

## ANALISIS KEKUATAN LENTUR KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT RAMI DENGAN Matriks GONDORUKEM PADA FRAKSI MASSA 15% DAN 30%

\*Syafri Arya Budiman<sup>1</sup>, Sulardjaka<sup>2</sup>, Norman Iskandar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

\*E-mail: syafriarya7@gmail.com

### Abstrak

Komposit yang ada saat ini masih banyak terbuat dari bahan polimer sintesis dimana produk habis pakai (limbah) menimbulkan banyak masalah seperti masalah lingkungan dan sebagainya. Maka dari itu mulai banyak dikembangkan produk komposit berbasis alam (*green composite*) yang bersifat *biodegradable*. Komposit yang berbasis alam dapat berupa material serat dan resin yang berasal dari alam yang tersedia berlimpah di sekitar kita sebagai contoh adalah serat rami. Dalam penelitian kali ini dilakukan percobaan pembuatan komposit berpenguat serat rami dengan matriks gondorukem. Tujuan dari penelitian yang hendak dilakukan adalah untuk mengetahui nilai kekuatan lentur pada komposit yang dipengaruhi oleh variasi fraksi massa. Variasi fraksi massa yang digunakan yaitu 15 dan 30 % wt serat. Metode pengujian lentur yang digunakan berdasarkan ASTM D7264. Pembuatan dilakukan menggunakan dua metode yaitu metode *hand lay-up* dan dilanjutkan dengan metode *compression molding*. Dari hasil pengujian secara garis besar nilai kekuatan lentur mengalami kenaikan seiring bertambahnya fraksi massa serat. Nilai kekuatan lentur terbesar yaitu sebesar 3063,25 MPa dengan fraksi massa 30% wt serat, sedangkan nilai kekuatan lentur terkecil yaitu sebesar 2492,03 MPa dengan fraksi massa 15% wt serat. Pada analisis makro spesimen uji terdapat delaminasi yang terjadi pada spesimen uji kekuatan lentur.

**Kata kunci:** fraksi massa; gondorukem; kekuatan lentur; komposit; serat rami

### Abstract

*Composites that exist today are still mostly made of synthetic polymer materials where consumable products (waste) cause many problems such as environmental problems and so on. Therefore, many biodegradable green composite products have been developed. Nature-based composites can be in the form of fiber and resin materials derived from nature which are abundantly available around us, for example, ramie fiber. In this research, an experiment was carried out to manufacture ramie fiber-reinforced composites with a gondorukem matrix. The purpose of the research conducted was to determine the value of the flexural strength of the composite which is affected by variations in mass fraction. Variations in the mass fraction used were 15 and 30%wt of fiber. The bending test method used is based on ASTM D7264. Manufacture is carried out using two methods, namely hand lay-up and followed by the compression molding method. From the test results, the value of flexural strength has generally increased with increasing fiber mass fraction. However, there was a decrease in the value of flexural strength from a mass fraction of 25% wt of fiber to a mass fraction of 30% wt of fiber. The highest flexural strength value is 3063,25 MPa with a mass fraction of 25%wt fiber, while the smallest flexural strength value is 2492,03 MPa with a mass fraction of 15%wt fiber. In the macro analysis of the test specimen, there is delamination that occurs in the flexural strength test specimen.*

**Keywords:** composites; flexural strength; gondorukem; mass fraction; rami fiber

### 1. Pendahuluan

Komposit adalah kombinasi dari dua atau lebih material yang berbeda menjadi suatu bentuk unit mikroskopik. Kombinasi antara *filler* dan matriks terdiri dari kombinasi yang berbeda-beda. *Filler* dapat berupa partikel kecil atau berbentuk serat. Saat ini, bahan komposit yang *filler* atau penguatnya terdiri dari serat merupakan material yang banyak digunakan karena kekuatan dan kekakuannya yang spesifik yang jauh lebih baik dari material-material pada umumnya [1]. Sifat dari material komposit yang diinginkan tidak diperoleh dari bahan material lain apabila material tersebut berdiri sendiri. Sifat material yang diinginkan diperoleh dengan membuatnya menjadi satu yaitu komposit, sehingga sifat-sifatnya dapat direkayasa sesuai dengan kebutuhan [2].

