

Peningkatan Kekuatan Mekanik Komposit *Sandwich* Serat Kenaf dengan Core Kayu *Albizzia Falcataria* untuk Material Dinding Komposit

Sri Hastuti^{1*}, Catur Pramono¹, Paryono²

¹Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar, Magelang
Jl. Kapten Suparman No.39, Magelang

²Diploma 3 Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang, Semarang
Jl. Prof. Sudarto, SH., Tembalang, Semarang

*E-mail: hastutisrimasin@untidar.ac.id

Diajukan: 03-01-2022; Diterima: 02-08-2022; Diterbitkan: 22-08-2022

Abstrak

Komposit *sandwich* berpenguat serat alam banyak digunakan dalam aplikasi bidang industri otomotif dan perumahan ramah lingkungan sebagai dinding komposit. Penelitian ini mengkaji pengaruh orientasi serat, jumlah layer, dan tebal *core* terhadap kekuatan bending komposit *sandwich* serat kenaf dengan *core* kayu *Albizzia Falcataria*. Material penelitian menggunakan serat kenaf (*Hibiscus Cannabinus*), matrik *unsaturated polyester* 157 BQTN-EX dengan katalis MEXPO, dan *core* kayu *Albizzia Falcataria*. Komposit serat kenaf 2 layer pada variasi orientasi serat 0/90, 30/60, dan 45/-45. Komposit *sandwich* pada orientasi serat 0/90 dan tebal *core* 10 mm dengan variasi jumlah lamina 2, 4, 6, dan 8 layer. Komposit *sandwich* dengan jumlah lamina 4 layer dan variasi tebal *core* 5, 10, 15, dan 20 mm. Pembuatan komposit menggunakan metode cetak tekan. Pengujian bending komposit mengacu pada standar ASTM D 790, dan komposit *sandwich* mengacu pada standar ASTM C 393. Hasil pengujian komposit serat kenaf variasi orientasi serat 0/90, 30/60, dan 45/-45 dengan tebal lamina 2 layer kekuatan bending optimal pada orientasi serat 0/90 dengan nilai 62.81 N/mm². Optimasi pengujian komposit *sandwich* dengan variabel tebal lamina 2, 4, 6, dan 8 layer dengan orientasi serat 0/90 dan tebal *core* 10 mm kekuatan bending optimal pada tebal lamina 4 layer dengan nilai 165.76 N/mm². Kekuatan bending komposit *sandwich* dengan variabel tebal *core* 5, 10, 15, dan 20 mm pada orientasi serat 0/90 dengan jumlah lamina 4 layer optimal pada tebal *core* 20 mm sebesar 178.03 N/mm². Mode kegagalan terjadi pada komposit dan komposit *sandwich* adalah *face yield*, *core shear* dan *fiber pull out*.

Kata kunci: core kayu; serat kenaf; komposit; kekuatan bending

Abstract

Natural fiber-reinforced sandwich composites are widely used in eco-friendly automotive and residential industrial applications as composite walls. This study examines the effect of fiber orientation, number of layers, and core thickness on the bending strength of a kenaf fiber sandwich composite with *Albizzia Falcataria* wood core. The research material used kenaf fiber (*Hibiscus Cannabinus*), unsaturated polyester 157 BQTN-EX matrix with MEXPO catalyst, and *Albizzia Falcataria* wood core. Kenaf fiber composite with 2 layers in fiber orientation variations of 0/90, 30/60, and 45/-45. Sandwich composites with fiber orientation 0/90 and core thickness 10mm with variations in the number of laminae 2, 4, 6, and 8 layers. Sandwich composites with 4 layers of lamina and variations in core thickness of 5, 10, 15, and 20 mm. Composite fabrication using the compression molding method. The bending test of the composite refers to the ASTM D 790 standard, and the sandwich composite refers to the ASTM C 393 standard. The test results for the kenaf fiber composite have variations in fiber orientation of 0/90, 30/60, and 45/-45 with a thickness of 2 layers of lamina for optimal bending strength at fiber orientation 0/90 with a value of 62.81N/mm². Optimization of sandwich composite testing with variable thickness of lamina 2, 4, 6, and 8 layers with fiber orientation of 0/90 and core thickness of 10 mm. Optimal bending strength for laminae thickness of 4 layers with a value of 165.76 N/mm². The bending strength of sandwich composites with variable core thicknesses of 5, 10, 15, and 20 mm at fiber orientation 0/90 with the optimal number of lamina 4 layers at 20 mm core thickness is 178.03 N/mm². The failure modes that occur in composites and sandwich composites are *face yield*, *core shear*, and *fiber pull out*.

