

PENGARUH FRAKSI MASSA SERAT TERHADAP KEKUATAN TEGANGAN GESER KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT RAMI DENGAN MATRIKS GONDORUKEM

*Tegar Ardiyan Akbar¹, 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: tegarardian@gmail.com

Abstrak

Komposit merupakan material yang dapat digunakan diberbagai lini kehidupan dimana perkembangannya saat ini cukup pesat. Seiring berjalanya waktu, penggunaan serat sintesis mulai dibatasi dan dialihkan menggunakan serat alam yang lebih ramah lingkungan. Serat alam yang memiliki potensi sebagai penguat komposit salah satunya adalah serat rami. 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 tegangan geser dari komposit rami dengan matriks gondorukem. Variasi fraksi massa serat yang digunakan adalah 25 wt% dan 35 wt%, dengan arah orientasi serat adalah 0°/90°. Metode yang digunakan untuk membuat spesimen uji adalah *hand lay-up*, dengan metode pengujian mengacu pada ASTM D-7078. Dari hasil pengujian tersebut kekuatan tegangan geser meningkat seiring dengan peningkatan fraksi massa serat, dengan nilai rata-rata 7,22 MPa untuk fraksi massa 25 wt% dan 7,97 MPa untuk fraksi massa 35 wt%. Kekuatan tegangan geser tertinggi diperoleh pada spesimen 35 wt% sebesar 8,07 MPa. Regangan geser yang terjadi pada fraksi massa serat 25 wt% lebih tinggi dibandingkan dengan fraksi massa serat 35 wt%. Analisis visual yang dilakukan berupa foto makro mendeteksi terdapat 2 kegagalan pada komposit setelah pengujian yaitu *fiber pull-out* dan delaminasi.

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

Abstract

Composite is a material that can be used in various lines of life where its development is currently quite rapid. Over time, the use of synthetic fibers has begun to be limited and shifted to natural fibers that are more environmentally friendly. One of the natural fibers that has potential as a composite reinforcement is hemp fiber. 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 shear strength of hemp composites with gondorukem matrix. The variation of the fiber mass fraction used is 25 wt% and 35 wt%, with the orientation of the fiber being 0°/90°. The method used to make the test specimen is hand lay-up, with the test method referring to ASTM D-7078. From the test results, the shear stress strength increased along with the increase in the fiber mass fraction, with an average value of 7.22 MPa for the 25 wt% mass fraction and 7.97 MPa for the 35 wt% mass fraction. The highest shear stress strength was obtained at 35 wt% specimens of 8.07 MPa. The shear strain that occurs in the 25 wt% fiber mass fraction is higher than the 35 wt% fiber mass fraction. Visual analysis carried out in the form of macro photos detected that there were 2 failures in the composite after the test, namely fiber pull-out and 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, seperti pada interior mobil dalam bidang transportasi, alat umum seperti tempat duduk dan meja, dan lain-lain. Alasan komposit dipilih menjadi material penunjang berbagai komponen dikarenakan keunggulan dari komposit yang ringan, tahan terhadap air dan korosi, memiliki sifat mekanik maupun fisik yang mumpuni, serta kemudahan komposit dalam menyesuaikan bentuk sesuai dengan keinginan. Keberadaan material komposit yang semakin berkembang sedikit demi sedikit menggeser peran material logam [2]. Persatuan Bangsa Bangsa (PBB) telah melakukan deklarasi yang

menyatakan bahwa tahun 2009 merupakan tahun internasional penggunaan serat alam, hal ini yang memicu para peneliti untuk perlahan meninggalkan serat sintetis dan mulai melakukan riset mendalam mengenai material-material yang ramah lingkungan. Biokomposit menjadi solusi dalam dunia material terkait isu lingkungan yang terjadi, dimana material biokomposit berpeluang menggantikan material komposit sintetis dan material logam [3]. Dengan adanya biokomposit mencegah tercemarnya lingkungan akibat material yang kontaminan buruk, dengan melakukan hal ini, keseimbangan lingkungan akan tetap terjaga.

