

# Analisis Perbandingan Kekuatan Komposit *Hybrid Sandwich* Serat Rami-*E-Glass/Epoxy* Berdasarkan Variasi Ketebalan *Core* Kayu Balsa Terhadap Kemampuan Uji Bending

Lies Banowati<sup>1\*</sup>, Muhammad Yudhistira<sup>1</sup>, Ir. Herry Hartopo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Penerbangan, Fakultas Teknik, Universitas Nurtanio

\*Email korespondensi : [banowati2004@yahoo.com](mailto:banowati2004@yahoo.com)

Received Feb 20, 2022; Accepted Feb 24, 2022; Published Mar 8, 2022

**Abstrak.** Seiring dengan perkembangan dunia industri saat ini, kebutuhan material untuk sebuah produk bertambah pesat. Para ilmuwan berlomba-lomba untuk menciptakan material baru yang lebih ringan, tahan korosi, dan lebih ekonomis dari logam. Komposit *sandwich* merupakan jenis komposit struktur yang dikembangkan dan digunakan dalam dunia industri pesawat terbang. Komposit *sandwich* adalah material komposit yang terdiri dari dua buah *skin* dimana diantara dua *skin* tersebut terdapat *core*. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui kekuatan *bending* komposit *hybrid sandwich* serat Rami-*E-glass* yang sudah dilakukan treatment alkali dengan orientasi arah serat *Unidirectional* (0°) dan matriks *Epoxy* Bakelite EPR 174 dengan variasi ketebalan *core* ukuran 3 mm, 5 mm, dan 8 mm menggunakan metode manufaktur *hand lay-up* dan *vacuum bagging*. Pengujian *bending* mengacu pada standar ASTM C 393 dan ASTM D 792 untuk pengujian densitas. Hasil dari analisis pengujian *bending* komposit *hybrid sandwich* Rami-*E-glass/Epoxy Unidirectional* (0°) dengan variasi ketebalan *core* ukuran 3 mm, 5 mm, dan 8 mm menunjukkan kekuatan *bending core* kayu balsa 3 mm rata-rata 89,55 MPa, dengan *core* kayu balsa 5 mm rata-rata sebesar 100,55 MPa, dengan *core* kayu balsa 8 mm rata-rata 51,49, dan densitas komposit rata-rata sebesar 0,726 gr/cm<sup>3</sup>.

**Kata kunci:** Komposit, *Hybrid*, *Sandwich*, *E-glass*, Rami, Kayu Balsa, *Epoxy*, Kekuatan *Bending*.

## 1. Pendahuluan

Perkembangan industri saat ini semakin pesat material logam yang biasa digunakan pada struktur pesawat terbang sudah mulai tergantikan dengan material baru. Salah satu material baru yang banyak dikembangkan adalah komposit, karena komposit dinilai memiliki karakteristik lebih ringan, tahan terhadap korosi, dan biaya produksi yang cukup ekonomis dari pada material logam [1]. Komposit adalah suatu material baru yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material yang berbeda secara makroskopik, dimana kombinasi antara dua jenis material tersebut mempunyai sifat yang berbeda [2].

Komposit pembentuknya dibedakan menjadi dua yaitu adanya pengikat (matriks) dan adanya material penguat atau pengisi (reinforcement), material penguat ini biasanya menggunakan serat, dengan sifat serat yang kuat, kaku, dan getas. Hal ini ditunjukkan agar serat mampu menahan gaya yang diterima dari luar [3]. Serat pada komposit dasarnya dibagi menjadi dua jenis yaitu serat sintetis dan serat alam dimana berfungsi sebagai penguat dan matriks sebagai pengikat. Serat sintetis merupakan serat yang dibuat dari bahan-bahan anorganik dengan komposisi kimia tertentu, pada penelitian ini digunakan serat sintetis yaitu serat glass (*e-glass*) dengan *mechanical properties* densitas 2,54 gr/cm<sup>3</sup>, tensile strength 3.500 MPa, dan *modulus young* 73 GPa. Serat alam merupakan serat yang dapat langsung diperoleh dari tumbuh-tumbuhan dan binatang, pada penelitian ini digunakan serat alam yaitu serat rami dengan *mechanical properties* densitas 1,5



gr/cm<sup>3</sup>, tensile strength 575 MPa, dan *modulus young* 61,5 GPa. Pada penelitian kali ini menggunakan resin *Epoxy* Bakelite®EPR 174 [4].

