

Sifat-sifat Mekanik Komposit Serat TKKS-Poliester

Shirley Savetlana¹, Andreas Andriyanto²

¹Jurusan Teknik Mesin, Universitas Lampung

Jl. Sumantri Brojonegoro, 35145, Bandar Lampung, Telp: (0721) 3555519, Fax: (0721) 701609

E-mail: shirley@unila.ac.id

² NTCSEA- I, PT. Nissan Motor Indonesia,

Kawasan Industri Kota Bukit Indah - Blok AIII LOT 1-14 Purwakarta 41181 Jawa Barat

Abstract

Empty Fruit Bunch (EFB) fiber reinforced polyester composites were prepared using simple technique namely hand lay-up. Alkali treatments were used to enhance the hydrophobicity of the fiber. Lignin and cellulose content of EFB were analysed through chemical composition analysis. The mechanical properties are analyzed by conducting tensile and flexural tests. Macro observation shows fiber bridging on the fracture section. The SEM micrograph also shows a better surface roughness after alkali treatment. The result shows that bending strength increases with the increases of fiber volume fraction. Tensile strength and elastic modulus of composite were higher than the pure polyester and increases with the increasing of fiber volume fraction although polyester shows low compatibility with the EFB fiber. The failure mechanism as a result of bending and tensile tests had shown a dominant fiber pull-out mechanism and less of fiber breaking mechanism. It suggests that the optimal strength of the composite can be further increases by enhancing the compactibility between fiber and matrix.

Keywords: EFB fiber, mechanical properties, polyester, composite, hand lay-up

PENDAHULUAN

Serat alam yang sudah digunakan dalam komposit seperti yang berasal dari rumput antara lain: *alfa*, tebu dan bambu, dari daun seperti pisang, *curau* dan palem kurma, dari biji seperti kapas, dari batang yaitu: *jute*, *kenaf*, *nettle*, nenas, kayu dan *ramie* dan dari buah seperti *coir*, kapuk dan *oil palm* [1-4].

Kandungan utama serat alam seperti lignin, selulosa, hemiselulosa dan *waxes*. Kandungan selulosa cotton mencapai 90%, ramie 76% dan bambu 43%. Sifat-sifat mekanik serat antara lain tergantung dari kandungan selulosa dan lignin. *Curau* dengan kandungan selulosa 73,6% dan lignin 7,5% mempunyai kekuatan tarik 500-1150 MPa dan modulus elastis 11.8 GPa. Serat kapas mempunyai kekuatan tarik yang mencapai 597 MPa, elastic modulus 12,6 GPa dan elongation 8%.

Sejumlah penelitian mengenai serat yang memperkuat polimer dengan kekakuan yang rendah seperti unsaturated polyester (UPE).

UPE digunakan karena murah, mudah diproses dan mempunyai temperatur cair yang rendah. Dry refined softwood fibres (DRFSW) dengan 30% fraksi berat digunakan untuk memperkuat polyester (PEM) and Poly-lactid acid (PLA) melalui proses injection moulding. PEM matrik menghasilkan komposit dengan hasil yang baik sementara PLA kurang memberikan hasil yang diharapkan. Hal ini diperkirakan berasal dari kekakuan matrik PLA yang lebih tinggi dari PEM. Berdasarkan hal ini disarankan untuk menggunakan polimer dengan kekakuan yang lebih rendah sebagai matrik [5-6]. Hasil yang berbeda didapatkan untuk komposit serat palm. Dua jenis matrik yaitu polyester dan epoxy digunakan sebagai matrik dalam penelitian ini. Dari penelitian ini, hanya serat palm dengan matrik epoxy yang menghasilkan sifat-sifat mekanik yang baik [1].

Beberapa penelitian mengenai serat kelapa antara lain penelitian pada coconut coir fiber/PP composite dan EFB pulp/Poliester. Tanpa compatibilizer, modulus elastik meningkat sementara kekuatan impak hanya

naik pada fraksi berat serat yang tinggi. Kekuatan tarik turun dengan kenaikan fraksi berat serat. Penambahan compatibilizer meningkatkan modulus tetapi menurunkan kekuatan impak [7]. Sifat-sifat mekanik komposit dibawah beban bending dan tarik juga menunjukkan trend yang sama [8]. EFB Fiber cellulose microfibril/rubber komposit menunjukan kenaikan kekerasan, ketahanan terhadap abrasi dan modulus elastik tetapi kekuatan tarik dan tear strength turun seiring dengan penambahan serat EFB [9].

