



Research article

## Pengaruh Tebal *Core* Komposit *Sandwich* Berpenguat Serat Rami dengan Material *Core* Kayu Balsa

Wahyu Satrio Purnomo<sup>1</sup>, Sri Hastuti<sup>1,\*</sup>, M. Fendy Kussuma Hadi Sufyan<sup>1</sup>, Widyanita Harwijayanti<sup>1</sup>, Zidan Yusron Wijanarko<sup>1</sup>

<sup>1,\*</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar, Indonesia

\*Corresponding author: [hastutisrimesin@untidar.ac.id](mailto:hastutisrimesin@untidar.ac.id)

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received: 24 June 2025

Revised: 26 July 2025

Accepted: 31 July 2025

Available online: 31 July 2025

**Keywords:** Composite, ramie fiber, epoxy.

### ABSTRACT

Composite can be defined as a material formed from two or more and combined to produce superior mechanical properties. This study aims to determine the effect of variations in balsa wood core thickness on impact and bending in a sandwich composite reinforced with ramie fiber using an epoxy matrix. The composite is composed of two layers of ramie fiber on the top two sides and the bottom two sides, while the variation in balsa wood core thickness is 2 mm, 4 mm, 6 mm. The composite was made by hand lay-up method with ramie fiber direction (0°/90°) and ramie fiber was treated with alkali by Immersion in 5% NaOH for 3 hours. The results of this study show the highest value of the ASTM D6110 impact test is 0.0198 J/mm<sup>2</sup> at a variation of 6 mm core thickness, while the lowest value is 0.0119 J/mm<sup>2</sup> at a variation of 2 mm core thickness. The highest ASTM D790 bending test results were in the 2 mm core thickness variation, obtaining a value of 289.5 N/mm<sup>2</sup>, while the lowest value was in the 6 mm core thickness variation, which was 146.1 N/mm<sup>2</sup>. The macro photo results showed that there was failure in the rich matrix, delamination, and matrix failure. The results of this study indicate that the thicker the balsa wood core in the sandwich composite, the lower the bending strength value. Meanwhile, the thicker the balsa wood core in the sandwich composite, the higher the impact toughness value. The results of the macro photo showed that there was a rich matrix, delamination, and matrix failure.

## ABSTRAK

**Kata Kunci:** Komposit, serat rami, epoksi.

Komposit dapat didefinisikan sebagai suatu material yang terbentuk dari dua atau lebih dan dikombinasikan untuk menghasilkan sifat mekanik unggul. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi ketebalan core kayu balsa terhadap dampak dan defleksi pada komposit sandwich yang diperkuat serat rami menggunakan matriks epoksi. Komposit disusun dengan dua lapisan serat rami pada sisi atas dan sisi bawah, sedangkan variasi ketebalan core kayu balsa 2 mm, 4 mm, 6 mm. Komposit dibuat dengan metode *hand lay-up* dengan arah serat rami ( $0^\circ/90^\circ$ ) dan serat rami diberi perlakuan alkali dengan merendam menggunakan NaOH 5% selama 3 jam. Hasil penelitian ini menunjukkan nilai tertinggi dari uji dampak ASTM D6110  $0,0198 \text{ J/mm}^2$  pada variasi ketebalan core 6 mm, sedangkan nilai terendah  $0,0119 \text{ J/mm}^2$  pada variasi ketebalan core 2 mm. Hasil uji nilai defleksi ASTM D790 tertinggi ada pada variasi ketebalan core 2 mm memperoleh nilai  $289,5 \text{ N/mm}^2$ , sedangkan nilai terendah ada pada variasi ketebalan core 6 mm ialah  $146,1 \text{ N/mm}^2$ . Hasil foto makro menunjukkan terjadinya kegagalan pada matriks kaya, delaminasi dan kegagalan matriks. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tebal core kayu balsa pada komposit sandwich berpengaruh terhadap turunnya nilai kekuatan defleksi. Sementara itu, semakin tebal core kayu balsa pada komposit sandwich berpengaruh terhadap meningkatnya nilai ketahanan dampak. Hasil dari foto makro terjadi matriks kaya, delaminasi dan kegagalan matriks.

