

PENINGKATAN DAYA SERAP SERAT POLIESTER MENGGUNAKAN SELULOSA BAKTERIAL

IMPROVEMENT OF POLYESTER WATER ABSORPTION USING BACTERIAL CELLULOSE

Sri Gustiani, Rifaida Eriningsih

Balai Besar Tekstil

Jl. A. Yani No. 390 Bandung Telp. 7206214-5 Fax. 022.7271288

E-mail : sgustiani@yahoo.com, rifaida@yahoo.com

Tanggal diterima : 1 April 2013, direvisi : 2 Mei 2013, disetujui terbit : 3 Juni 2013

ABSTRAK

Poliester mempunyai beberapa keunggulan seperti tahan kusut, mudah pemeliharaannya dan relatif awet, namun kurang nyaman dipakai terutama pada kondisi tropis karena daya serapnya rendah dengan *moisture regain* (MR) 0,4%. Tujuan penelitian ini adalah merubah sifat hidrofob kain poliester menjadi hidrofil untuk meningkatkan daya serapnya. Proses dilakukan dengan cara melapisi selulosa bakterial melalui proses perendaman kain dalam bakteri selulosa (*Acetobacter xylinum*) dalam medium air kelapa, selama 3 hari, 6 hari, 9 hari dan 12 hari. Selanjutnya dilakukan proses fiksasi dan pemurnian dengan NaOH 3 %. Produk yang dihasilkan kemudian dilakukan pencucian berulang dengan mesin *lounder O-meter* sebanyak 1, 2 dan 3 kali atau setara dengan 5, 10 dan 15 kali pencucian dengan mesin cuci rumah tangga. Dari beberapa pengujian diketahui bahwa semakin lama waktu perendaman, MR dan daya serapnya semakin meningkat, namun kekuatan tarik mengalami sedikit penurunan. Dari analisa morfologi dengan Scanning Electron Microscope terlihat bahwa dengan perendaman selama 6 hari sudah jelas terlihat lapisan selulosa bakterial yang menyelubungi serat dengan rata yang juga dibuktikan pada serapan gugus fungsinya pada *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) dan hasil pencelupan dengan zat warna reaktif. Kondisi optimum diperoleh pada perendaman 6 hari dan setelah pencucian berulang 2 kali dengan mesin *lounder O-meter* (setara dengan 10 kali pencucian rumah tangga), yaitu MR meningkat dari 0,4 % menjadi 1,02 % dan waktu penyerapan dari 96,64 detik menjadi 4,22 detik.

Kata kunci : kain poliester, *Acetobacter xylinum*, *moisture regain*, daya serap, pencucian berulang

ABSTRACT

*Polyester has several advantages such as wrinkle-resistant, easy to maintain and durable, but less comfortable to wear, especially in tropical conditions due to the low absorption rate of 0.4% moisture regain (MR). The aim of this study is to change the hydrophobic polyester fabric to hydrophilic for increasing its absorption. The process is done by immersion the fabric in bacterial cellulose (Acetobacter xylinum) in coconut water medium to get coated cellulose fabric, for 3 days, 6 days, 9 days and 12 days. Further treated with 3% NaOH to get fixation and remove impurities of bacterial cellulose which coat on the fabric surface. The resulting product is then repeated wash with *lounder O-meter* machine for 1, 2 and 3 times or equivalent with 5, 10 and 15 times washing with household washing machine. From some tests, it is known that the longer immersion time, the increasing MR and water absorption occurred, but its strength has decreased slightly. The analysis of Scanning Electron Microscope shows that for 6 days immersion has clearly visible layer of bacterial cellulose on fibers which is also evidenced by functional group of Fourier Transform Infrared Spectroscopy test (FTIR) and dyeing with reactive dye. The optimum conditions obtained in 6 days immersion and after repeated washing for 2 times with *lounder O-meter* machine (equivalent with 10 home washings), the MR increased from 0.4% to 1.02% and the time of water absorption of 96.64 seconds to 4.22 seconds.*

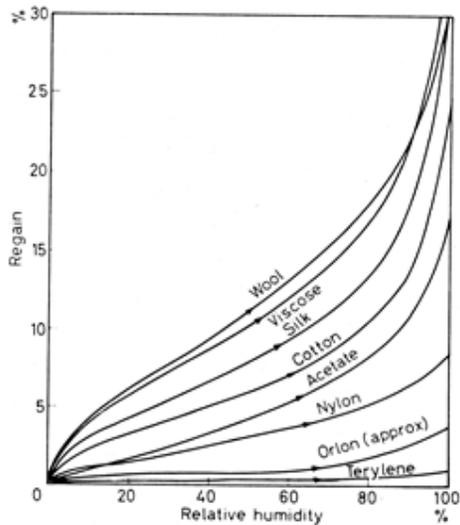
Keywords: polyester fabric, *Acetobacter xylinum*, *moisture regain*, absorption, repeated washing

