

# Analisis Kekuatan Tarik Komposit Termoseting Hibrid Serat Bambu -E-Glass/ Epoxy Unidirectional 0° Vs Hibrid Serat Bambu E-Glass WR/ Epoxy dan Aplikasinya Pada Struktur *Frame Quadkopter*

Lies Banowati<sup>1\*</sup>, Kresna Adhy Putra<sup>1</sup>, Ruslan Abdul Ghani<sup>1</sup>

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

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

Received Feb 21, 2022; Accepted Mar 05, 2022; Published Mar 08, 2022

**Abstract.** The uses of natural fiber in composite structures have increased recently. These fibers are considered 'green' and foreseen as an alternative fiber substitute in the future. The aim of the research is to obtain the mechanical characteristics of the hybrid thermosetting composites with bamboo-E-Glass fiber reinforcements by using epoxy as matrix. The fibers were arranged to make a unidirectional 0° and bidirectional (0°/90°). Composite manufacturing method used hand lay-up and vacuum bagging. Tensile test conducted according to standard size ASTM D3039, and the results were analyzed using two parameters Weibull distribution. The results showed that the hybrid thermosetting bamboo-E-Glass composites have potentials to be made as quadcopter frame structures.

**Keywords:** *hybrid thermosetting composites, bamboo-E-Glass fiber, drone structural parts*

## 1. Introduction

Seiring dengan perkembangan dunia teknologi namun seiring juga dengan maraknya isu pemanasan global, perkembangan teknologi tersebut haruslah beriringan, agar tidak terjadi kesenjangan antara teknologi dan kelestarian lingkungan hidup karena itu di dunia teknologi material perlu dikembangkan "komposit hijau" yang memiliki kelebihan diantaranya adalah dampak terhadap lingkungan yang rendah, dapat diperbaharui, murah, mudah terdegradasi serta dapat digunakan pada berbagai aplikasi [1–3], juga sebagai pelengkap dari material konvensional seperti logam dan serat sintetis.

Berdasarkan studi pustaka menunjukkan bahwa permintaan pasar yang tinggi terhadap komposit serat alam sebagai produk bangunan, industri otomotif dan lainnya mengalami pertumbuhan yang semakin meningkat. Kepedulian lingkungan pada saat ini membuat komposit tersebut digunakan dalam berbagai aplikasi baru industri maju [4]. Namun, bila hanya menggunakan serat alam belum dapat memenuhi sifat mekaniknya pada aplikasi tingkat lanjut. Oleh karena itu, hibridisasi serat alami dan sintetis akan menjadi solusi yang baik untuk generasi berikutnya pada struktur komposit.

Selanjutnya penggunaan serat alam sebagai material yang berkelanjutan dan dapat didaur ulang telah menjadi perhatian saat ini dalam memproduksi struktur komposit alami. Namun, beberapa keterbatasan seperti kekuatan yang rendah menyebabkan serat alam tersebut kurang dapat diterapkan bila dibandingkan dengan serat sintetis. Oleh karena itu, dengan material komposit hibrid yaitu menggabungkan dua atau lebih bahan yang berbeda serat dalam satu matriks untuk menghasilkan material baru yang berkelanjutan dan memiliki kekuatan tinggi dengan perbandingan bahan serat sintetis [5].

Berdasarkan review beberapa penelitian, struktur komposit hybrid yang dibuat dengan kombinasi serat alami dan serat sintetis akan menjadi tantangan yang menarik untuk diteliti lebih lanjut untuk meningkatkan sifat mekanik komposit serat alam yang lebih baik. Saat ini, sudah ada teknologi yang digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik serat selulosa, yaitu perlakuan kimia dengan merendam serat pada larutan NaOH yang diimplementasikan pada serat alami untuk meningkatkan sifat mekaniknya [6]. Dengan perlakuan kimia tersebut untuk mengurangi pectin dan lignin yang terkandung pada permukaan serat alam mampu meningkatkan gaya *interfacial* antara serat dan matrik sehingga dapat meningkatkan kekuatan tarik komposit [7].

Serat bambu secara mekanik mempunyai kekuatan tarik yang tinggi (140-800 MPa), dan modulus elastisitas yang tinggi (33 GPa) dengan densitas yang rendah 0,6 – 0,8 g/cm<sup>3</sup> [8]. Sehingga kekuatan jenis dan modulus elastis jenis serat bambu sangat tinggi dan sebanding dengan serat glass [9].