Penelitian yang dilakukan oleh Myrtha, dkk menyebutkan bahwa kekuatan bending komposit layer 18% TKKS untuk serat panjang adalah 36,8 MPa dan 33,9 MPa untuk komposit serat pendek TKKS [10]. Penelitian yang dilakukan Jamasri, dkk terhadap komposit dengan penguat serat buah sawit menyebutkan bahwa kekuatan tarik komposit adalah 11-18,51 MPa untuk fraksi berat serat 18-36% [11].

Pada penelitian ini komposit akan dibuat dengan teknik hand lay-up dengan orientasi serat secara acak. Sifat-sifat mekanik komposit EFB/Poliester akan diuji dengan melalui pengujian tarik dan bending. Uji komposisi kimia akan dilakukan pada kandungan sellulosa dan lignin serat. Mekanisme kegagalan pada komposit akan diamati melalui photo SEM.

METODE

Material

Matrik yang digunakan adalah unsaturated polyester resin, Yukalac 157 BQTN-EX. Massa jenis polyester adalah 1,215 at 25°C dan viscosity number adalah 4.5-5.0 poise. Kekuatan tarik 15,64 MPa, Modulus elatisitas 0.36 GPa dan elongation 4,18%. Katalis dari resin adalah Metil etil keton peroksida (MEXPO).

Serat TKKS diambil dari tandan kelapa sawit yang merupakan sampah dari industri pengolahan minyak sawit. Serat ini diekstrak dengan cara penyisiran serat dari TKKS. Uji komposisi kimia dilakukan dengan metode Chesson. Hasilnya menunjukan serat TKKS mengandung 30,29 % sellulosa dan 38,30 % lignin. Kekuatan tarik serat TKKS tergantung

diameter yaitu antara 92.5-246.2 MPa dengan modulus elastik sebesar 11.9 GPa [12]. Serat TKKS dengan diameter rata-rata 0.2 mm direndam dalam larutan 5% NaOH selama 2 jam, dicuci dengan air dan kemudian dikeringkan selama 72 jam pada temperatur ruangan.

Pembuatan Komposit

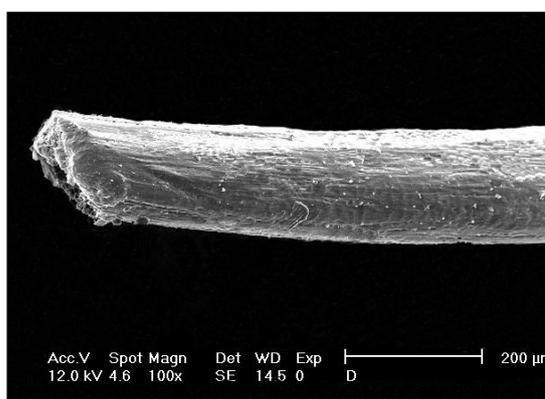
Variasi fraksi volume serat TKKS dalam komposit adalah 5%, 10% dan 15%. Resin dicampurkan dengan 1% katalis dengan cara diaduk manual. Sementara serat disusun secara acak dalam cetakan. Selanjutnya resin yang telah diberi katalis tersebut kemudian dituangkan dalam cetakan gelas diberikan tekanan berupa pemberat. Setelah spesimen dikeluarkan dari cetakan, kemudian dilakukan proses *post-curing* terhadap spesimen uji didalam furnace. Temperatur yang digunakan pada proses *post-curing* adalah 62 °C dengan waktu penahanan selama 4 jam.

