

Pengaruh Perbandingan Serat Sisal dan Karbon Terhadap Sifat Tarik Komposit Hibrid Sisal Mentah/Karbom/ *Polymethyl Methacrylate* (PMMA)

Rolin Permata^a, Harini Sosiati^a, Sudarisman^a

^aTeknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,
Jl. Brawijaya, Tamantirto, Bantul, Yogyakarta 55183
rolin.permata.2014@ft.umy.ac.id

Abstrak

Komposit serat alam sisal (*Agave Sisilana*) sebagai bahan penguat/*(fillers)* dengan matriks sintesis *Polymethylmethacrylate* (PMMA) dikembangkan sebagai kandidat bahan aplikasi biomedis. Serat sisal memiliki keunggulan densitas rendah dan memiliki zat antibakterial *biocompatible* bagi tubuh manusia. Sedangkan keunggulan PMMA sebagai matriksnya tidak abrasif terhadap jaringan tubuh manusia dan harga relatif murah. Penambahan karbon sebagai penguat/filler menghasilkan komposit hibrid dengan kekuatan mekanis lebih optimal. Serat sisal direndam dalam larutan aquades selama 24 jam dan serat karbon direndam dalam larutan asam nitrat dengan konsentrasi 68,3 % selama 48 jam. Panjang serat 6 mm dengan variasi karbon/sisal 1:2, 1:1 dan 2:1 dan perbandingan fraksi volume serat/matriks 20%:80% difabrikasi menggunakan mesin press dingin dengan tekanan 120 kg/cm² pada suhu ruangan selama 60 menit. Pengujian mekanis mengacu pada standar ASTM D638-01 untuk uji tarik. Patahan komposit dikarakterisasi menggunakan SEM untuk mengetahui struktur mikro patahan komposit. Hasil menunjukkan nilai kekuatan mekanis meningkat seiring dengan bertambahnya karbon pada setiap komposit hibrid. Nilai rata-rata kekuatan tarik dan modulus elastisitas tertinggi ditunjukkan pada komposit hibrid perbandingan karbon/serat sisal 2:1 sebesar 51,08 MPa dan 1,233 GPa. Hasil SEM menunjukkan komposit hibrid perbandingan karbon/serat sisal 2:1 memiliki debonding, fiber pull out dan void lebih sedikit dengan perbandingan karbon/serat sisal 1:2 dan 1:1.

Kata kunci: Kata kunci : Sisal, karbon, PMMA, uji tarik, SEM

1. PENDAHULUAN

Komposit merupakan penggabungan dua jenis material atau lebih yang di dalamnya terdapat antara matriks dan penguat sehingga menghasilkan komposit dengan material yang mempunyai sifat mekanis dan karakteristik berbeda dari pembentuknya dan diperoleh material baru (Widodo 2008). Penggabungan material komposit lebih ke arah fisis dan mekanis. Komposit dari serat alam sangat bagus karena memiliki keunggulan dan ramah lingkungan dibanding dengan serat sintesis. Oleh karena itu serat sisal sebagai serat alam sangat banyak dikembangkan untuk diolah menjadi komposit untuk aplikasi biomedis.

Serat sisal diketahui sebagai penguat yang digunakan untuk komposit karena memiliki densitas yang rendah, harga yang relatif murah, kekuatan spesifik dan modulusnya yang tinggi dengan tidak mengurangi resiko kesehatan serta ketersediaannya yang melimpah dan digadagadag sebagai bahan alam terbarukan (Kusumastuti 2009). Menurut Brink dkk (2003) negara Indonesia dapat memproduksi serat sisal 500 ton setiap tahunnya atau 0,2% dari produksi serat sisal dunia. Serat sisal memiliki keuntungan dalam aplikasi biomedis karena memiliki zat antibakterial (Abednego, dkk 2010) sehingga biokompatibel dengan tubuh manusia dan ditunjang dengan matriks yang tepat untuk melengkapi serat sisal agar tercipta komposit adalah penggunaan *polymethyl methacrylate* atau PMMA.