Keywords: wood core; kenaf fiber; composite; bending strength

1. Pendahuluan

Komposit *sandwich* berpenguat serat alam merupakan material ramah lingkungan dan banyak digunakan dalam industri. Teknologi penggunaan komposit saat ini berkembang pada berbagai bidang industri seperti industri otomotif, kelautan, penerbangan, konstruksi dan perumahan ramah lingkungan sebagai dinding komposit. Keuntungan penggunaan komposit yaitu ringan, tahan korosi, tahan air, *performance*-nya menarik, dan tanpa proses pemesinan [1]. Panel komposit

mempunyai sifat ringan, sehingga beban akibat konstruksi tersebut juga menjadi lebih ringan. Harga produk komponen dibuat dari komposit dapat turun hingga 60% dibandingkan dengan produk logam. Material komposit mampu mereduksi penggunaan material logam impor yang lebih mahal dan mudah terkorosi [2]. Serat alam menjadi terobosan baru sebagai material yang ramah lingkungan, mudah dibudidayakan, harganya murah, serta mempunyai kekuatan mekanik tinggi [3] [4].

Komposit dengan fraksi volume serat dapat meningkatkan kekuatan mekanik apabila matrik mampu mengisi antar permukaan serat, sehingga serat akan mengalami *bonding* dengan matrik. Tegangan terjadi pada komposit, maka tegangan akan terdistribusi merata dari matrik ke semua serta sampai serat tersebut mengalami *failure* [5]. Pada komposit serat alam sabut kelapa dengan *treatment* kimia NaOH 15% selama 5 jam berpengaruh terhadap peningkatan bending komposit. Hal ini disebabkan berkurangnya *hemiselulosa*, *lignin/pectin*, *wettability* serat terhadap matrik baik dan meningkatkan kekuatan antarmuka, sehingga terjadi *mechanical interlocking* antara serat dan matrik [6].

Komposit *hybrid sandwich* tersusun oleh dua atau lebih lamina komposit *hybrid* dengan *core* di tengahnya. Lamina menggunakan serat gelas anyam dan serat kenaf acak (acak - anyam - acak) dengan *core* kayu sengon laut (5, 10, 15, dan 20 mm). Penambahan ketebalan *core* mampu meningkatkan kekuatan bending komposit *hybrid sandwich*. Kegagalan terjadi pada daerah batas *core* dan komposit *skin* dengan adanya kegagalan delaminasi [7]. Komposit *sandwich* menggunakan *skin* serat kenaf dan lapisan *core* sengon laut dengan variasi 1, 2, 3, 4 laminasi *core* berpengaruh pada kekuatan bending. Semakin banyak lapisan *core* kayu sengon pada komposit *sandwich* serat kenaf, maka kekuatan bending akan meningkat. Hal ini dikarenakan fungsi *core* dalam komposit *sandwich* sebagai penyongkong utama dan pendistribusi beban komposit agar distribusi beban diterima merata pada semua bagian. Lapisan *core* yang meningkat akan mempengaruhi peningkatan kekuatan komposit *sandwich* serat kenaf. Kegagalan terjadi pada permukaan patahan pengujian bending yaitu *core failure (crushing)*, *micro buckling*, delaminasi, dan *face yield* [8]. Komposit *sandwich* menggunakan *core Polyurethane rigid foam* dengan tebal 2,5 mm direkatkan dengan komposit laminat serat bambu-*fiberglass* menggunakan *polyester* dengan *curing* 12 jam. Serat bambu diberikan perlakuan kimia perendaman NaOH 4 % selama 2 jam untuk menghilangkan lapisan lilin pada serat. Peningkatan kekuatan bending komposit ketika kulit komposit bertambah lapisannya, ini terjadi baik pada lapisan *fiberglass* saja maupun perpaduan lapisan *fiberglass* dengan lapisan bambu [9].

Pemanfaatan serat alam yang ramah lingkungan diperlukan dalam dunia industri. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh orientasi serat, jumlah layer, dan tebal *core* terhadap kekuatan bending komposit *sandwich* serat kenaf dengan *core* kayu *Albizia Falcataria*. Diharapkan dari penelitian ini akan memberikan pengaruh terhadap produk dinding komposit yang lebih ramah lingkungan untuk industri terutama sekarang ini pada industri otomotif yang sedang berkembang dan membutuhkan konstruksi ringan yaitu mobil listrik atau pun mobil hemat energi.