Pengujian Tarik dan Bending

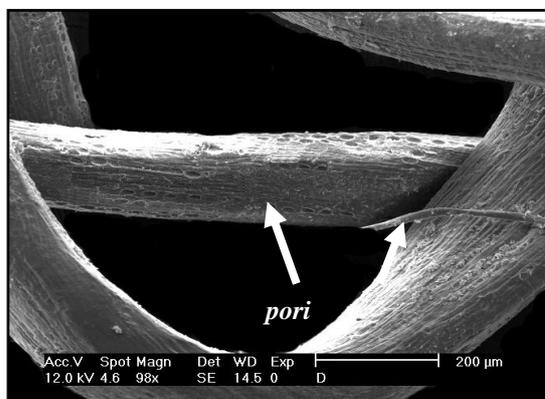
Pengujian tarik dan bending dilakukan untuk mengevaluasi sifat-sifat mekanik dari komposit. Pengujian dilakukan dalam temperatur ruangan. Uji tarik dilakukan sesuai dengan standard ASTM D3039. Pengujian bending dilakukan dengan mengacu kepada ASTM D790-92. Scanning micrograph dilakukan dengan menggunakan SEM Philips XL-20.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perlakuan alkali pada serat alam atau mercerization adalah metode yang biasa dilakukan untuk mendapatkan serat dengan kualitas yang baik. Mercerization mengecilkan diameter serat sehingga meningkatkan aspect ratio, membuat permukaan serat menjadi kasar dan meningkatkan bagian-bagian yang reaktif pada serat sehingga dapat meningkatkan pembasahan pada serat oleh matrik [13-15]. Pada gambar 1 dapat dilihat perbedaan kondisi permukaan serat. Mercerization juga mempunyai efek pada komposisi kimia serat dimana substansi semen serat seperti lignin dan hemisellulosa hilang dalam perlakuan ini [16].



(a)



(b)

Gambar 1. Foto SEM serat TKKS (a) Sebelum Perlakuan 5% NaOH (b) Sesudah Perlakuan 5% NaOH

Gambar 1 menunjukkan foto SEM serat sebelum dan setelah mengalami perlakuan 5% NaOH. Setelah perlakuan alkali, serat menjadi lebih bersih dan kasar serta permukaan serat terlihat lebih berpori. Dengan adanya pori ini, daya ikat diharapkan tinggi karena matrik mengisi pori tersebut. Dengan semakin meningkatnya daya ikat, diharapkan dapat meningkatkan sifat-sifat mekanik komposit serat TKKS. Uji komposisi kimia menunjukkan kandungan selulosa yang cukup yang memungkinkan serat digunakan sebagai pengisi komposit.

Melalui pengamatan makro pada spesimen setelah diuji bending, baik untuk volume serat 5%, 10%, dan 15%, spesimen tidak putus getas saat dibending seperti ditunjukkan pada Gambar 2a-c. Hal ini dikarenakan kemampuan serat dalam menahan

beban yang ditransmisikan oleh matrik. Semakin tinggi fraksi volume serat, semakin tinggi beban yang dapat ditahan oleh serat sehingga retakan pada specimen berkurang.



(a)



(b)



(c)

Gambar 2. Patahan Spesimen Uji Bending Komposit: (a) Serat TKKS 5%, (b) Serat TKKS 10% dan (c) Serat TKKS 15%

Fiber bridging menahan spesimen sehingga spesimen tidak putus. Seperti pada komposit 15% serat pada Gambar 2c, terlihat banyaknya *fiber bridging*.

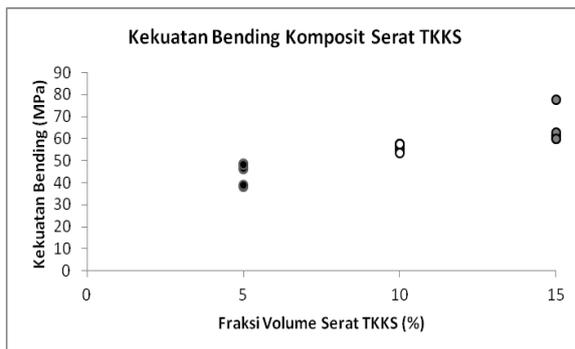
Jika diasumsikan compactibility yang baik terpenuhi, semakin tinggi kandungan serat dalam komposit, maka kemampuan komposit tersebut untuk menahan beban semakin baik.

Kekuatan Bending dan Tarik

Gambar 3 menunjukkan grafik kekuatan bending versus fraksi volume fiber. Kekuatan bending komposit meningkat seiring dengan bertambahnya volume serat.