Manufaktur komposit *hybrid* adalah gabungan dari dua atau lebih material yang berbeda disusun pada suatu urutan tertentu. Untuk mendapatkan kekuatan yang tinggi dilakukan penggabungan antara serat alam dan serat sintetis. Komposit dengan struktur *sandwich* yang terdiri dari material *core* yang berada di bagian tengah diantara kedua *skin*. Prinsip struktur *sandwich* adalah menggabungkan *skin* dengan modulus elastisitas tinggi terhadap *core* yang ringan sehingga diharapkan menjadi struktur material yang kaku, kuat, ringan, tahan korosi, dan ekonomis [5].

Keberadaan serat rami yang cukup melimpah di Indonesia menjadi salah satu faktor dalam penelitian ini karena mudah ditemukan, serta serat rami mempunyai karakteristik kuat, ringan, tahan terhadap jamur, serangga, bakteri, dan mampu menjaga suhu agar tidak terpengaruh oleh suhu lingkungan [6]. Salah satu faktor penting yang mempengaruhi karakteristik dari komposit adalah perbandingan fraksi volume voids, fraksi volume fiber, dan fraksi volume matriks yang akan menentukan kekuatan, kekakuan, dan keuletan material komposit. Fraksi volume dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut [7]:

$$V_v = \frac{\left(\frac{w_f}{\rho_f}\right) + \left(\frac{w_c - w_f}{\rho_m}\right)}{\left(\frac{w_c}{\rho_c}\right)} \quad (1)$$

$$V_f = \frac{\frac{w_f}{\rho_f}}{\frac{w_f}{\rho_f} + \frac{(1-w_f)}{\rho_m}} \quad (2)$$

$$V_m = 100 - (V_v + V_f) \quad (3)$$

Dengan,

$V_v$  = Fraksi volume Void (%)

$V_m$  = Fraksi Volume Matriks (%)

$V_f$  = Fraksi volume Fiber (%)

$W_f$  = Massa serat (gr)

$\rho_f$  = Massa jenis serat (gr/cm<sup>3</sup>)

$W_c$  = Massa komposit (gr)

$\rho_c$  = Massa jenis komposit (gr/cm<sup>3</sup>)

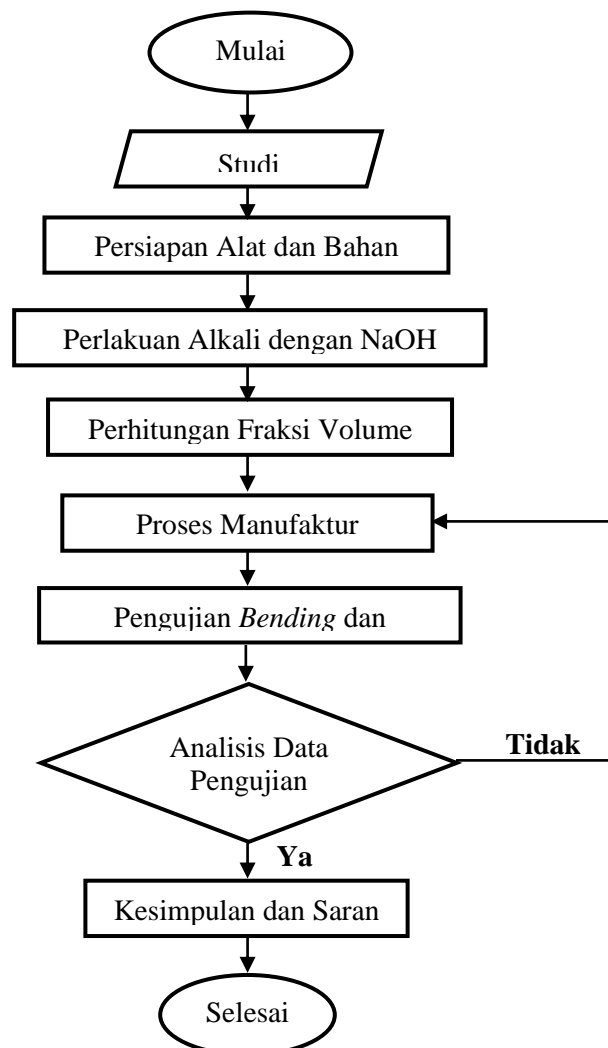
$W_m$  = Massa matriks (gr)

$\rho_m$  = Massa jenis matriks (gr/cm<sup>3</sup>)

Penelitian ini membandingkan kekuatan *bending* komposit *hybrid sandwich* serat rami-*e-glass/epoxy* dengan variasi ketebalan *core* kayu balsa ukuran 3 mm, 5 mm, dan 8 mm dengan arah orientasi serat *unidirectional* (0°), yang mana nanti akan diaplikasikan pada struktur *fuselage* pesawat UAV Aer0-73K yang memiliki misi mengangkut plasma darah.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian kali ini dilakukan di Laboratorium Material Fakultas Teknik Universitas Nurtanio Bandung. Penelitian kali ini menggunakan Serat Rami di *hybrid* dengan *E-glass* menggunakan *core* Kayu Balsa ukuran 3 mm, 5 mm, dan 8 mm dan resin *Epoxy*®Bakelite EPR 174. Menggunakan struktur komposit *sandwich* dibuat dengan metode *hand lay up* dan *vacuum bagging*. Diagram alir penelitian dapat dilihat di gambar 1.



