. *Catal. Lett.*, 100, 3-4.
10. Rilda, Yetria., Alif, Admin., Munaf, Edison., Agustien, Anthony. 2014. Effects of Molar Ratio on the Synthesis and Characterization Nanocluster $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ with Induced Copolymer Chitosan by Sol-Gel. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences* 5 (2) : 1417. ISSN 0975-8585.
11. Nizar, Umar Kalmar., Efendi, Jon., Yuliati, Leny., Gustiono, Dwi., Nur, Hadi. 2013. A New Way to Control The Coordination of Titanium (IV) in the Sol-Gel Synthesis of Broom Fibers-Like Mesoporous Alkyl Silica-Titania Catalyst Through Addition of Water. *Chemical Engineering Journal* 222 (2013) 23-31.