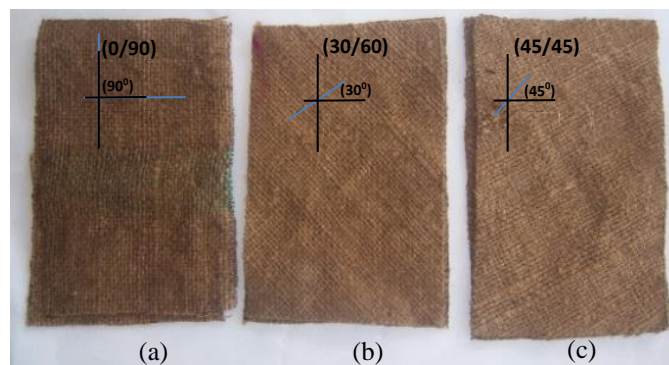
2. Material dan metodologi

Material komposit menggunakan serat kenaf (*Hibiscus Cannabinus*), matrik *unsaturated polyester* 157 BQTN-EX dengan katalis MEXPO. Serat kenaf dibersihkan melalui proses pencucian untuk meminimalisir kotoran dan diangin-anginkan diatas kawat strimin selama 24 jam. Pengeringan serat kenaf dilakukan pada suhu 50 °C selama 15 menit agar kadar air pada serat 5-10%. Bahan *core* menggunakan kayu *Albizia Falcataria* dengan pemotongan melintang ditunjukkan pada Gambar 1. Variasi ketebalan *core* kayu 5, 10, 15, dan 20 mm. Kayu dikontrol kadar air melalui proses pengeringan 60°C selama 30 menit agar kadar air pada kayu 5 – 10%.



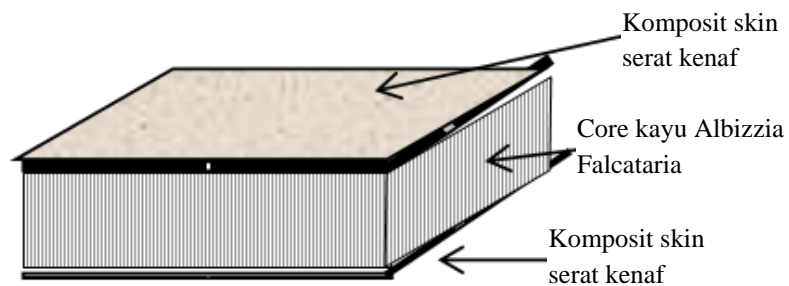
Gambar 1. Core kayu *Albizzia Falcataria*

Pembuatan komposit skin ($V_f = 20\%$) serat kenaf 2 layer dengan variasi orientasi serat 0/90, 30/60, 45/-45. Variasi orientasi serat kenaf ditunjukkan pada Gambar 2. Komposit *sandwich* dengan orientasi serat kenaf 0/90 dan tebal *core* kayu *Albizzia Falcataria* 10 mm dengan variasi jumlah lamina 2, 4, 6, dan 8 layer. Komposit *sandwich* serat kenaf orientasi 0/90 pada jumlah lamina 4 layer dengan variasi tebal *core* 5, 10, 15, dan 20 mm.

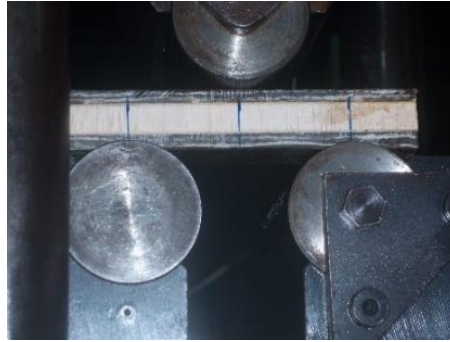


Gambar 2. Variasi orientasi serat kenaf (a) 0/90, (b) 30/60, (c) 45/-45

Pembuatan komposit menggunakan metode cetak tekan. Ukuran cetakan komposit tersebut 215 mm x 130 mm. Susunan komposit *sandwich* serat kenaf dengan *core* kayu *Albizzia Falcataria* ditunjukkan pada Gambar 3. Pengujian bending komposit mengacu pada standar ASTM D 790. Pengujian bending komposit *sandwich* mengacu pada standar ASTM C 393. Pengujian bending dilakukan dengan metode *three point bending* ditunjukkan pada Gambar 4.