PENDAHULUAN

Poliester merupakan salah satu jenis serat sintetik yang banyak digunakan untuk tekstil sandang maupun non sandang. Sifat poliester antara

lain memiliki kekuatan yang tinggi, tahan terhadap gosokan, tahan kusut, tahan jamur, stabilitas dimensinya baik dan mudah pemeliharaannya. Poliester (polietilena tereftalat) mengandung gugus fungsi ester pada rantai utamanya, karena dibentuk

dari esterifikasikondensasi dari etilena glikol dengan asam tereftalat. Polimer poliester terdiri atas cincin-cincin benzena dan gugus-CH₂- serta -COO- yang tidak memiliki reaktivitas yang kuat terhadap molekul air (hidrofob), sehingga *moisture regain*nya (MR) dan daya serapnya terhadap air relatif rendah.¹ Oleh karena itu bila digunakan sebagai tekstil sandang kurang nyaman dipakai terutama di daerah tropis. Adapun serat alam atau serat selulosa mempunyai gugus-gugus yang reaktif terhadap molekul air atau bersifat hidrofil, sehingga mudah menyerap dan mengeluarkan air (*moisture*). Hal ini karena selulosa merupakan polimer linier yaitu polisakarida yang tersusun dari monomer β -(1-4)-glukosa, yang mengandung 3 gugus hidroksil yaitu 1 primer dan 2 sekunder pada tiap unit glukosa. Oleh karena itu serat selulosa mudah menarik molekul air membentuk ikatan hidrogen. Berat molekul air (H₂O) adalah 18 dan residu glukosa adalah 162, apabila 1 molekul air terikat pada setiap gugus hidroksil, maka *moisture regain* (MR) serat selulosa menjadi 33,5 %. Akan tetapi tidak semua gugus hidroksil dapat mengikat molekul air, karena pengaruh morfologi serat seperti derajat kristalinitas, derajat orientasi, bentuk penampang serat, densitas dan lain-lain.¹ Pada Gambar 1 disajikan MR beberapa jenis serat dan pengaruhnya terhadap kondisi ruang (RH).



Gambar 1. Pengaruh RH terhadap MR Beberapa Jenis Serat.¹

Serat alam seperti wol, sutera dan kapas memiliki MR lebih tinggi dibandingkan serat sintetik seperti poliester (Dacron dan Terylene) dan poliamida (nilon), sedangkan rayon viskosa merupakan serat selulosa yang diregenerasi mempunyai MR cukup tinggi dan serat asetat (selulosa yang diasetilasi) MRnya mendekati kapas. Serat kapas mempunyai MR relatif tinggi yaitu 7 % - 8 % dalam ruang dengan kondisi RH 65 % dan

suhu 20°C, untuk bahan baku tekstil sandang cukup nyaman dipakai, sedangkan serat poliester pada ruang kondisi yang sama MRnya 0,4 % dan pada RH 100 % hanya 0,6 % - 0,8 %.

Untuk memperoleh kenyamanan pada saat dipakai, maka serat poliester yang bersifat hidrofob dapat diubah menjadi hidrofil dengan memanfaatkan karakteristik hidrofil dari selulosa yang diproduksi oleh bakteri *Acetobacter xylinum* melalui pelapisan pada substrat sintetik tersebut.² Selulosa bakterial merupakan jenis selulosa biopolisakarida yang dihasilkan oleh bakteri *Acetobacter xylinum*. Selulosa tersebut terbentuk dari hasil proses fermentasi air kelapa menggunakan *Acetobacter xylinum*.^{3,4} Mekanisme proses pelapisan selulosa bakterial pada serat poliester terjadi melalui pembentukan polimerisasi dan kristalisasi. Polimerisasi terbentuk dari monomer-monomer selulosa hasil sekresi *Acetobacter xylinum* yang terikat satu dengan lainnya membentuk lapisan yang terus menebal seiring dengan berlangsungnya metabolisme. Air kelapa sebagai nutrisi mengandung glukosa dan yang berperan dalam pembentukan selulosa adalah glukosa dalam bentuk β , sehingga semua glukosa dalam bentuk alpha akan diubah menjadi β melalui enzim isomerase yang dihasilkan bakteri *Acetobacter xylinum*. Selanjutnya glukosa berikatan dengan glukosa lain melalui ikatan β -(1-4)-glukosa membentuk polimerisasi selulosa. Apabila air dalam medium menguap, maka gugus OH dari rantai fibril akan membentuk kristal selulosa. Selulosa bakterial tersebut membentuk serat-serat dalam medium cair dan saling berikatan dalam bentuk suspensi gelatin. Hal tersebut seperti pada pembentukan molekul polimer selulosa alam (tanaman) satu dengan lainnya dihubungkan oleh ikatan hidrogen yang terangkai menjadi mikrofibril dan dalam mikrofibril ini tersusun rantai selulosa yang menjadi penopang utama serat.^{5,6} Dibandingkan dengan selulosa tanaman, maka selulosa bakterial ini mempunyai lebar seperseratus kalinya sehingga kemungkinan teradsorpsi ke dalam fibril-fibril dari serat poliester dapat terjadi.^{7,8} Beberapa keunggulan selulosa bakterial antara lain memiliki kemurnian tinggi, derajat kristalinitas tinggi, mempunyai kerapatan (300-900) kg/m³, kekuatan tarik tinggi, bersifat elastis dan terbiodegradasi.⁵

Dalam penelitian ini untuk mengubah sifat hidrofob kain poliester menjadi hidrofil dilakukan penggabungan biosintesis alam ke permukaan polimer poliester dengan memanfaatkan kemampuan bakteri *Acetobacter xylinum*, dengan melakukan pengembangan metode yaitu penambahan proses fiksasi dan pemurnian. Proses fiksasi dimaksudkan untuk meningkatkan daya tahan pakai dan menghilangkan ketidakmurnian dari proses pelapisan selulosa bakteri tersebut. Pemanfaatan bioproses ini bersifat ramah lingkungan, biodegradabel, aman bagi operator yang mengerjakan dan konsumen yang menggunakan serta non toksik.