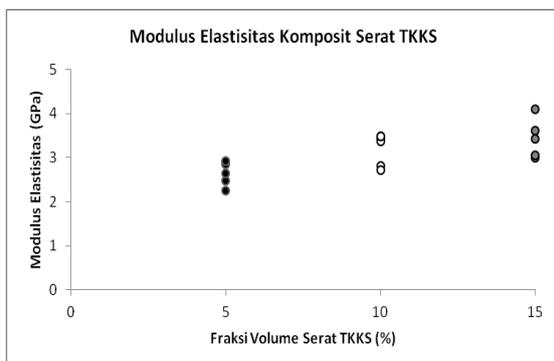
Komposit dengan volume fraksi serat 5% mempunyai kekuatan bending yaitu 44,48 MPa, komposit berpenguat serat 10% yaitu

56,01 MPa dan komposit 15% memiliki kekuatan bending tertinggi yaitu 63,63 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa serat TKKS sebagai penguat dalam matrik, telah memberi kontribusi besar dalam meningkatkan kekuatan bending dari komposit. Ketika beban bending diberikan serat bekerja menahan beban yang diberikan yang antara lain melalui mekanisme *fiber bridging*.



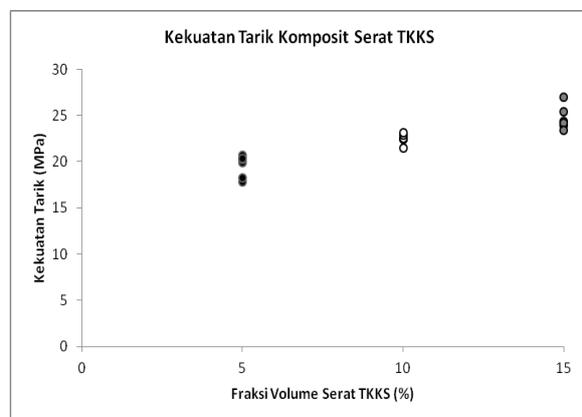
Gambar 3 Kekuatan Bending Komposit Serat TKKS-Poliester

Modulus elastisitas komposit serat TKKS juga meningkat seiring dengan bertambahnya volume serat TKKS. Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai modulus elastisitas tertinggi dicapai oleh komposit serat 15% yaitu 3,37 GPa, dan terendah yaitu komposit serat 5% yaitu 2,67 GPa. Jika dibandingkan dengan modulus elastik poliester yang digunakan dalam penelitian ini sangat rendah yaitu hanya 0.36 GPa, adanya serat TKKS yang tersebar dimatrik poliester dengan kekakuan yang lebih tinggi berhasil meningkatkan modulus elastik komposit.



Gambar 4 Modulus Elastik Komposit Serat TKKS

Gambar 5 menunjukkan kekuatan tarik komposit serat TKKS untuk 3 variasi volume serat yang berbeda. Kekuatan tarik poliester murni diketahui sebesar 15.64 GPa. Kekuatan tarik tertinggi didapat dari komposit 15% serat yaitu sebesar 24,72 Mpa, sedangkan kekuatan tarik terendah dihasilkan oleh komposit 5% serat yaitu sebesar 19,54 MPa. Kekuatan tarik komposit meningkat seiring dengan bertambahnya volume serat. Peningkatan nilai kekuatan tarik belum signifikan karena belum optimalnya pengikatan serat oleh matrik.



Gambar 5. Kekuatan Tarik komposit Serat TKKS

Pengamatan Mekanisme Kegagalan dengan SEM

Untuk mengetahui mekanisme kegagalan komposit akibat uji bending, maka dilakukan pengamatan penampang patahan dengan SEM.