Standar specimen uji tarik dan analisis kekuatan komposit mengacu kepada ASTM D 3039 dengan menggunakan Persamaan 1 [10].

$$\sigma_u = \frac{P_{max}}{A} \quad (1)$$

Dimana:

$\sigma_u$  = kekuatan tarik maksimum (MPa)

$P_{max}$  = beban maksimum (Newton)

$A$  = luas permukaan (mm)

Beberapa jenis komposit termoseting hybrid serat alam dan sintetis telah diaplikasikan di berbagai industri adalah sebagai berikut: komposit serat goni-glass/epoksi untuk *exhaust manifold* (saluran gas buang) pada mobil [11], serat katun-carbon-glass/polyvinyl clorida untuk socket kaki palsu [12], dan serat abaca-e-glass/polyester untuk balistik [13]. Berdasarkan studi literatur tersebut, maka pada penelitian ini melakukan karakteristik mekanik komposit termoseting hybrid serat bambu-E-Glass/epoksi dan diaplikasikan pada struktur *frame quadcopter*.

## 2. Material dan Metode Manufaktur

Pada sub bab ini adalah melakukan proses manufaktur komposit termoseting hybrid serat bambu-E-Glass/epoksi (HB) dengan arah serat unidirectional 0° dan bidirectional WR (0°/90°) dan fraksi volume serat ( $V_f$ ) sebesar 50% sedangkan matriks yang digunakan adalah epoxy bakelite EPR 174. Kemudian melakukan manufaktur struktur *frame quadcopter*.

Langkah pertama adalah melakukan perendaman serat bambu yang sudah diserpilh seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. pada larutan NaOH dengan konsentrasi 15% selama 3 jam pada temperatur ruangan 26°C dengan tujuan memisahkan sebagian lignin yang ada pada bambu dan meningkatkan ikatan antara serat dengan matriks, selanjutnya dilakukan pengeringan selama 24 jam pada temperatur 26°C di dalam ruangan. Kemudian dilakukan penganyaman serat bambu dan serat E-Glass yang masing-masing ditunjukkan pada Gambar 2. dan 3.



**Gambar 1.** Perendaman serat bambu dengan NaOH

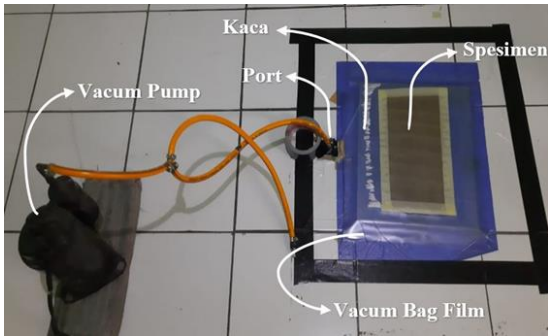


**Gambar 2.** Anyaman serat bambu

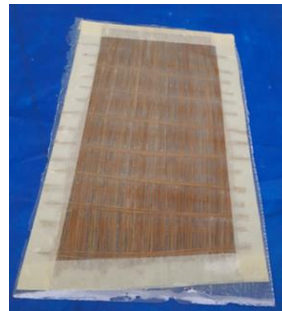


**Gambar 3.** Serat E-Glass

Langkah selanjutnya adalah proses *lay-up* komposit dan *vacuum bagging* dengan *curing time* selama 7 jam seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Sedangkan Gambar 5. dan 6. masing-masing menunjukkan spesimen komposit HB dan spesimen uji tarik komposit HB yang mengacu kepada ASTM D 3039 [10].



**Gambar 4.** Proses *lay-up* komposit HB dan *vacuum bagging*

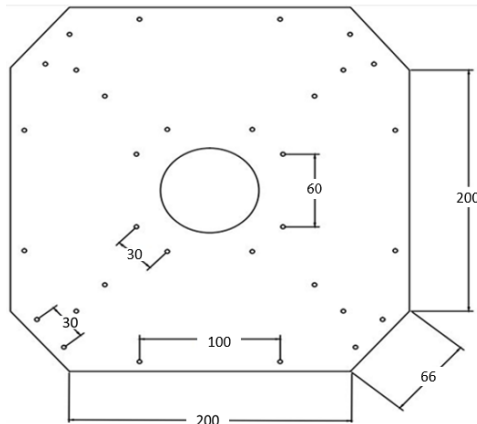


**Gambar 5.** Komposit HB hasil laminasi



**Gambar 6.** Spesimen komposit HB

Langkah berikutnya adalah melakukan manufaktur struktur *deck frame quadcopter* dengan gambar design seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7. Kemudian dilakukan laminasi komposit HB dengan metode *lay-up* dan *vacuum bagging* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8. Selanjutnya melakukan proses pemotongan struktur *frame* dan *assembly* struktur *frame* tersebut, *landing skid* dan lengan menjadi struktur *quadcopter* yang masing-masing ditunjukkan pada Gambar 9 dan 10.