METODA

Bahan dan alat

Acetobacter xylinum, gula putih, ammonium sulfat p.a., asam asetat p.a., air kelapa, kain poliester, air, NaOH p.a., kapas, kain kasa, alkohol, spiritus.

Autoclave, incubator untuk penyimpanan air kelapa pada saat proses fermentasi, kertas pH, bak, peralatan gelas lengkap dan bunsen.

Cara kerja

Secara garis besar, percobaan diawali dengan pengayaan bakteri *Acetobacter xylinum* dalam media cair. Selanjutnya dilakukan penanaman kultur *Acetobacter xylinum* ke dalam media cair. Sumber karbon yang digunakan adalah D-glukosa. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium.

Persiapan Isolat Bakteri

Penelitian dimulai dengan pengayaan *Acetobacter xylinum* yang diperoleh sebagai kultur murni koleksi dari Laboratorium KPP Bioteknologi ITB. Pada penelitian ini dilakukan penumbuhan bakteri pada media dalam kultur cair. Media yang digunakan terdiri dari air kelapa 1 lt, gula 2%, Ammonium Sulfat 1,5 %, Asam asetat 0,17%.

Acetobacter xylinum murni sebanyak 30% volume media pengaya dipindahkan ke dalam media pengaya secara aseptis. Proses perendaman kain poliester dilakukan dalam media tersebut dan diinkubasi pada temperatur ruang 27°C dan kondisi pH 4. Proses fermentasi berlangsung sampai dengan 12 hari dan selama berlangsungnya proses fermentasi, maka *Acetobacter xylinum* akan memproduksi mikrofibril yang melapisi serat pada kain poliester.

Proses Percobaan

Kain poliester direndam (dalam posisi dibentang) didalam bak perendam yang telah diisi media air kelapa dan bakteri *Acetobacter xylinum* yang telah siap digunakan. Waktu perendaman kain poliester adalah 3, 6, 9 dan 12 hari. Pada waktu yang telah ditentukan kain poliester yang telah dilapisi fibril dikeluarkan dari media cair kemudian dilakukan proses pemurnian dan fiksasi menggunakan NaOH 3% dan dicuci berulang menggunakan air bersih sampai dengan pH netral. Selanjutnya dilakukan proses pencucian dengan waktu pencucian 1, 2 dan 3 kali menggunakan mesin launder O-meter atau setara dengan 5, 10 dan 15 kali pencucian rumah tangan.

Pengujian

Beberapa pengujian dilakukan untuk mengetahui sifat kimia dan fisik kain poliester setelah dilapisi selulosa bakterial. Pengujian yang dilakukan meliputi uji *Moisture Regain* (MR), analisa

gugus fungsi dengan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) merek Shimadzu Prestige, daya serap cara tetes, kekuatan tarik dengan alat ujitarik kain merek Autograft, analisa morfologi serat dengan alat Scanning Electron Microscope (SEM) merek JEOL, JSM-6510/LV/A/LA dan proses pencelupan untuk mengetahui daya serapnya terhadap zat warna reaktif dengan gugus fungsi monoklorotriazina.

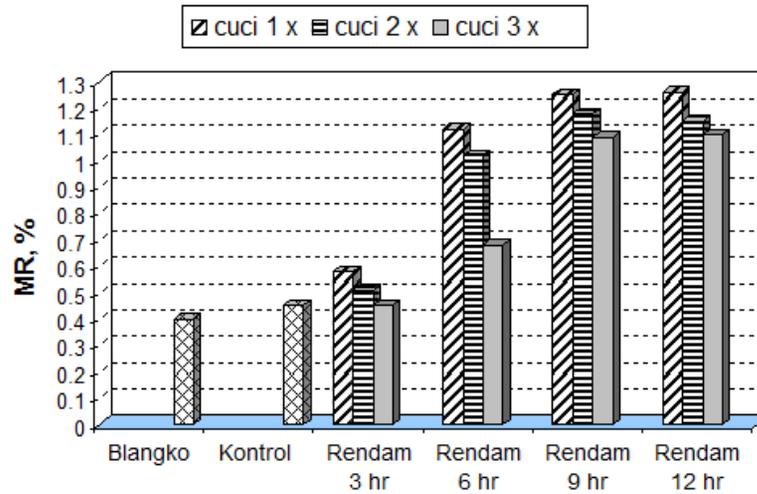
HASIL DAN PEMBAHASAN

Moisture Regain (MR)

Perubahan sifat hidrofob menjadi hidrofili dapat dibuktikan melalui uji MR. Pada Gambar 2 terlihat adanya peningkatan MR dibandingkan kain blanko (tanpa perlakuan) dan kontrol (perlakuan dengan NaOH saja).