Indonesia adalah negara yang kaya akan sumber daya alam termasuk kekayaan pada bidang flora. Kekayaan flora di Indonesia dapat dimanfaatkan untuk berbagai bidang kehidupan salah satunya untuk bahan pembuatan komposit, namun kenyataannya pemanfaatan untuk bahan pembuatan komposit masih belum maksimal. Bahan yang dapat digunakan untuk penguat serta matriks pada komposit yang alami adalah serat rami dan gondorukem. Serat rami merupakan serat yang berasal dari kulit batang tumbuhan rami yang memiliki sifat ringan, tahan lembab, tahan panas, harga terjangkau, dan kekuatan serat yang baik dibandingkan serat lain. Sedangkan gondorukem merupakan hasil olahan getah pinus berupa residu setelah dilakukan proses distilasi uap. Gondorukem memiliki viskositas tinggi, daya rekat tinggi, serta transparan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh kekuatan tegangan geser komposit berpenguat serat rami dengan matriks gondorukem serta mengetahui pengaruh variasi fraksi massa serat terhadap kekuatan tegangan geser komposit serat rami dengan matriks gondorukem. Standar pengujian yang digunakan adalah ASTM D-7078 mengenai pengujian kekuatan tegangan geser. Dengan adanya penelitian ini diharapkan perkembangan serta riset mengenai serat alam dan resin alam semakin diminati dan bertumbuh cepat dalam dunia industri manufaktur komposit.

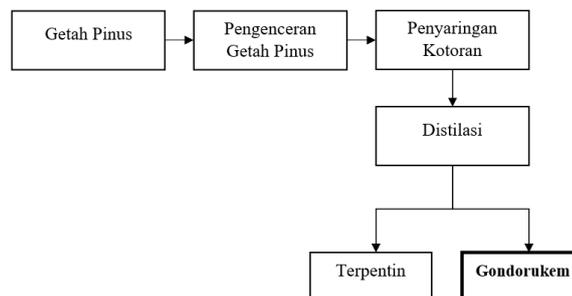
2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1. Serat Rami

Serat rami merupakan salah satu hasil olahan dari tanaman rami (*Boehmeria nivea S. Gaud*) yang terbuat dari kulit batang tanaman rami. Tanaman rami memiliki jumlah yang melimpah di Indonesia, hal ini yang menjadikan ketersediaan serat rami sangat berlimpah. Serat rami banyak diminati oleh konsumen karena memiliki kualitas yang baik dibanding dengan serat alam sejenisnya. Serat rami memiliki kekuatan tarik sekitar 393-773 MPa [4]. Serat rami dapat dimanfaatkan untuk bahan tekstil karena dapat dengan baik menyerap air dengan baik [5]. Selain sebagai bahan industri tekstil, serat rami juga digunakan untuk bahan pembuatan kertas dan untuk material penguat pada pembuatan biokomposit.

2.2. Gondorukem

Gondorukem adalah hasil olahan dari getah pohon pinus yang diperoleh dari hasil distilasi uap. Getah pinus mengalami proses distilasi uap yang mana setelah proses tersebut akan menghasilkan dua keluaran yaitu minyak terpenin dan gondorukem. Berikut adalah detail proses pengolahan getah pinus menjadi gondorukem seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses Pengolahan Getah Pinus menjadi Gondorukem

Gondorukem memiliki sifat tidak menyerap air (hidrofobik), serta dapat larut dalam pelarut netral maupun pelarut non-polar (etil eter, hexan, dan pelarut minyak) [6]. Sifat lain gondorukem adalah memiliki suhu *softening* yang rendah berkisar 65-75 °C [7].