**Gambar 7.** Disain struktur *deck frame quadcopter*



**Gambar 8.** *Lay-up* dan *vacuum bagging* struktur *deck frame quadcopter* komposit HB



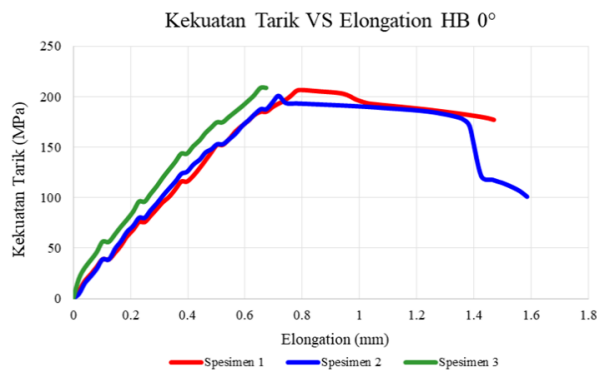
**Gambar 9.** *Deck* struktur *frame* Komposit HB *quadcopter*



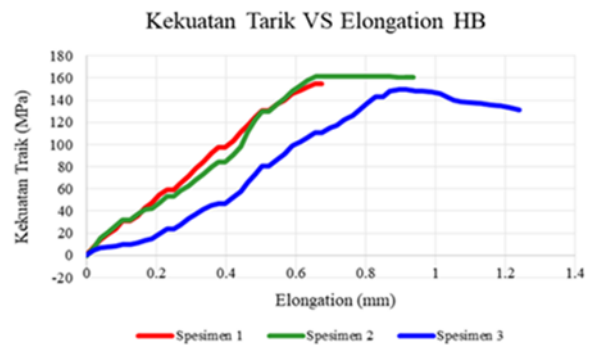
**Gambar 9.** *Assembly* struktur *quadcopter*

### 3. Hasil dan Diskusi

Pada Gambar 10. dan 11. masing-masing menunjukkan grafik kekuatan tarik dan elongasi komposit termoseting HB unidirectional 0° dan bidirectional WR(0,90)°



**Gambar 10.** Komposit HB unidirectional 0°



**Gambar 11.** Komposit HB bidirectional (0,90)°

Pada Tabel 1. menunjukkan perbandingan kekuatan tarik dan elongasi komposit termoseting HB unidirectional 0° dan bidirectional WR(0,90)°.

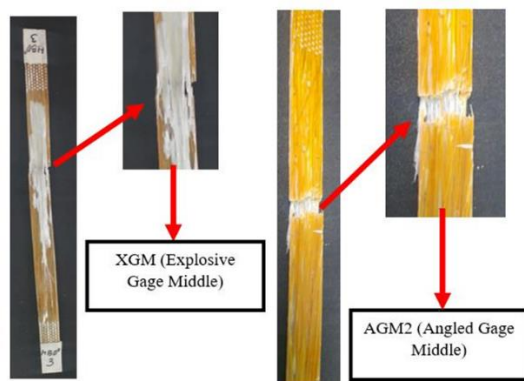
**Tabel 1.** Perbandingan kekuatan tarik dan densitas epoxy, serat bambu, serat E-Glass dan komposit termoseting HB unidirectional 0° dan bidirectional WR(0,90)°.

Material	Kekuatan tarik (MPa)	Densitas (g/cm <sup>3</sup> )
Epoxy bakelite EPR 174	58 [14]	1,17-2
Serat bambu	800-1400 [15]	0,6-1,1 [16]
Serat E-Glass	2000-3500 [15]	2,5 [15]
Komposit termoseting HB unidirectional 0°	205,48	1,14
Komposit termoseting HB bidirectional WR (0,90)°	155,28	1,14

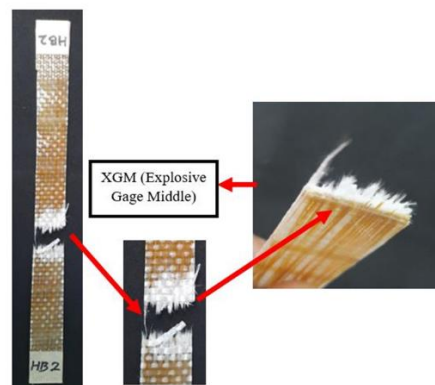
Pada Tabel 1. menunjukkan bahwa kekuatan tarik komposit termoseting HB memiliki kekuatan tarik diatas kekuatan matriks epoxy sebesar 205,48 MPa dan 155,28 untuk masing-masing komposit termoplastik HB unidirectional 0° dan bidirectional WR (0,90)°, hal tersebut menunjukkan bahwa manufaktur komposit sudah baik, sedangkan densitas yang dihasilkan dari kedua komposit termoplastik tersebut lebih baik bila dibandingkan serat E-Glass yaitu sebesar 1,15 g/cm<sup>3</sup>.

