

PERBAIKAN MUTU SERAT SUTERA DARI KOKON LIMBAH MELALUI PROSES GRAFTING DENGAN METIL METAKRILAT DAN METAKRILAMIDA UNTUK PEMBUATAN KAIN

(IMPROVEMENT QUALITY OF SILK FIBRE FROM WASTE COCOON USED IN FABRIC MAKING THROUGH GRAFTING PROCESS USING METHYL METHACRYLATE AND METHACRYLAMIDE)

Rifaida Eriningsih dan Rini Marlina

Balai Besar Tekstil, Jl. Jend. A. Yani No 390 Bandung
texirdti@bdg.centrin.net.id

ABSTRAK

Serat sutera Kokon limbah secara visual sebagian besar berwarna kecoklatan dimungkinkan sudah terkontaminasi mikroorganisme, yang dapat ditunjukkan dari hasil absorpsi spektrum IR dan kekuatan tariknya yang relatif rendah (2,57 g/denier). Serat tersebut dapat dibuat benang stapel dan kain dengan memperbaiki mutunya dengan proses *grafting* menggunakan monomer metil metakrilat (MMA) dan metakrilamida (MAA) pada variasi konsentrasi 0,6 mol/L – 0,9 mol/L dengan amonium persulfat sebagai inisiator.

Dari beberapa pengujian serat setelah proses *grafting* menunjukkan peningkatan sifat fisika dan sifat termal. Kondisi optimum diperoleh pada penggunaan monomer MAA 0,8 mol/L yang menghasilkan kekuatan tarik 4,3 g/denier, mulur 15,23 %, sifat termal (TGA dan DTA) yang relatif meningkat, tahan luntur warna terhadap pencucian dengan nilai sangat baik (4 – 5 skala abu-abu), serta memberikan sifat pegangan yang masih lembut dan halus. Aplikasi proses *grafting* pada serat kokon limbah dilakukan dalam skala produksi untuk selanjutnya dipintal dan ditunen (ATBM dan jaquard) serta dirajut, yang menghasilkan benang, kain tenun, kain tenun jaguard dan kain rajut, kemudian di celub.

Hasil uji sifat fisika benang yang diperoleh memberikan nilai relatif tidak berbeda dibandingkan benang kapas. Pada nomor yang sama, produk kain yang dihasilkan menunjukkan sifat fisik relatif baik dan hasil uji tahan luntur warna setelah pencelupan memberikan nilai baik.

Kata kunci : Kokon limbah, *grafting*, metakrilamida, metil metakrilat.

ABSTRACT

The silk fibres from waste cocoons mostly showed browner in visual manner, they were quite possible contaminated by micro organism and could be indicated from the tests result of IR spectra absorption and the lower breaking strength (2.57 g/denier). Their fibres were processed to be staple yarns and fabrics with improving their quality by grafting process using methyl methacrylate (MMA) and methacrylamide (MAA) monomers in concentration of 0.6 mol/L – 0.9 mol/L respectively, with ammonium per sulphate as initiator.

The test result of grafted fibres showed improvement its physical and thermal properties. The optimum condition was obtained by using 0.8 mol/L MAA monomer with their result included 4.3 g/denier of breaking strength, 15.23 % of elongation, increasing in thermal properties (TGA and DTA), very good level in colour fastness to washing (4 – 5 of grey scale), and still in good level of soft handle and smooth appearance. The grafting process was then applied to the fibres of waste cocoon in production scale followed by spinning, weaving (ATBM and jaquard), knitting, and finally dyed.

The physical tests result of yarns produced from grafted staple fibres at optimum condition indicated similar result compared to cotton yarn at the same count number. The products of fabrics indicated good physical properties and good colour fastness to washing after dyeing.

Key words : Waste cocoons, *grafting*, methacrylamide, methyl methacrylate.

I. PENDAHULUAN

Sutera merupakan jenis komoditi tekstil bernilai tinggi. Untuk menghasilkan sutera yang berkualitas tinggi, banyak faktor yang mempengaruhi antara lain peralatan, proses, ketrampilan perajin dan kualitas kokon.

Proses awal pada pengolahan sutera yaitu seleksi kokon untuk memisahkan kokon cacat, karena hasil pemeliharaan kokon tidak semua mulus. Apabila kokon tersebut tercampur dengan kokon normal akan mengganggu dalam proses. Kokon cacat hasil seleksi di IKM pengolah sutera pada umumnya berkisar 3% sampai dengan 9%, hal ini bergantung pada berbagai faktor yang mempengaruhi proses pengokonan seperti suhu, kelembaban, arus udara, makanan dan lain-lain. Kokon cacat biasanya diolah menjadi benang kasar dengan kualitas relatif rendah, atau dibuat barang kerajinan, namun sering dibuang begitu saja. Apabila tidak dimanfaatkan kokon limbah harus segera dibuang karena akan menimbulkan penyakit. Pada Gambar 1 disajikan kokon normal (A) yang berbentuk bulat telur dengan warna putih bersih dan tidak terdapat noda pada permukaannya, serta kokon cacat (B) yang bentuknya tidak teratur dan warnanya kecoklatan, kemungkinan karena ternodai oleh pupa yang sudah mati atau



Gambar 1 . Kokon terseleksi (A) dan kokon limbah (B).

sudah terkontaminasi mikroorganisme. Mikroorganisme dapat tumbuh dan berkembang pada bahan tekstil dan akan berbentuk noda yang tidak merata, biasanya berwarna abu-abu sampai hitam, atau dapat juga berwarna kuning, orange, merah dan coklat dengan karakter bau yang spesifik. Mikroorganisme yang tumbuh pada serat protein seperti sutera biasanya jenis jamur *Keratinofilik* yang dapat hidup dan merusak serat tersebut. Adanya mikroorganisme tersebut dapat mengakibatkan biodegradasi seperti perubahan warna dan perubahan sifat fisika serta kimia (Kareem Abel, 2002).

Jenis kokon cacat atau kokon limbah antara lain adalah kokon yang berisi ulat mati, kokon berlubang, kokon bernoda, kokon berkulit jarang, kokon berkulit tipis, kokon tergencet, kokon berserabut, kokon berjamur dan kokon berbentuk abnormal.

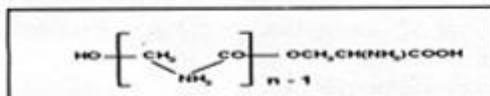
Dari hasil penelitian sebelumnya (Tsukada, 1998) terhadap serat sutera tussah (sutera liar) yang mempunyai sifat ketahanan gosok dan ketahanan kusut rendah, telah dilakukan proses *grafting* menggunakan metakrilamida (MAA) dan 2-hidroksietil metakrilat (HEMA) dengan sistem redoks. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan terhadap sifat-sifat tersebut. Hasil lainnya ialah serat wol yang diproses *grafting* dengan butil Metakrilat dapat mempengaruhi penambahan berat dan mengurangi degradasi termal (Xiang-Ying Meng, 2004).

