Jurnal Teknik Mesin, Vol. 14, No. 2, Oktober 2013, 59-63
ISSN 1410-9867
DOI: 10.9744/jtm.14.2.59-63

Kekuatan Tekan dan Flexural Material Komposit Serat Bambu Epoksi

Agustinus Purna Irawan[1*] dan I Wayan Sukania[1]
[1] Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara
Jl. S. Parman No 1, Grogol, Jakarta 11440
* Korespondensi penulis, e-mail: agustinus@untar.ac.id

ABSTRAK

Komposit berpenguat serat alam menjadi salah satu pilihan yang baik untuk menggantikan komposit berpenguat serat sintetik. Salah satu serat alam yang melimpah adalah serat bambu. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan memperoleh karakteristik mekanik komposit berpenguat serat bambu dengan matriks epoksi yang akan diimplementasikan pada produk socket prosthesis. Pengujian yang dilakukan meliputi uji tekan (*compressive strength*) ASTM D 695, uji *flexural* (*flexural strength*) ASTM D 730-03, dan uji kegagalan tekan prototipe produk socket ISO 10328. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kekuatan tekan sebesar 41,44 MPa; kekuatan *flexural* sebesar 98,32 MPa; dan kegagalan tekan prototipe socket prosthesis berbahan komposit serat bambu epoksi menunjukan bahwa kekuatan tekan yang dihasilkan (87,1 ± 4,3 kN). Kekuatan yang dihasilkan komposit serat bambu epoksi berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai bahan socket prosthesis dan bahan teknik lainnya.

Kata kunci: Komposit serat bambu epoksi, kekuatan tekan, kekuatan *flexural*, kegagalan tekan.

ABSTRACT

Natural fiber composite to be one good choice to substitute synthetic fiber composite. One of the abundance of natural fiber is bamboo fiber. This study aims to develop and obtain the mechanical characteristics of bamboo fiber composite with epoxy matrix that will be implemented on the socket prosthesis product. Testing was conducted involve the compressive strength according ASTM D 695, flexural strength according ASTM D 730-03, and compressive failure test of socket prototype product according ISO 10328. Based on the results testing, obtained compressive strength of 41.44 MPa, flexural strength of 98.32 MPa, and compressive failure maximum of socket prosthesis prototype made from bamboo fiber epoxy composites 87.1 ± 4.3 kN. The result show that strength of bamboo fiber epoxy composite has potential to be developed further as socket prosthesis and other engineering materials.

***Keywords**: Bamboo fiber epoxy composite, compressive strength, flexural strength, compressive failure.*

PENDAHULUAN

Serat alam khususnya bambu yang berlimbah di Indonesia sangat berpotensi untuk dikembangkan sebagai bahan teknik dengan melakukan rekayasa material komposit berpenguat serat bambu. Sampai saat ini serat bambu belum dimanfaatkan secara optimal bagi kesejahteraan masyarakat Indonesia dalam membuat berbagai produk manufaktur.

Berbagai jenis bambu dengan kualitas yang baik tumbuh subur di berbagai daerah di Indonesia. Serat bambu mempunyai potensi yang baik untuk dikembangkan menjadi bahan biokomposit yang kuat, murah, ramah lingkungan, dan dapat didaur ulang.

Pemilihan serat bambu sebagai bahan penelitian dengan mempertimbangkan potensi serat bambu di Indonesia yang berlimpah dan belum termanfaatkan secara baik. Hal ini sejalan dengan rekomendasi John Craig dan Poonekar, bahwa dalam pengembangan *prosthesis* dapat mengacu pada potensi lokal, termasuk di dalamnya adalah isu tentang lingkungan, dimana masakini berkembang pandangan baru tentang *gogreen*, kembali ke alam *(back tonature)* dan isu tentang pengurangan limbah yang berbahaya [1,2].

Para peneliti menggunakan komposit serat alam sebagai produk unggulan sesuai dengan keistimewaannya. Walaupun tak sepenuhnya menggeser serat sintetis, pemanfaatan serat alam yang

ramah lingkungan merupakan langkah bijak untuk menyelamatkan kelestarian lingkungan [3,4,5].

