

## Pengaruh Perlakuan Sebelum Alkalisasi dan Waktu Alkalisasi terhadap Sifat Bending Komposit Serat Sisal/PMMA

(The Effect of Pre-Alkalization Treatment and Alkalization Time on the Bending Properties Composites of Sisal Fiber / PMMA)

MUHAMMAD BUDI NUR RAHMAN, HARINI SOSIATI

### ABSTRAK

Penelitian komposit serat alam untuk meningkatkan kekuatan mekanis telah dilakukan, salah satunya memodifikasi permukaan serat. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh pencucian serat sebelum proses alkalisasi dan waktu alkalisasi terhadap sifat bending komposit serat sisal/PMMA. Serat sisal diberi perlakuan sebelum dicetak menjadi komposit dengan dicuci aquades, deterjen, dan direbus sampai mendidih dilanjutkan perlakuan alkali (6% NaOH) selama 12 jam. Variasi waktu alkalisasi adalah 4, 12, 24, dan 40 jam dengan pencucian aquades. Komposit dicetak menggunakan metode cold press dengan fraksi volume serat 20% dan tekanan 125 kg/cm<sup>2</sup> ditahan selama 1 jam. Pengujian tarik dengan ASTM D3379-75, uji bending dengan ASTM D790-03 dan analisa morfologi serat menggunakan mikroskop optik dilakukan dalam penelitian ini. Pencucian serat sisal dengan aquades menghasilkan kekuatan tarik serat tunggal sebesar 4,87 MPa sedangkan pencucian serat menggunakan deterjen sebesar 4,38 MPa dan serat yang direbus sebesar 4,00 MPa. Komposit dengan serat dicuci aquades memiliki kekuatan dan modulus bending tertinggi sebesar 136,602 MPa, dan 341,810 MPa sedangkan nilai regangannya terendah sebesar 0,117. Semakin lama perlakuan alkali akan menurunkan nilai kekuatan dan modulus elastisitas sedangkan regangannya naik. Perlakuan 4 jam alkali, memiliki kekuatan sebesar 132,534 MPa, modulus bending 356,941 MPa, dan regangan 0,117. Struktur serat yang dicuci aquades tetap utuh sedangkan yang dicuci deterjen dan direbus terjadi kerusakan. Semakin lama perlakuan alkali menyebabkan lignin terkikis sehingga ikatan serat menjadi lemah.

**Kata kunci:** serat sisal, pencucian serat, waktu alkalisasi, sifat bending

### ABSTRACT

*Research on natural fiber composites to increase mechanical strength has been carried out, one of which is modifying the fiber surface. The purpose of this study was to determine the effect of washing the fibers before the alkalization process and the alkalization time on the bending properties of sisal fiber / PMMA composites. Sisal fibers were treated before being molded into a composite by washing with distilled water, detergent, and boiling until boiling followed by alkaline treatment (6% NaOH) for 12 hours. The variations in alkalization time were 4, 12, 24, and 40 hours with distilled water washing. The composites were molded using a cold press method with a fiber volume fraction of 20% and a pressure of 125 kg / cm<sup>2</sup> held for 1 hour. Tensile testing with ASTM D3379-75, bending test with ASTM D790-03 and fiber morphological analysis using an optical microscope were carried out in this study. Washing sisal fibers with distilled water produces a single fiber tensile strength of 4.87 MPa, while washing the fibers using detergent is 4.38 MPa and boiled fiber is 4.00 MPa. Composites with distilled water washed fibers had the highest strength and bending modulus of 136.602 MPa and 341.810 MPa, while the lowest strain value was 0.117. The longer the alkaline treatment will decrease the strength and elastic modulus values while the strain increases. The 4 hours treatment is alkaline, has a strength of 132.534 MPa, bending modulus of 356.941 MPa, and strain of 0.117. The structure of the fibers washed with distilled water remains intact, while those washed with detergent and boiled are damaged. The longer the alkaline treatment causes the lignin to be eroded so that the fiber bonds become weak.*

**Keywords:** sisal fiber, fiber washing, alkalization time, bending properties

## PENDAHULUAN

Pengembangan komposit menuntut terciptanya inovasi untuk mengembangkan material yang baik yaitu memiliki sifat kuat, densitas rendah, mudah diperoleh, fleksibel, tahan korosi, ramah lingkungan, dan dapat diurai secara alami. Komposit serat alam banyak diaplikasikan dalam berbagai bidang industri seperti bidang automobile, perkapalan, industri transportasi dan biomedis (Muhammad & Putra, 2017). Kekuatan dan kekakuan spesifik yang jauh lebih baik dari bahan teknik umumnya, sehingga sifatnya dapat didesain mendekati kebutuhan (Muslim, 2013).

