

PENGARUH FRAKSI MASSA SERAT DAN VARIASI *PLASTICIZER* TERHADAP KEKUATAN LENTUR KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT RAMI DENGAN MATRIKS GONDORUKEM

Ardhy Rizqi Kurniawan¹, Sulardjaka², Norman Iskandar²

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: ardhyrizqik@gmail.com

Abstrak

Di zaman teknologi modern saat ini, berbagai instansi industri berupaya untuk menghasilkan barang dengan biaya lebih efisien, desain ergonomis, dan ramah lingkungan. Upaya ini mendorong penggunaan sumber daya alam yang terbarukan sebagai solusi. Salah satu pilihan yang diminati adalah penggunaan komposit polimer yang sedang tren, terutama dengan memanfaatkan serat alam sebagai bahan pengisi komposit tersebut. Penelitian saat ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi fraksi massa serat dan pengaruh variasi *plasticizer* terhadap kekuatan lentur dari komposit serat rami dan matriks gondorukem. Variasi fraksi massa serat yang digunakan adalah 15, 20, 25 wt%, sedangkan untuk variasi *plasticizer* yang digunakan adalah 15, 20, 25 wt%. Metode yang digunakan untuk membuat spesimen uji adalah *hand lay-up*. Dari hasil pengujian tersebut nilai kekuatan lentur maksimal yang paling rendah adalah pada komposit dengan variasi *plasticizer* 25%, sedangkan nilai kekuatan lentur maksimal yang terbesar adalah komposit dengan variasi *plasticizer* 15%. Nilai lentur dari variasi *plasticizer* 15% hingga variasi *plasticizer* 20% mengalami tren turun seiring bertambahnya variasi *plasticizer*. Nilai kekuatan *bending* paling rendah adalah pada komposit dengan variasi *plasticizer* 25% sebesar 32,99 N/mm², sedangkan nilai kekuatan *bending* paling tinggi adalah pada komposit dengan variasi 15% sebesar 34,84 N/mm². Pada analisis makro spesimen uji, ditemukan delaminasi pada spesimen uji kekuatan lentur.

Kata kunci : gondorukem; kekuatan lentur; komposit; *plasticizer*; serat rami

Abstract

In today's modern technological era, various industrial institutions are trying to produce goods with more efficient costs, ergonomic designs, and environmentally friendly. This effort encourages the use of renewable natural resources as a solution. One option that is of interest is the use of polymer composites which is a trend, especially by utilizing natural fibers as fillers for these composites. The current research aims to determine the effect of variations in fiber mass fraction and the effect of plasticizer variations on the flexural strength of ramie fiber composites and gondorukem matrices. Variations in the fiber mass fraction used were 15, 20, 25 wt%, while the plasticizer variations used were 15, 20, 25 wt%. The method used to make the test specimens was hand lay-up. From the test results, the lowest maximum flexural strength value was for the composite with a 25% plasticizer variation, while the highest maximum flexural strength value was for the composite with a 15% plasticizer variation. The flexural value of the plasticizer variation The 15% to 20% plasticizer variation experienced a downward trend with increasing plasticizer variations. The lowest bending strength value was in the composite with the 25% plasticizer variation of 32.99 N/mm², while the highest bending strength value was in the composite with a 15% variation of 34.84N/mm². In the macro analysis of the test specimens, delamination was found in the flexural strength test specimens.

Keywords : composite; flexural strength; jute fiber; pine resin; plasticizer

1. Pendahuluan

Di zaman teknologi modern saat ini, berbagai instansi industri berupaya untuk menghasilkan barang dengan biaya lebih efisien, desain ergonomis, dan ramah lingkungan. Upaya ini mendorong penggunaan sumber daya alam yang terbarukan sebagai solusi. Salah satu pilihan yang diminati adalah penggunaan komposit polimer yang sedang tren, terutama dengan memanfaatkan serat alam sebagai bahan pengisi komposit tersebut. Penggunaan jenis polimer komposit dalam pembuatan suku cadang kendaraan telah terbukti sangat sesuai untuk meningkatkan kinerja kendaraan secara optimal, termasuk menjamin keselamatan penumpang dan mengurangi bobot kendaraan [1]. Jadi komposit adalah suatu bahan yang merupakan gabungan atau campuran dari dua material atau lebih pada skala makroskopis untuk membentuk

material ketiga yang lebih bermanfaat [2]. Ada juga arti komposit yaitu komposit adalah gabungan dua atau lebih bahan terpisah yang digabungkan dalam unit struktural, biasanya dibuat dari berbagai kombinasi dari tiga bahan lainnya [3].