Komposit yang ada saat ini masih banyak terbuat dari bahan polimer sintesis dimana produk habis pakai (limbah) menimbulkan banyak masalah seperti masalah lingkungan dan sebagainya. Maka dari itu mulai banyak dikembangkan

produk komposit berbasis alam (green composite) yang bersifat biodegradable. Komposit yang berbasis alam dapat berupa material serat dan resin yang berasal dari alam yang tersedia berlimpah di sekitar kita.

Sifat dari material komposit berupa gabungan dari sifat-sifat material pembentuknya, yaitu matriks dan penguat (*reinforcement*) atau pengisi (*filler*) dimana kedua unsur tersebut memiliki sifat yang berbeda-beda. Ketentuan dalam menyusun komposit untuk material penguat, yaitu harus dapat menunjang atau memperbaiki sifat-sifat matriksnya. Secara umum sifat dari komposit adalah memiliki ikatan yang bervariasi dengan struktur mikro berupa matriks dan penguat [3].

Serat alami adalah serat pengganti serat yang direkayasa telah dikenal karena sifatnya yaitu biodegradabilitas, terbarukan dan ketersediaannya yang sangat banyak apabila dibandingkan serat sintetis. Serat sintetis sendiri berasal dari sumber daya yang sangat terbatas yaitu dari bahan bakar fosil, terutama dipengaruhi oleh harga minyak yang tidak stabil dan akumulasinya di lingkungan dan/atau lokasi tempat pembuangan akhir menjadi kelemahan utama dari sifat mekanik dan sifat termal mereka yang melebihi serat alami. Kombinasi serat/pengisi ini, sebagai penguat berbagai bahan polimer, menawarkan peluang baru untuk menghasilkan bahan dan struktur multifungsi untuk aplikasi canggih [4]. Serat alam yang digunakan dalam penelitian ini adalah serat yang berasal dari tanaman rami.

Tanaman rami (*Boehmeria nivea*) adalah salah satu tanaman yang memiliki umur yang panjang, memiliki pertumbuhan yang baik di daerah yang memiliki iklim hangat dan lembab dengan curah hujan yang merata di setiap tahunnya. Perkembangbiakannya juga relatif mudah, hanya dengan benih biji, potongan batang atau potongan akar [5].

Matriks alam yang dipakai berupa getah pinus yang memiliki daya rekat cukup tinggi dan bersifat hydrophobic (tidak suka air). Getah pinus dapat dihasilkan dari penyadapan batang pohon pinus, getah pinus ini apabila dilakukan pemanasan yang baik, maka kandungan terpenin yang terdapat dalam getah pinus akan menguap sehingga hanya tersisa ampas getahnya yang disebut dengan gondorukem [6].

Saat ini, industri komposit masih terus berkembang, sebagian besar pertumbuhan pada saat ini berfokus pada energi terbarukan. Sebagai contoh bilah turbin angin, terus-menerus mendorong batas ukuran dan membutuhkan bahan komposit tingkat lanjut, misalnya, para insinyur dapat merancang untuk menyesuaikan komposit berdasarkan ketahanan material, dan juga dapat memilih sifat seperti ketahanan terhadap panas, bahan kimia, dan pelapukan dengan memilih bahan matriks yang sesuai. Dalam beberapa tahun terakhir, kesadaran terhadap lingkungan yang meningkat dan kesadaran akan perlunya pembangunan berkelanjutan telah meningkatkan minat untuk menggunakan serat alam sebagai penguat komposit untuk menggantikan serat sintetis [7].