**Gambar 1** Diagram Alir Penelitian

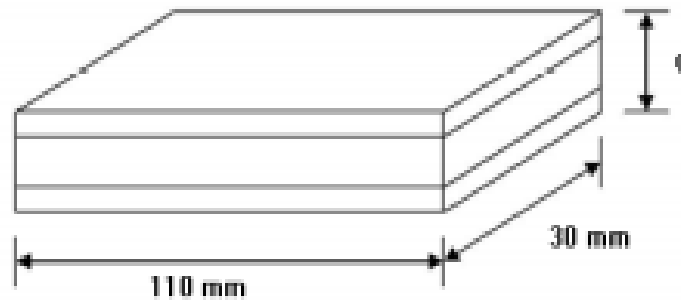
Penelitian diawali dengan studi literatur agar dalam menjalankan penelitian kali ini sudah memiliki gambaran dan pengetahuan yang ingin dilakukan. Lalu persiapan alat dan bahan, disini peneliti menggunakan serat *fiberglass* (*E-glass*) dan serat Rami. Selanjutnya serat Rami yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan *treatment* terlebih dahulu dengan direndam dalam larutan alkali 5% (NaOH) selama 2 jam, selanjutnya dikeringkan tanpa terkena dengan matahari langsung. Lalu setelah serat rami sudah dilakukan perendaman dengan NaOH 5% selama 2 jam, kemudian susun serat rami dan *e-glass* dengan arah orientasi serat *Unidirectional*  $0^\circ$  yang ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2** Serat Rami dan *E-glass* Orientasi *Unidirectional*  $0^\circ$

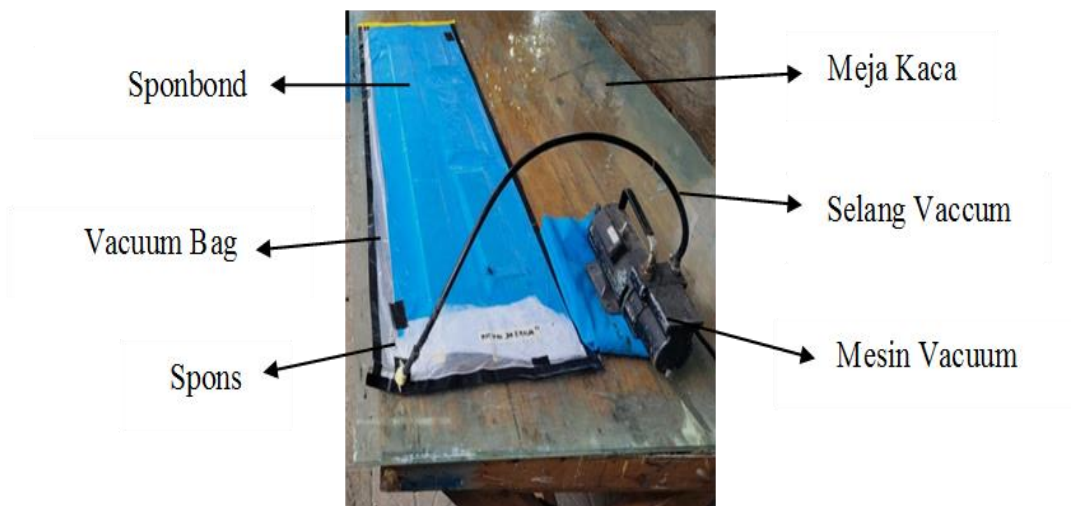
Alat-alat pembuatan komposit yang terdiri dari:

- Cetakan kaca, sebagai media pembuatan spesimen.
  - Timbangan digital, untuk mengukur perbandingan resin dan *hardener*.
  - Wadah, sebagai tempat percampuran resin dan *hardener*.
  - Kuas, sebagai alat untuk meratakan serat saat proses laminasi.
  - Mesin *vacuum bagging*, untuk menghisap udara pada spesimen agar resin dan *hardener* menyebar secara merata
  - Amplas dan gurinda potong, untuk meratakan dan memotong spesimen sesuai ukuran standar.
- Spesimen komposit dibuat dengan dimensi sesuai Standar ASTM C 393 yang ditunjukkan pada Gambar 3.