Pembentukan komposit adalah hasil dari menggabungkan atau mencampur dua atau lebih material yang berbeda dalam hal bentuk, komposisi, dan sifatnya. Pemilihan bahan yang digunakan harus memastikan bahwa bentuk dan sifatnya lebih unggul daripada bahan asli sebelum dicampur. Perkembangan teknologi komposit tidak hanya terbatas pada komposit sintesis, namun juga telah mengarah ke penggunaan komposit yang terbuat dari serat alami. Salah satu keunggulan utama dari penggunaan serat alami adalah kemampuannya untuk diperbaharui dan tidak menyebabkan pencemaran lingkungan [2].

Dalam penelitian ini, komposit digunakan sebagai material dengan serat sebagai elemen penguat dan gondorukem (getah pinus) sebagai matriks. Peran utama serat dalam komposit adalah sebagai penguat dan beban utama yang ditahan oleh material. Beberapa faktor yang sangat penting dalam menentukan kekuatan komposit serat meliputi jumlah, orientasi, panjang, bentuk, dan komposisi dari serat tersebut. Semakin banyak serat yang digunakan dalam pembuatan komposit, semakin tinggi kekuatan mekanisnya (*strength*). Pemanfaatan getah pinus sebagai matriks alami memiliki keunggulan tertentu, seperti daya rekat yang tinggi dan ketahanannya terhadap air. Oleh karena itu, getah pinus menjadi pilihan yang cocok dalam pembuatan spesimen komposit. Getah pinus diperoleh melalui proses pengeboran pada batang pohon pinus. Ketika dipanaskan, getah pinus menghasilkan terpentin yang menguap, dan yang tersisa setelah itu disebut Gondorukem [4]. Sifat matriks yang biasa digunakan yaitu ulet (*ductile*) agar dapat meneruskan beban luar ke serat penguat. Material penguat berfungsi menahan gaya yang diberikan ke komposit. Ketahanan, kekuatan, serta kekakuan akan diperoleh dari material penguat [5].

Komposit berbeda dengan paduan, untuk menghindari kesalahan dalam pengertiannya, oleh Van Vlack (1994) menjelaskan bahwa *alloy* (paduan) adalah kombinasi antara dua bahan atau lebih dimana bahan-bahan tersebut terjadi peleburan [6]. Karakteristik mekanik dari komposit yang diperkuat serat tidak hanya bergantung pada sifat-sifat serat, tetapi juga pada sejauh mana beban yang diberikan ditransmisikan ke serat oleh fase matriks. Besarnya transmisi beban yang diteruskan sebanding besarnya ikatan antarmuka antara fase serat dan matriks. Di bawah tekanan yang diterapkan, ikatan serat-matriks ini berhenti di ujung serat, menghasilkan pola deformasi matriks [7].

Penelitian ini bertujuan untuk memahami seberapa kuatnya bending serat rami pada matriks gondorukem. gondorukem serta mempercepat perkembangan serat alami dan resin alami yang ramah lingkungan dalam industri manufaktur komposit masa depan.

2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam pembuatan komposit serat rami dengan matriks gondorukem antara lain:

- a. Gondorukem
Gondorukem yang digunakan adalah gondorukem yang telah ditumbuk yang memiliki bentuk serbuk halus. Kandungan dari gondorukem sebagian besar adalah asam-asam diterpena, terutama asam abietat, asam isopimarate, asam laevoabietat, dan asam pimarate [8].
- b. Serat Rami
Serat rami yang digunakan adalah serat rami yang memanjang dan telah diluruskan. Serat yang diekstraksi dari batang adalah serat kulit pohon yang paling kuat dan terpanjang [9].
- c. Terpentin
Terpentin adalah hasil destilasi dari getah pohon pinus
- d. Katalis MEKPO
Katalis MEKPO digunakan sebesar 1,5% dari total volume resin.
- e. *Plasticizer*
Plasticizer terdiri dari campuran pati jagung, *gliserol*, dan *aquades*.

