

PENINGKATAN SIFAT MEKANIK SERAT KITOSAN MELALUI PROSES PLASTISISASI DENGAN GLISEROL SETELAH PROSES DEHIDRASI DENGAN METANOL

THE IMPROVEMENT OF CHITOSAN FIBER MECHANICAL PROPERTIES BY MEANS OF GLYSEROL PLASTICIZEN PROCESS AFTER METHANOL DEHYDRATION PROCESS

Wiwin Winiati, Tatang Wahyudi, Indra Kurniawan, Rizka Yulina

Balai Besar Tekstil, Jl. Jenderal Ahmad Yani 390, Bandung
E-mail: winiati@bdg.centrin.net.id

Tanggal diterima : 5 Nopember 2012, direvisi : 22 Nopember 2012, disetujui terbit : 3 Desember 2012

ABSTRAK

Serat kitosan mempunyai sifat getas, kekuatan yang rendah terutama dalam keadaan basah dan elongasi saat putus yang rendah disebabkan kristalin yang tinggi. Untuk dapat digunakan sebagai benang operasi monofilamen, diperlukan serat kitosan dengan diameter yang relatif kecil tetapi mempunyai kekuatan tarik yang tinggi disertai fleksibilitas dan elongasi yang baik sehingga mudah dibuat simpul. Proses dehidrasi dengan metanol telah berhasil meningkatkan kekuatan dan menurunkan diameter tetapi elongasi menurun. Penelitian ini ditujukan untuk meningkatkan sifat mekanik terutama elongasi serat kitosan dengan cara melakukan proses plastisisasi dengan gliserol setelah proses dehidrasi dengan metanol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada serat kitosan yang dibuat dari larutan kitosan dengan viskositas 5.684 mPa.s dengan alat *wet-spinning* menggunakan spinneret dengan diameter 1500 μm , proses dehidrasi dengan metanol dilanjutkan dengan proses plastisisasi dengan gliserol memberikan penurunan diameter 7 %, peningkatan densitas 46%, peningkatan kekuatan tarik 90%, dan peningkatan elongasi 167 %. Dengan proses plastisisasi serat kitosan menjadi lebih hidrofil, densitas dan % kristalinitas naik sehingga serat lebih padat merata dan memberikan peningkatan elongasi yang signifikan.

Kata kunci: serat kitosan, dehidrasi, plastisisasi, diameter, densitas, kekuatan tarik, elongasi

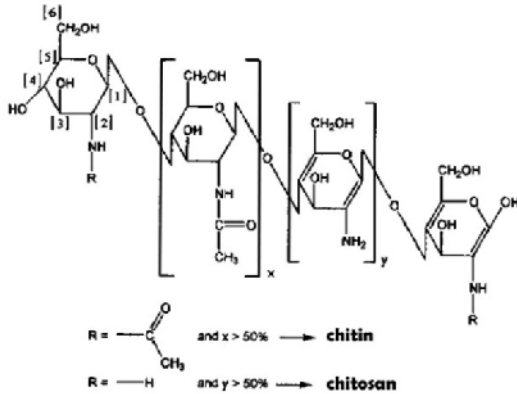
ABSTRACT

Chitosan fiber is fragile and has a low elongation at break due to its high crystalline. In using as a monofilament suture, chitosan fiber should have a small in diameter but high in tensile strength and good flexibility in order that it's easy to make a knot. Methanol dehydration process of chitosan fiber has succeeded to increase tensile strength decrease diameter but elongation also decrease. This research is done to improve the mechanical properties especially elongation of chitosan fiber by means of implementing glycerol plasticizen process carried out after methanol dehydration process of chitosan fiber. The result showed that on chitosan fiber which was made from chitosan solution with viscosity 5.684 mPa.s using wet-spinning apparatus and spinneret diameter 1500 μm , methanol dehydration process continued with glycerol plasticizen process has reduced fiber diameter 7%, increased density 46%, increased tensile strength 90% and increased elongation 167%. Plasticizen process has succeeded to improve fiber elongation caused by increasing of fiber hydrophilic, density and crystallization.

Keyword: chitosan fiber, dehydration, plasticizen, diameter, density, tensile strength, elongation

PENDAHULUAN

Kitin / Kitosan (*chitin/chitosan*) merupakan salah satu polimer alam terbanyak kedua setelah selulosa.¹ Kulit crustacea yaitu kulit udang, rajungan dan kepiting merupakan sumber kitin. Isolasi kitin dari kulit udang dilanjutkan dengan proses deasetilasi kitin akan menjadi kitosan.



Gambar 1. Struktur Kopolimer Kitin dan Kitosan²

Dari Gambar 1 terlihat bahwa kitin menyerupai selulosa dengan gugus hidroksil pada posisi C-2 digantikan oleh gugus asetamida. Kitin adalah poli (-(1-4)-N-acetil-D-glucosamina), mempunyai sifat sulit larut dalam pelarut regular disebabkan ikatan-ikatan hidrogen pada struktur semi kristalin kitin. Kitosan merupakan derivat N-acetilglucosamina dari kitin, kitosan mudah larut dalam asam encer. Kitin dan kitosan terikat satu sama lain sebagai kopolimer, tidak ada senyawa 100% kitin atau kitosan. Bila kopolimer tersebut memiliki gugus fungsi amino lebih dari 50% , maka biopolimer tersebut disebut kitosan.²