## 1. PENDAHULUAN

Komposit didefinisikan sebagai suatu material yang terbentuk dari dua atau lebih dan dikombinasikan untuk menghasilkan sifat mekanik unggul. Komposit *sandwich* merupakan salah satu jenis komposit yang banyak digunakan dan terdiri dari dua lapisan kulit *skin* yang kuat dan satu lapisan *core* yang ringan. Komposit *sandwich* memiliki rasio kekuatan berat, menjadikannya ideal berbagai aplikasi, termasuk sektor konstruksi, transportasi, dan sebagai material untuk dinding rumah [1]. Sekat dinding rumah berbahan komposit *sandwich* dapat mengurangi beban struktur dan memberikan ketahanan terhadap lingkungan. Kayu balsa dibandingkan kayu keras seperti jati atau mahoni, kayu balsa lebih mudah dipotong dan diolah, sehingga efisien waktu dan biaya. Kayu balsa sebagai *core* komposit memiliki kekuatan mekanik spesifik tinggi, bobot ringan, kekuatan tekan dan kelenturan yang baik [2]. Namun, kelemahannya terhadap kelembapan dan hama sering diatasi melalui impregnasi resin untuk meningkatkan daya tahan lingkungan. Pada *core* kayu balsa memiliki kekakuan lebih tinggi dibandingkan PVC foam, menjadikannya ideal untuk aplikasi struktural, termasuk dinding rumah [3].

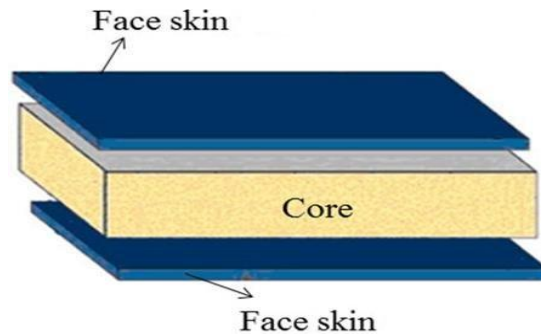
Kayu balsa sebagai *core* dengan ketebalan *core* 3 mm, 5 mm, dan 8 mm, serta matriks epoksi sebagai perekat serat penguat dan menerapkan metode *hand lay-up*. Pengujian berfokus pada uji kekuatan lentur untuk menilai kinerja mekanik komposit *sandwich*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketebalan *core* kayu balsa memiliki pengaruh signifikan terhadap kekuatan lentur komposit. Ketebalan *core* 5 mm memberikan kekuatan lentur tertinggi sebesar 100,55 MPa, karena keseimbangan antara fleksibilitas dan kekakuan *core*. Ketebalan *core* 3

mm menghasilkan kekuatan lentur lebih rendah karena ketebalan yang tidak cukup mendukung stabilitas struktur, sementara ketebalan *core* 8 mm justru menurunkan kekuatan lentur menjadi 51,49 MPa akibat deformasi *core* yang berlebihan. Ketebalan *core* 5 mm dinilai optimal, karena memberikan dukungan yang cukup untuk lapisan kulit dan menjaga sifat ringan struktur keseluruhan[4].

Beberapa penelitian tentang struktur komposit *sandwich* telah dilakukan untuk aplikasi komposit yang ramah lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan inovasi pada pembuatan material struktur komposit *sandwich* dengan variasi tebal *core* kayu balsa berpenguat serat rami. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan solusi yang efisien dan ekonomis untuk menjawab permasalahan yang ada.