Penelitian yang dilakukan oleh peneliti Malaysia yaitu H.N Shasmin, N.A. Abu Osman dan L. Abd. Latif, 2008 [6] telah mengembangkan bagian *tube* dari *shank* dengan menggunakan bambu. Berdasarkan hasil penelitian yang telah mereka lakukan, menghasilkan kekuatan yang baik dan dapat diaplikasi pada desain *prosthesis*. Hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan untuk pengembangan *prosthesis* dengan bahan alami, dimana Indonesia mempunyai kekayaan alami yang lebih banyak dibandingkan dengan Malaysia.

Menurut Abdul Rochman [7] di Indonesia, bambu banyak dimanfaatkan untuk berbagai komponen bangunan, seperti tiang, balok, lantai, maupun struktur atap. Bambu memiliki beberapa keunggulan dibanding kayu, antara lain: mempunyai kekuatan tinggi pada umur yang sangat singkat (3-5 tahun), mudah ditanam dan dapat tumbuh pada semua jenis tanah tanpa memerlukan perawatan khusus. Penelitian Morisco dalam Abdul Rahman [7] menunjukkan bahwa kekuatan tarik pada beberapa jenis bambu dapat melebihi kekuatan tarik baja lunak, seperti kuat-tarik bambu Ori dapat mencapai 291 MPa. Sementara Pathurahman dalam Abdul Rahman [7] memperoleh hasil bahwa tegangan tarik bambu Wulung dapat mencapai 254 MPa, tegangan tekan 46 MPa dan tegangan geser 7,5 MPa. [7]

Menurut Zulmahdi Darwis [8] sifat mekanik bambu Petung sebagai berikut kekuatan tarik rata-rata 222,9 MPa, kekuatan tekan sejajar serat cukup tinggi yaitu 117,6 MPa dan kuatan geser bambu relatif rendah yaitu 8,68 MPa. Hasil penelitian Danny Eldo et al [9] menunjukkan bahwa ikatan *adhesive* antara *face* dan *core* sangat memegang peranan penting pada kekuatan struktur *sandwich* komposit serat bambu dengan *core polyurethan*. Hal ini terlihat dari hasil pengujian, spesimen yang mengalami modus kegagalan delaminasi rata-rata memiliki kekuatan yang lebih rendah dibandingkan dengan spesimen yang tidak mengalami delaminasi.

Menurut Sri Handayani [10], keawetan bambu adalah daya tahan bambu terhadap berbagai faktor perusak bambu, misalnya ketahanan bambu terhadap serangan rayap, bubuk kayu kering, dan jamur perusak bambu (Tim ELSPPAT, 2000). Penyebab kerusakan bambu bersifat biologis dan non biologis. Penyebab kerusakan bambu non biologis yang terpenting adalah kadar air. Kadar air yang tinggi menyebabkan kekuatan bambu menurun dan mudah lapuk. Penyebab kerusakan bambu biologis adalah rayap, kumbang bubuk, dan jamur, beberapa di antaranya adalah jamur *Schizophlyllum cummune, Auricalria sp; Pleurotus sp; Strureum sp;* dan *Poria incrssata sp*. Kumbang bubuk hidup dalam jaringan serat bambu dan kumbang jenis ini mengambil sari makanan yaitu pati. Oleh karena itu prinsip pengawetan bambu adalah mengeluarkan zat pati yang menjadikan kumbang bubuk hidup dan berkembang.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan komposit berpenguat serat bambu dengan matriks epoksi. Bahan komposit yang dikembangkan ini akan diimplementasikan pada produk kesehatan yaitu produk *prosthesis* pada komponen *socket*. *Prosthesis* merupakan produk yang saat ini banyak dibutuhkan masyarakat yang mengalami amputasi anggota gerak bawah akibat trauma dan penyakit degeneratif. Komposit yang dikembangkan ini diproyeksikan menjadi salah satu bahan alternatif pengganti komposit serat sintetik. Serat sintetik mempunyai kelemahan dari sisi kesehatan, tidak dapat didaur ulang, tidak ramah lingkungan, dan merupakan produk impor dengan harga yang relatif mahal.