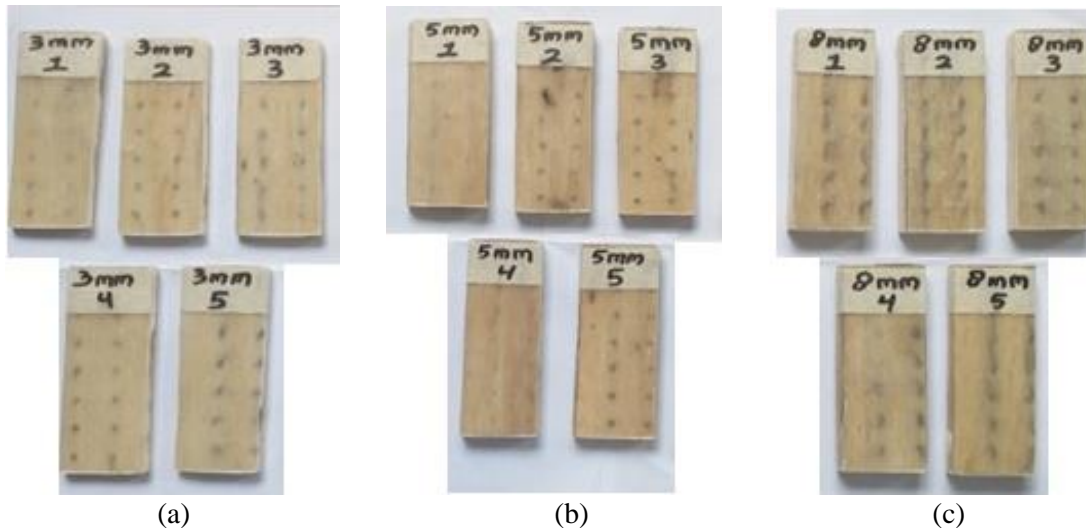
**Gambar 3** Dimensi Pengujian *Bending* Standar ASTM C 393

Proses manufaktur spesimen uji dilakukan dengan cara *hand lay-up* kemudian dilakukan proses *vacuum bagging*. Proses *hand lay-up* merupakan laminasi serat secara manual, adapun proses pembuatan dengan metode ini adalah dengan cara dituangkan resin dengan tangan ke dalam serat yang berfungsi sebagai pengikat antara satu lapisan serat dengan lapisan yang lain, kemudian memberi tekanan sekaligus meratakannya menggunakan rol atau kuas. Proses tersebut dilakukan berulang-ulang sampai resin merata ke semua serat hingga mencapai ketebalan yang diinginkan. Setelah proses laminasi dengan metode *hand lay-up* selesai selanjutnya menggunakan proses *vacuum bagging* selama 8 jam yang ditunjukkan pada Gambar 4, sehingga diharapkan resin menyebar dengan merata dan juga akan menarik keluar sisa-sisa atau kelebihan resin pada pembuatan komposit tersebut.



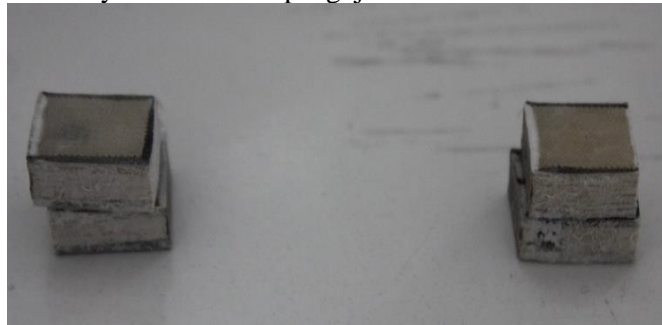
**Gambar 4** Proses *Vacuum Bagging* Spesimen

Pada Gambar 5 menunjukkan hasil akhir spesimen komposit *Hybrid Sandwich* serat Rami-*E-Glass/Epoxy Undirectional* 0° dengan *core* Kayu Balsa ukuran 3 mm, 5 mm, dan 8 mm untuk pengujian *bending*.



**Gambar 5** Spesimen Komposit dengan *core*: (a) Kayu Balsa 3 mm, (b) Kayu Balsa 5 mm, dan (c) Kayu Balsa 8 mm Untuk Pengujian *Bending*.

Pada Gambar 6 menunjukkan hasil akhir spesimen komposit *Hybrid Sandwich* serat Rami-*E-Glass/Epoxy Undirectional* 0° dengan *core* Kayu Balsa untuk pengujian densitas.