Adanya gugus amina primer yang bersifat basa/kationik (terprotonasi dalam air), gugus OH primer dan sekunder serta gugus asetamida pada kitosan, menjadikan kitosan mempunyai sifat biodegradabel, biokompatibel, bioresorbiliti, *antibacterial activity*, dan non-toksik, yang merupakan sifat-sifat yang sangat berguna untuk aplikasi di bidang biomedis.² Pemanfaatan kitin/kitosan dibidang medis telah banyak dilakukan baik yang sudah berupa produk maupun yang masih dalam tahap penelitian. Beberapa aplikasi kitosan pada bidang medis yang sudah ada dipasaran diantaranya adalah *scaffold* pada rekayasa jaringan, *wound dressing* (perban untuk luka), dan kapsul pada *drugs delivery system*.^{1,3} Kitosan juga dinyatakan dapat digunakan untuk membuat benang operasi yaitu berupa benang monofilament, yang tergolong dalam benang operasi terserap (*absorbable suture*).³ Kitosan dapat larut dalam asam asetat karena adanya gugus amina primer yang bersifat basa, dan beberapa penelitian pembuatan serat kitosan telah dilakukan pada alat *wet-spinning* dengan menggunakan larutan kitosan dalam asam dan larutan alkali sebagai koagulan. Akan tetapi serat kitosan yang dihasilkan masih mempunyai kelemahan yang krusial yaitu

kekuatan tarik serat kitosan yang rendah terutama dalam keadaan basah,⁴ sehingga kekuatan tarik benang operasi yang terbuat dari kitosan belum dapat menyamai benang operasi terserap yang terbuat dari bahan sintesis. Persyaratan yang harus dipenuhi oleh benang operasi diantaranya adalah benang operasi harus kuat sehingga tidak mudah rusak/putus, tidak beracun, *hypoallergenic* (mencegah reaksi berlawanan dalam tubuh), dan fleksibel (bisa dengan mudah membuat simpul/diikatkan dengan simpul).³

Penelitian pembuatan serat kitosan telah dilakukan di Balai Besar Tekstil, dimulai dengan isolasi kitin dari kulit udang dan kepiting dilanjutkan dengan deasetilasi kitin menjadi kitosan. Kitosan kemudian dilarutkan dalam asam asetat, selanjutnya dengan menggunakan alat *wet spinning* telah dihasilkan serat kitosan yang berupa benang monofilamen. Benang monofilament yang dihasilkan ditujukan untuk dapat digunakan sebagai benang operasi. Akan tetapi, pada uji coba penggunaan terhadap hewan, benang kitosan masih mudah putus saat ditarik dan dibuat simpul, fleksibilitas dan kekuatan benang kitosan kurang memadai sehingga dokter hewan yang melakukan uji coba penjahitan harus melakukan pembuatan simpul dengan sangat hati-hati.⁵

Wei Y.C. dkk 1992, melakukan penelitian proses pengeringan terhadap serat kitosan dengan menggunakan Epichlorohydrin (ECH) sebagai katalis, yang menghasilkan terjadinya peningkatan kekuatan serat kitosan.⁶ Knaul J. dkk. 1998 telah melakukan penelitian proses pengeringan serat kitosan dengan cara *direct and radiant heat, forced air and chemical drying agents*, menyatakan bahwa cara pengeringan dengan menggunakan *chemical drying agents* memberikan hasil yang terbaik.⁷ Diantara *drying agents* yang digunakan yaitu aseton, metanol, etanol, isopropanol dan campuran aseton-metanol serta aseton isopropanol, metanol memberikan hasil terbaik yaitu terjadi penurunan diameter diikuti dengan peningkatan sifat mekanik dan peningkatan kehalusan (*smoothness*) serat kitosan.⁷ Pada proses pengeringan dengan menggunakan *chemical drying agents* terjadi proses dehidrasi yaitu perubahan struktur kitosan dari terhidrasi menjadi anhidrasi.^{2,9}

Dalam skala molekul, kitosan banyak ditemukan dalam bentuk struktur kristal terhidrasi. Rantai kitosan yang diikat oleh ikatan hidrogen membentuk suatu struktur lembaran, setiap dua rantai kitosan dihubungkan oleh molekul-molekul air sehingga membentuk unit berulang yang searah, tidak ada ikatan langsung antar lembaran, yang terlihat adalah ikatan hidrogen dengan molekul air tersebut sebagai perantara untuk menstabilkan struktur kristal.¹⁰ Pada proses perendaman dengan metanol terjadi proses dehidrasi yaitu pelepasan molekul air karena molekul air akan berikatan hidrogen dengan metanol. Karena sifat metanol yang mudah menguap, metanol akan menguap bersama-sama dengan molekul air yang terikat oleh mehanol tersebut.⁹ Selanjutnya rantai molekul kitosan berpindah tempat dan struktur

kitosan menyusut karena ikatan hidrogen lebih ringkas dan membentuk struktur kristal kitosan anhidrasi. Pada struktur kitosan anhidrat, rantai yang bersebelahan dan paralel langsung diikat oleh ikatan hidrogen.¹⁰

Penelitian pembuatan serat kitosan yang dilakukan ditujukan untuk membuat benang kitosan monofilament yang dapat digunakan sebagai benang operasi.⁵ Benang operasi diinginkan mempunyai diameter yang relatif kecil dengan kekuatan tarik yang tinggi dan fleksibel (lentur dan elongasi).⁵ Sedangkan kitosan mempunyai sifat getas dengan stabilitas dimensi dan termoplastisitas yang rendah, kitosan mempunyai modulus elastisitas tinggi tetapi elongasi saat putus rendah disebabkan kristalin yang tinggi.¹⁰ Proses dehidrasi dengan metanol telah berhasil menurunkan diameter disertai peningkatan kekuatan tetapi elongasi menurun. Maka diperlukan upaya untuk meningkatkan fleksibilitas lentur dan elongasi.