Polymethyl methacrylate atau PMMA merupakan resin akrilik yang biasanya banyak digunakan pada dunia kedokteran gigi yang disebabkan harganya yang murah, proses resparasi yang cepat serta proses pembuatan yang mudah. Di lain sisi komposit dengan serat alam mempunyai kelemahan yaitu rendahnya kekuatan mekanik atau antarmuka yang buruk dibandingkan dengan serat sintesis karena disebabkan oleh matriks dan pengaruh gaya adhesi

sifat serat alam sedangkan gaya adhesi disini sebagai pengikat serat sehingga komposit yang dihasilkan lebih optimal.(Dhakal, dkk 2007).

Perangkat biomedis yang digunakan untuk penghubung tulang atau perekat antar sendi yang masih didominasi oleh stainless steel (SS), logam paduan (Ti-6Al-4V, Ti-6Al-7Nb, Ti-6Al-2.5Fe), logam paduan pada cobalt (Co-Cr, Co-Cr-Mo, Co-Ni-Cr-Mo) dan Titanium (Ti) yang memiliki kekuatan mekanik tinggi dan terhadap korosi (Bombac dkk, 2007) dimana bahan biokaktif seperti hydroxyapatite (HAP) digunakan sebagai pelapis. Penggunaan logam atau logam paduan memiliki keterbatasan waktu atau lifetime yang berdampak pada korosi disebabkan interkasi antara cairan tubuh dengan logam dan logam yang mengandung ion akan teracuni atau terurai. Karena kelemahan itu, serat alam digadang-gadang menjadi pengganti logam dan logam paduan untuk kedepannya. Serat alam mempunyai keunggulan tidak akan korosi dan proses fabrikasi yang murah dan terjangkau.

Penggunaan serat alam yang digunakan sebagai bahan komposit polimer dinilai kurang efektif dalam segi kekuatan mekanik dibandingkan dengan serat sintetis. Dengan kombinasi dua jenis serat berbeda dalam suatu matriks atau bisa juga dengan satu jenis serat tetapi didalamnya terdapat dua matriks yang berbeda, hal ini disebut dengan komposit hibrid (Supriyadi, 2017). Serat karbon memiliki keunggulan sangat ringan dan kekuatan kuat karena dipengaruhi oleh bentuk dan arah penyusunannya atau anisotropik.

Para peneliti sebelumnya sudah banyak melakukan percobaan di bidang biomedis seperti Chandramohan (2011) menggunakan serat sisal untuk orthopedi implan tulang. Untuk mendapatkan komposit yang lebih baik dilakukan penelitian tentang komposit hibrid seperti Singh dkk (2008) melakukan penelitian tentang modifikasi hydroxyapatite oleh karbon nanotube yang diperkuat polymethyl methacrylate yang diaplikasikan pada bidang biomedis. Penggunaan serat sisal yang dicampur dengan karbon serta polymethyl methacrylate atau PMMA sebagai matriks masih jarang digunakan di bidang biomedis. Penggunaan PMMA dijadikan sebagai pengikat antara serat sisal dan karbon dan mampu menjadi kandidat bahan pengganti logam maupun logam paduan yang mendominasi untuk aplikasi biomedis.

2. METODE

2.1 Preparasi Serat

Serat yang digunakan pada penelitian ini ada dua yaitu serat sisal dan karbon. Serat sisal yang dipakai adalah serat sisal mentah . Serat sisal mentah dipersiapkan dengan merendamkan serat sisal ke dalam larutan aquades selama 24 jam dan dikeringkan dengan suhu ruangan. Sedangkan karbon dilakukan perlakuan dengan perendaman asam nitrat dengan konsentrasi 68,3 % selama 48 jam dan dikeringkan pada oven pada suhu 80°C selama 6 jam. Serat sisal dan karbon yang sudah dikeringkan dipotong 6mm.Matriks PMMA dan SC Liquid disiapkan. Perhitungan serat menggunakan fraksi volume serat (sisal dan karbon) 20% dan matriks 80%. Volume mengikuti cetakan spesimen yang mengacu pada standar ASTM D638-01 untuk uji tarik. Komposit hibrid dibuat dengan perbandingan variasi karbon/sisal 1:2, 1:1 dan 2:1.