Serat alam umumnya terdiri dari tiga elemen penting yaitu lignin, selulosa, dan hemiselulosa dimana kandungannya dapat dipengaruhi oleh tipe serat, usia tanaman, asal-usul serat dan metode ekstraksi (Bledzki dan Gassan, 1999). Saat ini, serat alami seperti sisal, kenaf dan pisang memiliki potensi untuk digunakan sebagai pengganti kaca atau bahan penguat komposit sintetis lainnya (Abrao et al., 2006). Selulosa pada serat alam yang memiliki kelebihan pada sifat mekanik dibutuhkan untuk menjadi penyusun material komposit (Heux et al, 1999). Kandungan selulosa pada serat sisal mencapai 74 % (Hon, 1996; Rowell., et al, 1996). Serat sisal memiliki zat antibacterial (Zwane., et al, 2010), sehingga memiliki nilai lebih jika digunakan sebagai bahan biomedis.

Material komposit terdiri dari bahan penguat dan matriks, Beberapa matriks polimer yang digunakan untuk kebutuhan medis diantaranya polymethyl methacrylate (PMMA), polylactide (PLA), dan polyglycolide acid (PGA) sebagai polimer sintetis, karena jenis-jenis polimer ini mempunyai derajat kompatibilitas tinggi dengan jaringan tubuh manusia. Perangkat biomedis umumnya menggunakan biomaterial metalik, paduan kobalt, paduan titanium, baja tahan karat, dan logam lainnya (Bombac, dkk, 2007). Pada logam atau logam paduan mempunyai batas waktu pakai akibat dari interaksi logam dengan cairan tubuh manusia akan mengakibatkan kerusakan (korosi) pada permukaannya dan kemungkinan adanya ion logam yang beracun saat terurai. Karena kekurangan tersebut, maka bahan komposit serat alam diharapkan dapat digunakan sebagai bahan pengganti aplikasi biomedis. Komposit serat alam tentunya akan terhindar dari korosi, proses fabrikasinya relatif mudah, lebih ringan

dan ekonomis, ketahanan fatigue dari komposit serat sisal dan PMMA relatif tinggi (Towo dan Ansell, 2008). Pembuatan dan penelitian sifat mekanik serat sisal berukuran pendek sebagai penguat komposit yang digunakan untuk gigi palsu di mana serat sisal di-silanisasi dan dicuci menggunakan aseton murni dengan matriks PMMA untuk aplikasi biomedis telah dilakukan oleh Xu (2011). Sood (2017) meneliti pengaruh perlakuan serat pada sifat lentur serat alami yang diperkuat komposit. Zhou (2004) meneliti pengaruh penguatan polypropylene menggunakan serat sisal yang tambahkan pada *Polymethyl methacrylate*. Milanese., et al (2012) melakukan penelitian karakteristik lentur serat sisal/Castor berbasis minyak Polyurethane dan komposit serat sisal/fenolik dengan serat sisal direndam menggunakan air.

Penggunaan resin sebagai bahan pembuatan basis gigi tiruan, mulai dikenal sejak tahun 1940. Bahan basis gigi tiruan yang sering dipakai adalah resin PMMA jenis heat cured (Saravi dkk, 2012). Resin akrilik digunakan sebagai bahan plat gigi tiruan karena memiliki keunggulan di antaranya kekuatan relatif baik, tekstur mirip dengan gigi aslinya, memiliki estetika yang baik, menyerap air rendah, warna serta perubahan dimensi kecil, daya larut rendah (Noort, 2007). Resin akrilik telah banyak dikembangkan secara luas dibidang medis dikarenakan, proses pembuatannya mudah, harganya murah dan mudah untuk dipoles (Nirwana, 2006). Penelitian yang dilakukan Fathurrahman dkk, (2014) mengaplikasikan resin akrilik sebagai bahan pembuatan prothesa pada daun telinga manusia. Selain itu penelitian menggunakan resin dan katalis sebagai pengganti soft tissue pada pembuatan phantom gips pada tulang manusia telah dilakukan oleh Sofyan dkk, (2017). Menurut Sitorus dan Dahar (2013) resin akrilik mempunyai kekurangan terutama dalam hal kekerasan sehingga bahan kadang-kadang mengalami retak atau fraktur. Penambahan serat dalam jumlah tertentu dapat memperbaiki sifat fisis dan mekanis pada bahan resin akrilik. Serat alam menjadi salah satu bahan alternatif untuk filler dalam pembuatan komposit karena memiliki keunggulan dibanding serat sintetis. Serat alam mudah didapatkan dengan harga murah, mudah diproses, densitas rendah ramah lingkungan, dan dapat diuraikan secara alami (Kusumastuti, 2009). Salah satu serat alam yang banyak digunakan sebagai penguat pada komposit serat alam adalah serat sisal. Serat sisal merupakan serat keras yang dihasilkan dari