2.2 Alat

Alat yang digunakan dalam pembuatan komposit serat rami dengan matriks gondorukem antara lain:

- a. Alas Kaca
- b. Timbangan Digital
- c. *Vernier Caliper*
- d. Oli
- e. Skrap Besi
- f. *Magnetic Stirrer*
- g. Gunting
- h. Sarung Tangan
- i. Penggaris
- j. Gelas Plastik
- k. Mortar dan Alu
- l. Teflon

- m. Sendok
- n. Aluminium Foil
- o. Wax
- p. Cutter

2.3 Tahapan Pembuatan

Pada langkah pembuatan komposit, gondorukem yang awalnya memiliki bentuk bongkahan dihaluskan terlebih dahulu agar memudahkan proses pembuatan matriks, lalu gondorukem yang telah berbentuk serbuk halus dipanaskan kemudian dicampur dengan terpentin, serta ditambahkan *plasticizer* dan ditambahkan katalis MEKPO. Semua bahan tersebut dipanaskan diatas telfon dengan pemanas *magnetic stirrer* hingga mencair. Proses pencampuran matriks dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses Pencampuran Gondorukem, Terpentin, *Plasticizer*, dan Katalis MEKPO

Alas kaca dioleskan wax yang bertujuan untuk memudahkan pengangkatan spesimen pada proses pembuatan komposit. Serat rami yang telah diluruskan diletakkan di atas alas kaca kemudian dilakukan proses *hand lay-up* dengan cara menuangkan campuran matriks yang telah mencair sebelumnya. Campuran matriks dituang dan dioleskan dibagian permukaan serat rami. 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.



Gambar 2. Proses *Hand Lay-Up*

2.4 Pengujian Lentur

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

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

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 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro menggunakan *Universal Testing Machine*. Alat *Universal Testing Machine* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. *Universal Testing Machine*

Ukuran spesimen pengujian menyesuaikan dengan ukuran ASTM D-7264 dengan panjang spesimen 150 mm, lebar spesimen 13 mm, dan tebal spesimen 4 mm.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pengujian Lentur

Hasil pengujian lentur komposit serat rami dengan matriks gondorukem berdasarkan ASTM D-7264 dapat dilihat pada Tabel 1. Dan Tabel 2.

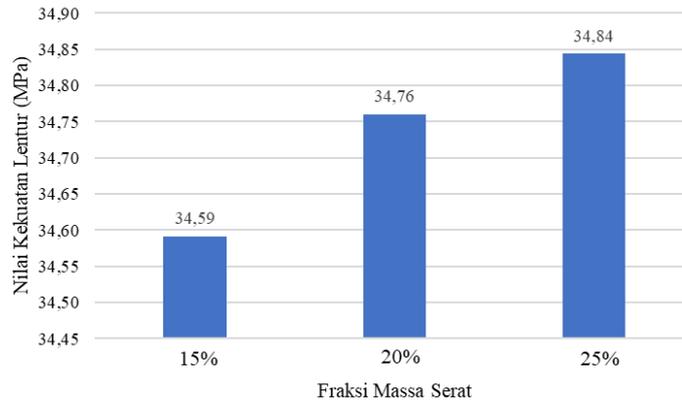
Tabel 1. Hasil Pengujian Lentur Variasi Fraksi Massa Serat

Variasi		Gaya Maksimal (N)	Kekuatan Lentur (MPa)
Serat	<i>Plasticizer</i>		
15%	15%	9,59	34,59
20%	15%	9,64	34,76
25%	15%	9,66	34,84