Berdasarkan hasil tinjauan pustaka tersebut, maka dalam penelitian ini dilakukan proses *grafting* terhadap serat dari kokon limbah dengan tujuan memperbaiki kualitas seratnya untuk dapat dibuat benang dan kain. Proses ini dilakukan dengan menggunakan 2 jenis monomer* yaitu metil metakrilat

(MMA) dan metakrilamida (MAA) dan untuk membandingkan pengaruhnya terhadap perbaikan kualitas serat. Teknik *grafting* ini dimaksudkan untuk menambah monomer pada gugus-gugus reaktif molekul sutera, dengan amonium persulfat sebagai inisiator.

Sutera merupakan serat protein, molekul sutera terdiri atas serisin dan fibroin. Serisin adalah protein albumin yang perlu dihilangkan melalui proses pemasakan agar serat berkilau, halus, pegangan lembut dan meningkatkan daya serap. Fibroin adalah serat sutera yang dibentuk dari gabungan asam-asam amino yang berbeda dengan ikatan peptida membentuk rantai polipeptida. Jenis asam-asam amino tersebut terutama glisin, alanin, serin dan tirosin yang mempunyai gugus amino reaktif (NH_2) dan karboksilat (COOH). (David, 1994). Dari ke empat jenis asam amino tersebut, diperkirakan struktur serin lebih memungkinkan untuk membentuk reaksi kopolimerisasi kondensasi dengan kedua jenis monomer metil metakrilat (MMA) dan metakrilamida (MAA), karena kedua ujung monomer mengandung gugus reaktif $-\text{OH}$ dan $-\text{COOH}$ seperti ditunjukkan pada Gambar 2 (Morrison and Boyd, 1981).

Dengan proses *grafting* diharapkan terjadi modifikasi rantai utama polipeptida dan asam-asam amino dari struktur molekul serat sutera kokon limbah, sehingga dapat memperbaiki serat dari kokon cacat. Selain itu penelitian ini juga dimaksudkan untuk memberikan nilai tambah pada kokon limbah yang selama ini belum dimanfaatkan sepenuhnya.



Gambar 2. Struktur Serin dalam Fibroin

II. BAHAN DAN METODA

2.1 Bahan

Kokon limbah (kokon cacat) dan kokon normal (kokon terseleksi) yang diambil dari IKM Pengolah sutera di Bogor, sabun non deterjen, zat pembasah, zat warna asam serta zat-zat pembantunya untuk proses pencelupan dan zat-zat kimia yang termasuk *commercial grade* yaitu natrium karbonat, metil metakrilat (MMA), metakrilamida (MAA), amonium persulfat (APS) dan asam formiat.

2.2 Peralatan

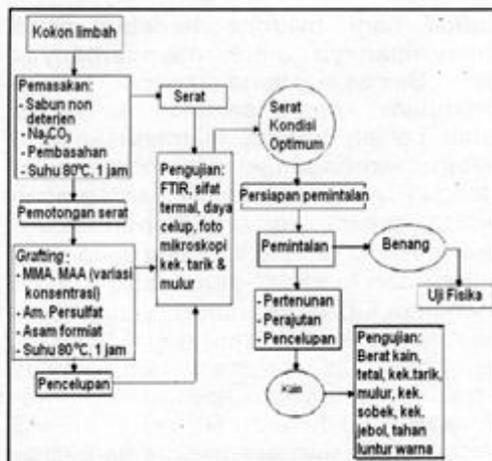
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya : Bak untuk pemasakan, alat *hand card*, peralatan untuk persiapan pemintalan, alat pintal, alat tenun ATBM, mesin rajut datar, alat pencelupan, alat uji kekuatan tarik serat merek Fafegraph M, FTIR spectrometer merek Perkin Elmer tahun 1999, TGA merek Setaram dan photomicroscope merek Micro-macro Vision.

2.3 Metoda Penelitian

Metoda penelitian dilakukan sesuai diagram alir pada Gambar 3.

1) Persiapan Bahan Baku

Kokon limbah dimasak dengan sabun non deterjen, alkali lemah dan pembasah pada suhu 80°C selama 1 jam. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan serisin yang terkandung pada serat berupa *gummy protein* yang meliputi bagian luar fibroin yang bersifat amorf (Gulrajani, 1992). Dari kokon yang telah dimasak ini diperoleh serat filamen dan dengan alat *hand card* serat digaruk, sehingga diperoleh serat filamen yang rata, selanjutnya dipotong-potong menjadi serat stapel sepanjang 2 inci.



Gambar 3. Diagram alir Percobaan

2) Proses Grafting

Terhadap serat stapel kokon limbah yang telah dimasak, selanjutnya dilakukan proses *grafting* dengan monomer metil metakrilat (MMA) dan metakrilamida (MAA) dan masing-masing pada variasi konsentrasi 0,6 mol/L - 0,9 mol/L dengan amonium persulfat 0,05 mol/L sebagai inisiator. Kondisi larutan pada pH 3-4 dengan penambahan asam formiat, proses dilakukan pada suhu 80°C selama 1 jam.

3) Proses pencelupan

Proses pencelupan menggunakan zat warna asam Chloranyl Red H-E3B dan Chloranyl Blue P-2R untuk mengetahui daya celup serat yang telah di *grafting*.

4) Proses Pemintalan, Pertenuan dan Perajutan

Serat stapel setelah diproses *grafting* pada kondisi optimum, selanjutnya dipintal menjadi benang, ditunen (ATBM dan Jaquard) dan dirajut dengan mesin rajut datar.

5) Pengujian

a. Pengujian serat :

FTIR (metoda Fourier Transmittance Infra Red Spectrofotometri), analisa termal (TGA & DTA), penambahan berat (cara penimbangan), daya celup dengan proses pewarnaan, penampang serat dengan alat fotomikroskopi, kekuatan tarik dan mulur (SNI 0786 - 1989).

b. Pengujian benang :

Nomor benang (SNI 0268-1989), Kekuatan tarik dan mulur (SNI 0780-1989), TPI (SNI 0270-1989)

c. Pengujian kain :

Berat kain (SNI 0274-1989), Tetal (SNI 0275-1989), kekuatan tarik dan mulur (SNI 0276-1989), kekuatan sobek (SNI 0338-1989), kekuatan jebol (SNI 0617-1989), tahan luntur warna terhadap pencucian (SNI 08-0285-1998).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil proses *grafting* pada serat sutera kokon limbah untuk diproses lanjut menjadi produk benang dan kain, dapat dibahas hal-hal sebagai berikut :

3.1 Kualitas Serat Kokon Limbah

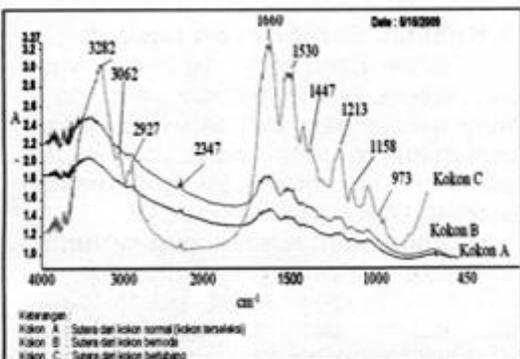
Bahan baku yang digunakan yaitu serat sutera kokon limbah yang pada umumnya warnanya sudah kecoklatan, diperkirakan ternodai pupa yang sudah mati atau terkontaminasi jamur/bakteri seperti terlihat pada Gambar 1B.