proses dekortikasi, kemudian dijemur, dan disisir. Tanaman sisal dapat menghasilkan 200-250 daun, dimana masing-masing daun terdiri dari 1000-1200 bundel serat yang mengandung 4% serat, 0,75 kutikula, 8% material kering dan 87.25% air (Murherjee & Satyanarayana, 1984). Menurut Joseph dkk, (1996) keuntungan yang dimiliki serat sisal yaitu mengandung selulosa yang tinggi hingga mencapai 90%. Pada dasarnya serat alam memiliki sifat suka terhadap air (hydrophilic) sehingga sulit untuk berikatan dengan matriks yang bersifat tidak suka air (hydrophobic). Perbedaan sifat ini dapat melemahkan ikatan antara serat dengan matriks dan menurunkan sifat mekanik dari komposit tersebut (Bledzki dkk, 1999). Perbedaan sifat tersebut merupakan masalah utama dalam pembuatan komposit serat alam. Untuk meningkatkan kompatibilitas antara serat alam dengan matriks, maka perlu dilakukan modifikasi serat. Menurut (Sosiati dkk, 2015) ada berbagai cara modifikasi permukaan serat diantaranya: *steam*, alkali, dan kombinasi steam alkali. Yudhanto dkk, (2016) mengatakan bahwa perlakuan alkalisasi selama 4 jam dengan konsentrasi 5% NaOH mampu meningkatkan *wettability* antara serat dan matriks. Sosiati dkk, (2016) menambahkan bahwa dengan perlakuan alkali 6% NaOH dalam larutan 100°C selama 1 jam pada pembuatan komposit serat pendek sisal/polypropylene dapat meningkatkan kekuatan bending 32,17% di mana serat tanpa perlakuan alkali memiliki kekuatan bending 23,75 MPa. Sedangkan perlakuan alkali pada serat sisal selama 1 jam menghasilkan kekuatan bending 31,39 MPa dan perlakuan alkali selama 3 jam menghasilkan kekuatan bending 29,76 MPa. Selain itu, perlakuan alkali dengan merendam serat sisal pada NaOH 5% selama 2 jam dapat meningkatkan kekuatan Tarik komposit sisal/polyester (Suardana dkk, 2013) melakukan pembuatan komposit sisal menggunakan resin polyester sebagai matriks. Serat sisal direndam pada larutan NaOH 5% selama 2 jam yang meningkatkan kekuatan tarik komposit dari 100 MPa menjadi 112 MPa. Hal ini berbanding lurus dengan modulus elastisitas komposit sisal/polyester tanpa perlakuan sebesar 6,56 GPa menjadi 7,08 GPa.

Berdasarkan penelitian di atas menunjukkan bahwa serat sisal mampu terikat dengan polymer PMMA/PP membentuk material komposit dengan baik. Pada penelitian ini dibuat komposit serat alam dengan variasi

perlakuan pencucian menggunakan aquades, detergen, dan direbus sebelum dilakukan alkalisasi diharapkan menghasilkan komposit dengan sifat mekanis yang tinggi dengan meningkatkan kuat rekatan antara serat dengan matriks. Lama waktu perlakuan alkalisasi serat sisal juga dilakukan sebelum dicetak menjadi komposit. Serat sisal dipilih sebagai penguat dalam material karena memiliki densitas yang rendah, kekuatan spesifik dan modulus yang tinggi. *Polymethyl methacrylate* (PMMA) merupakan resin akrilik yang dipilih sebagai matriks karena dapat meningkatkan karakteristiknya yang mudah dalam proses penanganan dan dapat diaplikasikan sebagai material pada bidang biomedis.

## METODE PENELITIAN

Serat sisal yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat (Balitas), Malang Jawa Timur. Serat dicuci menggunakan air mengalir sebelum diberi perlakuan untuk menghilangkan kotoran yang menempel permukaan serat. Selanjutnya serat dipisahkan untuk dilakukan pencucian menggunakan aquades, detergen dan direbus sampai mendidih selanjutnya dikeringkan dalam suhu ruangan diharapkan menghasilkan komposit dengan sifat mekanis yang tinggi. Perlakuan berikutnya adalah proses alkalisasi dimana serat direndam dalam larutan NaOH 6% selama 4, 12, 24, dan 40 jam selanjutnya dicuci dengan air mengalir untuk proses netralisasi pada serat.

Pencetakan komposit dengan orientas serat acak, serat dipotong sepanjang 6 mm. Pembuatan komposit dengan metode *cold press* dengan tekanan 125 kg/mm<sup>2</sup> dan ditahan selama 1 jam. Komposit dicetak pada fraksi volume serat 20% dan matriks *polymethyl methacrylate* (PMMA). Pengamatan morfologi permukaan patahan menggunakan mikroskop optik. Pengujian tarik serat tunggal dilakukan sebanyak 5 kali menggunakan standar ASTM C1557-03 untuk mengetahui karakteristik serat. Skema pengujian tarik serat tunggal dapat dilihat pada Gambar 1.

Pengujian bending dilakukan pada 5 spesimen untuk setiap variasi menggunakan standar ASTM D 790-02 menggunakan Universal Testing Machine (UTM) jenis JTM-UTS510, accuracy 0,5%, kecepatan cross head 2,3

mm/min dan loadcell capacity 100 kgf. Kekuatan bending dihitung dengan persamaan:

$$\sigma_b = \frac{3 P \cdot L}{2 b \cdot d^2} \tag{1}$$

$$\sigma_b = \frac{3 P \cdot L}{2 b \cdot d^2} \left[ 1 + 6 \left( \frac{D}{L} \right)^2 - 4 \left( \frac{d}{L} \right) \left( \frac{D}{L} \right) \right] \tag{2}$$

Dalam penelitian ini, perhitungan kekuatan bending menggunakan Persamaan (1) karena  $L/d \leq 16$ . Jarak antar tumpuan (panjang bentangan)  $L = 62$  mm dan tebal specimen  $d = 4$  mm sehingga besarnya  $L/d = 62/4 = 15,5$ .