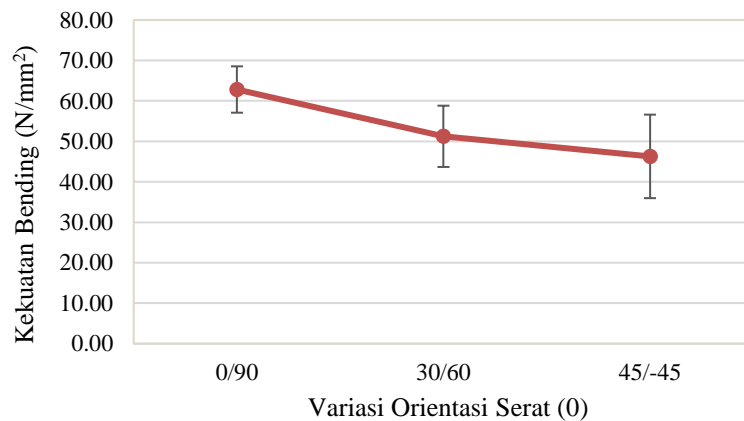
Gambar 3. Komposit *sandwich* serat kenaf dengan *core* kayu *Albizzia Falcataria*



Gambar 4. Pengujian bending dengan metode *three point bending*

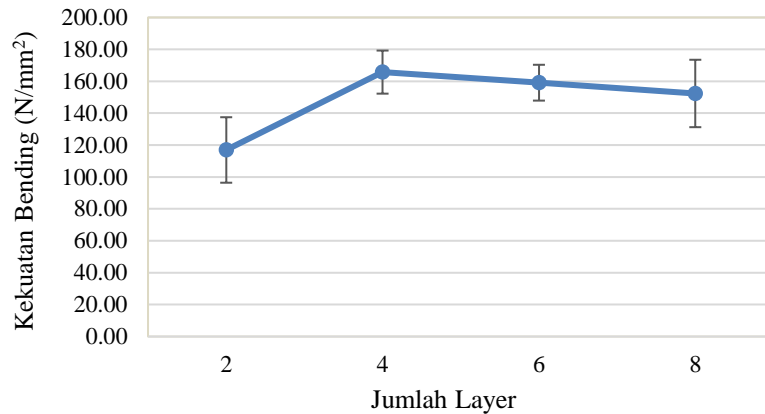
3. Hasil dan pembahasan

Pengujian *three point bending* pada komposit dilakukan sebanyak 3 kali mengacu pada standar ASTM D 790 . Hasil pengujian bending komposit serat kenaf lamina 2 layer dengan variasi orientasi serat 0/90, 30/60, dan 45/-45 ditunjukkan pada Gambar 5. Kekuatan bending pada orientasi serat 45/-45 sebesar 46, 28 N/mm², orientasi serat 30/60 sebesar 62,81 N/mm², dan orientasi serat 0/90 sebesar 46,28 N/mm². Kekuatan bending komposit serat kenaf tertinggi ditunjukkan pada orientasi 0/90 dan terendah pada orientasi serat 45/-45. Peningkatan kekuatan bending dapat disebabkan peningkatan sudut orientasi serat berpengaruh pada meningkatnya kekuatan bending komposit serat kenaf [10].



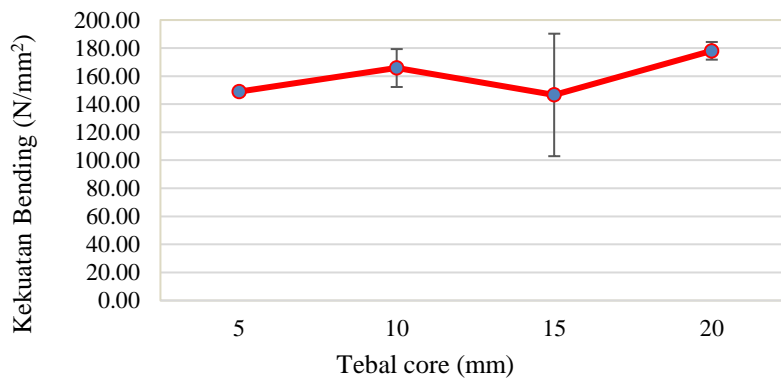
Gambar 5. Hasil pengujian bending komposit serat kenaf lamina 2 layer terhadap variasi orientasi serat