Untuk mengetahui gugus fungsi pada serat kokon limbah dilakukan uji FTIR dari 2 jenis serat kokon cacat yaitu kokon bernoda dan kokon berlubang yang diambil untuk mewakili berbagai jenis kokon cacat, serta serat dari kokon normal, seperti disajikan

pada Gambar 4. Ketiga kurva memberikan puncak-puncak pada bilangan gelombang yang hampir sama.

Hal ini menunjukkan bahwa struktur kimia serat-serat tersebut sama, namun terdapat perbedaan tinggi puncak yang dibentuk dari serapan amina yaitu pada bilangan gelombang 1158 cm^{-1} , 1213 cm^{-1} , 1447 cm^{-1} , dan 3282 cm^{-1} , serta serapan amida dan C-H pada bilangan gelombang 1530 cm^{-1} dan 1660 cm^{-1} . Perbedaan tinggi puncak disebabkan perbedaan konsentrasi gugus-gugus fungsi yang diserap spektrum yang terlihat jelas pada sutera sutera dari kokon berlubang (kokon C), sedangkan pada kokon bernoda (kokon B) tidak terlalu besar perbedaannya. Puncak pada bilangan gelombang 973 cm^{-1} , 2927 cm^{-1} dan 3062 cm^{-1} pada kurva yang dibentuk dari sutera kokon C masing-masing menunjukkan adanya gugus karboksilat, amina primer dan asam amino, sedangkan pada kokon B dan kokon A hal ini tidak terlihat.

Perbedaan konsentrasi tersebut kemungkinan disebabkan adanya jamur atau bakteri yang hidup pada serat. Jamur/bakteri menghasilkan enzim dan akan menyerap protein yang merupakan



Gambar 4. Kurva FTIR Sutera Mentah dari Kokon Limbah dan Kokon Normal

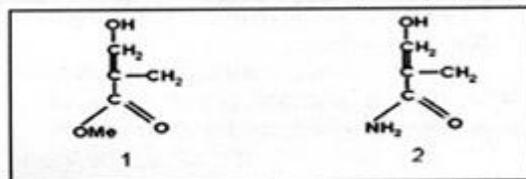
nutrisi bagi mikroba tersebut serta menyimpannya untuk memperbanyak diri. Semakin lama kokon limbah disimpan, kokon semakin berwarna lebih coklat, karena memberi kesempatan mikroba untuk berkembang biak. Dengan demikian dimungkinkan serapan amida, amina, karboksilat dan asam-asam amino yang terkandung pada serat sutera dari kokon C dan kokon B akan menumpuk bersama nutrisi yang disimpan oleh mikroba untuk dapat berkembang biak. Oleh karena itu gugus-gugus fungsi yang terekam spektrum IR menunjukkan konsentrasi relatif tinggi pada sutera dari kokon C, selanjutnya berturut-turut pada kokon B dan A.

Selain itu dari hasil uji kekuatan tarik serat dari kokon limbah menunjukkan nilai rata-rata $3,86\text{ g}$ (tenacity $2,57\text{ g/denier}$) dengan mulur $11,6\%$, sedangkan serat dari kokon normal kekuatannya adalah $(4 - 4,5)\text{ g/denier}$ dengan mulur $(20-25)\%$ (David, 1994). Dari hasil uji FTIR, kekuatan tarik dan kenampakan secara visual serat kokon limbah, maka kualitas serat yang relatif rendah ini diupayakan perbaikan kualitasnya melalui proses *grafting*.

3.2 Reaksi Grafting

MMA dan MAA merupakan monomer yang digunakan untuk *graft* kopolimerisasi pada serat sutera kokon limbah yang telah dimasak. Struktur molekul MMA dan MAA adalah seperti pada Gambar 5 (Morrison and Boyd, 1981).

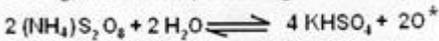
Amonium persulfat (APS) yang



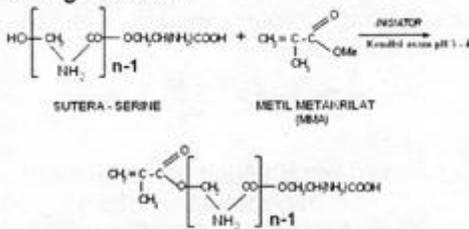
Gambar 5. Monomer MMA (1) dan MAA (2)

digunakan sebagai inisiator pada proses *grafting* bersifat oksidator kuat, merupakan garam asam dengan struktur $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$.

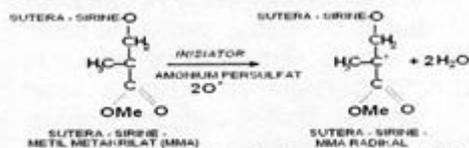
APS akan membebaskan oksigen aktif (O_2^-) atau biasa disebut *O nascent* (O_n), yang mulai terbentuk pada suhu 30°C , dan akan semakin banyak membebaskan O_n pada suhu yang lebih tinggi ($>30^\circ\text{C}$), dengan reaksi sebagai berikut (Isminingsih, 1991):



Telah dikemukakan bahwa struktur serin pada sutera lebih memungkinkan untuk membentuk reaksi kopolimerisasi kondensasi dengan monomer MMA dan MAA seperti ditunjukkan pada Gambar 2, sehingga reaksi yang terjadi dari hasil proses *grafting* dengan monomer MMA adalah sebagai berikut:

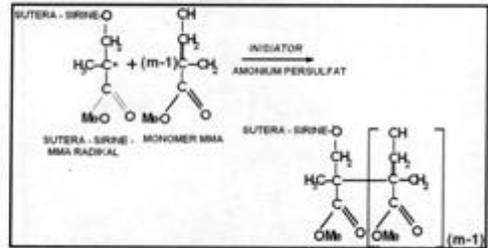


Selanjutnya reaksi Sutera-Serin-MMA dengan inisiator APS, menghasilkan Sutera-Serine-MMA radikal:



Reaksi lanjut Sutera-Serine-MMA radikal dengan sejumlah monomer MMA, serta inisiator APS, menghasilkan Sutera-Serine-MMA seperti disajikan pada Gambar 6.