Pada proses perendaman selama 3 hari, terjadi pelapisan serat poliester dengan selulosa bakterial yang ditunjukkan dari meningkatnya MR. Hasil uji MR tersebut meningkat terus seiring dengan meningkatnya waktu perendaman berturut-turut 6, 9 dan 12 hari. Pencucian kain setelah proses pelapisan tersebut dilakukan sebanyak 1, 2 dan 3 kali pencucian dengan mesin Launder O-meter (setara dengan 5, 10 dan 15 kali pencucian dengan mesin cuci rumah tangga), untuk melihat keawetan pelapisan. Perlakuan tersebut menyebabkan terjadinya penurunan MR. Hasil MR tertinggi diperoleh pada perendaman 12 hari sebesar 1,26 % dengan pencucian sebanyak 1 kali, sedangkan pada pencucian 3 kali terjadi penurunan hasil uji menjadi 1,10 %. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh pencucian hingga 15 kali pencucian rumah tangga telah mempengaruhi pelapisan selulosa yang ditunjukkan dengan MR yang mengalami penurunan, namun masih lebih tinggi dibandingkan kain blanko dan kontrol. Pembentukan polimerisasi selulosa bakterial mungkin dapat terjadi pada permukaan kain, permukaan serat atau berdifusi secara osmosa ke dalam mikrofibril penyusun serat membentuk agregat dari rantai glukosa linier. Apabila terbentuknya polimer selulosa bakterial masuk ke dalam mikrofibril dari serat poliester, maka kemungkinan keluar atau terlepas lagi lebih sulit dibandingkan bila hanya terbentuk pada permukaan serat atau kain. Agregat berupa fibril-fibril dari selulosa bakterial terbentuk karena adanya ikatan hidrogen dan gaya *van der Waals* yang menyebabkan terjadi interaksi antar fibril dan dipegang oleh lapisan air yang teradsorpsi.

Dengan adanya perlakuan lanjut yaitu pencucian kain poliester dalam NaOH setelah proses perendaman dalam medium *Acetobacter xylinum*, maka akan membantu fiksasi polimer selulosa yang terbentuk dan melapisi serat poliester atau bahkan melapisi mikrofibril membentuk serat dari kain poliester yang direndam tersebut.



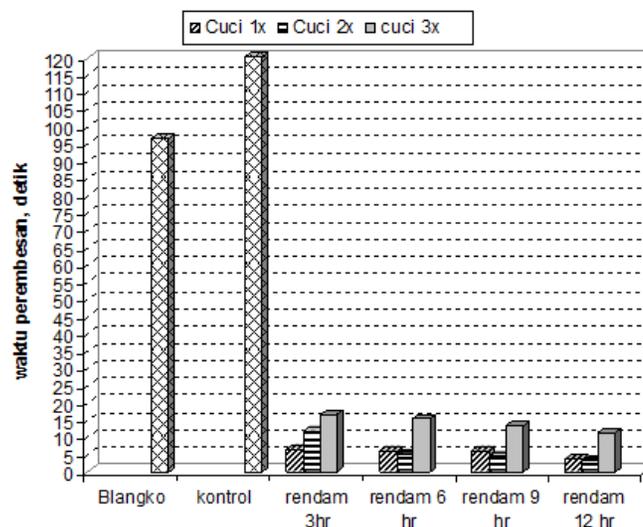
Gambar 2. Hasil Uji MR Kain Poliester

Hal ini disebabkan gel selulosa bakterial ini mengandung komponen-komponen non selulosa yaitu pektin, lignin, atau hemiselulosa seperti pada selulosa tanaman dan sisa bakteri yang masih ada dapat terdegradasi oleh NaOH,^{7,9} sehingga menambah kemurnian selulosa dan ikatan hidrogen yang terjadi antar molekul selulosa tidak terhalangi oleh komponen ketidakmurnian tersebut, selain itu dapat meningkatkan kekuatan tariknya. Dengan adanya agregat selulosa bakterial yang menyelubungi permukaan serat atau kain, maka permukaan serat atau mikrofibril pembentuk serat dari kain poliester akan bersifat hidrofil atau mempunyai MR lebih tinggi dibanding tanpa perlakuan. Sebagai pembandingan dari hasil penelitian sebelumnya telah dilakukan proses perendaman kain poliester dalam media tanpa pencucian dengan NaOH. Perlakuan

tersebut memberikan MR yang tidak permanen yang ditunjukkan dari hasil pencucian 1 kali, terjadi penurunan MR. Dengan proses fiksasi dengan NaOH, maka terjadi peningkatan hasil uji MR dan daya serapnya.

Daya Serap

Daya serap air adalah pergerakan dan penarikan air masuk ke dalam sel atau melintasi lapisan tipis dengan cara difusi atau osmosis.¹ Daya serap kain poliester yang telah mengalami pelapisan dengan selulosa bakterial merupakan kemampuan kain terhadap penyerapan air, yang dinyatakan dengan lamanya waktu penyerapan air ke dalam serat dari permukaan kain, seperti disajikan pada Gambar 3.



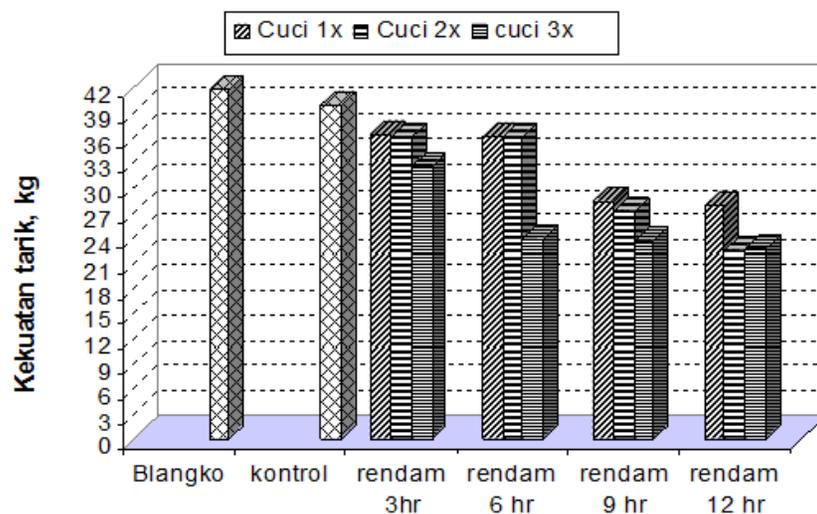
Gambar 3. Hasil Uji Daya Serap (Cara Tetes)