Hasil uji tarik komposit HB arah serat unidirectional 0° memiliki kekuatan paling tinggi dengan nilai sebesar 205,46 MPa bila dibandingkan arah serat bidirectional WR (0,90)°, dikarenakan beban yang diterima oleh resin kemudian didistribusikan seluruhnya pada arah serat 0°. Sedangkan untuk arah serat bidirectional WR (0,90)° beban yang diterima oleh resin didistribusikan sebagian untuk arah serat 0° dan 90° sehingga kekuatannya lebih rendah.

Pada Gambar 12. dan 13. masing-masing menunjukkan analisis kegagalan komposit arah serat unidirectional 0° dan bidirectional WR (0,90)°.



**Gambar 12.** Komposit arah serat unidirectional 0°



**Gambar 13.** Komposit arah serat bidirectional WR (0,90)°

Pada Gambar 12. dan 13. menunjukkan modus kegagalan yang terjadi mengacu kepada ASTM D3039/D3039M. Pada Gambar 12. adalah jenis patahan uji tarik komposit HB arah serat unidirectional 0° yang terjadi pada spesimen yaitu XGM (*Explosive Gage Middle*). Modus kegagalan yang terdapat pada spesimen tersebut adalah *brush type*, dimana patahan serat terjadi di sembarang tempat, diiringi dengan kerusakan matriks. Pada ujung patahan terlihat bahwa matriks tidak mampu menahan konsentrasi yang timbul di ujung serat yang patah, sehingga serat dapat terlepas dari matriks (*debonding*), selain mengakibatkan *fiber pullout*, juga terjadi *delamination* pada serat yang patah. Demikian pula pada spesimen lainnya mengalami jenis patahan AGM2 (*Angled Gage Middle*), disamping itu terjadi *debonding* dan *fiber pull out*, dimana matriks tidak mampu menahan konsentrasi beban yang timbul di ujung serat yang patah sehingga serat terlepas dari matriks serta kondisi serat tercabut dari matriksnya.

Sedangkan pada Gambar 13. menunjukkan jenis patahan uji tarik komposit HB arah serat bidirectional WR (0,90)° yaitu XGM (*Explosive Gage Middle*), terdapat pula modus kegagalan jenis *brush type*, dimana patahan serat terjadi di sembarang tempat, diiringi dengan kerusakan matriks. Pada ujung patahan terlihat bahwa matriks tidak mampu menahan konsentrasi yang timbul di ujung serat yang patah, sehingga serat dapat terlepas dari matriks (*debonding*), dan juga mengakibatkan *fiber pull out* dan *delamination* pada serat yang patah.

Pada Tabel 2. Menunjukkan perbandingan material yang digunakan untuk struktur frame quadcopter .

**Tabel 2.** Perbandingan material yang digunakan untuk struktur *frame quadcopter* [17].

Material	Kekuatan Tarik (MPa)	Densitas (g/cm <sup>3</sup> )
Nylon 6.6	82.8	1.14
Acrylic	70	1.18
Delrin	52,4	1,42
Carbon Fiber	760	1,7
Stainless Steel 404	1790	7,80
Aluminium	572	2,80