2.2 Pembuatan Komposit

Komposit dibuat dari serat sisal, karbon dan yang sudah dihitung dan ditimbang. Menggunakan metode satu lapis matriks-serat-matriks ditekan menggunakan alat *cold press* dengan tekanan 120 kg/cm² selama 60 menit dalam temperatur ruangan. Ada tiga variasi komposit hibrid yang dibuat, yaitu komposit hibrid dengan perbandingan variasi karbon/sisal 1:2, 1:1 dan 2:1. Spesimen dibuat untuk pengujian tarik mengacu pada standar ASTM D638-01.

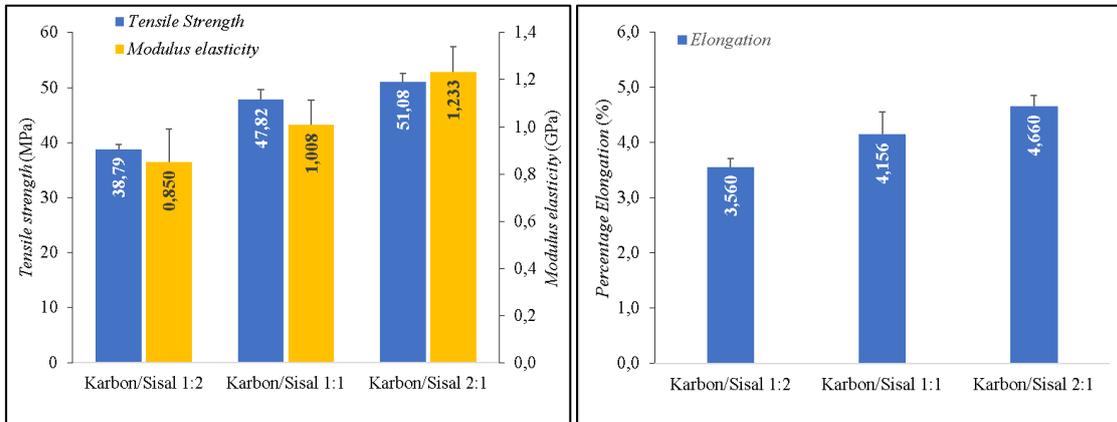
2.3 Uji Mekanis dan Karakterisasi

Pengujian mekanis dilakukan pada semua spesimen yang telah difabrikasi. Pengujian tarik dilakukan dengan mengacu pada standar ASTM D638-01 menggunakan alat UTM di Balai Besar Kulit, Karet dan Plastik (BBKPP) dengan *load cell* 100kg dan *rate speed* pengujian 5mm/min sampai putus. Lima sampel untuk setiap spesimen telah diuji, dan rata-rata *tensile strength*, *modulus elasticity* (Et) dan *elongation* (εt) telah diperoleh dari kurva tegangan-regangan. Data

ditampilkan dalam bentuk rata-rata. Morfologi permukaan patahan hasil uji tarik diamati menggunakan mesin *scanning electron microscope* (SEM).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