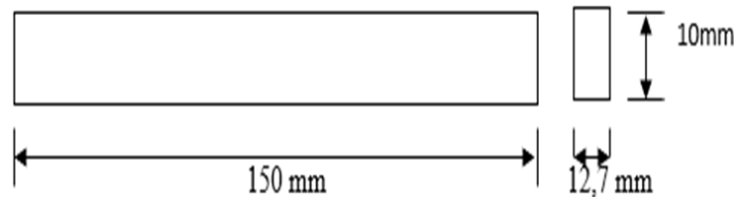
## 2. METODE PENELITIAN

Metode pada penelitian ini digunakan metode eksperimental, karena diperlukan data percobaan. Penelitian menggunakan penguar berbahan serat rami. Serat rami direndam dalam larutan 5% NaOH selama 3 jam. Resin digunakan sebagai pengikat komposit menggunakan resin epoksi dan *hardener*. Metode *hand lay-up* digunakan untuk penelitian. Variasi dalam penelitian ini menggunakan tebal *core* 2 mm, 4 mm, dan 6 mm. Susunan komposit *sandwich* ditunjukkan pada **Gambar 1**.

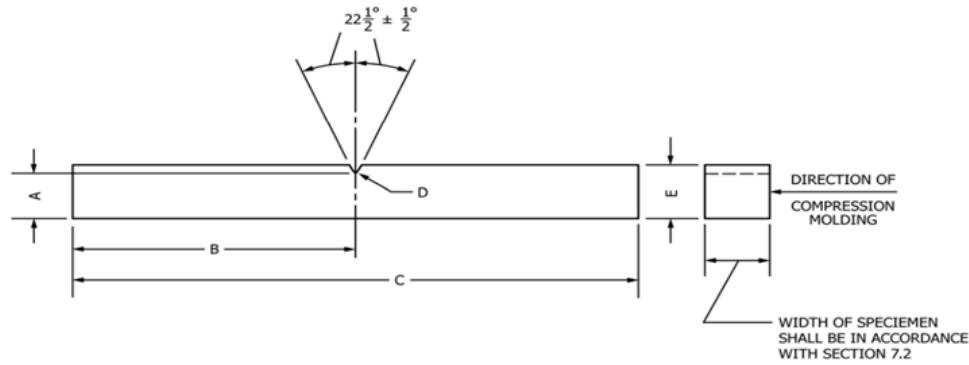


**Gambar 1.** Komposit *Sandwich*

Pengujian dilakukan uji *three point bending* dan uji impak. Pengujian bending komposit *sandwich* mengacu pada standar ASTM D790 ditunjukkan pada **Gambar 2**. Pengujian impak charpy mengacu pada standar ASTM D6110 ditunjukkan pada **Gambar 3**.



**Gambar 2.** Spesimen Uji Bending ASTM D790



**Gambar 3.** Spesimen Uji Impak ASTM D6110

Dimana:

	mm	in.
A	$10.16 \pm 0.05$	$0.400 \pm 0.002$
B	63.5 max 61.0 min	2.50 max 2.40 min
C	127.0 max 124.5 min	5.00 max 4.90 min
D	$0,25R \pm 0.05$	$0.010R \pm 0.002$
E	$12.70 \pm 0.15$	$0.500 \pm 0.006$

Tahapan Penelitian ditunjukkan pada **Gambar 4.** dengan alur sebagai berikut:

1. Persiapan Serat Rami
  - a. Pilih serat rami yang akan digunakan sebagai bahan penelitian.
  - b. Pastikan serat rami dalam kondisi bersih dari kotoran atau bahan lain yang dapat mempengaruhi hasil penelitian.
2. Proses *Treatment* Alkali pada Serat Rami
  - a. Persiapan Larutan NaOH
 

Siapkan larutan alkali NaOH dengan konsentrasi 5%. Larutan ini dibuat dengan melarutkan kristal NaOH ke dalam air suling dalam wadah yang aman. Pastikan untuk menggunakan alat pelindung seperti sarung tangan dan kacamata pelindung saat menyiapkan larutan.
  - b. Perendaman Serat
 

Rendam serat rami ke dalam larutan 5% NaOH selama 3 jam. Pastikan seluruh serat tenggelam dalam larutan untuk memastikan perendaman yang merata. Proses perendaman ini bertujuan untuk menghilangkan lignin, hemiselulosa, dan zat lain yang dapat mengurangi daya rekat serat pada matriks komposit.
  - c. Pembersihan Serat
 

Setelah 3 jam, pindahkan serat dari larutan NaOH dan bilas dengan air bersih. Bilas berkali-kali untuk memastikan larutan alkali benar-benar hilang.
  - d. Pengeringan Serat
 

Mengeringkan serat rami menggunakan *oven* dengan suhu  $60^{\circ}\text{C}$  selama 4 jam. Proses pengeringan ini dapat dilakukan di ruangan berventilasi baik selama beberapa jam hingga serat benar-benar kering.