Gliserol merupakan *glass forming material* dengan struktur multi hidroksil sehingga mempunyai kemampuan tinggi untuk berinteraksi dengan polisakarida melalui interaksi ikatan hidrogen.¹⁰ Plastisasi pada film/lembaran campuran kitosan-PVA dengan cara penambahan gliserol ke dalam campuran kitosan-PVA telah berhasil meningkatkan *miscibility* campuran kitosan-PVA tersebut.¹⁰

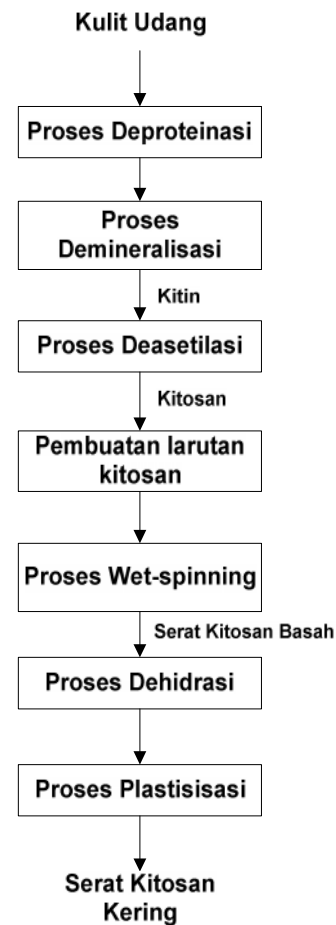
Dalam upaya meningkatkan fleksibilitas serat kitosan, pada penelitian ini dilakukan proses plastisasi dengan gliserol terhadap serat kitosan yang telah mengalami proses dehidrasi dengan metanol, dan dipelajari pengaruh proses-proses tersebut terhadap sifat fisik dan mekanik serat kitosan.

METODE

Penelitian dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu dimulai dari pembuatan kitosan dari kulit udang, pembuatan larutan kitosan, pembuatan serat kitosan dengan alat *wet-spinning*, dilanjutkan dengan proses dehidrasi dan plastisasi terhadap serat kitosan, dilengkapi dengan pengujian/karakterisasi pada setiap tahapan proses untuk mengetahui kinerja hasil yang diperoleh. Secara singkat diagram alir penelitian disajikan pada Gambar 2.

Bahan

- Kitosan dibuat dari kulit udang dengan melakukan 3 tahap proses yaitu deproteinasi, demineralisasi dan deasetilasi. Deproteinasi dilakukan dengan merendam dalam larutan Natrium hidroksida 1% (w/w) pada temperatur 85 °C selama 1 jam, demineralisasi dilakukan dengan merendam dalam larutan Asam klorida 3% (v/v) pada 50 °C selama 1 jam dan deasetilasi dilakukan dengan merendam dalam larutan Natrium hidroksida 50% (w/w) pada 120 °C selama 4 jam. Pada setiap tahap, setelah proses selesai dilanjutkan dengan pencucian menggunakan air kran dan pengeringan dalam oven pada 105 °C



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

- Bahan kimia yaitu natrium hidroksida, asam klorida, asam asetat, methanol dan gliserol diperoleh dari Merck dengan grade p.a

Cara

- Larutan kitosan dibuat dengan melarutkan kitosan bubuk ke dalam larutan asam asetat-metanol 2% (v/v), diaduk pada *magnetic stirrer*, disaring, kemudian di vakum untuk menghilangkan gelembung udara yang terbentuk.
- Larutan kitosan diukur viskositasnya dengan metoda bola jatuh, viskositas dihitung dengan menggunakan Persamaan 1 sebagai berikut:

$$= K \cdot (\rho_2 - \rho_1) \cdot t \dots \dots \quad (1)$$

η = viskositas larutan (mPa.s)

ρ_2 = densiti bola baja (g/mL)

ρ_1 = densitas larutan (g/mL)

K = konstanta viskometer (mPa.mL/g)

T = waktu tempuh bola (s)

- Pembuatan serat kitosan dilakukan dengan menggunakan alat *wet-spinning* dengan spinneret diameter 1500 μm , koagulan yang digunakan adalah larutan NaOH 14% pada temperatur 40 °C, dari proses ini dihasilkan serat kitosan basah.
- Proses dehidrasi dilakukan terhadap serat kitosan basah. Proses dehidrasi dilakukan dengan

merendam serat kitosan dalam larutan metanol 30 % selama 4 jam.