Demikian pula dengan reaksi yang terjadi pada proses *grafting* menggunakan monomer MAA dengan inisiator APS yaitu reaksi asam amino

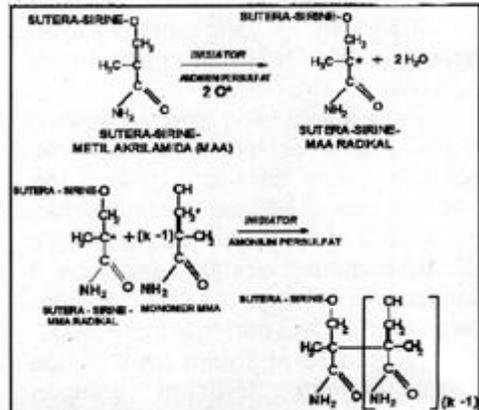


Gambar 6. Hasil *Grafting* antara sutera serin dengan MMA

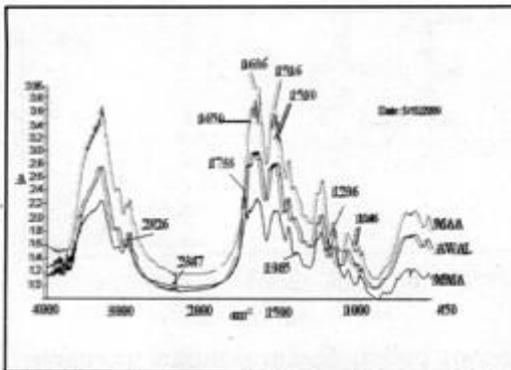
(serin) dalam fibroin dengan monomer MAA menghasilkan sutera serin MAA, seperti disajikan pada Gambar 7.

Dari hasil reaksi yang terjadi antara sutera kokon limbah baik dengan monomer MMA maupun MAA terlihat adanya penambahan atau penempelan monomer tersebut, sehingga terjadi peningkatan jumlah, panjang dan distribusi rantai cabang struktur sutera fibroin yang dalam reaksi ini digambarkan sebagai sutera serin. Reaksi *graft* kopolimerisasi tersebut dapat dibuktikan dari analisa gugus fungsi yang terserap spektrum IR seperti disajikan pada Gambar 8.

Struktur molekul sutera yang di *grafting* dengan monomer MMA maupun MAA menunjukkan terjadinya



Gambar 7. Hasil *Grafting* antara Sutera Serin dengan MAA



Gambar 8 . Kurva FTIR Serat Sutera Kokon Limbah setelah Proses *Grafting*

modifikasi struktur molekul. Hal ini bergantung pada jumlah gugus-gugus yang mampu bereaksi dengan sutera dan susunannya terjadi dalam struktur fibroin dalam mikrofibril. Struktur molekul serat menjadi berbeda dan rantai polimer serat menjadi lebih besar karena adanya polimerisasi. Selain terjadi *graft* polimer juga terjadi homopolimerisasi diantara fibroin. Oleh karena itu pada sutera yang di *grafting* dengan monomer MAA terdapat puncak pada bilangan gelombang 2347 cm^{-1} yang menunjukkan terjadinya serapan amina, CH_2 dan alkana, serta serapan spektrum IR pada 1516 cm^{-1} dan 1636 cm^{-1} yang menunjukkan gugus C=O dan N-H dari amida primer pada polimer MAA (PMAA).

Pada sutera yang diproses *grafting* dengan monomer MMA, pita serapan spektrum pada bilangan gelombang 1146 cm^{-1} dan 1365 cm^{-1} menunjukkan gugus C-O dari gugus ester PMMA. Puncak dominan lainnya adalah pada bilangan gelombang 1733 cm^{-1} menunjukkan gugus C=O dari molekul PMMA.

Pada serat sutera awal (tanpa proses *grafting*) terdapat serapan spektrum pada pita 1510 cm^{-1} dan 1650 cm^{-1} , menunjukkan gugus C=O dan N-

H masing-masing dari amida I dan amida II. Posisi puncak lainnya pada 2926 cm^{-1} menunjukkan deformasi masing-masing gugus C-H dan N-H.

Dari serapan IR yang letaknya bergeser baik pada kurva serat dengan *grafting* MAA maupun MMA terhadap kurva serat awal, menunjukkan terjadinya polimerisasi.

3.3 Perubahan Sifat Fisika dan Kimia

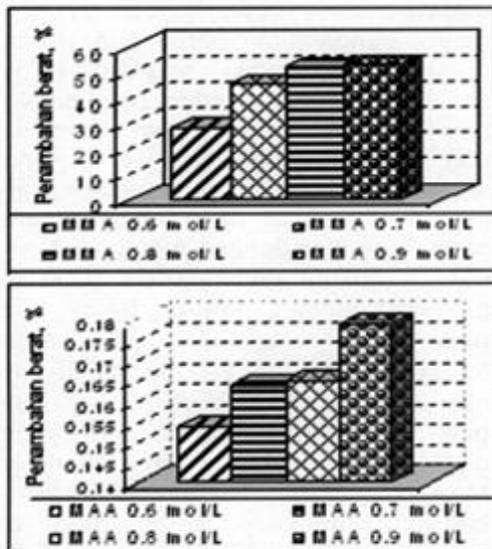
Sutera merupakan protein dari gabungan asam-asam amino yang berbeda dengan ikatan peptida membentuk rantai polipeptida. Dengan proses *grafting* yang dilakukan pada sutera terjadi modifikasi rantai utama polipeptida dan gugus-gugus asam amino, yaitu pengembangan pada polimer sutera diikuti penambahan monomer MMA atau MAA. Salah satu sifat fisik yang terjadi adalah peningkatan berat sutera yang dapat dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$\% \text{ Penambahan berat} = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

W_2 dan W_1 : berat kering serat sebelum dan sesudah *grafting*.

Dari persamaan tersebut, maka dapat dihitung penambahan berat serat sutera setelah proses *grafting* dengan monomer MMA (Gambar 9 A) dan MAA (Gambar 9 B). Pada gambar tersebut terlihat adanya perbedaan penambahan berat yang relatif tinggi untuk serat yang diproses *grafting* dengan monomer MMA dibandingkan dengan MAA. Semakin meningkat konsentrasi monomer yang ditambahkan, maka penambahan beratnya semakin besar. Pada kondisi optimum yaitu pada konsentrasi monomer 0,9 mol/L MAA diperoleh penambahan berat sebesar 0.179 %, sedangkan dengan MMA sebesar 53,4 %. Perbedaan tersebut