Pengujian *three point bending* pada komposit *sandwich* dilakukan sebanyak 3 kali mengacu pada standar ASTM C 393. Hasil pengujian bending komposit *sandwich* orientasi serat kenaf 0/90 dengan tebal *core* kayu *Albizia Falcataria* 10 mm terhadap variasi jumlah lamina 2, 4, 6, dan 8 layer. Kekuatan bending komposit *sandwich* menunjukkan pada variasi lamina jumlah 2 layer sebesar 116,95 N/mm², 4 layer sebesar 165,76 N/mm², 6 layer sebesar 159,12 N/mm², dan 8 layer sebesar 152,37 N/mm². Jumlah layer serat kenaf semakin bertambah dengan tebal *core* yang sama 10 mm dan orientasi serat 0/90 berpengaruh terhadap kemampuan dalam menahan beban, sehingga kekuatan bending pada jumlah 4, 6, dan 8 layer lebih tinggi dibandingkan pada jumlah 2 layer. Semakin banyak jumlah lamina/ layer pada komposit *sandwich* serat kenaf mengakibatkan meningkatnya kekuatan bending [11]. Hasil pengujian komposit *sandwich* serat kenaf dengan tebal *core* 10 mm terhadap variasi jumlah layer ditunjukkan pada Gambar 6.



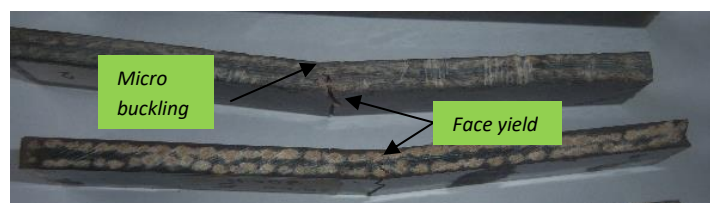
Gambar 6. Hasil pengujian bending komposit *sandwich* tebal *core* 10 mm terhadap variasi jumlah layer

Hasil pengujian komposit *sandwich* serat kenaf 4 layer dengan orientasi serat 0/90 dan variasi tebal *core* kayu *Albizzia Falcataria* 5, 10, 15, dan 20 mm ditunjukkan pada Gambar 7. Kekuatan bending komposit *sandwich* menunjukkan pada variasi tebal *core* 5 mm sebesar 148,97 N/mm², tebal *core* 10 mm sebesar 165,76 N/mm², tebal *core* 15 mm sebesar 146,58 N/mm², dan tebal *core* 20 mm sebesar 178,03 N/mm². Kekuatan bending komposit *sandwich* serat kenaf 4 layer tertinggi pada tebal *core* 20 mm. Hal ini dikarenakan semakin tebal *core* kayu *Albizzia Falcataria* pada komposit *sandwich* serat kenaf menyebabkan peningkatan kekuatan *core* yang digunakan dan semakin tinggi pula kekuatan bendingnya [12]. *Core* kayu *Albizzia Falcataria* merupakan bagian utama dari komposit *sandwich* sebagai penyongkong utama dan pendistribusi beban yang diterima lebih merata pada semua bagian komposit *sandwich* [8].



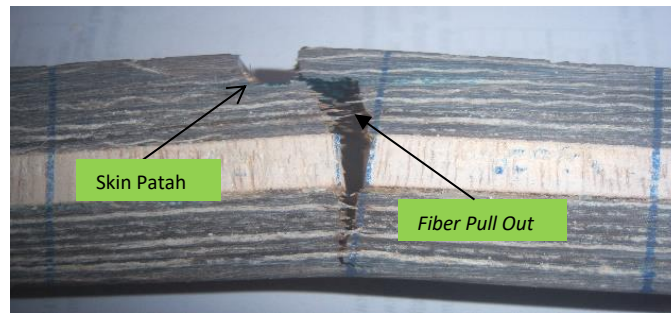
Gambar 7. Hasil pengujian bending komposit *sandwich* serat kenaf 4 layer terhadap variasi tebal *core*

Pengamatan hasil pengujian bending menunjukkan adanya jenis kegagalan pada komposit. Penampang patahan akibat pengujian bending komposit dan komposit *sandwich* serat kenaf dengan *core* kayu *Albizzia Falcataria* ditunjukkan pada Gambar 8, Gambar 9, dan Gambar 10.