**Gambar 6** Spesimen Komposit Serat Rami-*E-glass/Epoxy* Dengan *Core* Kayu Balsa Untuk Pengujian Densitas

Pengujian *bending* dilakukan dengan cara memberikan beban lentur secara perlahan-lahan sampai spesimen mencapai titik patah. Pada perlakuan uji *bending* bagian atas spesimen mengalami penekanan dan dibagian bawah mengalami proses tarik sehingga mengakibatkan spesimen patah bagian bawah karena tidak mampu menahan tegangan tarik. Adapun pengujian *bending* dilakukan dengan menggunakan mesin *Univerisal Test Machine* (UTM). Berikut dibawah ini merupakan prosedur pengujian *bending* diantaranya:

- Menyiapkan spesimen uji *Bending*.
- Tentukan tanda untuk titik tumpuan dan titik tengah pada spesimen uji, lalu letakan spesimen pada mesin uji *bending*.
- Menyiapkan mesin pengujian *bending* dalam keadaan ON.
- Putar handle sampai beban menyetuh spesimen uji dan indikator
- Memasukkan data-data spesimen (ukuran panjang, tebal, dan lebar) kemudian setting program mesin uji *bending*.
- Tekan tombol “start” pada monitor untuk memulai pengujian *bending*
- Setelah spesimen mengalami patah dan grafik pada monitor mulai menurun tekan “stop” agar mesin berhenti melakukan pengujian.

Pada gambar 7 menunjukkan patahan spesimen komposit serat Rami-*E-glass/Epoxy* dengan *core* Kayu Balsa terhadap uji *bending*.

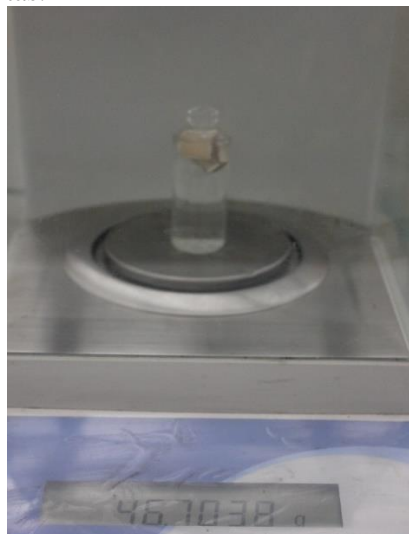


**Gambar 7** Spesimen Komposit Serat Rami-*E-glass/Epoxy* Dengan *Core* Kayu Balsa Terhadap Uji *Bending*

Pengujian densitas dilakukan untuk mengetahui massa jenis komposit tersebut. Adapaun pengujian densitas dilakukan menggunakan mesin *Analytical Balance*. Berikut dibawah ini merupakan prosedur pengujian densitas diantaranya:

- a. Timbang berat spesimen komposit.
- b. Isi piknometer dengan aquades hingga penuh, lalu bersihkan air yang menempel diluar piknometer dan pastikan tidak ada ruang untuk udara.
- c. Lalu timbang berat piknometer yang sudah di isi penuh dengan aquades tersebut.
- d. Masukkan spesimen komposit pada piknometer yang sudah di isi aquades sampai spesimen terendam sepenuhnya, lalu bersihkan air yang menempel diluar piknometer.
- e. Lalu timbang berat piknometer yang berisi spesimen dan aquades tersebut.
- f. Lalu menghitung *specific gravity* untuk mengetahui hasil densitas dari komposit tersebut.