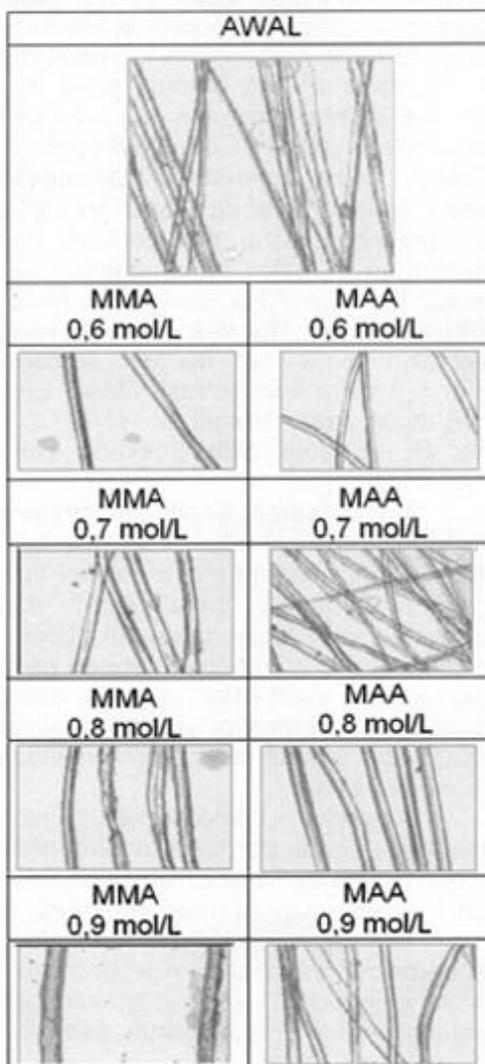
Gambar 9 . Penambahan berat pada serat kokon limbah setelah proses *grafting*

disebabkan perbedaan sifat fisika maupun kimia serat setelah proses *grafting* yang tidak hanya bergantung pada panjangnya *grafting*, tetapi juga karakteristik gugus fungsi monomer yang ditambahkan seperti reaktivitas kimia monomer terhadap struktur fibroin serat. Reaktivitas monomer MMA diperkirakan lebih tinggi untuk membentuk *graft* kopolimerisasi dibandingkan monomer MAA. Reaksi kimia yang dapat terjadi dimungkinkan adalah polimerisasi monomer-monomer individu, kopolimerisasi antar monomer dan juga *grafting* dari monomer dan makromonomer dalam fibroin sutera.

Besarnya penambahan berat juga dapat terlihat secara kualitatif dari hasil fotomikroskopi penampang longitudinal serat seperti disajikan pada Gambar 10. Sutera mempunyai sifat halus dengan pegangan lembut, terutama setelah dihilangkan serisinnya. Hal ini tampak pada penampang

longitudinal dari serat sutera awal setelah proses pemasakan.

Setelah proses *grafting* dengan monomer MMA atau MAA terlihat adanya lapisan film pada dinding serat.



Gambar 10 . Hasil Fotomikroskopi Penampang Longitudinal Serat Kokon Limbah setelah Proses *Grafting* dengan MMA dan MAA

Semakin tinggi konsentrasi monomer tersebut seiring dengan semakin besar % penambahan beratnya, maka lapisan film tersebut semakin tebal, namun lapisan film pada serat yang di *grafting* dengan monomer MMA terlihat lebih tebal dibandingkan dengan MAA. Keadaan tersebut kemungkinan disebabkan terdapatnya PMMA granula yang menempel pada permukaan serat dengan terjadinya oligomer dari homopolimer PMMA yang menutupi permukaan serat. Hal ini dapat dibuktikan dari sifat pegangannya yang memberikan efek pegangan semakin kasar dengan semakin meningkatnya konsentrasi MMA. Demikian juga sifat kekakuannya yang semakin meningkat dengan semakin meningkatnya konsentrasi MMA. Efek pegangan dan kekakuan serat diuji secara kualitatif oleh 3 orang yang berpengalaman.

Pada serat yang di *grafting* dengan MAA, maka kopolimerisasi PMAA yang terjadi berupa polimer tipis yang menempel pada serat dan dimungkinkan tidak terbentuk homopolimer yang membentuk lapisan pada permukaan serat. Hal ini juga dapat dirasakan dari efek pegangannya yang relatif lebih lembut dibandingkan dengan monomer MMA.

Adanya homopolimer yang menempel pada permukaan serat akan mengakibatkan sifat-sifat fisika dan *performance* sutera menurun, seperti efek pegangan, kekakuan dan daya absorpsinya yang akan mempengaruhi daya celup dan penyerapan keringat, sehingga akan berpengaruh pada kenyamanan dipakai.

Proses pencelupan dengan zat warna asam Chloranyl Red H-E3B dan Chloranyl Blue P-2R dilakukan terhadap serat kokon limbah yang di *grafting* baik dengan monomer MAA maupun MMA

masing-masing pada konsentrasi 0,8 mol/L. Pengamatan perbedaan warna menggunakan skala abu-abu (grey scale) dengan pembandingan serat sutera dari kokon normal yang telah dimasak dan dicelup dengan zat warna yang sama. Hasil pengamatan memberikan nilai 4-5 (sangat baik) untuk sutera yang di *grafting* dengan monomer MAA dan 3 (cukup) untuk sutera yang di *grafting* dengan MMA. Selain itu dilakukan uji ketahanan luntur warna terhadap pencucian yang menunjukkan nilai 4-5 (sangat baik) dan 3-4 (cukup baik) masing-masing pada serat yang diproses *grafting* dengan monomer MAA dan MMA. Telah dikemukakan bahwa permukaan serat yang di *grafting* dengan MMA menunjukkan adanya partikel-partikel berupa oligomer yang terbentuk karena terjadinya homopolimer dari MMA. Polimer tersebut dimungkinkan akan mempengaruhi sifat *Moisture regain* serat karena PMMA akan menutupi gugus hidrofil yang aktif dan akan menghalangi absorpsi lembab. Oleh karena itu difusi larutan zat warna ke dalam serat relatif rendah, sehingga zat warna akan sulit berpenetrasi ke dalam serat dan lebih banyak menempel pada permukaan serat. Pada saat proses pencucian zat warna tersebut keluar dari serat dan melunturi larutan pencuci, sehingga hasil celupan menjadi lebih muda. Selain berpengaruh pada daya celup tentunya akan berpengaruh pula pada kenyamanan dipakai, karena dengan menurunnya daya absorpsi lembab, maka daya serap terhadap keringat juga akan turun.

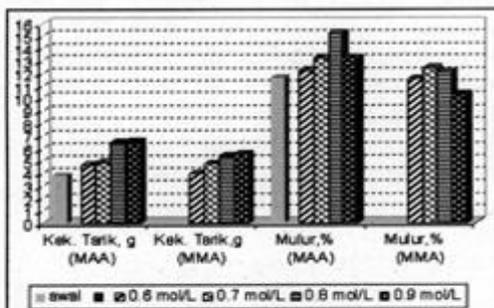
Dari hasil uji kekuatan tarik dan mulur sutera yang di *grafting* dengan monomer MMA dan MAA menunjukkan adanya peningkatan kekuatan tarik dan mulur serat seiring dengan mening-

katnya konsentrasi monomer tersebut seperti terlihat pada Gambar 11. Kondisi optimum diperoleh pada konsentrasi MAA 0,8 mol/L dengan hasil uji kekuatan tarik 6,48 g (tenacity 4,3 g/denier) dan mulur 15,23 %, sedangkan dengan MMA pada konsentrasi 0,9 mol/L dengan hasil uji kekuatan tarik 5,55 g (tenacity 3,7 g/denier) dan mulur 10,31 %.