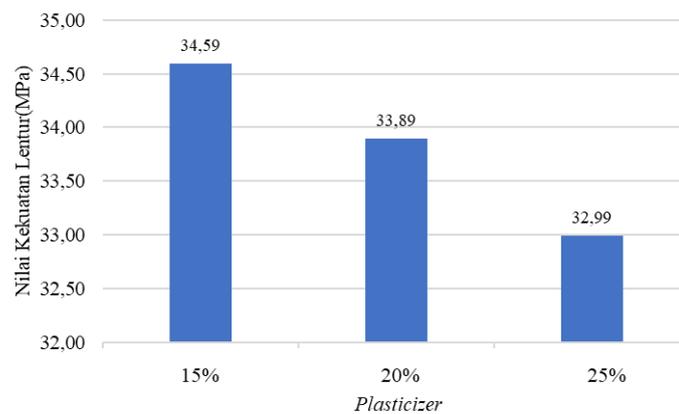
Tabel 2. Hasil Pengujian Lentur Variasi *Plasticizer*

Variasi		Gaya Maksimal (N)	Kekuatan Lentur (MPa)
<i>Plasticizer</i>	Serat		
15%	15%	9,59	34,59
20%	15%	9,40	33,89
25%	15%	9,15	32,99

Dari data pengujian dapat dilihat bahwa spesimen dengan fraksi massa serat 25% memiliki nilai kekuatan lentur paling tinggi dibandingkan dengan fraksi massa serat 20% dan 15%. Sedangkan spesimen dengan variasi *plasticizer* 15% memiliki nilai kekuatan lentur paling tinggi dibandingkan dengan variasi *plasticizer* 20% dan 25%. Perbedaan kekuatan lentur dapat dilihat pada Gambar 4. Dan Gambar 5.



Gambar 4. Nilai Kekuatan Lentur berdasarkan Fraksi Massa Serat



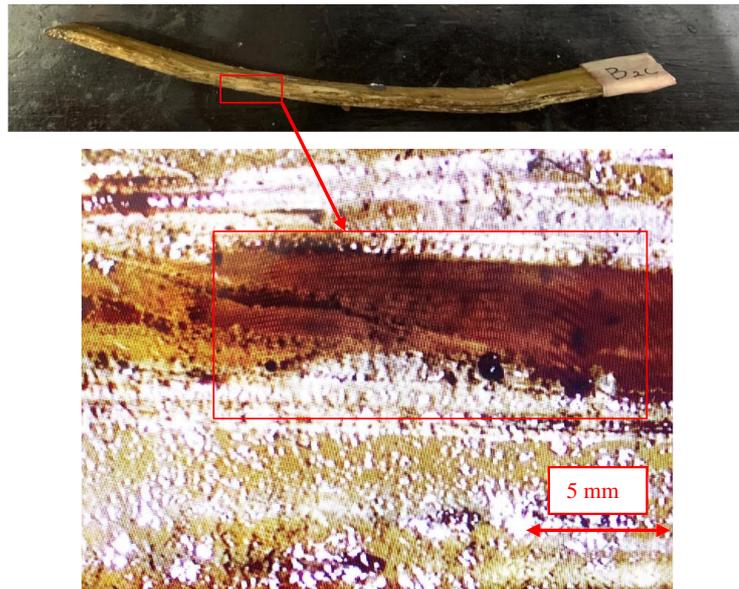
Gambar 5. Nilai Kekuatan Lentur berdasarkan Variasi *Plasticizer*

3.2 Analisis Hasil Pengujian

Gambar 4 menunjukkan bahwa kekuatan lentur komposit berdasarkan variasi fraksi massa serat mengalami perubahan. Perubahan tersebut seiring dengan perubahan fraksi massa serat. Perubahan yang terjadi yaitu kenaikan kekuatan lentur dari fraksi massa 15% hingga 25%. Hal tersebut terjadi karena jumlah serat yang berada dalam fraksi massa 25% lebih banyak sehingga memiliki kekuatan yang lebih baik dibandingkan dengan 20% dan 15%. *Trend* kenaikan nilai kekuatan lentur sesuai dengan *trend* yang terdapat pada penelitian yang dilakukan oleh (Gundara)[10] pada tahun 2019 dimana kekuatan komposit dengan matriks *polyester* mengalami kenaikan nilai kekuatan lentur seiring dengan kenaikan fraksi massa.