- Proses plastisasi dilakukan setelah proses dehidrasi. Proses plastisasi pada serat kitosan dilakukan dengan memutar rol serat dalam bak berisi larutan gliserol 5 % selama 5 menit, hanya ¼ bagian rol yang tercelup ke dalam larutan sehingga terjadi kontak antara serat dengan larutan gliserol secara bergantian.
- Serat kitosan selanjutnya dibiarkan hingga kering pada temperatur kamar $\pm 27^\circ\text{C}$
- Analisa dan pengujian dilakukan sebagai berikut:
 - Analisa gugus fungsi dan perhitungan derajat deasetilasi kitosan dilakukan dengan cara FTIR menggunakan FTIR merek Shimadzu Prestige. Perhitungan derajat deasetilasi (DD) kitosan dilakukan dengan menggunakan Persamaan 2, sebagai berikut:⁷

$$\text{DD Kitosan : \%N-deasetilasi} = \{1 - (A_{1655}/A_{3450}) \times 1/1,33\} \times 100\% \dots\dots (2)$$

untuk: A_{1655} = absorbansi pada bilangan gelombang 1655 cm^{-1}
 A_{3450} = absorbansi pada bilangan gelombang 3450 cm^{-1}

Analisa gugus fungsi -OH dan -NH₂ ditunjukkan oleh luas area kurva pada bilangan gelombang $3000\text{-}3700\text{ cm}^{-1}$, sedangkan untuk gugus amida I dan amida II pada $1500\text{-}1750\text{ cm}^{-1}$.⁸ Luas area puncak dihitung secara manual berdasarkan:

luas puncak = tinggi puncak x lebar puncak pada ½ tinggi puncak.

- Viskositas larutan kitosan diukur dengan cara bola jatuh dan dihitung dengan Persamaan 1.
- Diameter serat kitosan diukur dengan alat mikroskop dilengkapi micrometer
- Pengujian densitas serat kitosan dilakukan dengan mengukur panjang dan berat serat kitosan dan dihitung dengan Persamaan 3, sebagai berikut:

$$\text{Densitas :} = \frac{\text{Massa serat (g)}}{\text{Volume serat (mL)}} \dots\dots (3)$$
- Pengujian gaya maksimum saat putus, kekuatan dan elongasi serat kitosan dilakukan dengan alat Textechno Statimat ME Test, dengan jarak jepit 250 mm
- Morfologi serat kitosan diamati dengan alat Scanning Electron Microscope (SEM), merek JEOL JSM-6510/LV/A/LA
- Karakterisasi tingkat kristalinitas dilakukan dengan menggunakan X-Ray Diffraction (XRD) merek Philips PW 1830. Anoda yang digunakan adalah Cu (40 kV, 30 mA) dengan sudut scan mulai dari 5° hingga $64,98^\circ$. Untuk menghitung derajat kristalinitas digunakan software OriginPro 8.5, luas daerah kristalin dan luas daerah keseluruhan grafik XRD dihitung dengan menggunakan menu *Mathematic-Integral*. Setelah luas didapat,

derajat kristalinitas dihitung dengan menggunakan Persamaan 4, berikut:⁷

$$\% \text{ Kristalinitas} = \frac{\text{Luas daerah kristalin}}{\text{Luas daerah keseluruhan}} \times 100\% \dots (4)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan kitosan dan larutan kitosan

Kurva FTIR kitosan yang disajikan pada Gambar 3, menunjukkan puncak-puncak pada bilangan gelombang $3400 - 3500\text{ cm}^{-1}$ untuk regangan gugus -OH dan -NH₂, 1649 cm^{-1} untuk gugus amida I dan 1598 cm^{-1} untuk amida II serta 1153 cm^{-1} untuk C-O-C. Adanya gugus-gugus fungsi tersebut menunjukkan bahwa kitosan yang diperoleh sesuai dengan struktur kopolimer kitin/kitosan yang diberikan pada Gambar 1.

Dari Gambar 3, Kurva FTIR kitosan diperoleh $A_{1655} = 0,581$ dan $A_{3450} = 1,213$. Dari Gambar 3 dan perhitungan DD kitosan dengan Persamaan 2, serta pengukuran viskositas larutan kitosan, diperoleh hasil yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Kitosan dan Larutan Kitosan

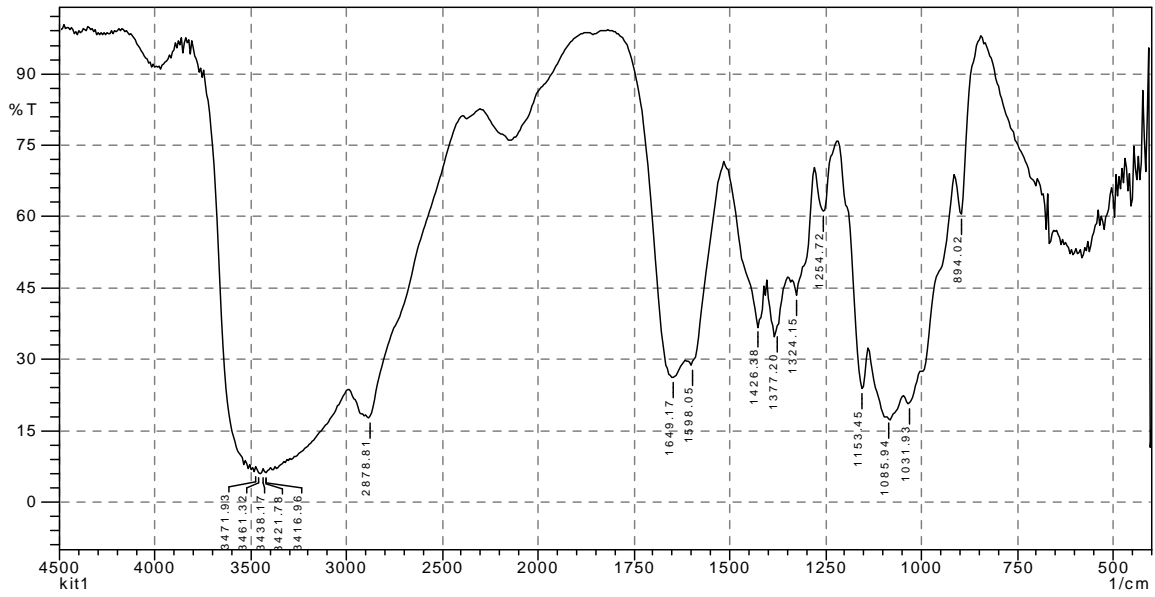
DD kitosan , %	Konsentrasi larutan kitosan, %	Viskositas larutan kitosan , mPa.s
64	6	5.684