Persamaan (2) digunakan jika nilai perbandingan  $L/d > 16$ .

Regangan bending menggunakan persamaan 3 berikut ini:

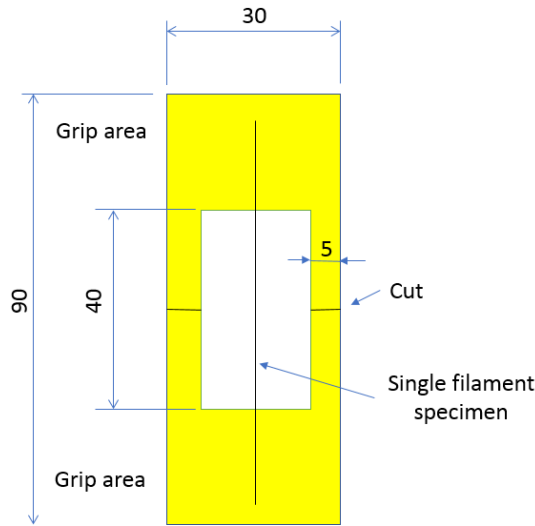
$$\epsilon_b = \frac{6 D \cdot d}{L^2} \tag{3}$$

Modulus bending dihitung dengan persamaan 4 berikut ini:

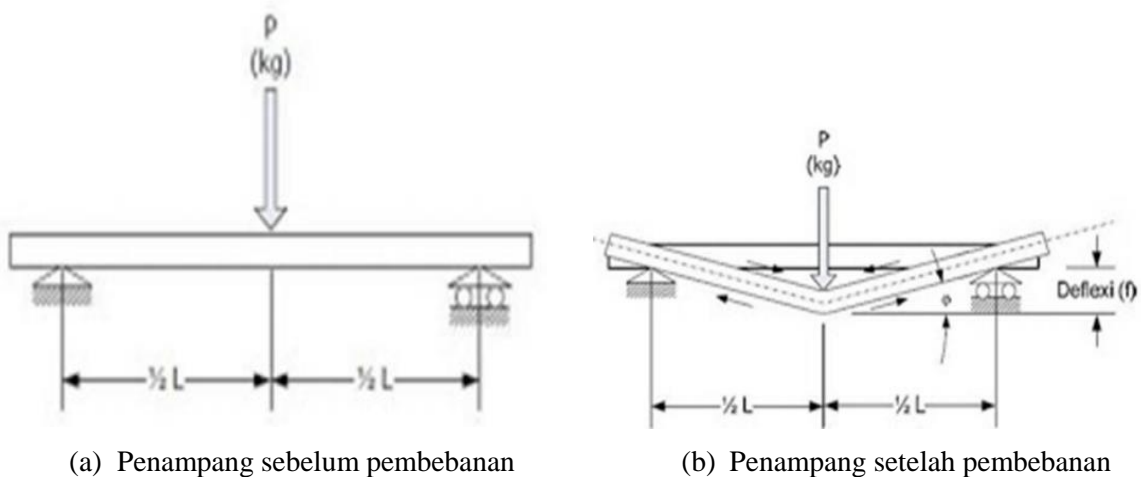
$$E_b = \frac{L^3 \cdot m}{4 b \cdot d^3} \tag{4}$$

Dengan :  $\sigma_b$  = tegangan bending (MPa),  $\epsilon_b$  = regangan bending (mm/mm),  $E_b$  = modulus bending (MPa),  $P$  = gaya pembebanan (N),  $L$  = jarak antara tumpuan (mm),  $b$  = lebar spesimen (mm),  $d$  = tebal spesimen (mm),  $D$  = defleksi maksimum (mm),  $m$  = slope tangent pada kurva beban defleksi (N/mm).

Pengujian bending menggunakan metode three point bending. Skema pengujian bending dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini.



GAMBAR 1. Skema pengujian Tarik serat tunggal sesuai ASTM C1557-03.