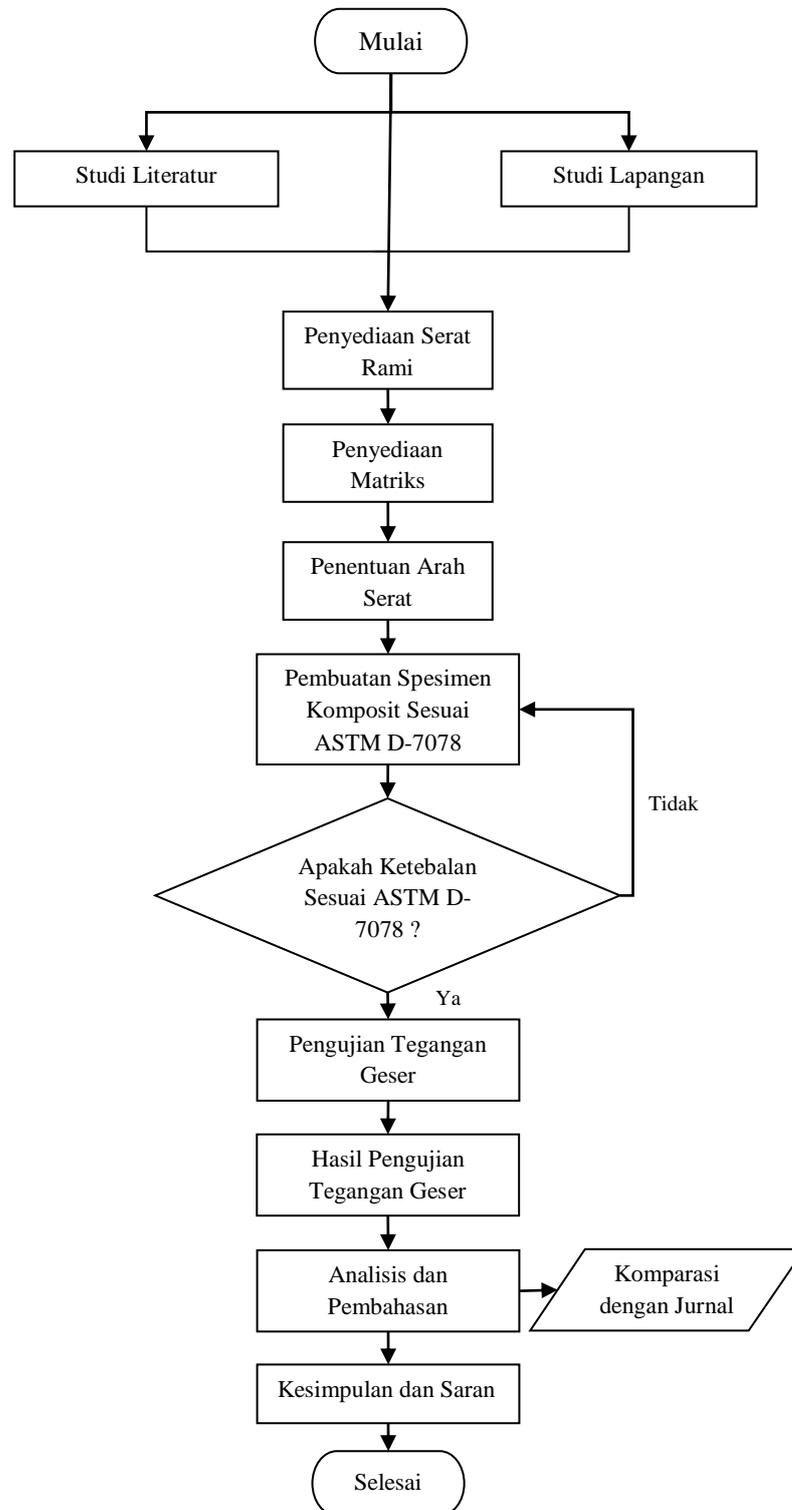
2.3. Katalis Metil Etil Keton Peroksida (MEKPO)

Metil Etil Keton Peroksida (MEKPO) adalah salah satu jenis dari peroksida yang berasal dari alam, dimana memiliki kemampuan daya ledak yang sama dengan aseton peroksida. Karakteristik yang dimiliki oleh MEKPO adalah warnanya bening, stabil ketika disimpan, sensitif terhadap suhu, tidak mengandung minyak. Salah satu pemanfaatan dari MEKPO adalah untuk katalisator. Katalis MEKPO memiliki peranan untuk mempercepat reaksi polimerisasi dalam struktur komposit, dimana efek yang terlihat adalah cepatnya pengeringan terhadap komposit. Katalis MEKPO digunakan sesuai dengan kebutuhan. Besar jumlah katalis MEKPO yang digunakan akan berbanding lurus dengan kecepatan pengeringan komposit polimer, semakin besar katalis MEKPO yang diberikan maka semakin cepat proses pengeringan suatu komposit polimer. Namun terdapat batas penggunaan katalis MEKPO dimana prosentase katalis

maksimal berada pada prosentase 5% dari volume resin [8]. Reaksi termal yang terjadi ketika proses pencampuran matriks dan katalis berkisar antara suhu 60 °C hingga 90 °C.