Pembuatan serat kitosan

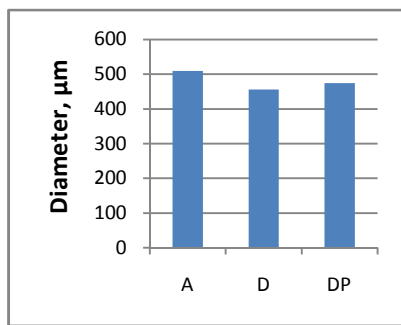
Terhadap serat kitosan yang dihasilkan dilakukan karakterisasi sifat fisik yaitu diameter dan densitas, serta karakterisasi sifat mekanik yaitu gaya maksimum, kekuatan tarik dan elongasi. Hasil karakterisasi sifat fisik dan mekanik serat kitosan yang dihasilkan disajikan pada Gambar 4.

Sifat fisik

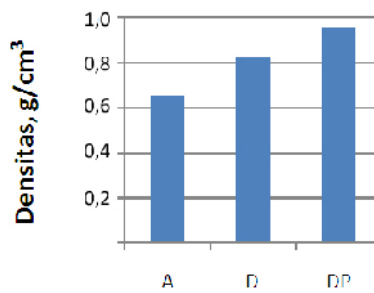
Dari Gambar 4a. Diameter dan 4b. Densitas, terlihat bahwa hasil proses dehidrasi terhadap serat kitosan awal dengan cara perendaman dalam methanol (D), telah terjadi penurunan diameter 10,7%, peningkatan densitas 26,4% . Sedangkan apabila setelah proses dehidrasi dilanjutkan dengan proses plastisasi dengan cara perendaman dengan gliserol (P), pada serat hasil proses dehidrasi terjadi kembali pembesaran diameter dan densitas, sehingga setelah proses dehidrasi dilanjutkan plastisasi (DP) dari serat kitosan awal terjadi penurunan diameter 7 % , peningkatan densitas 46% . Seperti yang dijelaskan pada pendahuluan, pada proses dehidrasi terjadi transformasi struktur kristal kitosan terhidrasi menjadi anhidrat, yang menyebabkan rantai molekul kitosan berpindah tempat dan struktur kitosan menyusut karena ikatan hidrogen lebih ringkas.