Penelitian ini bertujuan mengetahui kekuatan lentur serat rami pada matriks gondorukem. Variabel yang berpengaruh terhadap kekuatan tarik dalam penelitian ini adalah besar persentase fraksi massa antara serat rami dengan matriks gondorukem dan arah orientasi sudut serat rami. Variabel tersebut menjadi acuan penting untuk mengetahui sifat mekanis dari serat rami.

## 2. Bahan dan Metode Penelitian

### 2.1. Bahan

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

#### a. Gondorukem

Gondorukem yang digunakan berasal dari getah pinus yang dipanaskan untuk menghilangkan kandungan terpenin. Gondorukem dapat digunakan dalam jumlah banyak tanpa harus takut mencemari lingkungan sehingga dapat mengurangi penggunaan matriks polimer yang tidak ramah lingkungan. Gondorukem memiliki sifat yang getas dan sulit diolah, memiliki ketahanan yang buruk terhadap air dan alkali, serta lengket saat disentuh. Namun gondorukem diolah dengan baik maka kegunaannya sangatlah besar [8].

#### b. Serat Rami

Tanaman rami berbentuk rumput yang dari batang kayu pohonnya dapat dihasilkan serat rami. Berdasarkan sifat karakteristiknya, serat tanaman rami mempunyai keunggulan dari serat alami lainnya diantaranya kuantitas dan kualitas yang lebih baik, daya serap serat terhadap air, kekuatan tarik serat, tahan terhadap kelembapan, termasuk serat yang tergolong ringan serta tahan terhadap panas [9].

#### c. *Thinner*

*Thinner* digunakan untuk menurunkan sifat getas dari gondorukem. Kadar *thinner* pada matriks kurang lebih 15% dari total matriks.

#### d. Katalis MEKPO

Katalis MEKPO berfungsi untuk mempercepat terjadinya proses pengeringan pada komposit. Kadar yang digunakan adalah 5% dari total resin.

### 2.2. Alat

Alat yang digunakan dalam pembuatan komposit berpenguat serat rami dengan matriks gondorukem adalah:

- Alas Kaca
- Timbangan Digital
- Oli
- Vernier Caliper*

- e. Skrap Besi
- f. Kompor Listrik
- g. Sarung Tangan
- h. Gunting
- i. Penggaris
- j. Gelas Plastik
- k. Mortar dan Alu
- l. Teflon
- m. Sendok
- n. Aluminium Foil
- o. Wax
- p. Cutter
- q. Cetakan Spesimen
- r. Alat Hot Press
- s. Universal Testing Machine

### 2.3. Proses Fabrikasi Komposit

Pada proses ini dibagi menjadi beberapa langkah yaitu tahap penyusunan serat dan penghalusan gondorukem, dilanjutkan tahap pembuatan komposit metode *hand lay-up*, kemudian dilanjutkan dengan pembuatan komposit metode *compression molding*, setelah komposit jadi kemudian dipotong sesuai dengan yang telah ditentukan.

#### a. Penyusunan serat dan penghalusan gondorukem

Serat rami setelah dibeli masih dalam bentuk serabut acak kemudian dibersihkan dan dirapikan. Serat yang telah rapi kemudian dipotong sesuai dengan ketentuan yang telah ditentukan dapat dilihat pada Gambar 3.10. Setelah serat dipotong kemudian disusun diatas kaca yang telah diberi selotip pada kedua ujungnya. Setelah menempel pada selotip kemudian diberi selotip lagi diatas serat agar serat tetap rapi. Setelah itu serat diukur lagi dengan panjang melebihi kurang lebih 5 cm dikedua ujung agar memudahkan pemegangan dan menjaga agar tetap rapi pada saat proses *hand lay-up*. Serat yang telah disusun dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Serat yang telah disusun dan dipotong

Gondorukem yang telah dibeli masih dalam bentuk bongkahan sehingga perlu dihaluskan agar memudahkan dalam fabrikasi. Gondorukem yang berbentuk bongkahan kemudian dihaluskan menggunakan mortar dan alu seperti pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Proses penghalusan gondorukem