2.4. Alur Penelitian

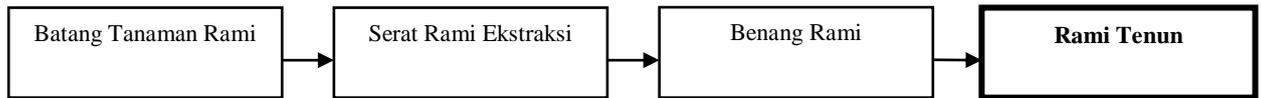
Penelitian dibagi ke dalam tiga tahap yaitu tahap persiapan, tahap pelaksanaan, dan tahap pengujian. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

2.5. Fabrikasi Komposit

Pada tahap persiapan dilakukan dengan mempersiapkan berbagai kebutuhan untuk proses fabrikasi, mulai dari melakukan studi literatur dan studi lapangan mengenai masing-masing material yang dibutuhkan. Setelah itu dilakukan penyediaan serat rami untuk fabrikasi komposit, penjelasan proses penyediaan serat rami dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Proses Ekstraksi Serat Rami

Serat rami yang digunakan pada penelitian ini adalah serat rami tenun, kemudian nantinya dilakukan pemotongan sesuai dengan ukuran ASTM D-7078.

Bahan yang diperlukan dalam pembuatan komposit serat rami adalah sebagai berikut.

- Gondorukem
- *Thinner*
- Katalis MEKPO
- *Wax*

Alat yang diperlukan dalam pembuatan komposit serat rami adalah sebagai berikut.

- Cetakan Kaca
- *Roll*
- Timbangan Digital
- Kompor Listrik
- *Vernier Caliper*
- Gunting dan Penggaris Sudut
- Gelas Beaker
- Sarung Tangan
- Lumpang dan Alu

Setelah semua bahan dan alat telah tersedia serta serat telah dipotong sesuai ukuran, maka dilakukan tahap pelaksanaan fabrikasi dengan metode *hand lay-up*. Pertama-tama gondorukem, *thinner*, dan katalis MEKPO ditimbang sesuai ukuran yang telah ditentukan, kemudian ketiga bahan tersebut dicampur ke dalam satu tempat yang telah dipanaskan dengan kompor listrik, hal ini bertujuan untuk mencairkan ketiga bahan campuran, seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Pencampuran Gondorukem, *Thinner*, dan Katalis MEKPO

Sementara menunggu bahan campuran mencair sempurna, dilakukan pengolesan *wax* ke cetakan yang bertujuan untuk mempermudah proses pengangkatan komposit ketika sudah selesai dibuat, proses ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengolesan *Wax*

Setelah pencairan campuran matriks dan pengolesan wax ke cetakan sudah selesai, maka serat rami tenun yang telah dipotong diletakkan di atas cetakan kaca untuk kemudian dilakukan proses *hand lay-up*. Campuran matriks dituangkan ke atas serat rami kemudian diratakan keseluruh area serat, jika dirasa 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-7078. Proses *hand lay-up* dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. 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°.

2.6. Pengujian Tegangan Geser

Pengujian tegangan geser dilakukan dengan mengacu pada standar ASTM D-7078 untuk pengujian geser pada komposit. Prinsip utama dari konsep pengujian ini adalah melakukan penarikan pada spesimen uji hingga mengalami *fracture*, dari pengujian ini diperoleh nilai tegangan geser maksimum dan regangan geser sesuai dengan Persamaan 1 dan Persamaan 2 berikut.

$$\tau_u = \frac{F_m}{A_o} \quad (1)$$

Keterangan :

τ_u = Tegangan geser maksimal (N/mm²)

F_m = Beban geser maksimal (N)

A_o = Luas penampang awal (mm²)

$$e = \frac{\Delta x}{L_o} \quad (2)$$

Keterangan :

e = Regangan Geser

Δx = Panjang perpindahan sudut (mm)

L_o = Panjang daerah pengukuran material saat keadaan awal (mm)

Pengujian tegangan geser dilakukan di Laboratorium Material Universitas Diponegoro menggunakan *Universal Testing Machine* dengan tambahan alat bantu pengujian tegangan geser. Kecepatan pengujian ASTM D-7078 sebesar 2 mm/min. Spesimen yang diuji sebanyak 3 spesimen setiap variasi. Gambar *Universal Testing Machine* dan alat bantu pengujian geser dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8 berikut.