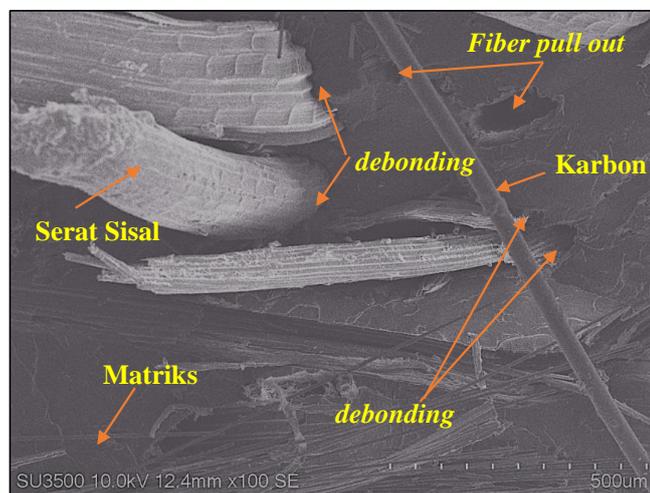
3.1 Analisis Pengujian Mekanis



Gambar 3.1. Grafik kekuatan, modulus elastisitas dan regangan tarik

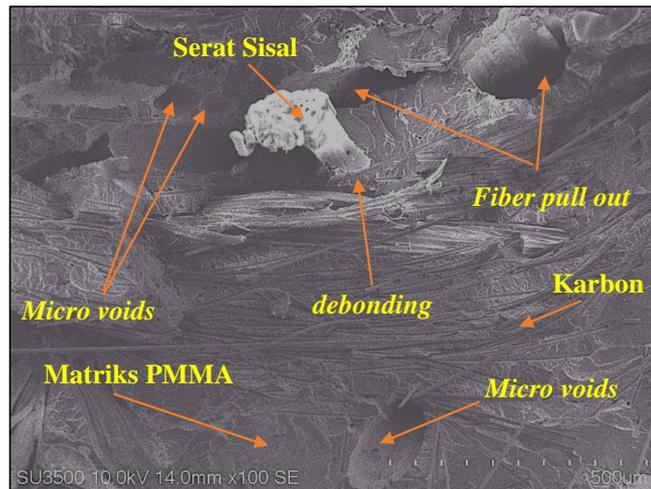
Dari Gambar 3.1 terlihat bahwa hasil pengujian tarik komposit hibrid perbandingan variasi karbon/serat sisal 2:1 memiliki nilai kekutan tarik dan modolus elastisitas tertinggi sebesar 51,08 MPa dan 1,233 GPa dibandingkan dengan komposit hibrid perbandingan variasi karbon/serat sisal 1:2 dan 1:1. Sedangkan untuk persentase regangan tarik komposit hibrid perbandingan variasi karbon/serat sisal 2:1 memiliki nilai optimal sebesar 4,66% dibandingkan dengan komposit hibrid perbandingan variasi karbon/serat sisal 1:2 dan 1:1.

3.2 Analisis SEM



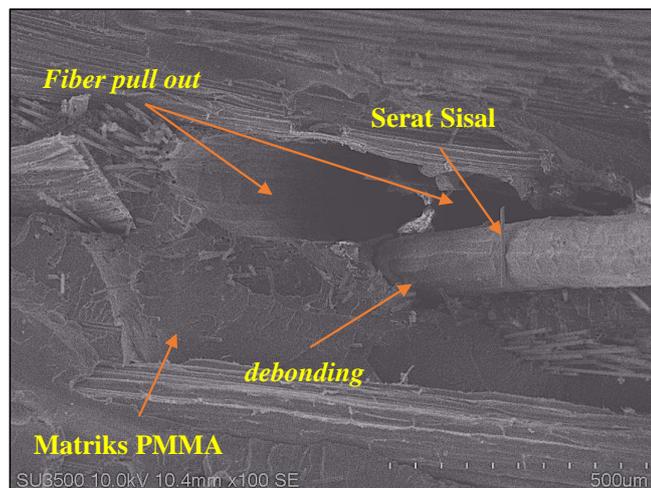
Gambar 3.2 Struktur Permukaan Patahan Komposit Hibrid Karbon/Serat Sisal 1:2 Perbesaran 100x

Dari citra SEM gambar 3.2 struktur permukaan patahan komposit hibrid karbon/serat sisal 1: 2 tidak ada ikatan yang bagus (*debonding*) antara matriks PMMA dengan serat sisal mengakibatkan kuat tarik dari komposit rendah. Sifat dari serat alam yang hidrofilik bertolak belakang dengan sifat dari matriks PMMA yang hidrofobik. Hal inilah yang menyebabkan tidak ada ikatan yang bagus antara serat sisal dengan matriks PMMA. Tetapi karbon dapat menyatu dengan matriks karena memiliki sifat yang sama yaitu hidrofobik. Terdapat *fiber pull out* yaitu serat sisal tercabut dari matriks yang akan menurunkan kekuatan tarik komposit