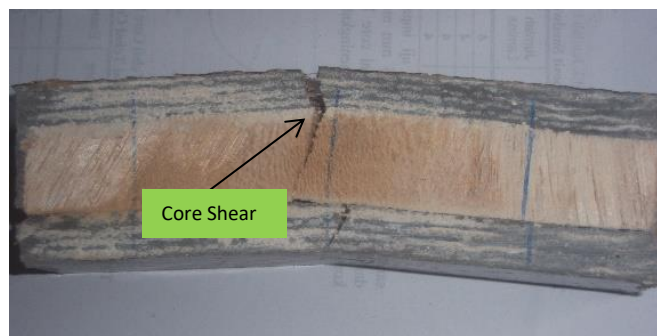
Gambar 8. Penampang patahan komposit serat kenaf

Pada komposit serat kenaf terjadi kegagalan *face yield* dan *micro buckling* ditunjukkan pada Gambar 8. Hal ini dikarenakan material komposit tidak mampu menahan beban dan terjadi kegagalan pada permukaan komposit serat kenaf [8].



Gambar 9. Penampang patahan komposit *sandwich* serat kenaf

Pada komposit *sandwich* terjadi kegagalan berupa *skin patah* dan *core failure* ditunjukkan pada Gambar 9. Selain itu pada komposit *sandwich* serat kenaf terjadi *fiber pull out* akibat serat kenaf tidak mampu menahan beban dan terlepas dari *bonding* dengan matrik. Hal ini memperlihatkan bahwa ikatan antara matrik dan serat kenaf melemah, karena pemberian beban yang terus menerus. Pada saat matrik mengalami *failure* berupa *skin patah* serat kenaf masih mampu menahan beban, sehingga patahan akibat uji bending tidak berlangsung secara bersamaan. Serat kenaf pada komposit semakin ulet ditunjukkan pada Gambar 9 terjadi *fiber pull out* yaitu serat tertarik keluar, sehingga membuat komposit *sandwich* menjadi semakin tangguh dalam menyerap beban [13]. Kegagalan *fiber pull out* dari matrik menggambarkan jenis bentuk patahan ulet [14].



Gambar 10. *Core shear* pada patahan komposit *sandwich* serat kenaf

Komposit *sandwich* serat kenaf dengan *core* kayu *Albizia Falcataria* kegagalan *core* tampak nyata ditunjukkan pada Gambar 10. Kegagalan *core shear* terjadi pada komposit *sandwich*. Hal ini dikarenakan *core* tidak mampu menerima beban terpusat dan beban bending berlebih yang didistribusikan dari *skin* bawah ke bagian *core* [15]. Komposit *sandwich* masih dapat ditingkatkan kekuatan mekaniknya menggunakan *core* yang mempunyai sifat mekanis lebih tinggi [16].

4. Kesimpulan

Komposit dan komposit *sandwich* dengan material serat kenaf dan *core* kayu *Albizia Falcataria* dapat digunakan untuk material dinding komposit baik pada industri otomotif, kelautan, penerbangan, konstruksi. Hal ini ditunjukkan dari hasil pengujian bending komposit pada variasi orientasi serat 0/90 mampu menerima beban dengan kekuatan bending tertinggi pada variasi tersebut. Pada pengujian komposit *sandwich* pada *core* 10 mm dan variabel layer menunjukkan semakin banyak jumlah lamina/ layer komposit *sandwich* serat kenaf mengakibatkan kekuatan bending meningkat. Semakin tebal *core* kayu *Albizia Falcataria* pada komposit *sandwich* serat kenaf menyebabkan peningkatan kekuatan *core* yang digunakan dan semakin tinggi pula kekuatan bendingnya. Patahan terjadi pada komposit, karena tidak mampu menerima beban yaitu *face yield* dan pada komposit *sandwich* yaitu skin patah, *fiber pull out*, dan *core shear*.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang berperan dalam penelitian, baik dalam bentuk dukungan dana, perizinan penelitian, pengambilan data, serta yang utama atas dukungan yang diberikan oleh Universitas Tidar.