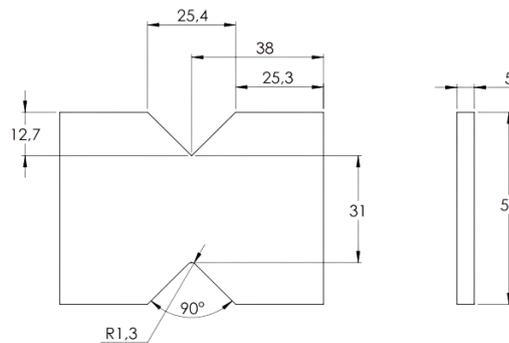


Gambar 7. *Universal Testing Machine*



Gambar 8. Alat Bantu Uji

Ukuran spesimen pengujian menyesuaikan dengan ukuran ASTM D-7078, dengan panjang spesimen 76 mm dan lebar 56 mm, tebal 5 mm, terdapat 2 takik dengan masing masing takik bersudut 90°. Dimensi detail mengenai spesimen pengujian ASTM D-7078 terdapat pada Gambar 9 berikut.



Gambar 9. Spesimen Uji ASTM D-7078 [9]

3. Hasil dan Pembahasan

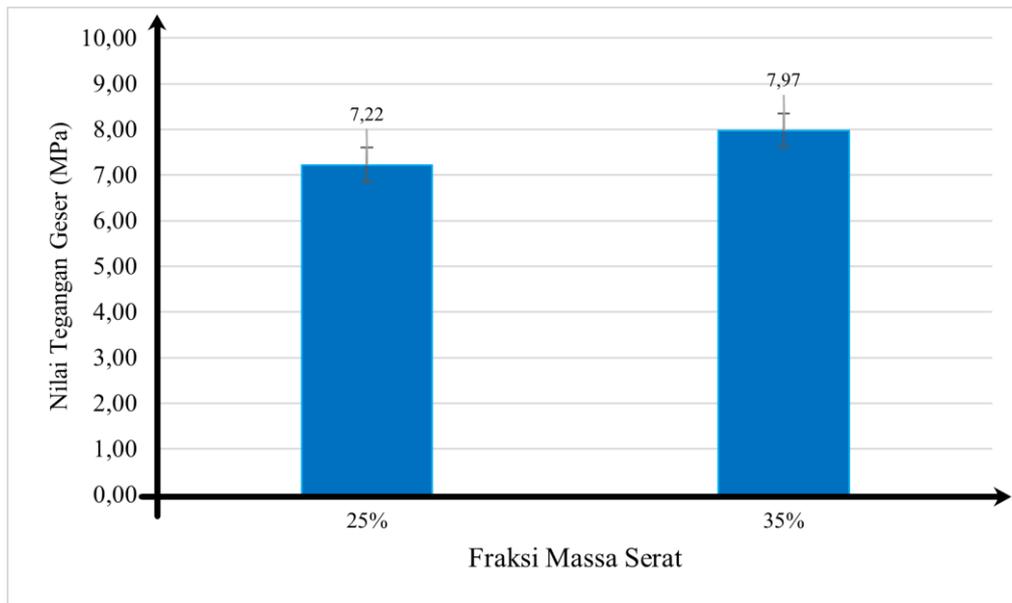
3.1. Hasil Pengujian Tegangan Geser

Hasil pengujian tegangan geser sesuai dengan ASTM D-7078 komposit berpenguat serat rami dengan matriks gondorukem dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