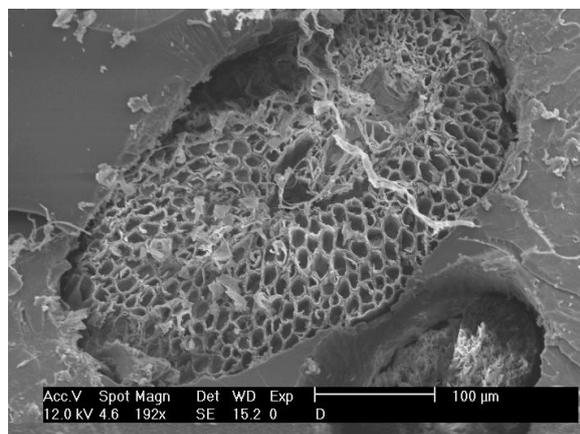
Pada Gambar 6, pengamatan patahan akibat beban bending memperlihatkan banyaknya serat yang tertarik keluar (*Pull-out*). Hal ini diakibatkan rendahnya daya ikat (*bonding*) antara serat dan matrik. Poliester adalah matrik yang tidak menyerap air atau bersifat *hydrophobic* sehingga memiliki compactibility yang rendah dengan serat TKKS yang bersifat *hydrophilic*. Hal ini mengakibatkan tidak maksimumnya beban yang dapat ditransfer oleh matrik ke serat sehingga kekuatan bonding yang didapatkan belum maksimum.

Dari gambar 7 dapat dilihat bahwa patahan serat dengan mekanisme patahnya serat (*fiber cracking*). Hal ini disebabkan

kekuatan *bonding* yang baik antara matrik dan serat. Dalam hal ini matrik dapat mentrasfer beban ke serat dengan baik sehingga komposit akan mengalami kegagalan ketika beban yang diberikan lebih besar dari tegangan kritis serat. Hanya sedikit mekanisme fiber fracture yang terjadi pada specimen. Mekanisme fiber pull-out lebih dominan.



Gambar 6. Mekanisme Pull-out pada Specimen Bending

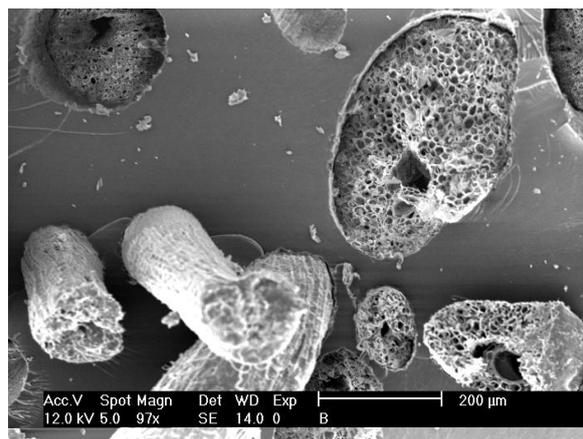


Gambar 7. Mekanisme Fiber Cracking pada Specimen Bending

Pada dasarnya kekuatan tarik serat sendiri tergantung pada diameter serat. Semakin besar diameter semakin banyak void pada serat seperti dapat dilihat pada penampang serat yang ditunjukkan pada

Gambar 7. Void ini menurunkan kekuatan tarik serat dan begitu pula sebaliknya[15].

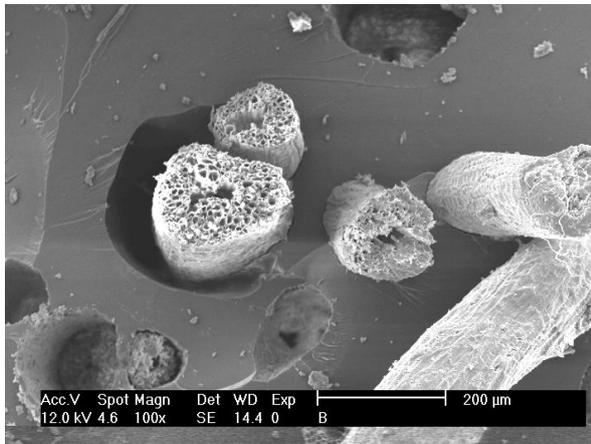
Gambar 8 memperlihatkan mekanisme fiber breaking dan pull-out pada specimen setelah dikenai beban tarik.



Gambar 8. Foto SEM Penampang Patahan Komposit pada komposit 15% serat TKKS

Pada Gambar 9 dapat diamati adanya ruang antara matrik dan serat pada specimen uji tarik. Hal ini mengindikasikan rendahnya compactibility antara komponen penyusun komposit. Hal ini menyebabkan tidak didapatkan komposit dengan sifat-sifat mekanik yang optimal.

