

PENGARUH FRAKSI MASSA DAN ARAH ORIENTASI SERAT TERHADAP KEKUATAN LENTUR KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT RAMI DENGAN Matriks GONDORUKEM

*Hanif Taufiqurrahman, Sulardjaka², Norman Iskandar³

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: hanifevans5@gmail.com

Abstrak

Komposit adalah material yang memiliki potensi yang sangat besar untuk menggantikan logam serta material lain ketersediaannya sangat terbatas di dunia industri. Seiring berjalannya waktu, penggunaan serat sintetis dalam pembuatan komposit mulai tergantikan oleh serat alam ramah lingkungan, salah satunya adalah serat rami yang berpotensi menggantikan serat sintetis. Selain serat alam, matriks alam mulai dikembangkan dalam beberapa penelitian mengenai komposit, dimana salah satunya adalah matriks gondorukem. Pada penelitian ini, bertujuan mengetahui pengaruh fraksi massa serat terhadap kekuatan lentur dari komposit berpenguat serat rami dengan matriks gondorukem. Arah orientasi serat adalah $0^{\circ}/90^{\circ}$ dengan variasi fraksi massa serat yang digunakan adalah 20 wt% dan 35 wt%, Metode yang digunakan untuk membuat spesimen uji adalah *hand lay-up*, dengan standar pengujian ASTM D-7264. Dari hasil pengujian tersebut kekuatan lentur meningkat seiring dengan peningkatan fraksi massa serat, dengan nilai rata-rata 3,74 MPa untuk fraksi massa 20 wt% dan 4,80 MPa untuk fraksi massa 35 wt%. Regangan lentur yang terjadi pada fraksi massa serat 20 wt% lebih tinggi dibandingkan dengan fraksi massa serat 35 wt%. Analisis visual yang dilakukan berupa foto makro mendeteksi terdapat 1 kegagalan pada komposit setelah pengujian yaitu delaminasi.

Kata kunci: biokomposit; fraksi massa; gondorukem; orientasi serat; serat rami

Abstract

Composites are materials that have enormous potential to replace metals and other materials whose availability is very limited in the industrial world. Over time, the use of synthetic fibers in the manufacture of composites has begun to be replaced by environmentally friendly natural fibers, one of which is hemp fiber which has the potential to replace synthetic fibers. In addition to natural fibers, natural matrices have been developed in several studies on composites, one of which is the gondorukem matrix. In this study, the aim of this study was to determine the effect of fiber mass fraction on the flexural strength of the flax fiber-reinforced composite with gondorukem matrix. The direction of fiber orientation is $0^{\circ}/90^{\circ}$ with variations in the mass fraction of the fiber used are 20 wt% and 35 wt%. The method used to make the test specimen is hand lay-up, with the ASTM D-7264 testing standard. From the test results, the flexural strength increases with the increase in the mass fraction of the fiber, with an average value of 3.74 MPa for the mass fraction of 20 wt% and 4.80 MPa for the mass fraction of 35 wt%. The bending strain that occurs in the mass fraction of the fiber 20 wt% higher than 35 wt% fiber mass fraction. Visual analysis carried out in the form of macro photos detected that there was 1 failure in the composite after the test, namely delamination.

Keywords: biocomposite; fiber orientation; hemp fiber; mass fraction; pine resin

1. Pendahuluan

Perkembangan dunia industri mendorong terciptanya ragam dan variasi material saat ini, termasuk material komposit. Komposit adalah material yang terbuat dari dua atau lebih komponen berbeda yang digabungkan menjadi satu material baru [1]. Komposit merupakan material yang saat ini digunakan dalam berbagai bidang kehidupan, salah satunya pada bidang otomotif. Pembuatan interior mobil dalam bidang transportasi dinilai cukup memuaskan dikarenakan membuat fungsi kendaraan menjadi lebih optimal [2]. Beratnya yang ringan, serta memiliki sifat fisik dan mekanik yang baik menjadi salah satu alasan mengapa komposit menjadi material pilihan, dengan adanya komposit polimer alam, penggunaan logam dan komposit sintetis akan berkurang. Penggunaan komposit serat yang terbuat dari *Glass fiber reinforced plastic* (GFRP) dinilai tidak ramah lingkungan, faktor ini membuat banyak peneliti mulai beralih meneliti *green composite* yang terbuat dari serat alami dan matriks alam. Dengan adanya *green composite* mencegah

tercemarnya lingkungan akibat material yang kontaminasi buruk, dengan melakukan hal ini, keseimbangan lingkungan akan tetap terjaga sehingga pencemaran lingkungan dapat berkurang [3].