Molekul air terabsorpsi pada gugus hidrofil serat dan molekul air yang lain saling berikatan dengan molekul air yang telah terabsorpsi pada serat, sehingga membentuk suatu lapisan molekul air. Dengan adanya pelapisan selulosa bakterial pada kain poliester, maka daya serap air akan meningkat seiring dengan meningkatnya waktu perendaman dalam media *Acetobacter xylinum*. Semakin tinggi daya serap air, maka waktu penyerapan semakin cepat. Waktu penyerapan air tercepat menunjukkan daya serap air tertinggi dan dari hasil pengujian ditunjukkan pada kain dengan perendaman dalam medium *Acetobacter xylinum* selama 12 hari dan setelah pencucian sebanyak 1 kali pada mesin *Louder O-Meter* (setara 5 kali pencucian rumah tangga), yaitu 3,2 detik. Adapun daya serap kain poliester tanpa perlakuan (blangko) yaitu 96,64 detik dan kain kontrol 120 detik. Semakin tebal lapisan selulosa bakterial dan berdifusi sampai mikrofibril penyusun serat, maka daya serap air akan semakin tinggi. Dari data hasil uji daya serap menunjukkan bahwa pada umumnya waktu penyerapan pada berbagai variasi relatif singkat atau daya serapnya relatif baik.

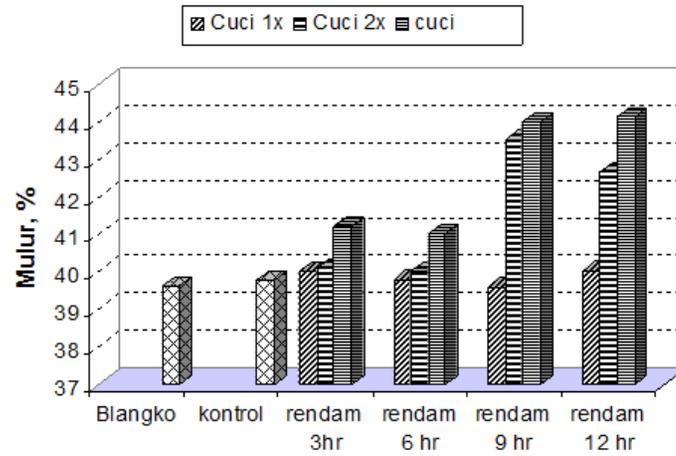
Kekuatan Tarik

Hasil uji kekuatan tarik kain poliester setelah dilapisi selulosa bakterial disajikan pada Gambar 4. Kekuatan tarik kain poliester (blangko) adalah 41,63 kg dan kain kontrol (setelah dicuci dengan NaOH) menurun menjadi 39,82 kg, karena poliester kurang tahan terhadap alkali kuat. Dengan perlakuan perendaman dalam medium *Acetobacter xylinum* yang dimaksudkan untuk memberikan sifat hidrofil, ternyata berpengaruh terhadap penurunan kekuatan tarik. Pada perendaman selama 3 dan 6 hari

penurunan kekuatan tariknya relatif sama yaitu sekitar 13,5 % terhadap kain blanko setelah kain dicuci 1 dan 2 kali dengan mesin *Louder O-Meter* (5 dan 10 kali pencucian rumah tangga). Penurunan kekuatan tarik tersebut meningkat pada pencucian 3 kali mesin *Louder O-Meter* (15 kali pencucian rumah tangga) yaitu 21,9 %. Sedangkan pada perendaman selama 9 dan 12 hari penurunan kekuatan tarik semakin meningkat yaitu 34,8 % pada pencucian 1 dan 2 kali. Selanjutnya pada pencucian 3 kali penurunannya mencapai 45 %, yaitu sebesar 23,24 kg, namun besarnya nilai tersebut masih memenuhi syarat kekuatan tarik kain tenun untuk setelan (suting) sesuai standar SNI 08-0056-2006, yaitu sebesar 23,0 kg. Penurunan kekuatan tarik tersebut kemungkinan karena pengaruh perendaman dan pencucian berulang, walaupun dalam proses perendaman terjadi pelapisan agregat selulosa bakterial. Pada saat air masuk ke dalam serat maka terjadi penggelembungan (*swelling*). Adanya penggelembungan dapat menimbulkan keretakan yang sangat kecil (*micro cracking*) yang dapat menurunkan sifat mekaniknya. Pada daerah non kristalin pada lapisan selulosa bakterial terdapat ikatan *crosslink* yang terbentuk antara molekul-molekul yang berdekatan.^{1,10} Ikatan ini akan mengurangi jumlah air yang terabsorpsi, namun apabila air dapat masuk karena pengaruh pencucian berulang, maka ikatan *crosslink* ini akan putus dan digantikan oleh molekul air. Selain itu pengaruh gerakan mekanik yang dikenakan pada kain dalam mesin cuci dapat mempengaruhi sifat fisik kain. Lamanya perendaman dalam medium *Acetobacter xylinum* juga berpengaruh pada penurunan kekuatan tarik seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Uji Kekuatan tarik Kain