### 3. Pembuatan Komposit

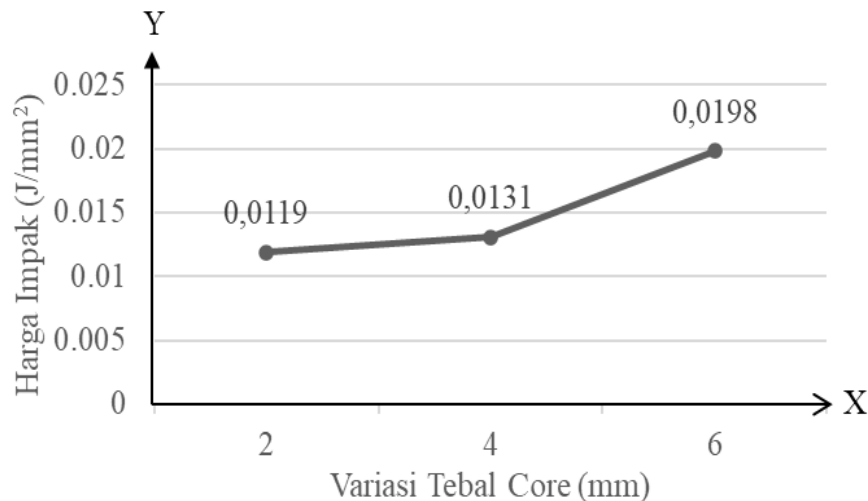
Spesimen komposit *sandwich* dibuat dengan menggunakan metode *hand lay-up* dan resin epoksi sebagai matriks pengikat dilakukan sebagai berikut:

- Persiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam pembuatan spesimen.
- Langkah selanjutnya bersihkan cetakan yang akan digunakan lalu dilapisi dengan pelumas agar mudah dilepas saat pengambilan komposit dari cetakan.
- Langkah selanjutnya tuangkan epoksi ke dalam cetakan secukupnya kemudian ratakan hingga semua daerah terisi.
- Selanjutnya masukan serat rami yang sudah disiapkan sesuai ukuran dan sudut ke dalam cetakan diatas epoksi. Setelah serat tersusun sesuai ukuran kemudian serat disiram menggunakan epoksi sampai memenuhi cetakan dan ratakan menggunakan kuas.
- Langkah tersebut berulang sampai ketebalan 10 mm.
- Setelah selesai tutup cetakan dan letakan dongkrak di atas tutup cetakan agar tekanan pada cetakan merata kemudian tekan dengan dongkrak.
- Pengeringan komposit pada suhu ruangan selama  $\pm 12$  jam.
- Proses pengambilan komposit dari cetakan menggunakan ukuran cetakan yang sama lalu ditekan menggunakan dongkrak.