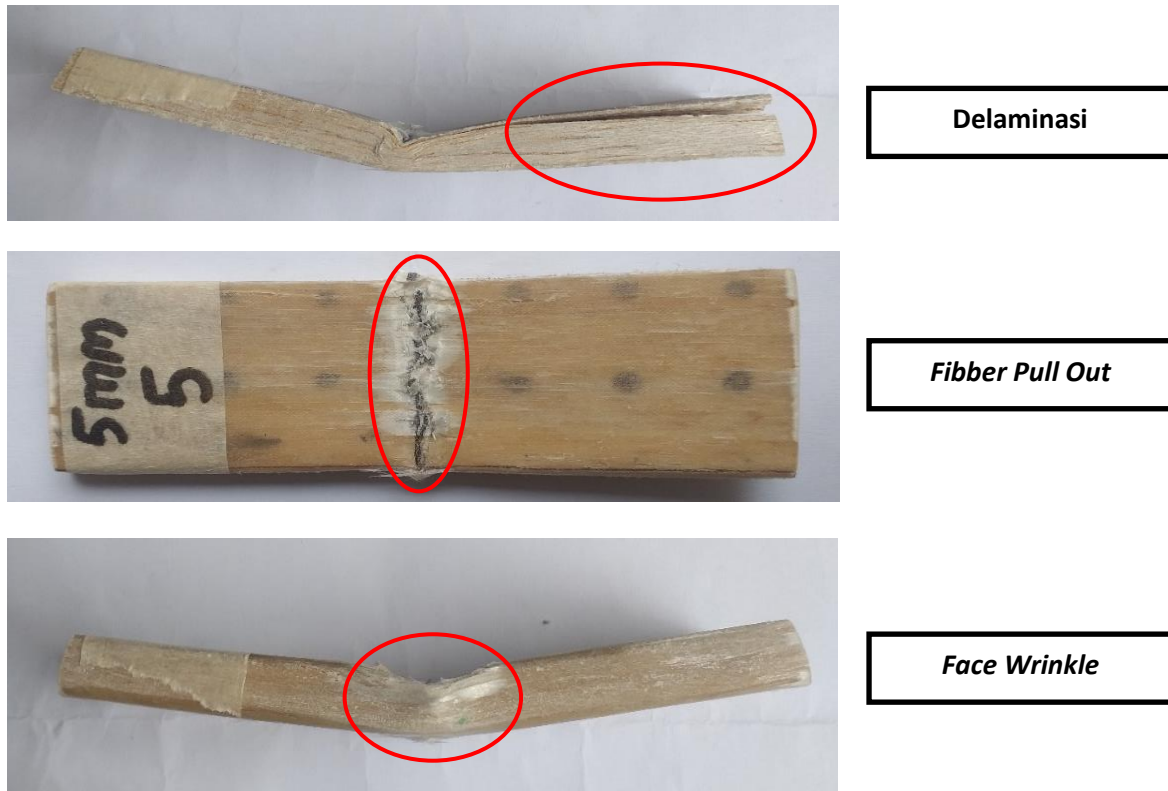
Pada gambar 8 menunjukkan spesimen komposit serat Rami-*E-glass/Epoxy* dengan *core* Kayu Balsa sedang dalam tahap pengujian densitas.



**Gambar 8** Spesimen Komposit Serat Rami-*E-glass/Epoxy* Dengan *Core* Kayu Balsa Terhadap Uji Densitas

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian *bending* dan densitas dilakukan di Balai Besar Barang dan Bahan Teknik Bandung (B4T) menggunakan alat uji *Universal Testing Machine* (UTM). Pada Gambar 9 dibawah ini merupakan modus kegagalan hasil uji *bending* yang terjadi pada spesimen komposit.



**Gambar 9** Modus Kegagalan Pada Komposit Terhadap Uji *Bending*

Pada gambar diatas, menunjukan modus kegagalan yang terjadi pada komposit serat Rami-*E-glass/Epoxy* dengan *core* Kayu Balsa adalah kerusakan *fiber pull out* (serat tercabut dari matriks pada ujung patahan), kerusakan delaminasi (terlepasnya *skin* dengan *core*), dan kerusakan *indentation/face wrinkle*. Pengujian *bending* dilakukan untuk mengetahui sejauh mana mampu menahan beban hingga komposit tersebut patah atau beban melengkung menurun. Pada Tabel 1, 2, dan 3 masing-masing menunjukkan hasil kekuatan uji *bending* komposit *hybrid sandwich* serat Rami-*E-glass/Epoxy* orientasi arah serat *Undirectional 0°* dengan *core* kayu balsa ukuran 3 mm, 5 mm, dan 8 mm.

**Tabel 1** Hasil Pengujian *Bending* Dengan *Core* Kayu Balsa 3 mm

Spesimen Uji	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Maksimum Load (N)	<i>Bending Strength</i> (MPa)
RGB 3 – 1	33,120	5,420	179,51	593,18	80,449
RGB 3 – 2	32,470	5,260	170,79	550,83	80,908
RGB 3 – 3	33,180	5,680	188,46	740,03	91,222
RGB 3 – 4	33,050	5,880	194,33	835,52	96,484
RGB 3 – 5	32,800	5,430	178,10	723,23	98,680
Rata-Rata	32,924	5,534	182,24	672,37	89,549