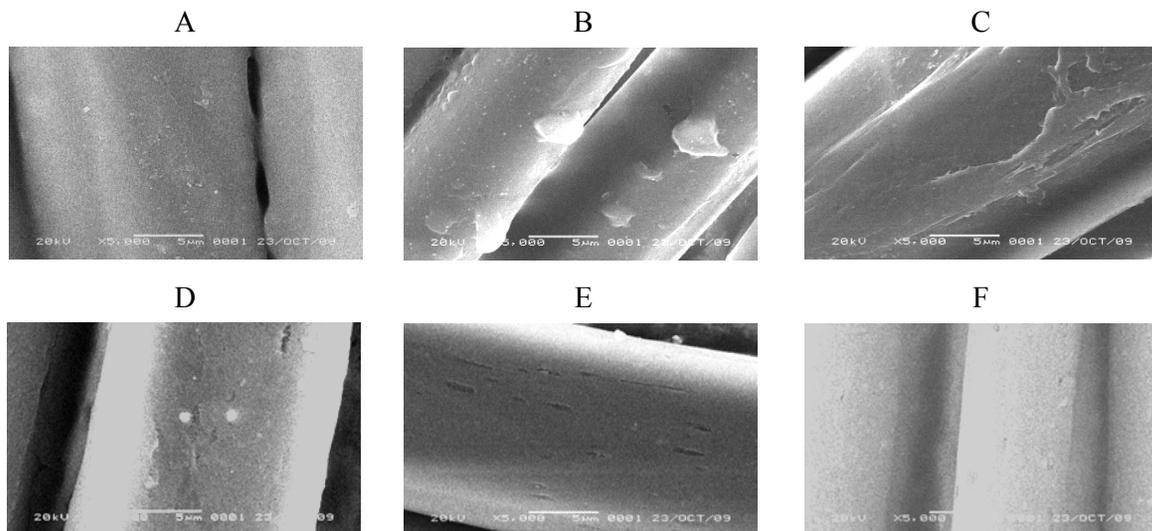


Gambar 5. Hasil Uji Mulur Kain Poliester

Mulur

Hasil uji mulur kain poliester setelah dilapisi selulosa bakterial disajikan pada Gambar 5. Pengaruh pencucian berulang dan gerakan mekanik yang dikenakan selama pencucian kemungkinan dapat mempengaruhi struktur serat dan stabilitas dimensi kain, sehingga akan berpengaruh pada mulurnya. Masuknya air ke dalam serat dapat mengganggu struktur yang ada dalam serat, sehingga memungkinkan terjadi perubahan sifat polimer, terutama pada daerah non kristalin yang cenderung memberikan ruang untuk masuknya

air. Pengelembungan serat terjadi karena molekul serat terdorong oleh molekul air yang terserap. Dengan adanya lapisan selulosa bakterial pada kain poliester, serat menjadi bersifat higroskopis dan dengan mudah dapat menyerap serta mengeluarkan air. Selain itu waktu perendaman dalam medium *Acetobacter xylinum* juga berpengaruh pada mulur serat. Pada perendaman selama 3 hari dan 6 hari mulur serat relatif sama, yaitu meningkat sekitar 2%, sedangkan pada perendaman selama 9 dan 12 hari meningkat sekitar 9% terhadap kain blangko. Namun peningkatan mulur tersebut relatif rendah.



Gambar 6. Hasil Foto SEM Poliester sebelum dan sesudah dilapisi Selulosa Bakterial Perbesaran 5000 x

Keterangan :