Gambar 3.3 Struktur Permukaan Patahan Komposit Hibrid Karbon/Serat Sisal 1:1 Perbesaran 100x

Dari citra SEM gambar 3.3 struktur permukaan patahan komposit hibrid karbon/serat sisal 1: 1 tidak ada ikatan antara matriks PMMA dengan serat sisal. Perbedaan antara sifat serat sisal yang hidrofilik dan matriks PMMA yang hidrofobik, mengakibatkan debonding antara serat sisal dengan matriks PMMA. Pada permukaan patahan juga terdapat fiber pull out yaitu serat sisal tercabut dari matriks dengan jumlah lebih sedikit. Perbandingan karbon/serat sisal juga mengalami kenaikan kekuatan tarik. Terdapat micro void dari foto permukaan patahan komposit hibrid mengakibatkan kuat tarik dari komposit menurun



Gambar 3.4 Struktur Permukaan Patahan Komposit Hibrid Karbon/Serat Sisal 2:1 Perbesaran 100x

Dari citra SEM gambar 3.4 struktur patahan komposit hibrid karbon/serat sisal 2: 1 masih terdapat debonding dengan jumlah hanya sedikit antara serat sisal dengan matriks tetapi tidak sebanyak pada. Dengan dominasi karbon dapat menaikkan kekuatan tarik dan penyebaran serat lebih merata karena persamaan sifat karbon dengan matriks PMMA yaitu hidrofobik. Pada permukaan patahan juga terdapat fiber pull out yaitu serat sisal tercabut dari matriks dengan jumlah sedikit dari perbandingan sebelumnya. Perbandingan karbon/serat sisal 2:1 juga mengalami kenaikan kekuatan tarik dibandingkan dengan komposit hibrid perbandingan karbon/serat sisal 1:2 dan 1:1 karena pengaruh penambahan karbon.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penambahan karbon pada setiap variasi spesimen dapat meningkatkan kekuatan tarik komposit hibrid karena karbon dapat mengikat dengan baik antara karbon sebagai filler dengan Polymethyl methacrylate atau PMMA sebagai matriks.
2. Hasil pengujian optic dan SEM menunjukkan bahwa ikatan antara matriks dengan filler terbentuk relatif baik, namun distribusi filler masih sedikit tidak merata dan masih terdapat debonding, fiber pull out dan void sehingga dapat menurunkan kekuatan mekanis komposit.
3. Komposit hibrid perbandingan karbon/serat sisal 2:1 memiliki kekuatan tarik tertinggi sebesar 51,08 MPa dan 1,233 GPa dibandingkan dengan perbandingan karbon/serat sisal 1:2 dan perbandingan karbon/serat sisal 1:1
4. Komposit hibrid perbandingan komposit hibrid karbon/serat sisal 2:1 direkomendasikan untuk digunakan pada aplikasi biomedis karena memiliki nilai paling optimal.