METODE PENELITIAN

Bambu yang dipilih adalah jenis bambu tali yang sudah tua dan kering, kemudian dibuat menjadi serat kontinyu (*longitudinal*), dengan data seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Dimensi Serat Bambu [11]

Serat	Dimensi	Perlakuan	Orientasi Serat
Serat Bambu	Ketebalan 0,3 ± 0,05 mm dan lebar 3 mm ± 0,5 mm	Direndam dalam larutan alkohol 90% selama 10 menit, kemudian dikeringkan.	$0^0/90^0$

Serat bambu selanjutnya direndam dalam larutan alkohol 90% selama 10 menit kemudian dikeringkan sampai benar-benar kering. Perendaman dalam larutan alkohol ini untuk menghilangkan lapisan lilin dan menambah kekuatan serta elastisitas dari serat. Setelah melalui proses perendaman, serat bambu kemudian dianyam sehingga menjadi lembaran dalam bentuk met. Ayaman tidak dibuat rapat dengan tujuan agar matriks dapat membasahi seluruh bagian dari met pada saat proses laminasi (pengecoran). Matriks yang digunakan adalah Epoksi Resin Bakelite® EPR 174 dan Epoksi Hardener V-140 dengan perbandingan campuran matriks dengan pengeras (*hardener*) adalah 1:1.

Fraksi volume serat (Vf) yang digunakan dalam penelitian ini adalah 10%, 20%, 30%, 40% dan 50%. Prototipe socket dibuat dengan menggunakan fraksi volume serat (30-40) %.

Proses pembuatan sampel uji komposit dan prototipe produk socket melalui tahap sebagai berikut: pemilihan responden, pengukuran data antro-

pometri responden, pembuatan cetakan negatif dari socket, pembuatan cetakan positif dari socket, pembuatan socket, pembuatan sampel uji komposit dan sampel uji tekan produk socket.

Pada proses laminasi serat bambu dengan matriks epoksi, diawali dengan penuangan campuran matriks ke dalam susunan bahan socket melalui saluran tuang. Setelah campuran matriks masuk ke dalam saluran tuang dan mulai membasahi susunan bahan socket, kemudian dilakukan proses penekanan secara manual, sehingga campuran matriks dapat meresap ke dalam susunan bahan socket. Pada saat bersamaan, mesin vakum dihidupkan dan diatur dengan tekanan ± -50 bar, selama kurang lebih 15 menit, atau selama proses pengecoran sampai semua campuran matriks meresap ke dalam susunan bahan socket secara merata dan tidak terlihat adanya udara yang terjebak. Setelah proses pengecoran selesai dilakukan, socket yang sudah difabrikasi tersebut dibiarkan mengering dengan menggunakan suhu kamar. Proses pengeringan alami dengan suhu kamar ini lebih baik, jika dibandingkan dengan bantuan oven. Meskipun proses pengeringan membutuhan waktu yang lebih alam atau ± (2-3) hari, namun kualitas socket yang dihasilkan akan lebih baik dari sisi permukaan maupun dari kekuatan.

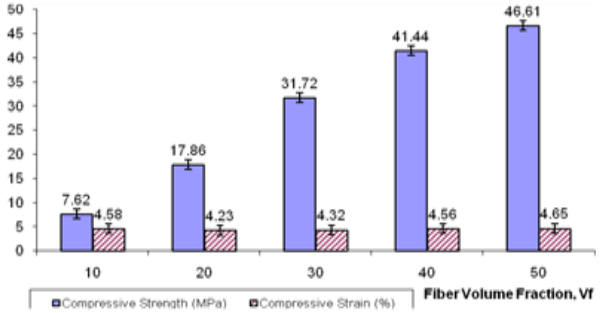
Pengujian terhadap sampel komposit dan prototipe *socket prosthesis* yang dilakukan meliputi: Pengujian tekan (*compressive*): ASTM D695, pengujian bending (*flexural*): ASTM D730-03, pengujian kegagalan tekan *socket prosthesis*: ISO 10328 [12,13,14]

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kekuatan Tekan

Kekuatan tekan sampel komposit serat bambu epoksi diperlukan untuk dapat menerima beban tekan dari pengguna prosthesis. Pengujian kekuatan tekan sampel uji komposit serat bambu mengacu pada ASTM D 695.

Gambar 1 terlihat bahwa komposit serat bambu epoksi mempunyai kekuatan tekan yang tinggi.