## 3. HASIL DAN DISKUSI

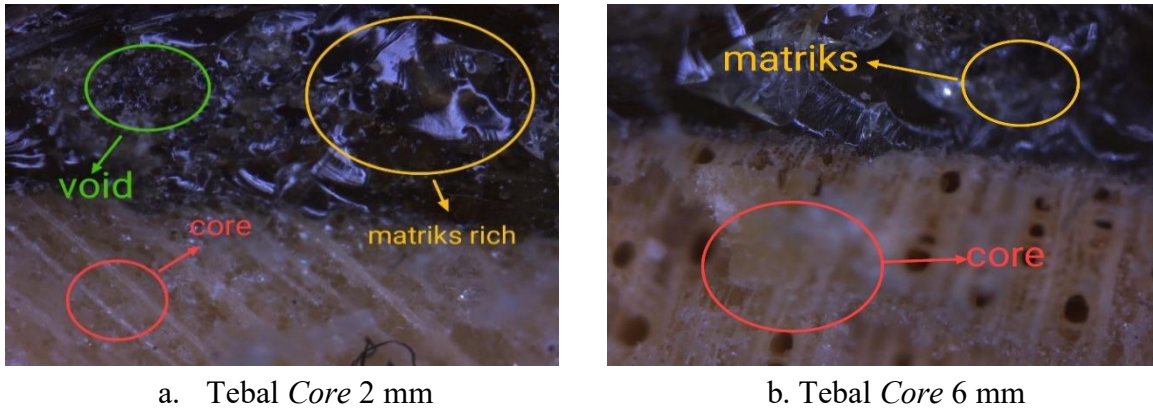
### 3.1. Pengujian Impak Charpy

Pengujian impak dilakukan 3 sampel setiap variasi dengan tebal *core* 2 mm, 4 mm, 6 mm dan data yang diambil setiap variasi 3 spesimen. Hasil uji impak dihasilkan harga impak ditunjukkan pada **Gambar 5**.



**Gambar 5.** Nilai Ketangguhan Impak

Variasi tebal *core* 2 mm mendapat nilai harga impak 0,0119 J/mm<sup>2</sup>, sedangkan variasi tebal *core* 4 mm mendapat nilai harga impak 0,0131 J/mm<sup>2</sup>, dan variasi tebal *core* 6 mm mendapat nilai harga impak 0,0198 J/mm<sup>2</sup>. Variasi tebal *core* 6 mm mendapat harga impak tertinggi, karena pada *core* 6 mm mampu menyerap energi impak yang lebih baik, hasil yang serupa diteliti oleh [11] yang telah meneliti tentang pengaruh variasi ketebalan *core* kayu balsa. Dalam penelitiannya, peneliti menyatakan bahwa pada variasi tebal *core* memberikan peningkatan ikatan *interface* antara matriks dan serat, hal tersebut menjadikan komposit dapat menahan ketangguhan impak yang lebih tinggi [5].

a. Tebal *Core* 2 mmb. Tebal *Core* 6 mm

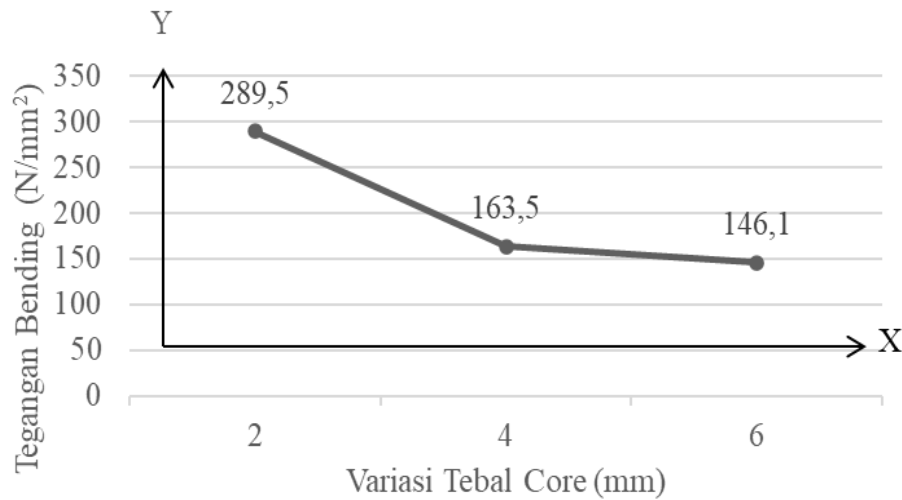
**Gambar 6.** Foto Makro Hasil Patahan Impak a. Tebal *Core* 2 mm b. Tebal *Core* 6 mm

**Gambar 6. a** Tebal *core* 2 mm variasi dengan nilai harga impak terendah dalam pengujian impak pada penelitian ini. Hasil tersebut dibuktikan adanya ketidak merata penyebaran anyam serat sebagai penguat *core* kayu balsa komposit *sandwich*, sehingga menyebabkan *matriks rich* yang dimana kelebihan resin tetapi tidak ada serat di bagian tertentu dan terdapat *void* yang menyebabkan terperangkap udara didalamnya. Hal tersebut menyebabkan menurunnya harga impak nilai ketangguhan impak [6].