Indonesia adalah negara yang kaya akan sumber daya alam termasuk kekayaan pada bidang flora. Serat dari tumbuhan rami (*Boehmeria nivea (L) Goud*) merupakan satu dari banyak jenis serat alam yang berpotensi untuk digunakan sebagai penguat bahan komposit. Rami sangat menguntungkan sebagai bahan penguat komposit, mengingat tumbuhan ini memiliki kandungan serat yang sangat tinggi dan ketersediaannya sangat banyak di alam. Keunggulan dari serat rami di antara lain kekuatan tarik serat tinggi, kandungan serat tinggi, tidak mudah lembab, lebih ringan dibanding serat sintetis, dan harga beli yang rendah.

Tidak hanya pembuatan komposit dengan serat alam saja, peneliti juga mengembangkan pembuatan *green composite* dengan mengombinasikan serat alam dan matriks yang diproyeksikan sebagai pengganti komposit polimer sintetis. Gondorukem merupakan matriks alam yang berpotensi untuk digunakan untuk resin pengganti polimer sintesis. Kelebihan dari gondorukem sendiri adalah memiliki daya rekat yang tinggi serta titik leleh yang rendah, namun gondorukem memiliki sifat yang getas dan sulit diolah. [4]

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh kekuatan lentur komposit berpenguat serat rami dengan matriks gondorukem serta mengetahui pengaruh variasi fraksi massa serat terhadap kekuatan lentur komposit serat rami dengan matriks gondorukem. Standar pengujian yang digunakan adalah ASTM D-7264 mengenai pengujian kekuatan lentur. Dengan adanya penelitian ini diharapkan perkembangan serta riset mengenai serat alam dan resin alam semakin diminati dan bertumbuh cepat dalam dunia industri manufaktur komposit.

2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1. Bahan

Bahan yang digunakan dalam membuat komposit serat rami dengan matriks gondorukem adalah:

a. Gondorukem

Gondorukem yang digunakan merupakan gondorukem yang telah ditumbuk hingga menjadi halus. Gondorukem memiliki sifat tidak menyerap air (hidrofobik), serta dapat larut dalam pelarut netral maupun pelarut non-polar (etil eter, hexan, dan pelarut minyak) [5]. Sifat lain gondorukem adalah memiliki suhu *softening* yang rendah berkisar 65-75 °C [6].

b. Serat Rami

Serat rami yang digunakan merupakan serat rami yang telah ditenun oleh pengrajin. Gondorukem memiliki sifat tidak menyerap air (hidrofobik), serta dapat larut dalam pelarut netral maupun pelarut non-polar (etil eter, hexan, dan pelarut minyak). Sifat lain gondorukem adalah memiliki suhu *softening* yang rendah berkisar 65-75 °C [7].

c. *Thinner*

Thinner yang digunakan adalah jenis PU dengan prosentase penggunaan 15% dari total matriks.

d. Katalis MEKPO

Katalis MEKPO digunakan dengan prosentase 5% dari volume resin [8].

2.2. Alat

Alat yang digunakan untuk pembuatan komposit serat rami dengan matriks gondorukem yaitu:

- Cetakan Kaca
- Roll
- Timbangan Digital
- Kompur Listrik
- Vernier Caliper*
- Gunting dan Penggaris Sudut
- Gelas Beaker
- Sarung Tangan
- Mortar dan Alu
- Wax*

2.3. Pembuatan Komposit

Pada tahanan pembuatan komposit, gondorukem yang berbentuk bongkahan harus dihaluskan terlebih dahulu untuk memudahkan proses pembuatan matriks, kemudian gondorukem yang telah dihaluskan dicampur dengan *thinner* dengan prosentase penggunaan 15% dari total berat matriks yang digunakan, serta ditambahkan katalis MEKPO sebesar 5% dari *thinner* yang digunakan, ketiga bahan dicampur menjadi satu dengan cara dipanaskan di atas kompor listrik hingga cair. Pencampuran matriks dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pencampuran Gondorukem, *Thinner*, dan Katalis MEKPO

Alas kaca dioleskan *wax* untuk memudahkan pengangkatan spesimen pada proses pembuatan komposit. Serat rami tenun yang telah dipotong sesuai pola diletakkan di atas alas kaca kemudian dilakukan proses *hand lay-up* dengan cara menuangkan campuran matriks pada bagian permukaan serat rami tenun dan diratakan dengan cara dioles. Apabila matriks yang dioleskan sudah merata, letakkan lapisan baru dan ulangi proses pengolesan. Hal tersebut dilakukan hingga 4 lembar serat rami agar tebal spesimen pengujian sesuai dengan standar ASTM D-7264. Proses *hand lay-up* dapat dilihat pada gambar 2 berikut.