(a) Penampang sebelum pembebanan

(b) Penampang setelah pembebanan

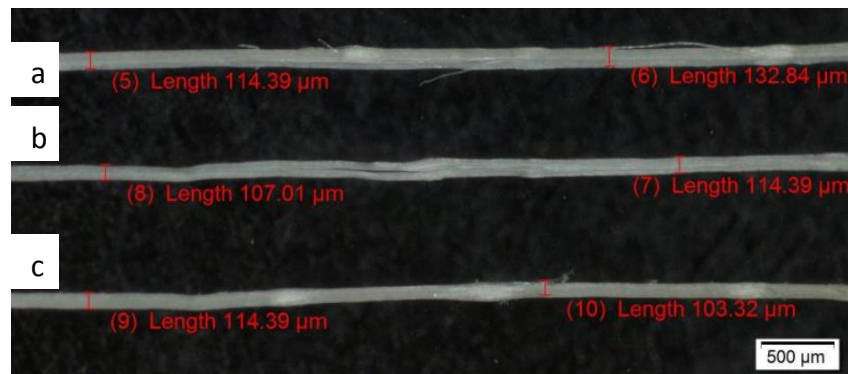
GAMBAR 2. Penampang pembebanan pengujian bending

## HASIL DAN PEMBAHASAN

## 1. Karakteristik Serat Tunggal

Serat sisal yang telah mengalami perlakuan diamati menggunakan mikroskop optik. Gambar 3.a memperlihatkan serat setelah direbus, permukaan serat mengalami kerusakan. Demikian juga untuk serat yang dicuci menggunakan detergen seperti Gambar 3.b. Sedangkan serat yang dicuci menggunakan aquades tidak banyak mengalami kerusakan seperti Gambar 3.c. Aquades yang bersifat netral tidak banyak mempengaruhi susunan dalam serat. Pengikisan yang terjadi pada serat dimungkinkan juga oleh perlakuan alkalisasi, namun perebusan serat dan pencucian detergen dapat merusak lapisan lignin yang mengikat

selulosa serat sisal. Dahal., et.al (2003) menyatakan bahwa kandungan lignin serat sisal sebesar 7–14%. Lignin berfungsi untuk mengikat sel-sel serat dan sebagai perekat dengan dinding sel. Lignin juga berfungsi memberikan ketegaran pada sel. Hal ini sesuai penelitian Chand dan Hashmi (1993) bahwa perebusan serat pada suhu tinggi menyebabkan ujung serat menjadi retak, karena penghilangan kelembaban dan volatil yang awalnya ada di serat. Fibril terlihat jelas dalam bentuk silinder berongga dan permukaan yang retak terdiri dari fase getas dan ulet. Serat yang diberi perlakuan alkali NaOH tidak banyak terpengaruh walaupun perendamannya semakin lama. Profil permukaan serat relative sama seperti terlihat pada Gambar 4..



GAMBAR 3. Foto serat sisal setelah mengalami pencucian.

(a) Direbus, (b) Dicuci detergen, (c) Dicuci aquades



GAMBAR 4. Foto serat sisal setelah mengalami perlakuan alkalisasi.

(a) Perendaman 4 jam, (b) Perendaman 12 jam, (c) Perendaman 24 jam, (d) Perendaman 40 jam

TABEL 1. Pengaruh perlakuan serat dan alkalisasi 12 jam terhadap sifat bending komposit serat sisal/PMMA

No	Perlakuan Serat	Tegangan Bending (MPa)	Regangan Bending (mm/mm)	Modulus Bending (MPa)
1	Dicuci Aquades	136,602 ± 3,054	0,118 ± 0,002	341,810 ± 5,353
2	Dicuci Detergen	111,541 ± 7,127	0,135 ± 0,008	244.602 ± 10,247
3	Direbus	85,791 ± 3,383	0,140 ± 0,013	174,381 ± 11,246

TABEL 2. Pengaruh waktu alkalisasi serat dengan pencucian aquades terhadap sifat bending komposit serat sisal/PMMA

No	Waktu Perlakuan Alkali (jam)	Tegangan Bending (MPa)	Regangan Bending (mm/mm)	Modulus Bending (MPa)
1	4	132,534 ± 3,180	0,118 ± 0,006	356,941 ± 19,575
2	12	136,602 ± 3,054	0,118 ± 0,002	341,810 ± 5,353
3	24	124.656 ± 5,418	0,116 ± 0,003	338.750 ± 15,877
4	40	118.928 ± 8,060	0,115 ± 0,010	327.997 ± 22,628

Pengikisan serat mempengaruhi kekuatan tarik serat sisal. Kekuatan tarik serat tunggal yang diperlakukan dengan direbus sebesar 0,46 MPa, serat yang dicuci detergen sebesar 0,51 MPa dan yang dicuci aquades sebesar 0,56 MPa dengan ukuran diameter serat rata-rata 120 µm

## 2. Sifat Bending Komposit Serat Sisal/PMMA

Pengujian bending komposit serat sisal/PMMA dilakukan dengan metode *three-point bending* sesuai standar ASTM D790-02. Pengaruh perlakuan/pencucian serat terhadap dapat kekuatan bending, regangan, dan modulus bending dapat dilihat pada Tabel 1. Serat sisal diberi perlakuan alkali NaOH 6% selama 12 jam.

Tabel 2 menunjukkan pengaruh lama waktu proses alkalisasi NaOH 6% pada kondisi pencucian serat menggunakan aquades.