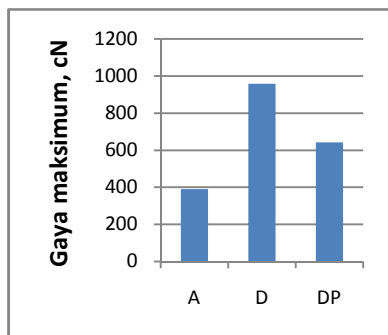
Gambar 3. Kurva FTIR Kitosan



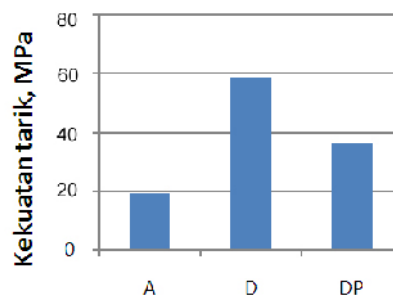
a. Diameter



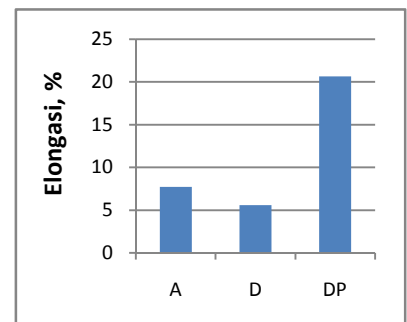
b. Densitas



c. Gaya maksimum



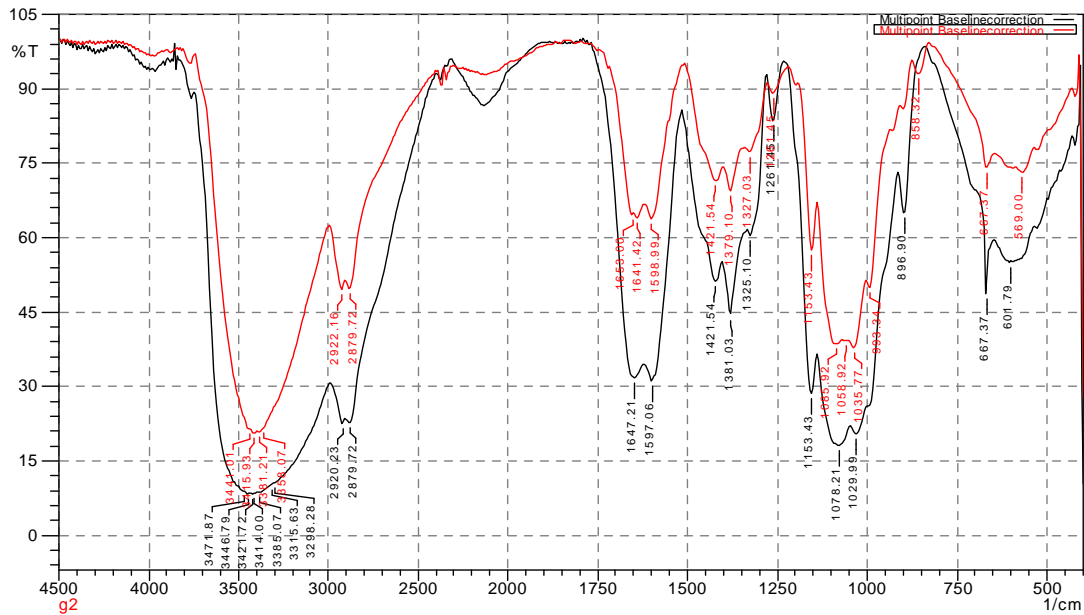
d. Kekuatan tarik



e. Elongasi

Ket: **A**=Awal, **D**=setelah Dehidrasi, **DP**=setelah Dehidrasi dan Plastisasi

Gambar 4. Karakteristik Sifat Fisik dan Mekanik Serat Kitosan



Gambar 5. Kurva FTIR Serat Kitosan D dan DP

Pada struktur kitosan anhidrat, rantai yang bersebelahan dan paralel langsung diikat oleh ikatan hidrogen. Proses dehidrasi ini menyebabkan terjadinya penurunan diameter serat karena struktur kitosan menyusut.

Sifat mekanik

Dari Gambar 4c. Gaya maksimum, 4d. Kekuatan tarik, dan 4.e. Elongasi, terlihat bahwa hasil proses dehidrasi terhadap serat kitosan awal (D), memberikan peningkatan gaya maksimum (gaya yang diterima saat putus) 145%, peningkatan kekuatan tarik (gaya maksimum per luas penampang) 206%, dan penurunan elongasi 28 %. Seperti dijelaskan pada pendahuluan, pada proses dehidrasi terjadi transformasi struktur kitosan dari terhidrasi menjadi anhidrasi dimana rantai yang bersebelahan dan paralel langsung diikat oleh ikatan hidrogen yang mengakibatkan gaya maksimum meningkat. Gaya maksimum masih tergantung dari luas penampang, maka dilihat nilai kekuatan tarik yang ternyata meningkat signifikan. Sedangkan apabila setelah proses dehidrasi dilanjutkan dengan proses plastisisasi (P), pada serat hasil proses dehidrasi terjadi kembali pembesaran elongasi serta penurunan gaya maksimum dan kekuatan tarik, sehingga setelah proses dehidrasi dilanjutkan plastisisasi (DP) dari serat kitosan awal terjadi peningkatan gaya maksimum 64 %, peningkatan kekuatan tarik 90%, dan peningkatan elongasi 167 %. Dalam hal ini, proses plastisisasi sangat signifikan meningkatkan elongasi walaupun disertai penurunan kekuatan tarik.

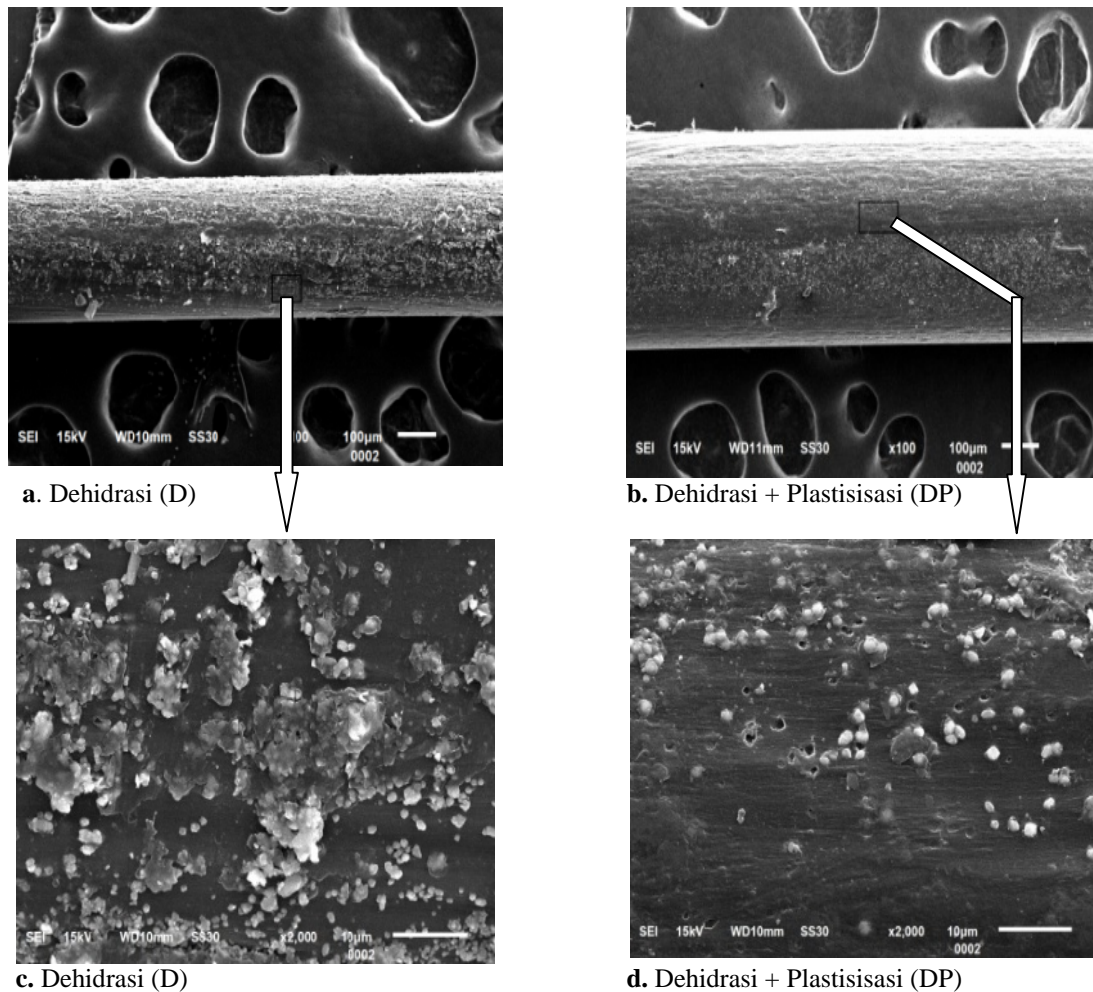
Proses plastisisasi pada serat kitosan dilakukan setelah proses dehidrasi. Untuk mengetahui pengaruh proses plastisisasi terhadap struktur molekul serat kitosan dilakukan pengujian dengan FTIR. Pada Gambar 5 ditunjukkan kurva FTIR serat kitosan setelah proses dehidrasi (kurva