Gambar 1. Hasil Uji Tekan[11]

Hal ini sangat baik dan memang diperlukan oleh bahan socket, sehingga mampu menerima beban tekan yang berasal dari berat badan pengguna socket maupun pada saat melakukan akitifitas berjalan.

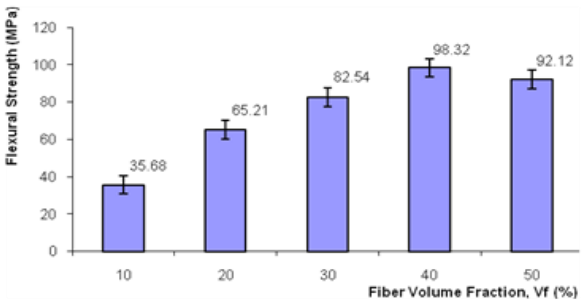
Kekuatan Flexural

Kekuatan lentur atau flexural sangat diperlukan oleh socket agar menghasilkan kontak antara kulit puntung dengan dinding socket berupa *total contact socket*. Jika ini terjadi, maka pengguna socket akan merasakan tingkat kenyamanan yang baik pada saat menggunakan socket. Pengujian kekuatan *flexural sampel* uji komposit serat bambu mengacu pada ASTM D 730-03.

Kekuatan *flexural* bahan komposit serat rotan epoksi cukup baik. Hal ini sangat mendukung proses pengembangan komposit serat bambu epoksi sebagai bahan alternatif untuk membuat socket prosthesis mengganti bahan komposit serat sintetik khususnya *fiberglass*.

Pengujian Kegagalan Tekan Prototipe Socket Bambu Epoksi

Socket merupakan komponen prosthesis paling penting karena socket berhubungan langsung dengan puntung (*stump*) pengguna. Sebagai komponen yang berhubungan langsung dengan bagian tubuh pengguna, maka socket juga merupakan komponen yang menerima transfer beban tubuh dan beban aktifitas lain oleh pengguna prosthesis. Oleh karena itu perlu dilakukan pengujian yang berkaitan dengan kekuatan socket dalam menerima beban tubuh pengguna [15].



Gambar 2. Hasil Uji Flexural [11]

Gambar 3. Prototipe Produk Socket Berbahan Komposit Serat Bambu Epoksi

Pengujian kekuatan tekan maksimum dilakukan untuk melihat beban maksimum yang dapat diterima oleh socket prosthesis sampai mengalami kerusakan fatal. Pengujian ini mengacu pada ISO 10328. Proses pegujian dengan menggunakan mesin uji tekan terhadap prototipe socket dan pengujian dilakukan sampai terjadi kegagalan tekan pada socket tersebut

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, diperoleh hasil pengujian kekuatan tekan beban maksimum rata-rata pada prototype pertama socket prosthesis berbahan komposit serat bambu epoksi sebesar (87,1 ± 4,3) kN. Hasil ini sangat baik jika dibandingkan dengan berat badan responden penelitian ini sebesar 63 kg atau 630 N. Dengan kegagalan tekan prototipe socket prosthesis sebesar (87,1 ± 4,3) kN, maka diperoleh tingkat keselamatan yang tinggi terhadap beban tekan yang diterima. Dengan demikian, prototipe socket berbahan komposit serat bambu dengan matriks epoksi dapat dilanjutkan dan dikembangkan sebagai bahan alternatif pembuat socket [16,17].

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan bahwa hasil pengujian karakteristik mekanik dari bahan komposit serat bambu epoksi meliputi kekuatan tekan, kekuatan flexural dan kegagalan tekan menghasilkan kekuatan yang dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi bahan teknik. Kekuatan tekan rata-rata komposit serat bambu epoksi sebesar 41,44 MPa dan kekuatan flexural sebesar 98,32 MPa. Hasil uji kegagalan tekan prototipe socket prosthesis berbahan komposit serat bambu epoksi menunjukan bahwa kekuatan tekan prototype produk yang dihasilkan sebesar (87,1 ± 4,3) kN. Kekuatan tekan sangat diperlukan oleh material socket untuk menerima beban tubuh pengguna socket dan beban dinamis akibat selama digunakan untuk berjalan. Hasil-hasil yang telah diperoleh melalui penelitian ini menunjukan bahwa komposit serat bambu dengan matriks epoksi dapat dikembangkan lebih lanjut sebagai bahan socket prosthesis dan bahan teknik untuk berbagai produk manufaktur lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Publikasi Ilmiah Universitas Tarumanagara dan Ditlitabmas Dikti Kemdikbud yang telah membiayai penelitian ini dengan Perjanjian Pelaksanaan Penelitian No. 453-SPK-LPPI/Untar/VII/2013.