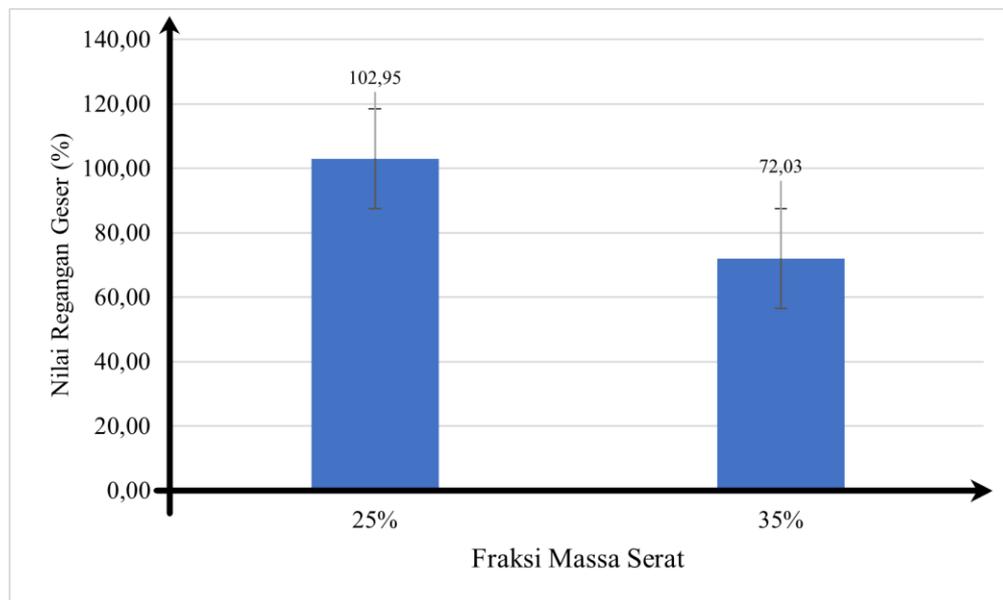
Tabel 1. Hasil Pengujian Tegangan Geser Sesuai ASTM D-7078

Variasi	Lo (mm)	ΔL (mm)	% EL	%EL rata-rata	Gaya Maksimal (N)	Kekuatan Geser (N/mm ²)	Kekuatan Geser rata-rata (N/mm ²)
Serat [0°/90°] 25%	25,40	24,74	90,40		1144,43	7,24	
	25,40	25,15	90,02	102,95	1152,28	7,15	7,22
	25,40	28,56	112,44		1161,10	7,25	
Serat [0°/90°] 35%	25,40	18,20	71,65		1133,65	7,93	
	25,40	17,44	68,66	72,03	1162,08	8,07	7,97
	25,40	75,79	75,79		1115,01	7,90	

Dari data pengujian di atas dapat dilihat bahwa spesimen dengan fraksi massa 25% mempunyai nilai kekuatan geser yang lebih rendah dibandingkan dengan fraksi massa 35%. Namun untuk regangan yang terjadi, fraksi massa 25% memiliki nilai yang lebih tinggi dari fraksi massa 25%. Perbedaan kekuatan tegangan geser dan regangan geser yang terjadi pada masing-masing fraksi massa dapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar 11 berikut.