Berdasarkan hasil pengujian bending seperti pada Tabel 1 menunjukkan bahwa pencucian serat sisal pada komposit serat sisal/PMMA mempengaruhi nilai kekuatan bending dan modulus bending. Pencucian serat dengan aquades memiliki nilai kekuatan bending dan modulus bending tertinggi dibanding proses pencucian detergen dan proses yang direbus. Serat sisal termasuk serat alam yang bersifat

hydrophilic (mudah menyerap air) dan memiliki struktur semi kristalin. Struktur semi kristalin memiliki bagian amorphous domain yang menyebabkan hydrophilic (Eichorn, 2001). Hal ini juga dipengaruhi oleh rendahnya kandungan lignin pada serat sisal yang menyebabkan serat sisal bersifat elastis. Kadar lignin serat sisal tergolong rendah (Wardany 2002).

Pencucian serat sisal menggunakan aquades menyebabkan nilai regangan komposit serat sisal/PMMA tertinggi sedangkan serat yang direbus memiliki nilai regangan terendah. Regangan bending turun disebabkan degradasi serat akibat perlakuan alkali dan perebusan. Bisanda & Ansell (1991) melakukan penelitian pengaruh perlakuan alkali dan silane pada sifat mekanik dan fisik sifat komposit sisal-epoxy di mana penggabungan serat sisal dalam resin epoxy menghasilkan sifat kaku dan material komposit yang kuat. Pengobatan serat sisal dengan silane, didahului oleh merserisasi, memberikan peningkatan pembasahan, sifat mekanik dan ketahanan air.

Modulus elastisitas tertinggi komposit serat sisal/PMMA diperoleh pada serat yang dicuci dengan aquades. Hal ini menunjukkan bahwa serat sisal sangat peka terhadap perubahan lingkungan, sehingga pada saat di rebus serat

sisal cenderung semakin menjadi besar dan semakin lunak (Gambar 3). Perubahan akibat pengaruh-pengaruh lingkungan dapat mempengaruhi sifat mekanik komposit sisal yang diperkuat serat polimer. Selain itu, juga dimungkinkan karena susunan serat komposit dengan perlakuan yang lebih lama akan lebih rapat dengan ukuran (diameter) serat yang lebih kecil. Semakin lama serat direbus mengakibatkan serat semakin terkikis. Perlakuan tersebut telah menghilangkan lapisan lignin serat yang membungkus serat. Dengan merebus menyebabkan tidak hanya lapisan lignin yang hilang, namun sel-sel selulosa dari serat juga akan terkikis. Besarnya modulus bending menunjukkan kekakuan suatu material. Nilai modulus yang besar berkebalikan dengan besarnya regangan.

Dependensi antara kelembaban, asam serta serangan alkali menentukan sifat mekanik dari serat sisal-polypropylene. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa sifat lentur komposit serat sisal-polypropylene sensitif terhadap serangan lingkungan. Perebusan serat sampai mendidih memiliki kekuatan bending dan modulus bending terendah dibandingkan dengan perlakuan HCl dan NaOH. Semakin lama perendaman serat sisal juga menurunkan kekuatan dan modulus bending komposit sisal/PP (Selzer, 1995). Penelitian ini sejalan dengan Chand dan Hashmi (1993) bahwa nilai kekuatan tarik, modulus, dan kekasaran serat yang didefinisikan sebagai penyerapan energi tiap satu satuan volume. Serat sisal dapat menurun akibat terjadinya peningkatan suhu perendaman.

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa semakin lama perlakuan alkali terhadap serat sisal akan menurunkan kekuatan bending, regangan dan modulus elastisitas bending. Perendaman alkali selama 12 jam menghasilkan kekuatan bending tertinggi sebesar 136.602

MPa sedangkan regangan dan modulus elastisitas tertinggi pada perendaman 4 jam sebesar 0,118 dan 352.504 MPa. Penelitian serat sisal/PMMA sebelumnya yang dilakukan oleh Xu (2011) dengan perlakuan larutan silane 5% menyatakan bahwa peningkatan fraksi berat serat sisal dapat meningkatkan kekuatan bending dan modulus bending pada fraksi berat 10% sebesar 57 MPa dan 2,78 MPa. Penurunan nilai regangan dimungkinkan oleh degradasi serat akibat perlakuan alkali menyebabkan berkurangnya kemampuan regangan bending komposit. Berbeda dengan penelitian yang dilakukan Hanifa dan Widjijono (2014) di mana kekuatan bending komposit serat sisal yang mendapatkan perlakuan alkalisasi didapatkan sebesar 64,31 MPa lebih tinggi dari pada serat tanpa perlakuan alkalisasi sebesar 41,15 MPa. Dalam penelitian Sangthong, (2009) sisal/polypropylene juga berpengaruh terhadap modulus elastisitas komposit sisal bermatrik PMMA, dengan penambahan polypropylene meningkatkan modulus elastisitas komposit sisal secara signifikan. Dari penelitian tersebut didapatkan dengan penambahan PMMA yang optimal yaitu pada 100% (volume) yang menghasilkan kekuatan lentur sebesar 77 MPa. Selain perlakuan terhadap serat dan penambahan PMMA yang membuat nilai modulus elastisitas komposit bervariasi, nilai tegangan dan regangan juga sangat berpengaruh terhadap modulus elastisitas bending. Jadi dapat disimpulkan bahwa nilai tegangan bending yang besar begitu juga dengan nilai regangan yang besar belum tentu juga memiliki modulus elastisitas yang lebih besar.