Komposit dalam penelitian ini menunjukkan kenaikan sifat-sifat mekanik komposit seiring dengan kenaikan fraksi volume dari serat. Nilai kekuatan tarik, modulus elastik dan kekuatan bending disarankan dapat lebih dioptimalkan dengan meningkatkan *compactibility* antara serat dan matrik.



Gambar 9. Rendahnya Compatibiiti antara Matrik dan Serat

KESIMPULAN

Komposit serat TKKS/Poliester dibuat dengan teknik hand lay-up menghasilkan komposit dengan sifat-sifat mekanik yang baik. Modulus Elastik, Kekuatan bending dan tarik meningkat seiring dengan naiknya volume fraksi serat. Nilai kekuatan tarik dan modulus elastik lebih tinggi dari poliester murni. Pengamatan dengan foto SEM memperlihatkan mekanisme perpatahan seperti pull-out dan fiber breaking. Pengamatan dengan foto SEM memperlihatkan masih rendahnya daya ikat antara serat dan matrik. Sifat-sifat mekanik yang baik bisa lebih dioptimalkan dengan meningkatkan compactibility antara serat dan matrik. Hasil dari penelitian ini membuktikan bahwa serat TKKS berpotensi sebagai penguat pada komposit polimer.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hamid Kaddami et.al., 2006, Composites: Part A, Vol. 37, 1413-1422.
- [2] A.C.H, Barreto, D.S. Rosa, P.B.A. Fechine et.al., S.E. Mazzetto, 2011, Composites: Part A, Vol. 42, 1413-1422.
- [3] Ricarddo Jose Brugnago et.al., Kestur

- Gundappa Satyanarayana, Fernando Wypych, Luiz Pereira Ramos, 2011, Composite: Part A, Vol. 42, 364-370
- [4] M.A Lopez-wchado, J.Biagiott, M. Arroyo and J.M. Kenny, 2003, Polymer Engineering and Science, Vol. 43, No.5
- [5] Mohammed Krouit, Mohamed Naceur Belgacem, Julien Bras, 2010, Composites: Part A, Vol. 41, 703-708
- [6] Roberto Botaro V, Gandini A. 1998, Vol. 5, No.2, 65-78
- [7] S. H. P. Bettini, A. B. L. C. Bicudo, I. S. Augusto, L. A. Antunes, P. L. Morassi, 2R. Condotta, B. C. Bonse, 2010, J. of Appl Polym Sci, Vol. 118
- [8] G. S. Tay, J. Mohd. Zaim, H. D. Rozman, 2010, J. of Appl Polym Sci, Vol. 116, 1867-1872
- [9] Shaji Joseph, Sreekumar P.A, Jose M. Kenny, Debora Puglia, Sabu Thomas and Kuruvilla Joseph, 2001, Polymer Engineering and Science
- [10] Myrtha Karina, Holia Onggo, A.H Dawan Abdullah dan Anung Sampurhadi, 2008, Journal of Biological Sciences, Vol. 8 No. 1, 101-106
- [11] Jamasri, Kuncoro Diharjo, Gunesti Wahyu Handiko, 2006, Seminar Teknoin 2006, Yogyakarta 22 Juli 2006
- [12] Fergyanto E. Gunawan, Hiroomi Homma et.al, 2009, Journal of Solid Mechanics and Materials Engineering, Vol. 3, No. 7
- [13] Susheel Kalia,¹ B.S. Kaith,² Inderjeet Kaur³, 2009, Polymer Engineering and Science.
- [14] D. Ray, B.K. Sarkar, A.K. Rana, and N.R. Bose, 2001, Bull. Mater. Sci., Vol. 24, 129
- [15] K. Joseph, L.H.C. Mattoso, R.D. Toledo, S. Thomas, L.H.de Carvalho, L. Pothen, S. Kala, and B. James, 2000, E. Frollini, A.L.Leaño, and L.H.C. Mattoso, Eds., Sañ Carlos, Braovzil, Embrapa, USP-IQSC, UNESP, 159e
- [16] J. Gassan and A.K. Bledzki, 1999, J. Appl. Polym. Sci., Vol. 71, 623