#### b. Pembuatan Komposit Metode *Hand Lay-up*

Pertama dengan menimbang komposisi matriks dan serat sesuai dengan yang telah ditentukan sebelumnya. Setelah itu mengoleskan oli pada permukaan kaca agar komposit yang dibuat tidak menempel pada kaca dan memudahkan pengangkatan komposit yang telah dibuat. Matriks yang berupa gondorukem, *thinner* dan katalis MEKPO yang telah ditimbang kemudian dipanaskan menggunakan teflon diatas kompor listrik sehingga cair seperti pada

Gambar 3. Setelah matriks cair kemudian dioleskan ke atas serat-serat yang ada di atas kaca yang telah disiapkan. Kemudian dengan skrap besi matriks diratakan sambil ditekan. Tidak lupa untuk menarik serat agar serat benar-benar lurus. Setelah matriks dioleskan secara merata kemudian diletakkan dan ditekan lapisan kedua di atas lapisan pertama yang telah dioleskan matriks sehingga matriks menempel dengan serat di atasnya. Proses tersebut diulang sehingga sesuai dengan kebutuhan komposit yang telah ditentukan. Tahap ini ditunjukkan pada Gambar 4. Setelah semua matriks selesai dioleskan ke dalam serat kemudian komposit yang telah jadi diangkat dari alas kaca kemudian dilakukan proses pengeringan dalam suhu ruang dan dalam tekanan atmosfer.



**Gambar 3.** Proses pencampuran dan pencairan matriks



**Gambar 4.** Proses pengolesan matriks

c. Pembuatan Komposit Metode *Compression Molding*

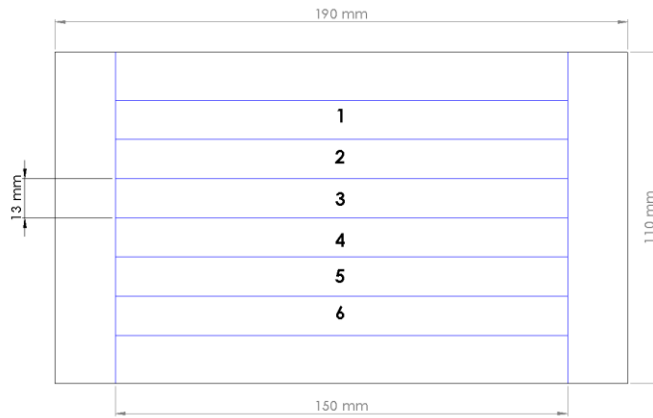
Spesimen komposit yang telah kering setelah proses *hand lay-up* kemudian diukur dan dipotong sesuai dengan cetakan yang telah ditentukan. Setelah spesimen komposit dipotong kemudian dilapisi dengan aluminium foil yang telah dioles *wax*. Spesimen yang telah dilapisi aluminium foil kemudian diletakkan ke dalam cetakan aluminium untuk kemudian dilakukan proses *compression molding* menggunakan alat *hot press* yang sebelumnya telah dipanaskan dan diatur pada suhu sekitar 60°C. Kemudian alat *hot press* ditekan menggunakan hidrolik untuk menekan komposit yang dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Proses pengeperasan spesimen

d. Pemotongan Spesimen

Pemotongan spesimen sesuai dengan standar ASTM D7264. Pemotongan spesimen dilakukan menggunakan *water jet cutting*. Dimensi pola pemotongan spesimen dapat dilihat pada Gambar 6. Hasil dari pemotongan menggunakan *water jet cutting* dapat dilihat pada Gambar 7 berikut. Setelah dilakukan proses pemotongan spesimen kemudian dilakukan proses pengukuran menggunakan *vernier caliper*.