**Gambar 6. b** Tebal *core* 6 mm variasi dengan nilai harga impak tertinggi dalam pengujian impak pada penelitian ini. Hasil tersebut dibuktikan penyebaran anyam serat yang cukup rata membuat *core* kayu balsa dapat menahan beban pendulum hingga mendapat nilai yang lebih tinggi. Pada tebal *core* 4 mm hanya sedikit kecacatan pada spesimen, karena hanya sedikit *void* yang ada pada spesimen. Hal tersebut menyebabkan harga impak nilai ketangguhan impaknya tertinggi dari tebal *core* 2 mm dan tebal *core* 4 mm [7].

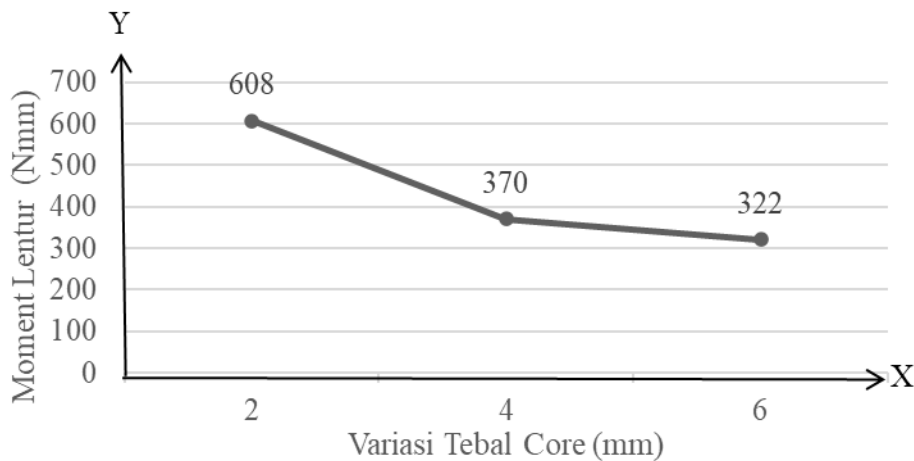
### 3.2. Pengujian Bending

Pengujian bending dilakukan 3 sampel setiap variasi dengan tebal *core* 2 mm, 4 mm, 6 mm dan data yang diambil setiap variasi 3 spesimen. Pengujian bending menghasilkan data tegangan bending, moment lentur dan modulus elastisitas ditunjukkan pada **Gambar 7**.



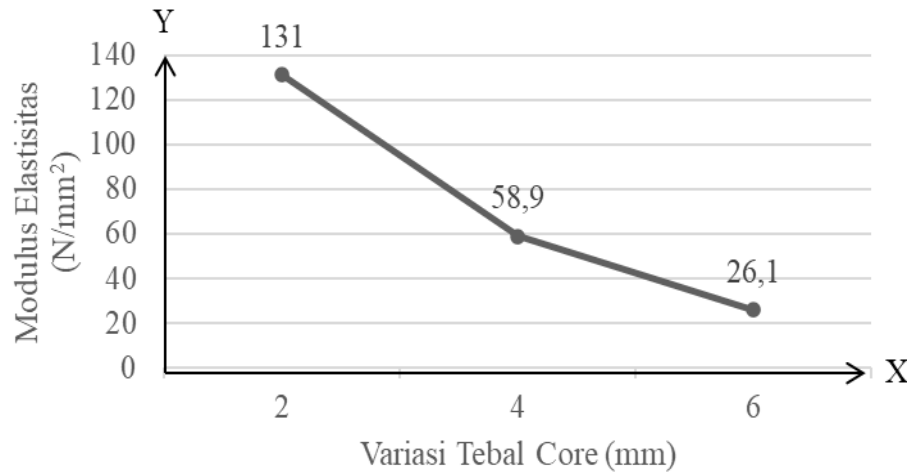
**Gambar 7.** Grafik Tegangan Bending

Tegangan bending rata-rata pada komposit *sandwich* yang memiliki tebal *core* 2 mm ialah 289,5 N/mm<sup>2</sup>, sedangkan untuk tegangan bending rata-rata pada komposit *sandwich* dengan tebal *core* 4 mm sebesar 163,5 N/mm<sup>2</sup>, dan tegangan bending rata-rata pada komposit *sandwich* dengan tebal *core* 6 mm sebesar 146,1 N/mm<sup>2</sup>. Jadi, dengan penambahan tebal *core* kayu balsa yang dipakai, maka tegangan *bending* pada komposit *sandwich* justru makin menurun [8].