Gambar 5 menunjukkan bahwa kekuatan lentur komposit berdasarkan variasi *plasticizer* mengalami perubahan. Perubahan tersebut seiring dengan penambahan *plasticizer*. Perubahan yang terjadi penurunan kekuatan lentur dari variasi *plasticizer* 15% hingga 25%. Hal ini seiring dengan penambahan *plasticizer* terjadi karena sifat *plasticizer* yang sangat ulet sehingga memengaruhi sifat dari gondorukem. Semakin banyak penambahan unsur *plasticizer* terhadap gondorukem maka akan menghasilkan spesimen yang semakin ulet sehingga semakin mudah untuk mengalami deformasi pada beban yang diberikan dan semakin lentur.

Pada pengamatan secara visual pada beberapa spesimen pengujian ditemukan beberapa jenis kegagalan yang terjadi pada spesimen setelah dilakukan pengujian. Spesimen mengalami delaminasi yang dimana terjadi pemisahan antara lapisan satu dengan lapisan lainnya pada komposit. Hal tersebut disebabkan karena tegangan yang tinggi yang terjadi pada masing-masing bagian sudut komposit. Gambar 6 menunjukkan delaminasi yang terjadi pada komposit.



Gambar 6. Jenis Kegagalan Delaminasi

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

4. Kesimpulan

Penelitian yang telah dilakukan terkait pengaruh variasi fraksi massa serat dan variasi *plasticizer* terhadap kekuatan lentur komposit berpenguat serat rami maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Komposit serat rami yang menggunakan matriks gondorukem dan tambahan unsur *plasticizer* telah berhasil diproduksi. Meskipun telah terbentuk spesimen yang cukup baik selama proses manufaktur, masih ditemukan beberapa kekurangan. Salah satu kekurangan yang terlihat pada spesimen adalah keberadaan serat yang belum terlapsi dengan matriks, sehingga menyebabkan void dalam komposit tersebut.
2. Didapatkan bahwa nilai kekuatan lentur mengalami kenaikan seiring bertambahnya fraksi massa serat, namun terjadi penurunan nilai kekuatan lentur pada variasi *plasticizer*.

5. Daftar Pustaka

- [1] 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*.
- [2] L. Hartanto, "Study Perlakuan Alkali Dan Fraksi Volume Bermatrik Polyester Bqtn 157," 2009.
- [3] S. Edition, "Gibson RF. Principles of Composite Material Mechanics. Princ Compos Mater Mech 2007. <https://doi.org/10.1201/9781420014242>," *Med. Text.*, no. JANUARY, p. 9, 2003.
- [4] C. I. P. K. Kencanawati, N. Suardana, I. K. G. Sugita, and I. W. B. Suyasa, "Pengaruh Panjang Serat Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekuatan Impact Greencomposite Serat Kulit Buah Pinang dengan Matriks Getah Pinus," *J. Energi Dan Manufaktur*, vol. 12, no. 1, p. 33, 2019, doi: 10.24843/jem.2019.v12.i01.p06.
- [5] I. G. Widiartha and N. H. Sari, "99-284-1-Pb," vol. 2, no. 2, pp. 92–99, 2012.
- [6] D. Istanta, "Analisis Pengaruh Texture Serat Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Aramid Epoksi Prepreg," *Indept*, vol. 3, no. 1, pp. 52–80, 2013.
- [7] W. D. Callister, *Materials Science and Engineering: An Introduction*, 8th Editio. USA: John Wiley & Sons, Inc., 2010.
- [8] H. Prastawa, Z. F. R. T. Industri, and U. Diponegoro, "Kemitraan Sebagai Model Pemberdayaan Masyarakat," pp. 178–183.
- [9] S. Habibie *et al.*, "Serat Alam Sebagai Bahan Komposit Ramah Lingkungan, Suatu Kajian Pustaka," *J. Inov. dan Teknol. Mater.*, vol. 2, no. 2, pp. 1–13, 2021.
- [10] Gundara, "Sifat Tarik, Bending dan Impak Komposit Serat Sabut Kelapa-Polyester dengan Variasi Fraksi Volume: Universitas Muhammadiyah Tasikmalaya," *JMPM (Jurnal Mater. dan Proses Manufaktur)*, vol. 3, no. 1, pp. 10–19, 2019.