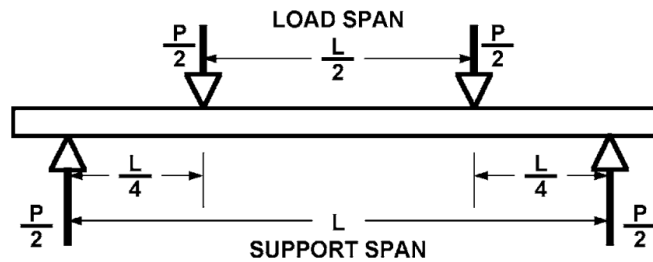
Gambar 6. Pola pemotongan spesimen lentur



Gambar 7. Spesimen hasil pemotongan *water jet cutting*

#### 2.4. Pengujian Lentur Komposit

Pengujian yang dilakukan pada spesimen yaitu pengujian lentur dengan didasarkan pada ASTM D-7264. Metode pengujian lentur yang digunakan adalah dengan metode *four-point bending*. Dalam metode *four-point bending* material dibentangkan kemudian diberikan dilakukan penekanan pada 4 titik yang telah ditentukan, titik tersebut berada pada dua titik pada tengah benda uji pada bagian atas serta dua titik pada bagian bawah benda uji. Ilustrasi metode *four-point bending* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Metode *four-point bending* [10]

Dari pengujian lentur ini diperoleh nilai tegangan lentur dan regangan lentur sesuai dengan Persamaan 1 dan Persamaan 2 berikut ini.

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

Keterangan:

- $\sigma$  = Tegangan pada permukaan spesimen uji ( $\text{N/mm}^2$ )
- $P$  = 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:

- $\epsilon$  = Regangan maksimum luar permukaan spesimen uji (mm)
- $\delta$  = Defleksi pada bagian tengah spesimen uji (mm)
- h = Ketebalan spesimen uji (mm)
- L = Panjang rentang bagian bawah spesimen uji (mm)

Pengujian dengan metode *four-point bending* ini dilaksanakan di Laboratorium Departemen Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro. Alat yang digunakan yaitu *Universal Testing Machine*. Spesimen yang diuji sebanyak 3 spesimen pada setiap variasinya. Gambar *Universal Testing Machine* dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. *Universal testing machine*

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Hasil Pengujian Lentur

Data yang dihasilkan dari pengujian lentur komposit serat rami dengan matriks gondorukem berupa nilai tegangan (kekuatan lentur) dan regangan yang dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2 berikut.

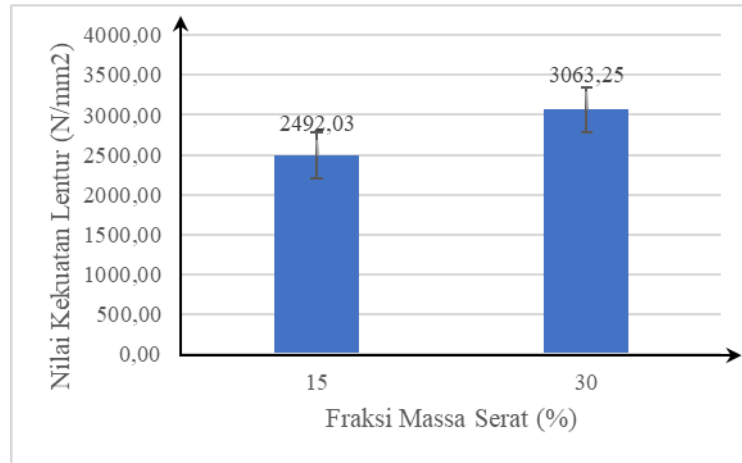
Tabel 1. Tabel nilai kekuatan lentur komposit serat rami

Variasi		Gaya Maksimal (N)	Kekuatan Lentur (N/mm <sup>2</sup> )
Serat	Kode		
15%	A1	8920,00	2492,03
30%	D1	9330,00	3063,25