**Gambar 8.** Grafik momen lentur

Moment lentur pada komposit *sandwich* ditunjukkan pada **Gambar 8.** dengan tebal *core* 2 mm sebesar 608 Nmm. Sementara itu, momen lentur rata-rata pada komposit *sandwich* dengan tebal *core* 4 mm sebesar 370 Nmm, dan momen lentur rata-rata pada komposit *sandwich* dengan tebal *core* 6 mm sebesar 322 Nmm. Hasil ini juga dibuktikan dengan penelitian [8] tentang kekuatan dan momen bending komposit menyatakan bahwa semakin besar dimensi yang digunakan pada komposit *sandwich* maka moment lentur akan semakin menurun, nilai momen lentur semakin kecil, maka komposit *sandwich* lebih mudah patah, karena *skin* dan epoksi tidak menyerap beban dengan baik [9].



**Gambar 9.** Modulus elastisitas

Modulus elastisitas pada komposit *sandwich* ditunjukkan pada **Gambar 9**. Pada tebal *core* 2 mm modulus elastisitas sebesar 131 N/mm<sup>2</sup>, sedangkan modulus elastisitas pada komposit *sandwich* dengan tebal *core* 4 mm sebesar 58,9 N/mm<sup>2</sup>, dan modulus elastisitas pada komposit *sandwich* dengan tebal *core* 6 mm sebesar 26,1 N/mm<sup>2</sup>. Dengan demikian, dengan penambahan tebal *core* kayu balsa, maka modulus elastisitas pada komposit *sandwich* akan semakin menurun [10].



a. Tebal *Core* 2 mm



b. Tebal *Core* 6 mm

**Gambar 10.** Foto Makro Hasil Patahan Bending a. Tebal *Core* 2 mm b. Tebal *Core* 6 mm

**Gambar 10. a** Tebal *core* 2 mm variasi dengan nilai tegangan bending tertinggi dalam uji bending pada penelitian ini. Hal tersebut terjadi karena tebal *core* 2 mm spesimen memperoleh gaya tekan pada bagian atas dan gaya tarik bagian bawah yang menyebabkan kegagalan komposit di ikatan antar matriks dan serat komposit *sandwich*. Hal tersebut dapat dilihat pada bentuk patahan komposit *sandwich* secara rata pada permukaan tanpa adanya serabut serat [11].

**Gambar 10. b** Tebal *core* 6 mm variasi dengan nilai tegangan bending terendah dalam uji bending pada penelitian ini. Hasil tersebut dibuktikan adanya *fiber pull out*, delaminasi (pelepasan antara matriks dan *core*), dan matriks patah. Hal tersebut terjadi, karena saat spesimen mengenai beban pendulum, bagian atas spesimen menerima beban tekan namun bagian bawah spesimen terjadi beban tarik, sehingga terjadi pelemahan regangan antar matriks dan resin yang