Gambar 2. Proses *Hand Lay-Up*

Pada penelitian ini, variasi yang digunakan adalah variasi fraksi massa dengan variasi fraksi massa 20 wt% dan 35 wt% dengan arah orientasi serat 0°/90°.

2.4. Pengujian Lentur

Pengujian lentur dilakukan dengan mengacu pada standar ASTM D-7264 untuk pengujian kekuatan lentur pada komposit. Prinsip utama dari konsep pengujian ini adalah memberikan beban *bending* pada spesimen uji hingga mengalami *fracture*, dari pengujian ini diperoleh nilai regangan lentur dan regangan lentur sesuai dengan Persamaan 1 dan Persamaan 2 berikut.

$$\sigma = \frac{3PL}{4bh^2} \quad (1)$$

Keterangan :

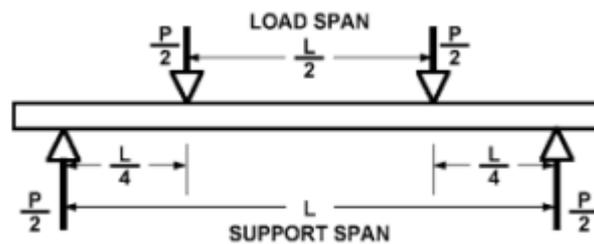
- σ = Tegangan pada permukaan spesimen uji (N/mm²)
- P = Beban yang diberikan pada spesimen uji (Newton)
- L = Panjang rentang bagian bawah spesimen uji (mm)
- b = Lebar spesimen uji (mm)
- h = Ketebalan spesimen uji (mm)

$$\epsilon = \frac{4.36\delta h}{L^2} \quad (2)$$

Keterangan :

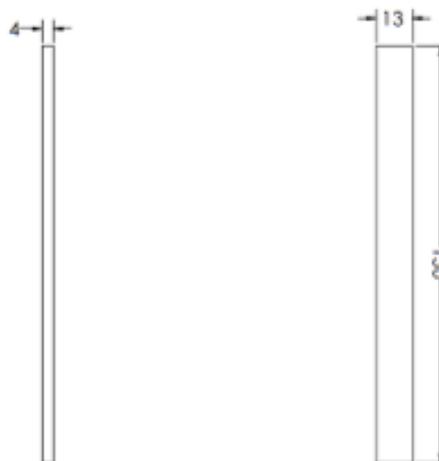
- ϵ = Regangan maksimum luar permukaan spesimen uji (mm)
- δ = Defleksi pada bagian tengah spesimen uji (mm)
- h = Ketebalan spesimen uji (mm)
- L = Panjang rentang bagian bawah spesimen uji (mm)

Pengujian kekuatan lentur dilakukan di Laboratorium Material Universitas Diponegoro menggunakan *Bending Testing Machine* dengan tambahan alat bantu pengujian kekuatan lentur. Kecepatan pengujian ASTM D-7264 sebesar 2 mm/min. Spesimen yang diuji sebanyak 3 spesimen setiap variasi. Gambar *Universal Testing Machine* beserta alat bantu pengujian kekuatan lentur dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Alat Uji *Four Point Bending*

Ukuran spesimen pengujian menyesuaikan dengan ukuran ASTM D-7264, dengan panjang spesimen 150 mm dan lebar 13 mm, tebal 4 mm,. [9] Dimensi detail mengenai spesimen pengujian ASTM D-7264 terdapat pada gambar 4 berikut.