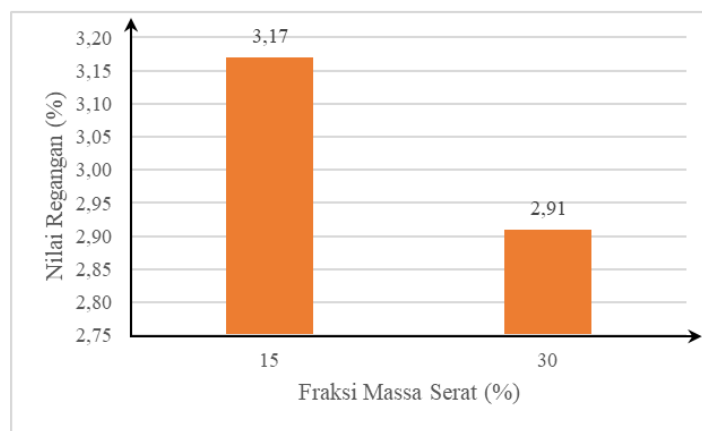
Tabel 2. Tabel nilai regangan komposit serat rami

Variasi		Defleksi Maksimal (mm)	Regangan Maksimal (%)
Serat	Kode		
15%	A1	27,30	3,17
30%	D1	26,00	2,91

Apabila data pada Tabel 1 dan Tabel 2 jika diubah menjadi bentuk diagram batang maka akan menjadi seperti Gambar 10 dan Gambar 11 berikut.



**Gambar 10.** Grafik nilai kekuatan lentur maksimal

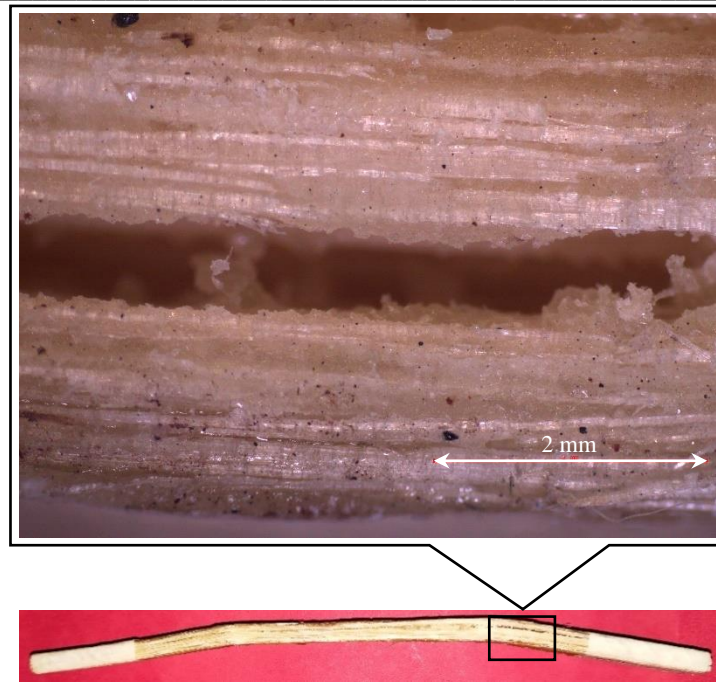


**Gambar 11.** Grafik nilai regangan

### 3.2. Analisis Hasil Pengujian

Pada gambar grafik nilai kekuatan lentur diatas ditunjukkan nilai kekuatan lentur maksimal komposit serat rami dengan matriks gondorukem untuk setiap variasi. Kekuatan lentur maksimal pada setiap variasi memiliki nilai yang berbeda-beda. Dapat dilihat bahwa nilai kekuatan lentur maksimal yang paling rendah adalah pada komposit dengan fraksi massa serat 15% sebesar 2492,03 N/mm<sup>2</sup>. Sedangkan nilai kekuatan lentur maksimal yang terbesar adalah koomposit dengan fraksi massa serat 30% dengan nilai sebesar 3063,25 N/mm<sup>2</sup>. Nilai lentur dari fraksi massa serat 15% hingga fraksi massa serat 30% mengalami *trend* naik seiring bertambahnya fraksi massa serat.