mengakibatkan pelepasan antara matriks dan serat. Hal tersebut menyebabkan menurunnya nilai kelenturan pada pengujian bending.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai variasi tebal *core* kayu balsa terhadap uji impak, uji bending, dan foto makro yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa makin tebal *core* kayu balsa pada komposit sandwich berpengaruh terhadap turunnya nilai kekuatan bending. Sementara itu, makin tebal *core* kayu balsa pada komposit sandwich berpengaruh terhadap meningkatnya nilai ketangguhan impak. Hasil dari foto makro terjadi matriks rich, delaminasi dan kegagalan matriks.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh fasilitas dari Laboratorium Bahan, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Universitas Tidar dan Laboratorium Bahan, Universitas Sanata Dharma. Apresiasi juga kami sampaikan kepada semua pihak yang turut membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Banowati, L., Firdaus, M., & Hartopo, H. (2022). Analisis Pengaruh Jumlah *Layer Skin* pada Komposit *Sandwich* Carbon Fiber *Core* Kayu Balsa Terhadap Karakteristik Kekuatan Bending dan Kekuatan *Impact*. *Proceeding SENATIK ITD Adisutjipto Yogyakarta* 7, 57–68. <https://doi.org/10.28989/senatik.v7i0.464>
- [2] Utomo, W. B., & Drastiawati, N. S. (2021). Pengaruh Variasi Jenis *Core*, Temperatur Curing dan Post-Curing Terhadap Karakteristik Bending Komposit Sandwich Serat Karbon dengan Metode *Vacuum Infusion*. *Jurnal Teknik Mesin* 9(02), 45–54. Diakses dari <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jtm-unesa/article/view/40998>
- [3] Atas, C., & Sevim, C. (2010). *On The Impact Response Of Sandwich Composites With Cores Of Balsa Wood And PVC Foam*. *Composite Structures* 1(93), 40–48. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2010.06.018>
- [4] Romdhani, I., Setiawan, F., & Wicaksono, D. (2024). Manufaktur *Vacuum Resin Infusion* Untuk Pembuatan Material Komposit. *Journal of Education Transportation and Business* 1(2), 304–324. <https://doi.org/10.57235/jetbus.v1i2.3677>
- [5] Achmad Nurhidayat. (2021). Analisis Variasi Ketebalan *Core* Komposit *Sandwich* Serbuk Limbah Tempurung Kelapa Terhadap Sifat Mekanik. *Jurnal Teknika* Vol 7 No 1, 21-27. <https://jurnal.sttw.ac.id/index.php/jte>
- [6] Banowati, L., Yudhistira, M., & Hartopo, I. H. (2022). Analisis Perbandingan Kekuatan Komposit *Hybrid Sandwich* Serat Rami-E-Glass/Epoxy Berdasarkan Variasi Ketebalan *Core* Kayu Balsa Terhadap Kemampuan Uji Bending. *Tek. Penerbangan Universitas Nurtanio* 7, 69-78. <http://dx.doi.org/10.28989/senatik.v7i0.465>
- [7] Ardiyanto, P. (2014). Analisa Pengaruh Ketebalan Inti *Core Polyurethane* Terhadap Karakteristik Bending Komposit *Sandwich*. *Skripsi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya*. <http://repository.its.ac.id/id/eprint/6378>

- [8] Ningsih, T. H., Fiveriati, A., & Irfani, F. W. (2023). Kekuatan dan Momen Bending Serta Energi Impak Komposit Serat Kulit Kersen Akibat Variasi Fraksi Volume. *Jurnal Inovasi Teknologi Manufaktur, Energi dan Otomotif*, 1(2), 95-104. <https://jurnal.poliwangi.ac.id/index.php/jinggo/>
- [9] Anwar, B., Djuanda, D., & Safitri, E. Analisis Kekuatan Bending Komposit Berbahan Limbah Serat Kelapa Muda dengan Perbandingan Komposisi Resin *Epoxy* dan Serat 50 Persen. *Jurnal Teknik Mesin Teknologi*, 23(1). <http://eprints.unm.ac.id/id/eprint/31756>
- [10] Hastuti, S., Pramono, C., & Paryono, P. (2022). Peningkatan Kekuatan Mekanik Komposit *Sandwich* Serat Kenaf dengan *Core* Kayu *Albizzia Falcataria* untuk Material Dinding Komposit. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 17(2), 249-256. <https://doi.org/10.32497/jrm.v17i2.3216>
- [11] Dani, A., Sari, N. P., Baananto, F., & Sulistyono, S. (2024). Pengujian Kekuatan Bending dan Impak Komposit *Sandwich* Serat Gelas dengan Inti Kayu Balsa. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 8(3), 1533-1543. <https://doi.org/10.33379/gtech.v8i3.4370>