Gambar 4. Spesimen Uji ASTM D-7264

3. Hasil dan Pembahasan

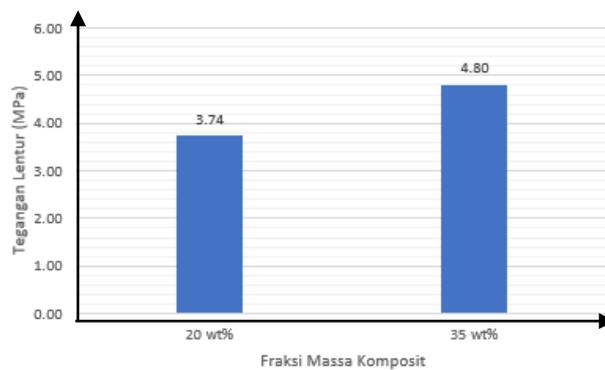
3.1. Hasil Pengujian Lentur

Hasil pengujian lentur sesuai dengan ASTM D-7264 komposit berpenguat serat rami dengan matriks gondorukem dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

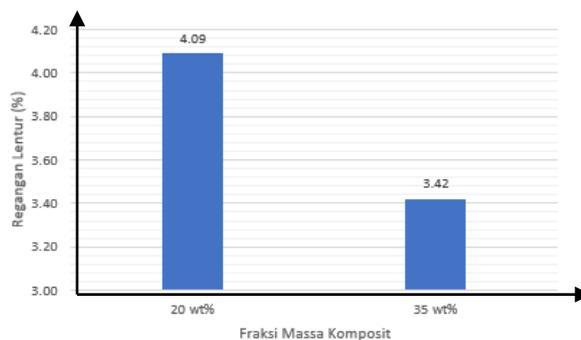
Tabel 1. Hasil Pengujian Lentur Sesuai ASTM D-7264

Variasi	Defleksi Max (mm)	Regangan Max (%)	Regangan Rata-rata (%)	Gaya Maksimal (N)	Kekuatan Lentur (N/mm ²)	Kekuatan Lentur rata-rata (N/mm ²)
Serat [0°/90°] 20%	28,40	4,23	4,09	19,61	3,50	3,74
	28,00	4,10		20,59	3,84	
	27,00	3,95		20,30	3,87	
Serat [0°/90°] 35%	22,10	3,35	3,42	29,03	5,02	4,80
	20,80	3,21		27,85	4,67	
	24,30	3,69		26,48	4,70	

Dari data pengujian di atas dapat dilihat bahwa spesimen dengan fraksi massa 20% mempunyai nilai kekuatan lentur yang lebih rendah dibandingkan dengan fraksi massa 35%. Namun untuk regangan yang terjadi, fraksi massa 20% memiliki nilai yang lebih tinggi dari fraksi massa 35%. Perbedaan kekuatan lentur dan regangan lentur yang terjadi pada masing-masing fraksi massa dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6 berikut.



Gambar 5. Grafik Kekuatan Lentur yang Terjadi

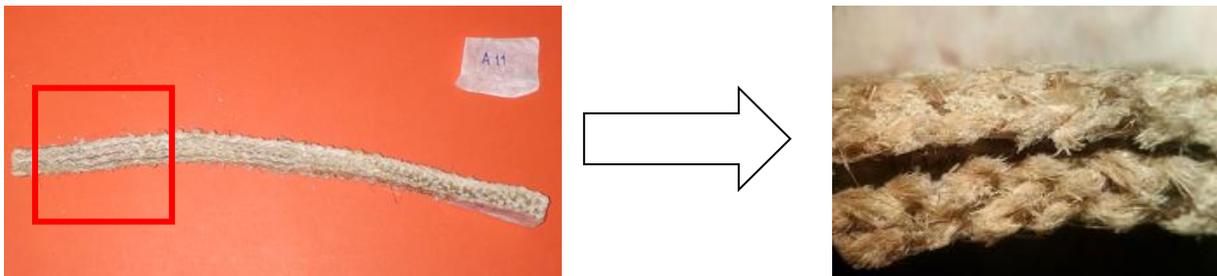


Gambar 6. Grafik Regangan Lentur yang Terjadi

3.2. Analisis Hasil Pengujian

Gambar 5 menunjukkan bahwa kekuatan lentur rata-rata komposit rami dengan matriks gondorukem mengalami perubahan seiring dengan perubahan fraksi massa serat. Terjadi kenaikan kekuatan lentur dari fraksi massa 20% ke 35%. Hal tersebut disebabkan karena jumlah serat yang berada dalam fraksi massa 35% lebih banyak sehingga memiliki kekuatan yang lebih baik dibandingkan dengan fraksi massa 25%. *Trend* kenaikan nilai kekuatan lentur ini sesuai dengan *trend* yang terdapat pada penelitian Achmad Zainuri pada tahun 2019 [10], dimana kekuatan komposit serat rami matriks *polyester* mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan fraksi massa. Pada gambar 6 menunjukkan bahwa nilai regangan lentur rata-rata yang terjadi mengalami penurunan seiring dengan kenaikan fraksi massa serat, hal tersebut berarti semakin besar fraksi massa suatu komposit maka semakin getas material komposit tersebut.