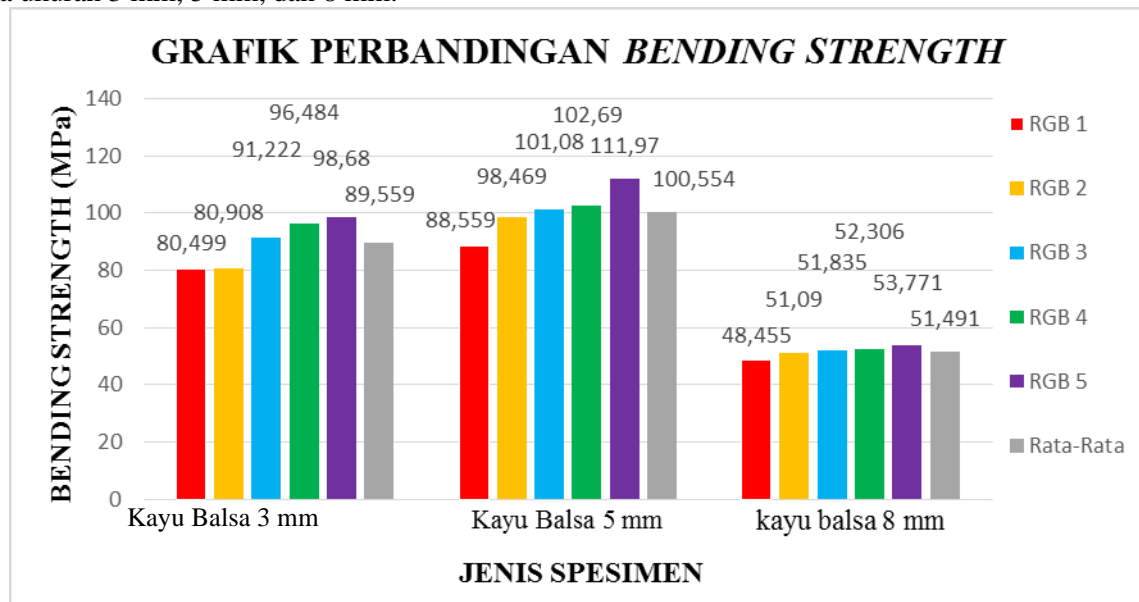
**Tabel 2** Hasil Pengujian *Bending* Dengan *Core* Kayu Balsa 5 mm

Spesimen Uji	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Maksimum Load (N)	<i>Bending Strength</i> (MPa)
RGB 5 – 1	34,270	7,910	271,08	1439,03	88,559
RGB 5 – 2	32,390	7,880	255,23	1500,83	98,469
RGB 5 – 3	32,880	8,020	263,70	1620,02	101,08
RGB 5 – 4	33,080	7,840	259,35	1582,25	102,69
RGB 5 – 5	32,140	8,010	257,44	1749,81	111,97
Rata-Rata	32,952	7,932	261,36	1569,07	100,554

**Tabel 3** Hasil Pengujian *Bending* Dengan *Core* Kayu Balsa 8 mm

Spesimen Uji	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Maksimum Load (N)	<i>Bending Strength</i> (MPa)
RGB 8 – 1	34,900	10,700	373,43	1296,38	48,455
RGB 8 – 2	33,450	10,490	350,89	1424,64	51,090
RGB 8 – 3	32,240	11,140	359,15	1431,8	51,835
RGB 8 – 4	33,680	11,010	370,82	1262,67	52,306
RGB 8 – 5	32,920	11,140	366,73	1413,03	53,771
Rata-Rata	33,438	10,896	364,204	1365,70	51,491

Dapat dilihat pada tabel diatas, adapun kekuatan *bending* komposit *sandwich* dengan variasi *core* kayu balsa terbesar dimiliki oleh komposit *sandwich* dengan *core* kayu balsa 5 mm yaitu sebesar 100,554 MPa dan terkecil dimiliki oleh komposit *sandwich* dengan *core* kayu balsa 8 mm yaitu sebesar 51,491 MPa. Sedangkan pada Gambar 10 menunjukkan grafik perbandingan hasil pengujian *bending* spesimen komposit *hybrid sandwich* serat Rami-*E-glass/Epoxy Undirectional* 0° dengan variasi ketebalan *core* Kayu Balsa ukuran 3 mm, 5 mm, dan 8 mm.

**Gambar 10** Grafik Pengujian *Bending* Dengan *Core* Kayu Balsa 3 mm

Dapat dilihat pada gambar grafik diatas, hasil pengujian *bending* spesimen komposit *hybrid sandwich* serat Rami-*E-glass/Epoxy Undirectional* (0°) dengan variasi *core* kayu balsa cenderung mengalami penurunan, hal ini disebabkan karena seiring dengan peningkatan tebal *core* menyebabkan dimensi komposit *sandwich* yang semakin besar, maka akan menyebabkan bertambah besar momen inersianya.

Karakterisasi sifat fisik komposit *sandwich* yang diuji adalah berat jenis. Komposit *sandwich* dipotong kemudian ditimbang dengan timbangan digital dengan ketelitian 0,01 gram. Berat komposit *sandwich* dibagi volumenya merupakan berat jenis komposit *sandwich*. Data hasil pengujian berat jenis komposit *sandwich* rata-rata dapat dilihat pada Tabel 4 menunjukkan hasil kekuatan uji densitas komposit *hybrid sandwich* serat Rami-*E-glass/Epoxy* orientasi arah serat *Undirectional* 0° dengan *core* kayu balsa.