DAFTAR PUSTAKA

[1] John Craig, Prosthetic Feet for Low-Income Countries, *Journal of Prosthetics and Orthotics*, Vol. 17. No. 4S, pp. 27-49, 2005.

[2] Jerico Biagiotti, Debora Puglia, Luigi Torre, Jose M. Kenny, A Systematic Investigation on The Influence of the Chemical treatment of Natural Fibers on the Properties of Their Polymer Matrix Composite*s, Polymer Composites,* Vol. 25, No. 5, pp. 470-479, 2004.

[3] Jamasri, *Peluang dan Tantangan Pengembangan Komposit Serat Alam di Indonesia,* Prosiding Seminar Nasional Mesin dan Industri (SNMI4) 2008, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara Jakarta, pp. 1-13, 2008.

[4] Sapuan, S.M., Zan, M.N.M. Zainudin, E.S. and Prithvi Raj Arora, Tensile and Flexural Strengths of Coconut Spathe-Fibre Reinforced Epoxy Composites*, Journal of Tropical Agriculture*, Vol. 43, pp. 63-65, 2005.

[5] Onal, L. and Karaduman, Y., Mechanical Characterization of Carpet Waste Natural Fiber-Reinforced Polymer Composites. *Journal of Composite Materials,* Vol. 43, pp. 1-18, 2009.

[6] Shasmin, H.N., Abu Osman, N.A., and Abd. Latif, L., *Economical Tube Adapter Material in Below Knee Prosthesis,* Biomed 2008, Proceedings, 21, pp. 407-409, 2008.

[7] Abdul Rochman, Pemakaian Teknologi Pratekan pada Balok Kayu dengan Tendon dari Bambu. *Jurnal Penelitian Sains & Teknologi*, Vol. 5, No. 1, pp. 150-165, 2004.

[8] Zulmahdi Darwis, Kapasitas Geser Balok Bambu Laminasi Terhadap Variasi Perekat Labur Dan Kulit Luar Bambu*, Media Teknik Sipil,* Vol. X, pp. 14-21, 2010.

[9] Danny Eldo, Bambang Kismono Hadi, Muhammad Kusni, *Analisis Kekuatan Lentur Struktur Sandwich Komposit Serat Bambu Dengan Core Polyurethane Melalui Uji Three Point Bending Dan Metode Elemen Hingga,* Prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) ke 9, pp. MIV221-230, 2010.

[10] Sri Handayani, Pengujian Sifat Mekanik Bambu (Metode Pengawetan Dengan Boraks, *Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan*, Vol. 9 No. 1, pp. 43-53,2007.

[11] Agustinus Purna Irawan, I Wayan Sukania, *Laporan Akhir Penelitian Hibah Bersaing Tahun 2011,* Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Untar, Jakarta, 2011.

[12] ASTM, *Annual Book of ASTM Standard,*West Conshohocken, 2003.

[13] Autar K. Ka. *Mechanics of Composite Material,* CRC Press, Boca Raton, New York, 1997.

[14] BS ISO 10328-3:1996. *Prosthetics, Structural Testing of Lower-Limb Prostheses, Principal Structural Tests*. www.iso.org.

[15] Agustinus Puna Irawan, *Rekayasa Komposit Serat Alam Prototipe Produk Prosthesis Anggota Gerak Bawah (Lower Limb Prosthesis),* Disertasi, Departemen Teknik Mesin FT UI, 2010.

[16] Agustinus Purna Irawan, I Wayan Sukania, *Tensile and Impact Strength of Bamboo Fiber Reinforced Epoxy Composite as Alternative Materials for Above Knee Prosthesis Socket,* Proceeding of ICTSD 2012, ISBN 978-602-7776-06-7,UniversitasUdayana. pp. M109-115, 2012.

[17] I Wayan Sukania, Agustinus Purna Irawan, *Laporan Akhir Riset Unggulan Perguruan Tinggi,* Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara. Jakarta, 2012.