A : Blangko

B : Pelapisan dengan selulosa bakterial tanpa pencucian NaOH

C : Pelapisan dengan selulosa bakterial (rendam 3 hari), dengan pencucian NaOH

D : Pelapisan dengan selulosa bakterial (rendam 6 hari), dengan pencucian NaOH

E : Pelapisan dengan selulosa bakterial (rendam 9 hari), dengan pencucian NaOH

F : Pelapisan dengan selulosa bakterial (rendam 12 hari), dengan pencucian NaOH

Morfologi

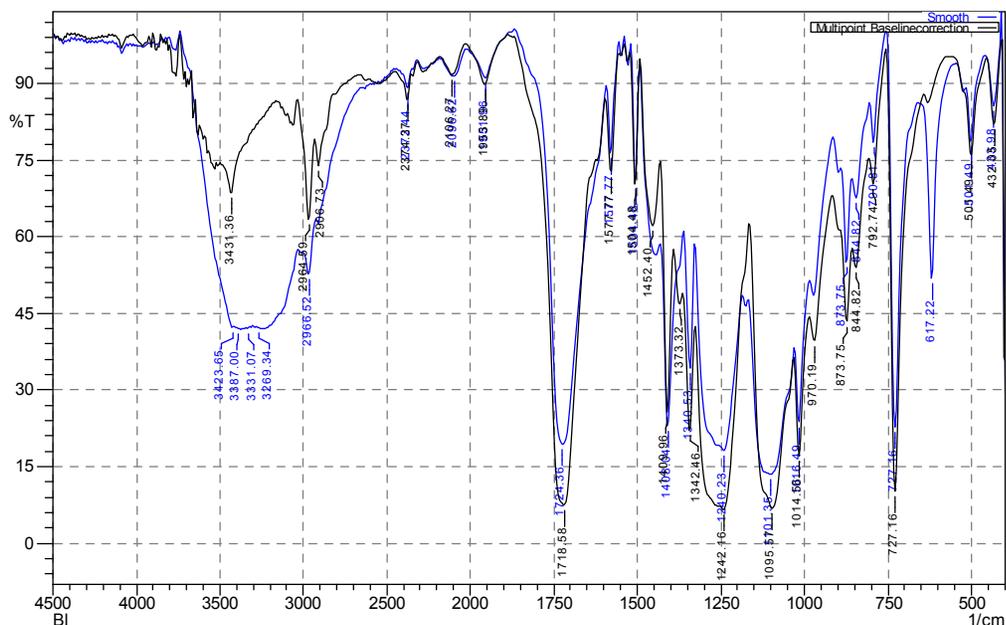
Foto SEM hasil percobaan pelapisan selulosa bakterial pada kain poliester disajikan pada Gambar 6. Pada Gambar 6.B. yaitu pelapisan kain poliester dengan selulosa bakterial dalam medium *Acetobacter xylinum* dan tanpa pencucian dengan NaOH, terlihat adanya partikel-partikel yang menempel pada permukaan serat dan seolah-olah mudah terlepas. Partikel tersebut kemungkinan adalah sisa bakteri dan komponen non selulosa yaitu hemiselulosa, pektin atau lignin seperti telah dikemukakan di atas. Ketidakmurnian komponen non selulosa dari hasil pembentukan selulosa bakterial tersebut masih menempel pada permukaan serat karena belum dilakukan pencucian dengan NaOH. Proses alkalisasi mengakibatkan pektin dan hemiselulosa terdegradasi yaitu melalui pemecahan ikatan glukosida dari pektin dan aspek oleh alkali, sehingga diperoleh pektin yang larut dalam air. Demikian pula rantai metil ester dari pektin akan putus menghasilkan asam pektik dan metanol. Sedangkan hemiselulosa yang merupakan polimer heterogen dari pentosa, heksosa dan gula dalam bentuk rantai pendek yang terorientasi dalam molekul selulosa akan terdegradasi oleh alkali.⁹ Selain pemurnian proses dengan alkali akan membantu selulosa bakterial dapat terdorong masuk ke dalam serat atau fibril serat. Dibandingkan dengan foto A yaitu kain poliester tanpa perlakuan (blangko) terlihat permukaan seratnya bersih dengan penampang bulat.

Pada Gambar 6.C yaitu kain poliester dengan perendaman dalam medium *Acetobacter*

xylinum selama 3 hari dilanjutkan dengan pencucian dengan NaOH, terlihat adanya agregat selulosa bakterial yang menyelubungi permukaan serat secara tidak merata. Hal ini kemungkinan pembentukan selulosa bakterial tidak masuk ke dalam mikrofibril penyusun serat poliester karena waktu perendaman kurang lama, sehingga sebagian hanya menumpuk pada permukaan serat.

Pada Gambar 6.D yaitu kain poliester dengan perendaman dalam medium selama 6 hari dilanjutkan dengan pencucian dengan NaOH, menunjukkan permukaan serat rata dan sedikit/tidak terdapat agregat yang menggumpal pada permukaan serat. Dengan waktu perendaman yang dilakukan lebih lama akan memberikan kesempatan agregat selulosa yang terbentuk dapat berdifusi ke dalam mikrofibril dan menyelubungi serat secara lebih merata.

Pada Gambar 6.E yaitu kain poliester dengan perendaman dalam medium selama 9 hari dilanjutkan dengan pencucian dengan NaOH, terlihat permukaan serat lebih rata dibandingkan Gambar 6.D Dengan waktu perendaman yang lebih lama memungkinkan selulosa bakterial lebih sempurna menyelubungi serat dan mikrofibril penyusun serat. Demikian juga halnya dengan waktu perendaman yang lebih ditingkatkan lagi yaitu 12 hari seperti terlihat pada Gambar 6.F, terlihat permukaan serat yang sangat rata dan hampir tanpa adanya gumpalan-gumpalan agregat.



Gambar 7. Kurva FTIR Kain Poliester sebelum dan setelah Pelapisan dengan Selulosa Bakterial

Keterangan :

Blanko : Kain poliester tanpa perlakuan (grafik atas)

Contoh : Kain poliester dengan pelapisan selulosa bakterial (grafik bawah)

Analisa gugus fungsi

Untuk mengetahui selulosa telah melapisi kain poliester setelah proses perendaman, maka dilakukan uji FTIR yang disajikan pada Gambar 7. Gugus fungsi yang terdapat didalam poliester dan selulosa bakterial dapat diidentifikasi menggunakan spektroskopi infra merah. Prinsip kerja dari metode ini adalah penyerapan radiasi infra merah oleh sampel agar mengalami perpindahan ke tingkat vibrasi tereksitasi pertama. Seperti diketahui bahwa struktur poliester mengandung cincin benzena dari gugus $-\text{CH}_2$ dan $-\text{CO.O}$. Puncak serapan terjadi pada poliester yang belum dilapisi selulosa bakterial adalah OH yang terjadi pada bilangan gelombang $3431,36 \text{ cm}^{-1}$, CH_3 pada $2964,59 \text{ cm}^{-1}$, CH_2 pada $2906,73 \text{ cm}^{-1}$, C-O pada $1718,58 \text{ cm}^{-1}$, ester pada $1373,32 \text{ cm}^{-1}$ serta CH pada $617,22 \text{ cm}^{-1}$. Setelah mengalami pelapisan dengan selulosa bakterial terjadi perubahan serapan pada daerah puncak serapan OH mengalami pelebaran yaitu pada bilangan gelombang $3423,65 \text{ cm}^{-1} - 3469,34 \text{ cm}^{-1}$, karena adanya penambahan ikatan hidrogen pada pembentukan selulosa saat pelapisan kain. Puncak serapan CH_2 , CH_3 , ester dan CH pada kain yang telah dilapisi selulosa tidak tampak pada hasil analisa. Dapat dibuktikan bahwa setelah proses perendaman, kain poliester telah dilapisi oleh selulosa bakterial.