Gambar 10. Grafik Rata-Rata Kekuatan Tegangan Geser yang Terjadi

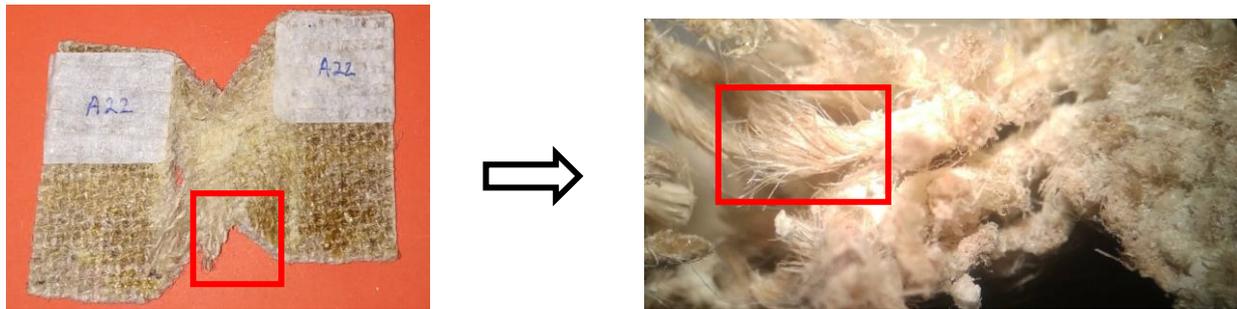


Gambar 11. Grafik Rata-Rata Regangan Geser yang Terjadi

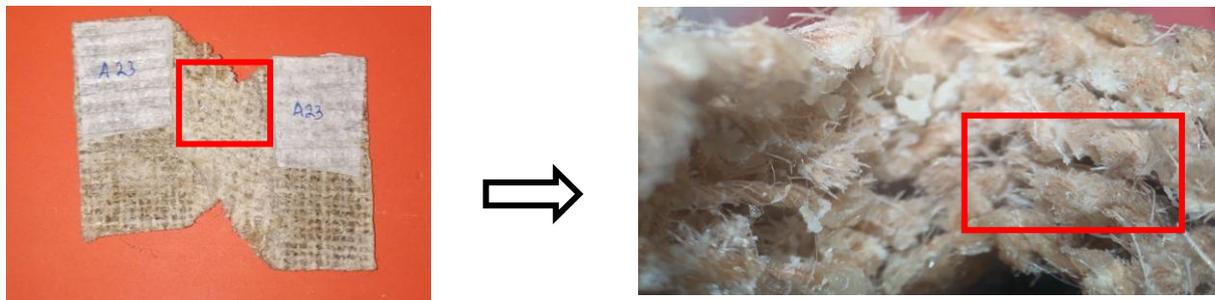
3.2. Analisis Hasil Pengujian

Gambar 10 menunjukkan bahwa kekuatan tegangan geser rata-rata komposit rami dengan matriks gondorukem mengalami perubahan seiring dengan perubahan fraksi massa serat. Terjadi kenaikan kekuatan tegangan geser dari fraksi massa 25% 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 geser ini serupa dengan *trend* yang terdapat pada penelitian Priyahapsara & Assihhaly pada tahun 2017 [10], dimana kekuatan komposit serat *e-glass* matriks *polyester* mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan fraksi massa. Pada Gambar 11 menunjukkan bahwa nilai regangan geser 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. Pertama terdapat jenis kegagalan berupa *fiber pull-out* dimana serat penguat keluar dari komponen matriks berupa permukaan yang tidak dilapisi oleh matriks dan serat bersih dari matriks. Kemudian yang kedua terjadi 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 12 dan Gambar 13 ditunjukkan masing-masing kegagalan yang terjadi pada komposit (perbesaran mikroskop 300 X).



Gambar 12. Jenis Kegagalan *Fiber Pull-Out*



Gambar 13. Jenis Kegagalan Delaminasi

Faktor lain yang mempengaruhi kekuatan tegangan geser 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 Tegangan Geser Komposit Berpenguat Serat Rami dengan Matriks Gondorukem, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Variasi fraksi massa serat memiliki pengaruh terhadap kekuatan tegangan geser komposit berpenguat serat rami dengan matriks gondorukem. Rata-rata kekuatan tegangan geser fraksi massa 35 wt % lebih tinggi dibandingkan dengan fraksi massa 25 wt%.
2. Jenis kegagalan yang ditemukan pada spesimen uji terdapat 2 jenis yaitu *fiber pull-out* dan delaminasi. Kegagalan delaminasi terjadi disemua spesimen pengujian, hal ini disebabkan karena ikatan antar lapisan yang kurang baik serta terpusatnya tegangan pada setiap sudut kritis pada spesimen.

5. Daftar Pustaka

- [1] F. P. Kroschwitz, J. I. & Grestle, *Encyclopedia of Polymer Science and Engineering*. . New York: Wiley, 1987.
- [2] S. Hastuti, C. Pramono, and Y. Akhmad, "Sifat Mekanis Serat Enceng Gondok Sebagai Material Komposit Serat Alam yang Biodegradable," *J. Mech. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 22–28, Jun. 2018, doi: 10.31002/JOM.V2I1.806.
- [3] K. Diharjo, "Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit Serat Rami-Polyester," *J. Tek. Mesin*, vol. 8, pp. 8–13, 2006.
- [4] A. Ajithram, J. T. W. Jappes, and N. C. Brintha, "Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) natural composite extraction methods and properties – A review," *Mater. Today Proc.*, vol. 45, pp. 1626–1632, Jan. 2021, doi: 10.1016/J.MATPR.2020.08.472.
- [5] A. Saroso, B.; Sastrosupadi, "Utilization of Ramie as Textile, Pulp, Feeds, and Drug Materials," vol. 6, no. 1, pp. 3–5, 2000.
- [6] J. Sirait, *Material Komposit*. Jakarta: Erlangga, 2010.
- [7] 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, doi: 10.1088/1757-899X/2011/011001.
- [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] I. Priyahapsara and I. R. Assihhaly, "Pengaruh Variasi Fraksi Volume Komposit Serat E-Glass $\hat{A}\pm 45\hat{A}^\circ$ Polyester 157 Bqtn Terhadap Kekuatan Bending Dan Geser," *Sci. Tech J. Ilmu Pengetah. dan Teknol.*, vol. 3, no. 2, pp. 85–92, 2017, doi: 10.30738/jst.v3i2.1620.