Telah dikemukakan di atas bahwa adanya mikroorganisme yang hidup pada serat dapat mendegradasi yang menyebabkan putusnya rantai molekul serat tersebut, sehingga berpengaruh pada kekuatan tarik. Pada serat dari kokon limbah yang telah berubah warna menjadi kecoklatan, dimungkinkan telah terkontaminasi jamur/bakteri. Selain itu waktu penyimpanan dan kondisi ruang tempat menyimpan kokon tersebut juga sangat berpengaruh. Faktor kelembaban akan mempercepat pertumbuhan mikroba, sedangkan lamanya waktu penyimpanan akan memberi kesempatan mikroba untuk berkembang biak (Kareem Abel, 2002). Hal ini dapat terlihat dari hasil uji kekuatan tarik rata-rata serat kokon limbah sebelum proses *grafting* adalah 3,86 g (tenacity 2,57 g/denier) dengan mulur 11,6 %, sedangkan serat dari kokon normal

kekuatannya adalah (4 - 4,5) g/denier dengan mulur (20-25)%. Setelah pemasakan dilanjutkan proses *grafting* terjadi peningkatan kekuatan tarik. Hal ini dimungkinkan terjadi reaksi kimia yang meliputi polimerisasi monomer-monomer individu, kopolimerisasi antar monomer dan juga *grafting* dari monomer dan makromonomer dalam fibroin sutera yang reaksinya seperti telah dikemukakan pada Gambar 6 dan 7. Selain itu tidak menutup kemungkinan terjadinya *grafting* pada bagian amorf serat pada gugus-gugus polar yang merupakan titik-titik lemah serat, sehingga geometrinya lebih teratur, maka akan meningkatkan kekuatan serat (Masuhiro Tsukada, 1998).

Proses *grafting* dengan monomer MMA menunjukkan nilai kekuatan tarik lebih rendah dibanding dengan MAA. Pada *grafting* dengan MMA lapisan film yang terjadi berupa partikel-partikel yang melapisi permukaan serat karena terjadinya oligomer serta homopolimer PMMA seperti telah dibahas di atas, maka lapisan tersebut justru memungkinkan serat menjadi tidak rata. Ketidakteraturan serat akan mengakibatkan melemahnya kekuatan serat dalam satuan panjang. Selain itu oligomer yang merupakan unit terkecil monomer yang menempel pada permukaan serat ikatannya lemah dan mudah terlepas, sehingga peningkatan kekuatan tariknya hanya terjadi sampai konsentrasi 0,7 mol/L, selanjutnya terjadi penurunan pada konsentrasi 0,8 g/l dan 0,9 g/L. Hal ini juga dapat dijelaskan bahwa diperkirakan hasil *grafting* dengan monomer MMA dan MAA pada sutera-serin akan membentuk kopolimer jenis golongan II (Tabel 1), sehingga dapat mencegah kerusakan sutera pada kokon limbah, tetapi makin banyak jumlah penambahan monomer, diperkirakan



Gambar 11. Hasil Uji Kekuatan Tarik dan Mulur Serat Kokon Limbah setelah Proses *Grafting*

akan menurunkan kestabilan terhadap proses pemanasan, yang berakibat penurunan kestabilan terhadap kekuatan serat. Pada Tabel 1 dapat dikemukakan bahwa pembentukan polimer vinilat golongan I yang berasal dari monomer dengan rantai utama karbon $-C-C-$ (gugus vinilat) yang berpolimerisasi dan paling sedikit mengandung satu atom H (hidrogen), akan terbentuk polimer yang berikatan silang. Pada pembentukan polimer vinilat golongan II yang berasal dari monomer dengan rantai utama karbon $-C-C-$ (gugus vinilat) yang berpolimerisasi dan membentuk polimer dengan karbon utama mengalami tetra-substitusi, tidak lagi mengandung atom H (hidrogen), akan terbentuk polimer yang terdegradasi.

Dari tabel tersebut juga terlihat bahwa untuk panjang rantai yang sama, polimer golongan I mempunyai kalor polimerisasi yang lebih tinggi dibanding polimer golongan II. Panjang rantai polimer juga akan berpengaruh terhadap kestabilan polimer dan degradasi termal; makin tinggi rantai polimer, maka degradasi makin rendah.

Tabel 1. Pembentukan Ikatan Silang atau Degradasi, dan Kalor Polimerisasi Iradiasi Terhadap Beberapa Jenis Polimer (Ismningsih, 1991 dan Chapiro, 1962)

Golongan I		Golongan II	
Pembentukan Polimer Berikatan Silang (Crosslinking Polymers)		Pembentukan Polimer Ter-Degradasi (Degrading Polymers)	
Jenis Polimer	Kalor Polimerisasi (k. cal/mol)	Jenis Polimer	Kalor Polimerisasi (k. cal/mol)
Poli(etilen)	22	Poli(asam metakrilat)	15,9
Poli(asam akrilat)	18,5	Poli(metil metakrilat)	13
Poliakrilat	-	Poli(metakrilat)	-
Poli(etilen)	17	Poli(metil stirena)	9
Poliakrilamid	-	Poli(metakrilamid)	-
Poli(vinilklorida)	-	Poli(viniliden klorida)	-

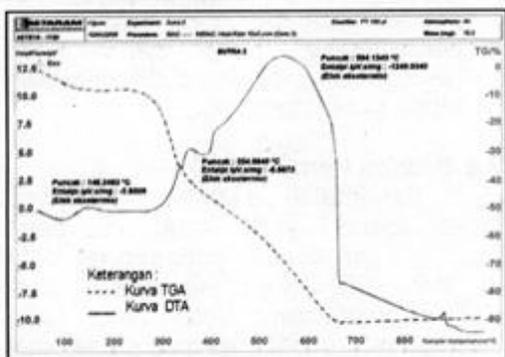
Mulur serat juga mengalami kenaikan seiring dengan meningkatnya konsentrasi monomer MAA atau MMA, namun terjadi penurunan pada konsentrasi 0,9 mol/L MAA dan 0,8 mol/L MMA. Mulur yang terjadi pada serat yang diproses *grafting* dengan MAA relatif lebih tinggi dibandingkan dengan MMA. Hal ini disebabkan serat yang di *grafting* dengan MAA menunjukkan permukaan yang halus dan lebih fleksibel, sedangkan dengan MMA cenderung kaku dan keras dengan permukaan serat yang dilapisi lapisan film yang relatif tebal seperti terlihat pada hasil fotomikroskopi (Gambar 10). Hal-hal tersebut memungkinkan berpengaruh pada mulur serat.