Hitam bawah) dan setelah dehidrasi dilanjutkan plastisisasi (kurva merah/atas). Pada kedua kurva tersebut terlihat puncak-puncak berada pada posisi bilangan gelombang yang hampir sama, perbedaan terjadi pada tinggi puncaknya. Puncak-puncak pada bilangan gelombang 3400 – 3500 cm^{-1} untuk regangan gugus –OH dan –NH₂, 1649 cm^{-1} untuk gugus amida I dan 1598 cm^{-1} untuk amida II pada kedua kurva tersebut terlihat menunjukkan perbedaan tinggi yang signifikan. Dari Gambar 5, diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 2. Luas Puncak Kurva FTIR Serat Kitosan Dehidrasi dan Plastisisasi

No	Serat kitosan	Luas puncak, cm^2 , pada bilangan gelombang:	
		3000-3700 cm^{-1}	1500-1750 cm^{-1}
1	Dehidrasi (D)	8,16	4,68
2	Dehidrasi + Plastisisasi (DP)	10,23	1.89

Dari data pada Tabel 2 terlihat bahwa adanya kontak/perendaman dengan gliserol (plastisisasi) terjadi peningkatan luas puncak pada daerah 3000-3700 cm^{-1} yang menunjukkan terjadinya penambahan gugus –OH karena terjadinya penambahan ikatan hidrogen antarmolekul.⁸ Sedangkan luas puncak pada daerah 1500-1750 cm^{-1} terjadi penurunan yang menunjukkan terjadinya pengurangan gugus amida I dan II. Hal ini menyebabkan serat menjadi bersifat lebih hidrofilik. Terjadinya peningkatan densitas disertai peningkatan sifat hidrofilik akan mengurangi sifat getas dari kitosan sehingga menjadikan serat kitosan lebih fleksibel dengan elongasi yang lebih tinggi.



Gambar 6. Hasil Uji SEM Serat Kitosan

Karakteristik morfologi

Untuk melihat pengaruh plastisasi terhadap morfologi serat kitosan monofilament dilakukan pengujian dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM) yang hasilnya disajikan pada Gambar 6. Dari Gambar 6a. dan 6c. untuk serat kitosan dari dehidrasi (D) serta Gambar 6b. dan 6d. untuk serat setelah dehidrasi + plastisasi (DP), terlihat diameter serat (DP) lebih besar dari pada serat (D), dan melalui perbesaran lebih tinggi pengamatan lebih jelas dan terlihat bahwa proses plastisasi membuat permukaan serat menjadi lebih merata.

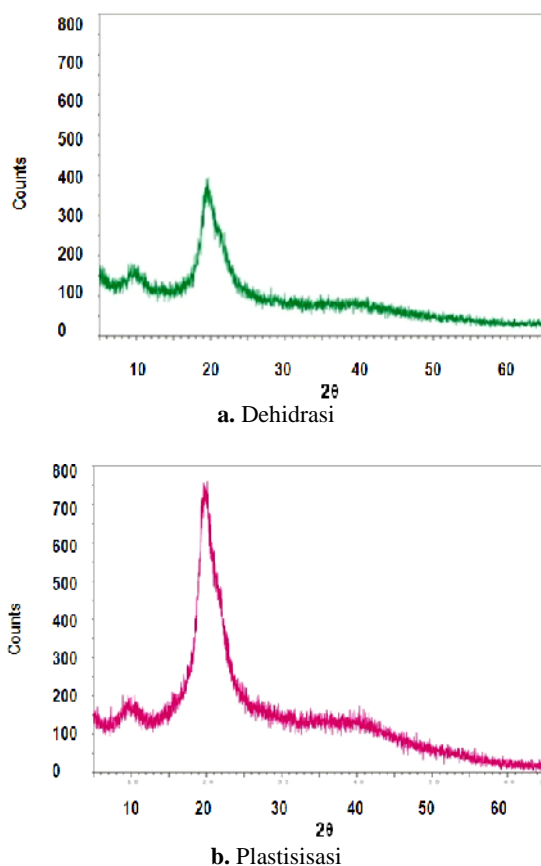
Analisa difraksi sinar-x (XRD)