Material yang digunakan pada penelitian tersebut adalah acrylic yang memiliki kekuatan tarik sebesar 70 MPa dan tegangan maksimum yang terjadi masih dibawah kekuatannya. Sehingga apabila komposit termoseting HB unidirectional 0° dan bidirectional WR (0,90)° yang masing-masing memiliki kekuatan tarik sebesar 205,48 MPa dan 155,28 MPa, terlihat bahwa kekuatan tarik komposit tersebut melebihi kekuatan tarik acrylic. Demikian pula perbandingan densitas acrylic sebesar 1,18 g/cm<sup>3</sup> dan komposit termoseting HB sebesar 1,14 g/cm<sup>3</sup>, sehingga komposit termoseting HB memiliki densitas yang lebih rendah dan lebih ringan. Berdasarkan analisis hasil uji tarik dan studi literatur maka komposit termoseting HB dapat diaplikasikan sebagai material alternatif struktur *frame quadcopter*.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian menyimpulkan bahwa komposit termoseting HB unidirectional 0° dan HB bidirectional WR (0,90)° masing-masing memiliki kekuatan tarik sebesar 205,48 MPa dan 155,28 MPa, hal tersebut menunjukkan bahwa metode manufaktur hand lay-up dan vacuum bagging sudah baik karena kekuatannya sudah melebihi kekuatan tarik resin epoxy, demikian pula densitas komposit yang dihasilkan cukup rendah sebesar 1,14 gr/cm<sup>3</sup>, sehingga komposit yang dihasilkan lebih ringan dari acrylic. Berdasarkan analisis hasil uji tarik dan studi literatur maka komposit termoseting HB dapat diaplikasikan dengan metoda hand lay-up dan vacuum bagging sebagai material alternatif struktur *frame quadcopter*.

#### 5. Daftar pustaka

- [1] Elanchezhian C, Ramnath B V, Ramakrishnan G, Rajendrakumar M, Naveenkumar V and Saravanakumar M K 2018 Review on mechanical properties of natural fiber composites. *Mater. Today Proc.* **5** 1785–90
- [2] Siengchin S 2017 Editorial corner - a personal view Potential use of 'green' composites in automotive applications *Express Polym. Lett.* **11** 600
- [3] Sanjay M R, Madhu P, Jawaid M, Senthamaraiannan P, Senthil S and Pradeep S 2018 Characterization and properties of natural fiber polymer composites: A comprehensive review *J. Clean. Prod.* **172** 566–81
- [4] Farsi M 2012 Thermoplastic Matrix Reinforced with Natural Fibers: A Study on Interfacial

- Behavior *Some Crit. Issues Inject. Molding*
- [5] Nejad A F, Salim M Y Bin, Kolor S S R, Petrik S, Yahya M Y, Hassan S A and Shah M K M 2021 Hybrid and synthetic FRP composites under different strain rates: A review *Polymers (Basel)*. **13**
- [6] Witono K, Surya Irawan Y, Soenoko R and Suryanto H 2013 Pengaruh Perlakuan Alkali (NaOH) Terhadap Morfologi dan Kekuatan Tarik Serat Mendong *J. Rekayasa Mesin* **4** 227–34
- [7] Topan Asmoro A, Helmy P and Sri Mulyo R B 2018 Pengaruh Ketebalan Komposit Matrik Resin Dengan Penguat Kulit Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Yang Dianyam Terhadap Kemampuan Balistik *J. Ilm. Momentum* **14**
- [8] Defoirdt N, Biswas S, Vriese L De, Tran L Q N, Acker J Van, Ahsan Q, Gorbatikh L, Vuure A Van and Verpoest I 2010 Assessment of the tensile properties of coir, bamboo and jute fibre *Compos. Part A Appl. Sci. Manuf.* **41** 588–95
- [9] Budiman A and Sugiman S 2016 Karakteristik Sifat Mekanik Komposit Serat Bambu Resin Polyester Tak Jenuh Dengan Filler Partikel Sekam *Din. Tek. Mesin* **6**
- [10] Method S T 2002 Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials **1** **15**
- [11] NJ V 2017 Animal communication: when i'm calling you, will you answer too? *Curr. Biol.* **27** 13–5
- [12] Wakhidah D F 2020 *Sifat mekanik dan fisis komposit pada socket kaki palsu* (Universitas Negeri Semarang)
- [13] Banowati L, Sari P and Hadi B K 2021 Comparison analysis of abaca fiber/polyester and abaca-glass/polyester hybrid composites to impact strength and its application to ballistic *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* **1173** 012068
- [14] Surdia T and Saito S 1985 *Pengetahuan Bahan Teknik* (Pradnya Paramita)
- [15] M.Sc. Doan T T L 2011 Investigation On Jute Fibres And Their Composites Based On Polypropylene And Epoxy Matrices *J. Mater. Sci.* **122** 2584–9
- [16] Fatriasari, W. & Hermiati E 2008 Analysis of Fiber Morphology and Physical-Chemical Properties of Six Species of Bamboo as Raw Material for Pulp and Paper *J. Ilmu dan Teknol. Has. Hutan* **1** 67–73
- [17] Setiawan J D, Caesarendra W and Ariyanto M 2015 Perancangan Struktur Frame Quadrootor *Rotasi* **17** 130