3.4 Perubahan Sifat Termal

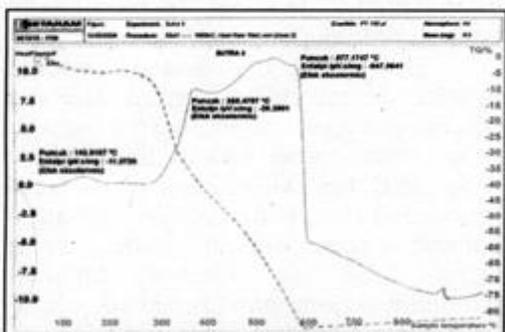
Sifat termal serat sangat berpengaruh pada penggunaan akhir. Sifat termal bergantung pada struktur kimia dan mikrostruktur serat, yang dapat meningkatkan *performance* serat seperti daya celup, sifat mekanik dan pengangan. Pada suhu sekitar 200°C molekul serat sutera masih stabil dan kehilangan massa hanya sekitar 4 %. Kehilangan massa meningkat sekitar suhu 220°C dan pada suhu 400°C dapat mencapai 45-50 %. Dekomposisi termal terjadi pada suhu > 250°C. Molekul CO, CO₂, NH₂ dan lain-lain akan terdegradasi dari gugus-gugus asam amino pada rantai molekul serat dan bila suhu dinaikkan > 300°C degradasi akan berlangsung cepat terutama pada rantai utama. Pada bagian amorf molekul serat mulai bergerak pada suhu 180°C dan memutuskan ikatan hidrogen (Xiao Hu, 2006).

Hasil uji TGA dan DTA serat kokon limbah yang telah diproses *grafting* seperti disajikan pada Gambar 12, 13 dan 14. Dari kurva hasil uji

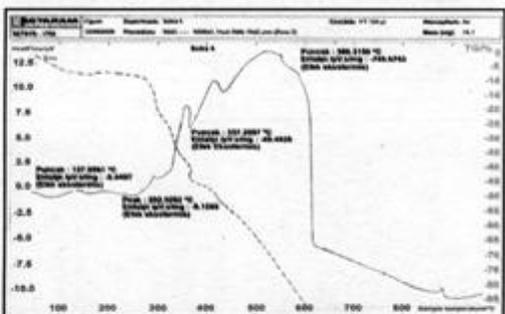
tersebut dapat dikemukakan hal-hal sebagai berikut :



Gambar 12 . Kurva Analisa Termal Serat Kokon Limbah Awal



Gambar 13 . Kurva Analisa Termal Serat Kokon Limbah setelah Pro ses Grafting dengan MAA.



Gambar 14 . Kurva Analisa Termal Serat Kokon Limbah setelah Pro ses Grafting dengan MMA

Pada serat sutera awal, serat sutera setelah *grafting* dengan monomer MAA dan dengan MMA, pada kurva TGA terjadi kehilangan massa setelah pemanasan pada suhu 200°C masing-masing sebesar 5 %, dan pada suhu 350°C kehilangan massa meningkat masing-masing sebesar 38 %, 32 % dan 32 %. Proses *grafting* yang dikenakan pada serat dapat meningkatkan ketahanannya terhadap pemanasan dibandingkan serat tanpa proses *grafting*. Hal ini disebabkan terjadinya polimerisasi pada rantai peptida, sehingga struktur molekulnya menjadi lebih besar seperti digambarkan pada reaksi sutera serin dengan monomer MMA dan MAA (Gambar 6 dan 7), maka kehilangan massa serat setelah proses *grafting* akibat pemanasan relatif lebih kecil dibandingkan serat tanpa grafting. Pada suhu 600°C terjadi penguapan seluruh struktur kimia dan kehilangan massa pada suhu tersebut hampir mendekati 80%-100% seperti terlihat pada kurva TGA pada Gambar 12, 13 maupun 14 .

Pada kurva DTA terlihat adanya puncak-puncak yang terjadi pada suhu sekitar 350°C, 400°C dan 550°C, yang menunjukkan terjadi perubahan kimia pada serat. Hal ini disebabkan terjadi degradasi makromolekul protein. Pada suhu > 250°C molekul CO, CO₂, NH₂ dan lain-lain akan terdegradasi dari gugus-gugus asam amino pada rantai molekul serat dan bila suhu dinaikkan > 300 °C degradasi akan berlangsung cepat terutama pada rantai utama. Perubahan fasa tersebut akan menyebabkan reaksi eksoterm dengan mengeluarkan energi. Pada kurva terlihat bahwa puncak yang terbentuk pada suhu sekitar 350 °C untuk serat awal (tanpa *grafting*) memberikan reaksi eksoterm dengan E = -6,6675 μV.s/mg, sedangkan serat

setelah proses *grafting* dengan monomer MAA memberikan E sebesar -26,2001 $\mu\text{V.s/mg}$ dan dengan MMA sebesar -49,4928 $\mu\text{V.s/mg}$. Perubahan fasa tersebut akan menyebabkan reaksi eksoterm dengan mengeluarkan energi.

Puncak-puncak tersebut menunjukkan adanya perubahan struktur molekul akibat terjadinya degradasi serat oleh pemanasan, sehingga terjadi pemutusan rantai utama. Energi yang dikeluarkan untuk memutuskan rantai utama tersebut memberikan nilai relatif rendah pada serat awal, sedangkan pada serat setelah proses *grafting* dengan MMA memberikan nilai lebih tinggi dibandingkan dengan MAA. Hal ini menunjukkan bahwa serat kokon limbah tanpa proses *grafting* kurang tahan terhadap pengaruh termal, sedangkan proses *grafting* dengan MMA lebih tahan terhadap pengaruh termal dibandingkan dengan MAA. Ketahanan terhadap pemanasan akan mempengaruhi sifat termal serat, namun bergantung pada beberapa faktor seperti jenis monomer, kondisi *grafting* dan peningkatan berat.

3.5 Pemilihan Kondisi Optimum

Dari beberapa hasil uji serat kokon limbah yang diproses *grafting* dengan MAA dan MMA dapat dipilih kondisi optimum serat yaitu pada proses *grafting* dengan MAA pada konsentrasi 0,8 mol/L. Hal ini dipilih dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Serat masih mempunyai sifat halus dengan pegangan lembut
2. Serat mempunyai daya celup yang baik yang ditunjukkan dari hasil perbedaan warna terhadap serat dari kokon normal serta tahan luntur warna terhadap pencucian masing-masing dengan nilai sangat baik (4-5, skala abu-abu).

3. Hasil uji kekuatan tarik serat relatif tinggi yaitu 6,48 g (tenacity 4,3 g/denier) dan mulurnya 15,23 %.
4. Hasil analisa termal menunjukkan peningkatan sifat termal dibandingkan tanpa proses *grafting*.

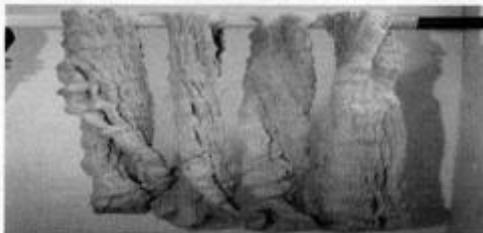
3.6 Proses Pemintalan

Pemintalan dilakukan terhadap serat stapel yang telah diproses *grafting* pada kondisi optimum tersebut di atas setelah melalui proses persiapan pemintalan. Selanjutnya serat siap pintal dibuat benang pada alat pintal (ring spinning) dengan putaran 5.000 RPM. Hasil uji benang sutera dari limbah kokon tersebut disajikan pada Tabel 2. Gambar 15 merupakan benang produk dari kokon limbah

Dari hasil uji benang tersebut apabila dibandingkan dengan benang sutera agak sulit, karena nomor benang sutera dari kokon limbah agak besar yaitu 36,6 tex. Oleh karena itu hasil percobaan ini dibandingkan terhadap benang kapas dengan nomor yang sama, hasil uji kekuatan tariknya mempunyai perbedaan relatif kecil yaitu 6,25 % atau dapat dikatakan sama.