Grafik hasil pengujian XRD serat kitosan ditunjukkan pada Gambar 7. Pola grafik XRD yang ditunjukkan pada Gambar 7 untuk serat kitosan yang telah melalui proses dehidrasi dan dehidrasi dilanjutkan plastisasi memiliki karakteristik puncak kristalin pada $2\theta = 10^\circ$ dan $2\theta = 20^\circ$, dan terlihat bahwa serat dengan proses plastisasi memberikan puncak-puncak yang lebih tinggi. Pada daerah lebar

antara $35^\circ - 45^\circ$ terdapat persamaan trend di antara serat kitosan yang telah melalui proses dehidrasi serta dehidrasi dilanjutkan plastisasi. Pada daerah tersebut serat dehidrasi memiliki puncak yang lebih rendah yang menunjukkan daerah amorf yang rendah sedangkan serat plastisasi menunjukkan puncak yang relatif lebih tinggi yang menunjukkan amorf yang lebih tinggi.¹² Akan tetapi dari hasil perhitungan derajat kristalinitas serat kitosan yang disajikan pada Tabel 3, menunjukkan bahwa proses plastisasi memberikan % kristalinitas yang tinggi di atas 50%, hal ini menunjukkan bahwa struktur kristal proses plastisasi merupakan susunan atom-atom yang lebih teratur sehingga akan memberikan elongasi atau kelenturan yang lebih baik.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Derajat Kristalinitas Serat Kitosan

No	Serat kitosan	% Kristalinitas
1	Dehidrasi (D)	36,38
2	Dehidrasi + Plastisasi (DP)	63,37



Gambar 7. Hasil Uji XRD Serat Kitosan

KESIMPULAN

Pada serat kitosan yang dibuat dari larutan kitosan dengan viskositas 5.684 mPa.s dengan alat *wet-spinning* menggunakan spinneret dengan diameter 1500 μm , proses dehidrasi dengan metanol dilanjutkan dengan proses plastisisasi dengan gliserol memberikan penurunan diameter 7 %, peningkatan densitas 46%, peningkatan gaya maksimum 64 %, peningkatan kekuatan tarik 90%, dan peningkatan elongasi 167 %. Sedangkan dengan proses dehidrasi saja serat kitosan mendapat penurunan diameter 10,7 %, peningkatan densitas 26,4%, peningkatan gaya maksimum 145 %, peningkatan kekuatan tarik 206%, dan penurunan elongasi 28%. Dengan proses plastisisasi serat kitosan menjadi lebih hidrofili, densitas dan % kristalinitas naik sehingga serat lebih padat merata dan memberikan peningkatan elongasi yang signifikan.

PUSTAKA

- ¹ Jayakumar R. et al., (2010), Biomedical Application of Chitin and Chitosan Based Nanomaterials - A Short Review, *Journal of Carbohydrate Polymers*, 82, 227 – 232.
- ² Pillai C.K.S, Paul W., Sharma P.C.(2009), Chitin and Chitosan Polymers: Chemistry, Solubility and Fiber Formation, *Progress in Polymer Science*, 34, 641-678.
- ³ Struszczyk M.H. (2006), Global Requirement for Medical Application of Chitin and Its Derivatives, *Polish Chitin Society, Monograph XI*, 95 – 102.
- ⁴ Li L., et al., (2012), Preparation of High Strength Chitosan Fibers by Using Ionic Liquid as Spinning Solution, *Journal of Materials Chemistry*, 22, 8585 – 8593.
- ⁵ Winiati W.(2008), Pemanfaatan Benang Chitosan sebagai Benang Bedah pada Kucing, *Arena Tekstil*, Vol. 23, No. 1, 16 – 22.
- ⁶ Wei Y.C., (1992), The Crosslinking of Chitosan Fibers, *Journal of Polymer Science: Part A: Polymer Chemistry*, Vol. 30, 2187 – 2193.
- ⁷ Knaut J. (1998), Improvements in the Drying Process for Wet-Spun Chitosan Fiber, *Journal of Polymer Science*, Vol. 69, 1435 – 1444.
- ⁸ Silverstein R.M., et al., (2005), *Spectrometric Identification of Organic Compounds*, John Wiley & Sons.
- ⁹ Okuyama, K., et al. (2000), Structural Diversity of Chitosan and Its Complexes, *Carbohydrate Polymers*, Vol. 41, 137 - 247
- ¹⁰ Liang S. Et al. (2009), Microstructure and Molecular Interaction in Glycerol Plasticized Chitosan/ Polyvinyl alcohol Blending Films, *Macromolecular Chemistry and Physics*, 210,832 – 839.
- ¹¹ Song R. Et al (2008), The Structure and Properties of Chitosan/ Polyethylene Glycol/Silica Ternary Hybrid Organic- Inorganic Films, *Chinese Journal of Polymer Science*, 26,5, 621 – 630.
- ¹² Modrzejewska Z. dkk. (2006), Determination of Hydrogel Chitosan Membrane Structure, *Polish Chitin Society, Monograph XI*, 113 – 121

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak DR. Ir. Hermawan Judawisastra sebagai Mitra Bestari yang telah banyak memberikan arahan dan perbaikan dalam penyusunan tulisan ini.