Pengamatan secara visual pada beberapa spesimen pengujian ditemukan beberapa jenis kegagalan yang terjadi pada spesimen pasca pengujian. Spesimen uji mengalami delaminasi, dimana terjadi pemisahan antara lapisan satu dengan lapisan lain pada komposit, hal ini disebabkan oleh tingginya tegangan yang terjadi pada masing-masing bagian sudut komposit. Pada Gambar 7 ditunjukkan delaminasi yang terjadi pada komposit (perbesaran mikroskop 300x).



Gambar 7. Jenis Kegagalan Delaminasi

Faktor lain yang mempengaruhi kekuatan lentur adalah tidak sempurnanya proses fabrikasi pada komposit, khususnya ketika tahap pengolesan menggunakan metode *hand lay-up*, dimana memungkinkan terdapat bagian-bagian yang belum tertutup oleh matriks sehingga terjadi porositas.

4. Kesimpulan

Pada penelitian Pengaruh Fraksi Massa Serat terhadap Kekuatan Lentur Komposit Berpenguat Serat Rami dengan Matriks Gondorukem, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Variasi fraksi massa serat memiliki pengaruh terhadap kekuatan lentur komposit berpenguat serat rami dengan matriks gondorukem. Rata-rata kekuatan lentur fraksi massa 35 wt % lebih tinggi dari fraksi massa 20 wt%.
2. Jenis kegagalan yang ditemukan pada spesimen uji adalah delaminasi. Kegagalan delaminasi terjadi pada dengan massa 20 wt% dikarenakan faktor matriks gondorukem yang melapisi komposit terlalu sedikit, hal inilah yang menyebabkan ikatan antar lapisan yang kurang baik.

5. Daftar Pustaka

- [1] R. M. Jones, "Mechanics of Composite Materials," Oct. 2018.
- [2] M. Sulaiman, M. R.-P. S. N. Teknik, and undefined 2018, "Kajian potensi pengembangan material komposit polimer dengan serat alam untuk produk otomotif," *researchgate.net*
- [3] S. Hafid, D. Muhammad, and H. Asiri, "Analisis Kekuatan Bending terhadap Sifat-sifat Mekanis Komposit Serat Alam terhadap Orientasi Lamina 0°/45°/90°/45°/0°," *ojs.unm.ac.id*
- [4] C. Kencanawati, N. Suardana, I. Ketut, G. Sugita, D. I. Wayan, and B. Suyasa, "Karakteristik Fisik Dan Mekanik Pine Resin Sebagai Matriks Dengan Variasi Aditif MEKPO," *ucs.unud.ac.id*.
- [5] J. Sirait, *Material Komposit*. Jakarta: Erlangga, 2010.
- [6] P. K. Kencanawati, N. P. G. Suardana, G. Sugita, and I. W. B. Suyasa, "Characterization and exploring of local balinese areca husk fibers as reinforced material biocomposite," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, 2017.
- [7] A. Saroso, B.; Sastrosupadi, "Utilization of Ramie as Textile, Pulp, Feeds, and Drug Materials," vol. 6, no. 1, pp. 3–5, 2000.
- [8] M. Hanafi, "Metil Etil Keton Peroksida (MEKP)," 2012.
- [9] ASTM International, "Designation: D 7078/D 7078M – 05. Standard Test Method for Shear Properties of Composite Materials by V-Notched Rail Shear Method," 2005.
- [10] A. Zainuri, S. Sinarep, ... A. P.-M. I., and undefined 2019, "PENGARUH JENIS ANYAMAN DAN FRAKSI VOLUME SERAT TERHADAP KEKUATAN BENDING DAN IMPACT KOMPOSIT SERAT RAMI DENGAN MATRIK RESIN," *publikasiilmiah.unwahas.ac.id*.