Tabel 2 . Hasil uji benang dari limbah kokon

Parameter uji	Benang sutera kokon limbah	Benang kapas
Nomor benang, Tex	36,6	36,0
Kekuatan tarik, g	389,20	403,08
Tenacity, g/tex	10,47	11,20
Mulur, %	7,654	6,03
TPI	21,8 z	-



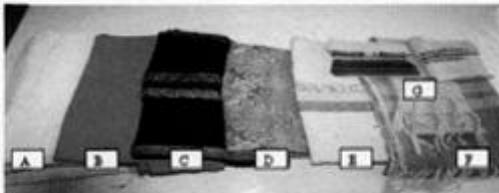
Gambar 15 . Benang dari Koko Limbah

3.7 Proses Pertenunan

Dari benang yang dihasilkan selanjutnya dibuat kain dengan cara ditenen menggunakan ATBM, dirajut dengan mesin rajut datar dan ditenen dengan mesin tenun Jacquard. Kemudian dicelup dengan zat warna asam Chloranyl Red H-E3B dan Chloranyl Blue P-2R. Hasil uji kain tersebut disajikan pada Tabel 3 dan kain dihasilkan disajikan pada Gambar 16.

Tabel 3. Hasil uji kain

Parameter uji	Kain tenun bahan tangkap 2	Kain tenun bahan tangkap 4	Kain rajut bahan tangkap 2
Berat kain, gm ²	150,3	200,8	80,3
Tela Lusi/wajah, helai/inci	50	50	8
Tela pasang/course, helai/inci	48	47	15
Kekuatan Tarik - Lusi, kg	10,7	11,7	-
- Pakan, kg	14,1	20,1	-
Mulur - Lusi, %	17,3	18,1	-
- Pakan, %	18,0	18,0	-
Kekuatan sobek, - Lusi, g	6800	7960	-
- Pakan, g	4220	8070	-
Kekuatan sobek, tgh ²	-	-	131
Tahan luntur warna terhadap:			
1) Pencucian - Perubahan warna	4-5	4-5	4-5
- Periode	4	4	4
2) Gosokan - Kering	4	4	4
- Basah	3-4	3-4	3-4



Gambar 16. Hasil produk kain dari bahan baku kokon limbah, yaitu : kain grey (A), kain celup (B, C, E), kain tenun jaquar (D) kain tenun celup benang (F) dan kain Rajut (G).

IV. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

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

1. Serat dari kokon limbah yang merupakan campuran dari berbagai jenis kokon cacat menunjukkan

kekuatan tarik relatif rendah yaitu 2,57 g/denier dan mulur 11,6%. Serat tersebut dapat dimanfaatkan untuk pembuatan produk tekstil dengan memperbaiki kualitasnya melalui proses *grafting*.

2. Proses *grafting* pada serat sutera kokon limbah dilakukan menggunakan monomer MAA dan MMA pada variasi konsentrasi (0,6 mol/L – 0,9 mol/L) dapat meningkatkan kekuatan tarik, mulur, sifat termal, penambahan berat dan daya celupnya.
3. Kondisi optimum serat hasil proses *grafting* yaitu pada penggunaan monomer MAA 0,8 mol/L. Kondisi tersebut menunjukkan kekuatan tarik dan mulurnya masing-masing 4,3 g/denier dan 15,23 %, sifat termal yang relatif meningkat, sifat pegangan yang masih lembut dan halus, serta perbedaan warna dan ketahanan luntur warna setelah dicelup masing-masing memberikan nilai sangat baik (4 - 5, skala abu-abu).
4. Produk benang yang dihasilkan dari serat kokon limbah setelah proses *grafting* pada kondisi optimum menunjukkan nomor benang. 36,6 Tex, tenacity 10,47 g/tex, mulur 7,66 %, bila dibandingkan dengan benang kapas dengan nomor benang yang sama relatif tidak berbeda
5. Produk kain yang dihasilkan dari benang tersebut menunjukkan sifat fisik relatif baik dan hasil uji tahan luntur warna setelah dicelup terhadap pencucian dan gosokan menunjukkan nilai sangat baik dan cukup.

4.2 Saran

1. Kokon limbah jangan terlalu lama disimpan apabila akan diproses,

karena kualitas seratnya akan semakin menurun

2. Dapat dilakukan bimbingan ke industri kecil dalam mengolah kokon limbah dengan kualitas yang dapat ditingkatkan melalui proses *grafting*.

V. DAFTAR PUSTAKA

1. Gulrajani, 1992. "Degumming of Silk", *Rev. Prog. Coloration*, Volume 22 : 79-84.
2. Chapiro, Adolphe, *Radiation of Polymer Systems*, Interscience Publisher, London, 1962 (pp. 353-356).
3. Isminingsih Gitopadmojo, "Kopolimerisasi Tempel Iradiasi dengan Monomer Hidrofil pada Serat Poli-propilen", Disertasi, Institut Teknologi Bandung, 1991 (h. 18).
4. Kaplan David, et al, 1994. "Silk Polymers Materials Science and technology", American Chemical Society, Washington, DC.
5. Kareem Abel, O. 2002. "Microbiological Testing of Polymers and Resins used in Conservation of Linen Textiles", Microbiology Dept., Cracow University of Economics, Poland.
6. Masuhiro Tsukada et al., 1998. "Structure and Properties of Tussah Silk Fibers Graft-Copolymerized with Methacrylamide and 2-Hydroxyethyl Metacrylate", *Journal of Applied Polymer Science*, Volume 67, 1393-1403.
7. Morrison and Boyd, Organic Chemistry, 5th Edition, Allyn and Bacon, INC., USA, Boston, 1981 (pages 591, 866).
8. Murugesh Babu Kand Kushal Sen, 2007. "Thermal Behaviour of Silk", *RJTA* Vol 11, No.2 : 21 -27
9. Substance fact sheet, 2004. "Methacrylamide fact sheet", Department of the Environment and Heritage, Australian Government,
10. Xiao Hu, David Kaplan. 2006. "Effect of Water on Thermal Properties of Silk Fibroin", *Thermochemica Acta*, Volume 461, 9th Laehanwitz seminar 2006. [owner\MyDocuments\thermal properties \(6 Februari 2009\)](mhtml:file://c:\documents and settings\</div><div data-bbox=)

11. Xiang-Ying Meng, 2004. "Chemical and Mechanical Properties of Butyl Methacrylate Grafted Wool Fiber", *Journal of Applied Polymer Science*

Ucapan Terimakasih

Kepada Puri Prettyanti, S. Teks selaku koordinator penelitian dan para teknisi litkayasa BBT yang telah membantu melakukan percobaan penelitian ini.