Pencelupan kain poliester

Salah satu cara yang dapat membuktikan selulosa bakterial melapisi kain poliester adalah dengan cara melakukan pencelupan. Pencelupan dilakukan dengan menggunakan zat warna yang sesuai untuk selulosa yaitu zat warna tekstil jenis reaktif panas dengan gugus reaktif monoklorotriazin. Sebagai pembanding dilakukan pula pencelupan pada kain kapas 100 %. Hasil pencelupan menunjukkan bahwa kain kapas memberikan warna merah tua, karena gugus fungsi pada zat warna reaktif mengadakan ikatan kovalen dengan gugus OH dan COOH pada selulosa (kapas).



Gambar 8. Hasil Pencelupan Kain Selulosa (Kiri) dan Kain Poliester yang Dilapisi Selulosa Bakterial (Kanan)

Adapun zat warna reaktif tidak dapat mewarnaikan poliester, namun hasil pencelupan pada kain poliester yang telah dilapisi selulosa bakterial memberikan warna merah muda secara merata pada kain. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi ikatan antara gugus reaktif pada zat warna reaktif dengan gugus OH pada selulosa bakterial yang melapisi serat poliester dan lapisan selulosa bakterial pada serat atau mikrofibril serat dan berhasil merata pada kain poliester.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

- Perlakuan dengan selulosa bakterial pada kain poliester dengan cara perendaman dalam medium *Acetobacter xylinum* dapat merubah sifat hidrofob menjadi hidrofil, dengan ditunjukkan terjadinya peningkatan MR dan daya serapnya terhadap air.
- Perlakuan dengan NaOH 3 % setelah proses perendaman dapat menghilangkan ketidakhadiran selulosa bakterial yang melapisi kain dan meningkatkan fiksasi selulosa ke dalam serat poliester seperti ditunjukkan pada hasil uji SEM dan hasil pencelupan dengan zat warna reaktif.
- Proses pencucian berulang pada kain poliester yang telah dilapisi selulosa bakterial untuk mengetahui keawetannya/bersifat permanen. Hasil optimum didapat pada kain poliester dengan perendaman 6 hari dalam medium *Acetobacter xylinum* dan setelah pencucian 2 kali dengan mesin Lounder-O Meter (10 kali pencucian rumah tangga), dengan hasil uji MR 1,02 %, daya serap 4,22 detik, kekuatan tarik 36,8 kg dan mulur 39,7 %, sedangkan blangko menunjukkan nilai MR 0,4% daya serap air 96,64 detik, kekuatan tarik 41,63 kg dan mulur 39,4 %.

Saran

Perlu peningkatan konsentrasi bakteri selulosa misalnya dengan pemberian variasi nutrisi dll., atau pemilihan jenis bakteri selulosa yang spesifik, agar waktu perendaman dapat dikurangi dan lapisan selulosa bakterial pada serat lebih tebal, pencucian berulang yang dikenakan dapat bertambah, sehingga MR dan daya serap dapat ditingkatkan.

PUSTAKA

- ¹ Morton, WE and J.W.S. Hearle (1993), *Physical Properties of Textile Fibers*, The Textile Institute, Woodhead Publishing Limited, London.
- ² BrownElvie E. dan Richard M.S.(2007), *Bacterial cellulose/ThermoplasticPolymer Nanocomposite*, Theses, Washington State University

-
- ³SasithornKongruang(2008), Bacterial Cellulose Production by *Acetobacter xylinum* Strains from Agricultural Waste Product, *Appl Biochem Biotechnology*, 148: 245 - 256
- ⁴ Byrom, D. (1991), Microbiol cellulose, *Journal of Biomaterials*, pp. 263-284, Stockton Press, New York, N.Y., USA
- ⁵ Bielecki S, A. Krystynowicz, M. Turkiewicz, H. Kalinowska, (2005), *Bacterial Cellulose In: Polysaccharaides and Polyamides in the Food Industry*, A. Steinbuchel, S.K. Rhee (Eds.), Wiley-VCH Verlag, Weinhein, Germany pp. 31-85
- ⁶ Köhler, L. (2001), "Natural Cellulose Fibers : Properties, *Encyclopedia Material : Science and Technology*", Elsevier Science Ltd.
- ⁷ Bambang Piluharto, (2008), "Kajian Sifat Fisik Film Tipis Nata de Coco sebagai Membran Ultrafiltrasi", Universitas Jember
- ⁸ Shibazaki H., 1993, "Bacterial Cellulose Membrane As Separation Medium", *Journal of Applied Polymer Science*, 50.
- ⁹ Saha B. C, et all, 2001, *Hemicellulose bioconversion* , Fermentation Biotechnology Research Unit, National Center forAgricultural Utilization Research, Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture, 1815 North University Street.
- ¹⁰ Iguchi M., 2000, Review Bacterial Cellulose-A Materpiece of Nature's Arts", *JournalMaterial Science*, 35.
-