**Tabel 4** Hasil Pengujian Densitas Komposit *Hybrid Sandwich* Serat Rami-*E-glass/Epoxy* Dengan *Core* Kayu Balsa

No	Massa Spesimen (gram)	Massa Air + Pikno (gram)	Massa Air + Pikno + Spesimen (gram)	<i>Specific Gravity</i> (gr/cm <sup>3</sup> )	Densitas Air (gr/cm <sup>3</sup> )	Densitas Spesimen (gr/cm <sup>3</sup> )
1	0,9406	47,0610	46,7038	1,348	1,00012	0,725
2	0,8937	47,0610	46,7232	1,348	1,00012	0,726
Rata – Rata						0,726

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada penelitian ini menggunakan serat sintetis (*e-glass*) yang di *hybrid* dengan serat alam (serat rami) dengan struktur komposit *sandwich* menggunakan *core* kayu balsa dengan ukuran 3 mm, 5 mm, dan 8 mm. Pada proses manufaktur memakai dua metode yaitu menggabungkan metode *hand lay-up* dan *vacuum bagging*. *Hand lay-up* digunakan untuk proses awal laminasi menggunakan tangan dan kuas, setelah proses laminasi selesai lalu menggunakan metode *vacuum bagging*, agar resin pada komposit merata sehingga mendapatkan ketebalan yang rata.
2. Dari pengujian *bending* yang sudah dilakukan mendapatkan hasil perbandingan kekuatan *bending* pada komposit *Hybrid Sandwich* Serat Rami-*E-Glass/Epoxy* dengan *Core* Kayu Balsa ukuran 3 mm dengan rata-rata yaitu 89,559 MPa, Kayu Balsa 5 mm dengan rata-rata yaitu 100,554 MPa, Kayu Balsa 8 mm dengan rata-rata yaitu 51,491 MPa.
3. Uji densitas dilakukan untuk mengetahui sifat fisik dari material komposit tersebut. Sehingga semakin besar densitas maka berbanding lurus terhadap berat material tersebut. Hasil rata-rata uji densitas komposit *hybrid sandwich* serat rami-*e-glass/epoxy* dengan *core* kayu balsa sebesar 0,726 gr/cm<sup>3</sup>.
4. Pada penelitian ini kerusakan yang terjadi pada spesimen komposit setelah dilakukan uji *bending* adalah kerusakan *fiber pull out* (serat tercabut dari matriks pada ujung patahan), kerusakan delaminasi (terlepasnya *skin* dengan *core*), kerusakan *ductile fracture* (spesimen tidak mengalami patah), dan kerusakan *indentation/face wrinkle*.

#### 5. Daftar Pustaka

- [1] Dwi Prismanto Garit 2016 *Serat E-Glass dan Serat Ijuk Terhadap Kekuatan Impact Dengan Matrik Polyester* Universitas Negeri Surabaya
- [2] Jones M Robert 1998 *Mechanics of Composite Materials* Virginia USA
- [3] Nasmi Herlina Sari 2012 *Analisis Kekuatan Bending Komposit Epoxy Dengan Penguat Serat Nilon* Universitas Mataram Nusa Tenggara Barat
- [4] Hadi B K 2000 *Mekanika Struktur Komposit* Catatan Kuliah Teknik Penerbangan Institut Teknologi Bandung
- [5] Ahmad Tri 2011 *Pengaruh Tebal Skin dan Core Terhadap Kekuatan Bending Komposit Sandwich Serat Rami-Polyester Dengan Core Sekam Padi-Urea Formaldehyde* Universitas Sebelas Maret Surakarta
- [6] Musaddad M A 2007 *Agribisnis Tanaman Rami* Panebar Swadaya Depok
- [7] Judawisastra Hermawan 2005 *The Basic Composite Design & Micromechanics* Institut Teknologi Bandung
- [8] Catur Agus Dwi 2014 *Sifat Mekanik Komposit Sandwich Berpenguat Serat Bambu-Fiberglass Dengan Core Polyurethane Foam* Jurnal Rekayasa Mesin Vol 5 No 1: 51-57
- [9] ASTM 792-07 *Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement* Annual Book of ASTM Standards United States: ASTM International
- [10] ASTM C 393 *Standard Test Methode for Flexural Properties of Sandwich Construction* Annual Book of ASTM Standards Vol 13 West Conshohocken United States