Secara umum hasil pengujian komposit yang telah dibuat disebabkan dari beberapa faktor yang diketahui maupun yang tidak diketahui. Faktor yang dapat diketahui diantaranya adalah terjadinya kerusakan berupa delaminasi. Delaminasi disebabkan karena adanya tegangan interlaminar yang tinggi pada masing-masing sudut, ataupun terjadi pemusatan tegangan pada sebuah retakan atau jenis kerusakan lamina lainnya. Contoh delaminasi terjadi pada spesimen komposit dengan fraksi massa 15% wt serat yang dilihat pada Gambar 12 dibawah ini.



**Gambar 11.** Delaminasi pada spesimen pengujian lentur

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan yaitu pengaruh variasi fraksi massa serat rami terhadap kekuatan lentur dengan matriks gondorukem maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Komposit dengan penguat serat rami dengan matriks gondorukem berhasil dibuat dengan metode hand lay-up dan compression molding. Variasi fraksi massa serat berpengaruh terhadap hasil pembuatan komposit dimana terdapat beberapa void didalam komposit.
2. Dari hasil pengujian lentur yang telah dilakukan didapatkan bahwa nilai kekuatan lentur mengalami kenaikan seiring bertambahnya fraksi massa serat. Diketahui bahwa nilai kekuatan lentur terbesar dari serat rami bermatriks gondorukem yaitu sebesar 3063,25 MPa dengan fraksi massa 30 wt% serat, sedangkan nilai kekuatan lentur terkecil yaitu sebesar 2492,03 MPa dengan fraksi massa 15 wt% serat.

#### 5. Daftar Pustaka

- [1] Yani M, Lubis F. "Pembuatan dan penyelidikan perilaku mekanik komposit diperkuat serat limbah plastik akibat beban lendutan". *Jur. MEK. TEK. MES. ITM.*, 2018: (4): 77-84.
- [2] Jones RM. "Mechanics of composite materials". *Taylor & Francis*. 1999.
- [3] Tjahjanti PH. "Teori dan aplikasi material komposit dan polimer". *UMSIDA P*. 2018.
- [4] Mochane MJ, Mokhena TC, Mokhotu TH, Mtibe A, Sadiku ER, Ray SS and others. "Recent progress on natural fiber hybrid composites for advanced applications: A review". *eXP. Pol. Let.*, 2019: (13): 159-198.
- [5] Ilham MM, Istiqlaliyah H. "Pemanfaatan serat rami (*boehmeria nivea*) sebagai bahan komposit bermatrik polimer". *Jurnal Mes. Nus.*, 2019: (2): 34-41.
- [6] Kencanawati CIPK, Suardana NPG, Sugita IKG, Suyasa IWB. "A study on biocomposite from local balinese areca catechu i. husk fibers as reinforced material". *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, 2017:201.
- [7] Ngo TD. "Introduction to composite materials: Composite and nanocomposite materials - from Knowledge to industrial applications". *Int. Open*. 2020.
- [8] Jaswal S, Thakur T, Gaur B, Singha AS. "High performance gum rosin modified hyperbranched vinyl ester resin derived from multifunctional pentaerythritol". *Poly. Bull*. 2021: 477-501.
- [9] Puboputro PI, Hariyanto A. "Analisis sifat tarik dan impak komposit serat rami dengan perlakuan alkali dalam waktu 2, 4, 6, dan 8 jam bermatrik poliester". *Med. Mes.: Journ. Ilm. Tek. Mes*. 2017: (18): 64-75.
- [10] ASTM International, "Designation: D 7264/D 7264M -07 Standard Test Method for Flexural Properties of Polymer Matrix Composite Materials 1". 2008