Daftar Pustaka

- [1] S. Hastuti, C. Pramono, and Paryono, "Utilization of palm fiber waste as reinforcement composite material for the manufacture of public housing panel," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2097, no. April, 2019.
- [2] S. Hastuti, C. Pramono, and Y. Akhmad, "Sifat Mekanis Serat Enceng Gondok Sebagai Material Komposit Serat Alam Yang Biodegradable," *J. Mech. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 22–28, 2018.
- [3] I. E. Aková, "Development Of Natural Fiber Reinforced Polymer Composites," *Transf. Inovácií*, vol. 25, pp. 3–5, 2013.
- [4] D. R. Putra, H. Sosiati, and C. Budiyanoro, "Karakterisasi Sifat-Sifat Tarik Komposit Laminat Hibrida Kenaf/E-Glass yang Difabrikasi dengan Matrik Polypropylene," *J. Mater. dan Proses Manufaktur*, vol. 1, no. 1, pp. 41–45, 2017.
- [5] A. Nurdin, S. Hastuti, H. P. D., and R. H., "Pengaruh Alkali dan Fraksi Volume terhadap Sifat Mekanik Komposit Serat Akar Wangi – Epoxy," *Rotasi*, vol. 21, no. 1, p. 30, 2019.
- [6] S. Hastuti, H. S. Budiono, D. I. Ivadiyanto, and M. N. Nahar, "Peningkatan Sifat Mekanik Komposit Serat Alam Limbah Sabut Kelapa (Cocofiber) yang Biodegradable," *Reka Buana J. Ilm. Tek. Sipil dan Tek. Kim.*, vol. 6, no. 1, pp. 30–37, 2021.
- [7] A. Hariyanto, "Peningkatan Ketahanan Bending Komposit Hibrid Sandwich Serat Kenaf Dan Serat Gelas Bermatrik Polyester Dengan Core Kayu Sengon Lau," *Media Mesin Maj. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 1, pp. 1–9, 2017.
- [8] D. A. Prayoga, N. S. Dratiawati, "Pengaruh Jumlah Laminasi Core Komposit Sandwich Serat Kenaf dengan Core Kayu Sengon terhadap Kekuatan Bending" *JTM*, Vol. 09, No. 01, hal. 1-10, 2021.
- [9] A. D. Catur, P. D.S., S. Sinarep, and N. Prayitno, "Sifat Mekanik Komposit Sandwich Berpenguat Serat BambuFiberglass Dengan Core Polyurethane Rigid Foam," *Rekayasa Mesin*, vol. 5, no. 1, p. pp.51-57, 2014.
- [10] K. Diharjo, Santoso, "Pengaruh Orientasi Anyaman dan Density Kenaf Acak Terhadap Kekuatan Tarik Bahan Komposit Berpenguat Serat Kenaf Anyam dan Acak" *Prosiding Seminar Nasional Teknoin*, Yogyakarta 22 November 2008. A97-A103.

- [11] A. Rianto and S. Soeparman, “Karakterisasi Kekuatan Bending dan Hidrofobisitas Komposit Serat Kulit Waru (Hibiscus tiliaceus) Kontinyu Bermatrik Pati Ubi Kayu,” vol. 2, no. 2, pp. 130–136, 2011.
- [12] P. Leite, “Optimal design of architected sandwich panels for multifunctional properties Optimal design of architected sandwich panels for multifunctional properties,” 2014.
- [13] A. Leiwakabessy, A. Purnowidodo, S. Sugiarto, and R. Soenoko, “Perubahan Sifat Mekanis Komposit Hibrid Polyester Yang Diperkuat Serat Sabut Kelapa Dan Serat Ampas Empulur Sagu,” *Rekayasa Mesin*, vol. 4, no. 3, pp. 235–240, 2013.
- [14] N. H. Sari and J. Fajrin, “Sifat Mekanik dari Komposit Poliester-Serat Pelepah Kelapa: Efek Perendaman Serat dalam Larutan Kimia Alkali,” *J. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 2, p. 57, 2018.
- [15] W. B. Utomo and N. S. Drastiawati, “Pengaruh Variasi jenis core , temperatur curing dan post-curing karakteristik bending komposit sandwich serat karbon dengan metode vacuum infusion.”
- [16] K. Diharjo, “Kekuatan Bending Komposit Sandwich Serat Gelas Dengan Core Divinycell-Pvc H-60 (Pengaruh Orientasi Serat, Jumlah Laminat Dan Tebal Core Terhadap Kekuatan Bending),” *Mekanika*, vol. 9, pp. 313–319, 2011.