### 3. Morfologi Penampang Patahan Komposit

Gambar 5 menunjukkan penampang patahan komposit setelah dilakukan pengujian bending.



GAMBAR 5. Foto penampang patahan komposit setelah pengujian bending

Komposit dengan serat sisal yang diberi perlakuan alkali 4 jam dan 12 jam terlihat jenis patahannya adalah patah banyak sedangkan pada perlakuan alkali 24 jam dan 40 jam adalah patah tunggal. Patah banyak terjadi disebabkan kekuatan filler lebih tinggi dibanding ikatan antara filler dan matrik. Beban yang diterima komposit diterima oleh matrik kemudian didistribusi ke serat. Karena serat lebih kuat maka beban merambat di permukaan serat sehingga kerusakan komposit terlihat berbelok di sepanjang permukaan serat. Ketika matrik retak, kemampuan menahan beban menjadi berkurang. Seiring dengan bertambahnya beban dan deformasi yang terjadi, kemampuan untuk menerima beban dari ikatan matrik dan serat akan berkurang selanjutnya serat akan tercabut dari matrik akibat *debonding diikuti fiber pull-out* serta terjadi *fiber breakage*.

#### KESIMPULAN

Berdasarkan analisa data hasil pengujian komposit serat sisal/PMMA setelah dilakukan proses pengujian adalah (a) pencucian serat sisal menggunakan aquades menghasilkan tegangan tarik tertinggi pada pengujian taris serat tunggal sebesar 4,87 MPa sedangkan pencucian detergen sebesar 4,38 MPa dan serat yang direbus sebesar 4,00 Mpa, (b) Komposit dengan serat dicuci aquades memiliki kekuatan dan modulus bending tertinggi sebesar 136,602 MPa, dan 341,810 MPa sedangkan nilai regangannya terendah sebesar 0,117. Semakin lama perlakuan alkali akan menurunkan nilai kekuatan bending dan modulus elastisitas sedangkan regangannya naik. Perlakuan 4 jam alkali, memiliki kekuatan bending sebesar 132,534 MPa, modulus bending 356,941 MPa, dan regangan 0,117, (c) Permukaan serat yang dicuci dengan aquades lebih bersih sedangkan yang dicuci detergen dan direbus terjadi kerusakan. Semakin lama perlakuan alkali menyebabkan permukaan serat terkikis.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada **Ari Padli** dan **Ina Suryatiwi Meilani** yang telah membantu pembuatan spesimen dan pelaksanaan pengambilan data penelitian. sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abrao, A.M., P.E. Faria, J.C. Campos Rubio and P. Reis et al., (2006), Drilling of fiber reinforced plastics: A review. *J. Mater. Proc. Technol.*, 186: 1-7. DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2006.11.146
- ASTM D790., (2004). Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Material (D 790 – 03). USA.
- Bisanda, E.T.N., Ansell M.P. (1991). The effect of silane treatment on the mechanical and physical properties of sisal-epoxy composites. *Composites Science and Technology*. pp.165-178.
- Bledzki, A.K. & Gassan, J. (1999). Composites Reinforced with Cellulose Based Fibres. *Progress in Polymer Science*, 24, 221-274.
- Bombac D., Brojan M., Fajfar P., Kosel F., Turk R., (2007), "Review of Material in Medical Applications", *RMZ-Material and Geoenvironment* Vol. 54, pp. 471-499
- Chand, N. & Hashmi S.A.R. (1993). Mechanical properties of sisal fibre at elevated temperatures. *Journal of Materials Science*. No. 28. pp.6724-6728.
- Fathurrahman, H., Ismiyati, T., Saleh, S., & Dipoyono, H. M. (2014). Pembuatan Prothesa Telinga Dengan Metode Pencetakan Tiga Lapis. *Majalah Kedokteran Gigi Indonesia*, 21(1), (hal 78-83).
- Hanifa, F.Z., dan Widjijono, (2014), Thesis. Perbedaan Kekuatan Tarik antara Fiber Reinforced Composite dengan Fiber Sisal (Agave Sisalna) Teralkalisasi dan non-alkalisasi. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Heux, L., Dinand, E. & Vignon, M. R., (1999). Structural Aspects in Ultrathin Cellulose Microfibrils Followed by C-13 Cp-Mas Nmr. *Carbohydrate Polymers* 40(2): 115–124.
- Hon, D.N.S. (1996). Chemical Modification of Lignocellulosic Materials. New York : Marcel Dekker, Inc