REFERENSI

- Abednego D. M., Zwane P. and 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* 2(6), 370-374.
- Adoniram , S., Boimau, K., & Adoe, G. H. (2015). Pengaruh Temperatur Pengovenan terhadap Sifat Mekanik Komposit Hibrid. *Jurnal Teknik Mesin Undana Vol 2(1)*, 69-78.
- ASTM Standard. D638-01. (2001). *Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics*. United States. ASTM International.
- Buckley, J. D., & Edie, D. (1993). *Carbon-Carbon Materials and Composites*. Park Ridge, New Jersey, U.S.A. Noyes Publications. 51
- Bombac D., Brojan P., Fajfar F., Kosel and Turk R. (2007). Review of Materials in Medical Applications. *Materials and Geoenvironment; 54(4)*, 471-499.
- Brink M. and Escobin R.P. (2003). Fibre Plants Backhys Publishers Leiden the Nethelands. *Plant Resources of South- East Asia* 17.
- Chand N., Tiwary R.K., Rohatgi P.K. (1988). Bibliography resource structur properties of natural cellulosic fibres: anannotated bibliography. *Journal of Materials Science* 23(2), 381-387.
- Dhakar, H. N., Zhang, Z. Y., & Richardson, M. O. (2007). Effect of water absorption on the mechanical properties of hemp fibre reinforced unsaturated polyester composites. *Composites Science and Technology* 67, 1674-1683.
- Chandramohan D. and Marimuthu K. A. (2011). Review on Natural Fibers. *IJRRAS* 8 (2), 194-205.
- Gibson R. F. (1994). Principle of Composite Material Mechanics. New York. Mc Graw Hill Inc. 5.
- Jones, R.M. 1975. *Mechanics of Composite Materials*. Washington DC: Scripta Book Company. 3-10.
- Joseph K. R. D., Tolêdo F., James B., Thomas S. and de Carvalho L. H. (1993). A Review on Sisal Fiber Reinforced Polymer Composites. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 3(3), 367-379.

- Kusumastuti, A. (2009). Aplikasi Serat Sisal sebagai Komposit Polimer. *Jurnal Kompetensi Teknik* 1(1), 27-32.
- Murherjee P.S. and Satyanarayana K.G. (1984). Structure and properties of some vegetable fibres, part 1. Sisal fibre. *Journal of Materials Science* 19(12), 3925-3934.
- Khanam, P. N., Khalil, H. A., Jawaid, M., Reddy, G. R., Narayana, C. S., & Naidu, S. V. (2010). Sisal/Carbon Fibre Reinforced Hybrid Composites: Tensile, Flexural and Chemical Resistance Properties. *J Polym Environ* 18(1), 727–733.
- Pilliar, R. M., & Blackwell, R. (1976). Carbon Fiber-Reinforced Bone Cement in Orthopedic Surgery. *J. Biomed. Mater. Res. Vol. 10(1)*, 893-906.
- Raharjo, Aries, Fitriyani, Indra. (2015). Sifat Tarik dan Lentur Komposit rHDPE/Serat Cantula dengan Variasi Panjang Serat. Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV (SNTTM XIV).
- Santos, J. D., Branco, A., Silva, A. F., Pinheiro, C. S., Neto, A. G., Uetanabaro, A. P., Queiroz, S. R., and Osuna, J. T. (2009). *Antimicrobial activity of Agave sisalana*. *African Journal of Biotechnology* 8(22), 6181-6184
- Singh, M. K., Shokuhfar, T., Gracio, J. d., Mendes de Sousa, A. C., Ferreira, J. F., Garmestani, H., & Ahzi, S. (2008). Hydroxyapatite Modified with Carbon Nanotube-Reinforced Poly(methylmethacrylate): A Novel Nanocomposite Material for Biomedical Applications. *Adv Funct Mater* 9999, 1-7.
- Stepashkin, A. A., Chukov, D. I., Cherdynstev, V. V., & Kaloshkin, S. D. (2014). Surface Treatment of Carbon Fibers–Fillers for Polymer Matrixes. *Inorganic Materials: Applied Research* 5(1), 22-27.
- Supriyadi A. (2017). Pembuatan dan Karakterisasi Lentur Komposit Hybrid Serat Ijuk Acak/Serat Gelas Searah Bermatriks Epoksi. Skripsi. Yogyakarta. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Surdia, Tata M. S. Met. E dan Kenji Chijiwa, (1995). Teknik Pengecoran Logam, PT. PradnyaParamita, Jakarta. 174-179.
- Waikambo LY, Ansell MP. (2002). Chemical modification of hemp, sisal, jute, and kapok by alkanalisation. *J Appl Polym Sci* 84(12), 2222–34.
- Widodo, B. (2008). Analisa Sifat Mekanik Komposit Epoksi Dengan Penguat Serat Pohon Aren (Ijuk) Model Lamina Berorientasi Sudut Acak (Random). *Jurnal Teknologi Technoscienza* 1(1), 1-5.