- Joseph K., Thomas S., Pavithran. C., (1996), Effect of Chemical Treatment on The Tensile Properties of Short Sisal Fibre Reinforced Polyethylene Composites. *Polymer*. No. 37. (hal.5139-5149).
- Milanese, A.C., Cioffi, M.O.H., & Voorwald, H.J.C., (2012). Flexural Behavior of Sisal/Cstor Oil-Based Polyurethane and Sisal/Phenolic Composites. *Material Research*, 15(2): 191-197.
- Muhammad., & Putra, R. (2017). Uji Mekanik Komposit Berpenguat Serat Pandan Duri dan Resin Polyester Dengan Variasi Komposisi Metoda Fraksi Berat. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal* 6(2), (63-72).
- Murherjee, P.S., and Satyanarayana, K.G., (1984), Structure and properties of some vegetable fibres, *Journal of Materials Science*, Vol. 19, (pp 3925–3934)
- Muslim, J. (2013). Analisis Sifat Kekuatan Tarik dan Kekuatan Bending Komposit Hibryd Serat Lidah Mertua dan Karung Goni dengan Filler Abu Sekam Padi 5% Bermatrik Epoxy. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Mataram*
- Nirwana, I. (2006). Kekuatan transversal resin akrilik hybrid setelah penambahan glass fiber dengan metode berbeda (The transverse strength of the hybrid acrylic resin after glass fiber reinforcement with different method). *Dental Journal (Majalah Kedokteran Gigi)*, 38(1), (hal 16-19).
- Noort, R. (2007). *Introduction to Dental Materials*. 3rd Ed. London: Mosby Elsevier.
- Rowell, R. M., Young, R. A., Rowell, J. K. (eds), (1996). *Paper and Composites from Agro-based Resources*. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.
- Sangthong, S., Pongprayoon, T., & Yanumet, N. (2009). Mechanical Property Improvement Of Unsaturated Polyester Composite Reinforced With Admicellar-Treated Sisal Fibers. *Composites Part A: Applied Science And Manufacturing*, 40(6-7), (hal 687-694).
- Saravi, E. Vodjani, M. Bahrani, F. (2012). "Evaluation of Cellular Toxicity Of Three Denture Base Acrylic Resins". *Journal of Dentristry*. Vol. 9 No. 4 (hal 183-184)
- Selzer, R. (1995). Environmental-influences on the bending properties of sisal fibre-reinforced Polymer composites, *Advanced Composites Letters*, Letchworth, v.4, n. 3, p.87-90, 1995
- Sitorus, Z., Dahar, E., 2013, Perbaikan Sifat Fisis Dan Mekanis Resin Akrilik Polimerisasi Panas Dengan Penambahan Serat Kaca. *E-Journal Usu. Sumatra*.
- Sood, M., & Dwivedi, G. (2017). Effect of Fiber Treatment on Flexural Properties of Natural Fiber Reinforced Composites: a review. *Egyption journal of Petroleum*.
- Sosiati, H., Nahyudin, A., Fauji, I., Wijayanti, D.A., & Triyana, K. (2016). Biocomposites Fabricated by Sandwiching Sisal Fiber with Polypropylene (PP). 1725, 020081 (2016); doi: 10.1063/1.4945535
- Sosiati, H., Pratiwi, D.A Wijayanti, Soekrisno. (2015). The Influens of Alkali Treatments on Tensile Strength and Surface Morfology of Cellulose Microfibrils: *Advance Materials Research* Vol. 1123 (hal 147-150)
- Suardana, N.P.G., Astika, I.M., Gusmanto, I.D., (2013), Sifat tarik komposit unsaturated polyester serat sisal local, *Prosiding Konferensi Nasional Engineering IV*, Universitas Udayana Bali, (pp. 549-554).
- Towo, A.N., and Ansell, M.P., (2008). Fatigue of Sisal Fibre Reinforced Composites: Constant-Life Diagrams And Hysteresis Loop Capture. *Composites Science and Technology* Vol. 68, pp 915–924.
- Xu, J., Cong, L., Li, Y. (2011). Fabrication and Mechanical Properties of Short Sisal Fiber Reinforced Composites Used for Dental Application. *Journal 18th International Conference on Composite Materials*
- Yudhanto, F., Sudarisman, S., & Ridlwan, M. (2016). Karakterisasi Kekuatan Tarik Komposit Hybrid Lamina Serat Anyam Sisal Dan Gelas Diperkuat Polyester. *Jurnal Semesta Teknika*, 19(1), (48-54).
- Zhou, X.P., Xie, X.L., Li, R.K. (2004). Study on PP/PMMA grafted sisal fiber composite - (II) Effect of surface treatment on the structure and properties

of sisal fiber-reinforced polypropylene composites. *Journal Publications and Reviews (RGC: 21, 22, 62)*. Vol. 20 Issue 4, (pp 138-145)

Zwane, P.E., Dlamini, A.M., Nkambule, N., (2010), Antimicrobial Properties of Sisal (*Agave sisalana*) Used as an Ingredient in Petroleum Jelly Production in Swaziland, Current Research *Journal of Biological Sciences*, Vol. 2(6): (pp. 370-374).

---

PENULIS:

Muhammad Budi Nur Rahman

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik,  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,  
Yogyakarta, Indonesia.

Email: budinurrahman@umy.ac.id

Harini Sosiati

Kelompok Keahlian Advance Materials,  
Laboratorium Nanomaterial, Program Studi  
Teknik Mesin FT UMY, Yogyakarta,  
Indonesia.