

## PENGARUH FRAKSI MASSA DAN ARAH ORIENTASI SERAT TERHADAP KEKUATAN TEGANGAN GESER KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT RAMI DENGAN MATRIKS GONDORUKEM

\*Faisal Febry Nurdiansyah<sup>1</sup>, Sulardjaka<sup>2</sup>, Norman Iskandar<sup>3</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: [faisalfebry13@gmail.com](mailto:faisalfebry13@gmail.com)

### Abstrak

Pada saat ini dunia industri sedang mengalami pergeseran dari menggunakan bahan-bahan sintesis menjadi bahan-bahan alami yang mudah didaur ulang, pergeseran tersebut terjadi pada teknologi komposit. Komposit yang pada awalnya menggunakan penguat serat sintesis mulai mengalami pergeseran menjadi komposit dengan penguat serat alam dan matriks alam yang disebut *greencomposite*. Salah satunya merupakan komposit berpenguat serat rami dengan matriks gondorukem. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh fraksi massa serat dan arah orientasi serat terhadap kekuatan dari komposit penguat serat rami dengan matriks gondorukem. Variasi fraksi massa serat yang digunakan adalah 20% dan 30%, sedangkan untuk variasi arah orientasi serat adalah 0°/90°. Dalam pembuatan komposit berpenguat serat rami menggunakan metode *hand lay-up*, dengan metode pengujian menggunakan ASTM D 3039. Setelah dilakukan pengujian tarik diperoleh hasil bahwa kekuatan tarik komposit berpenguat serat rami akan mengalami kenaikan rata-rata kekuatan tarik seiring bertambahnya fraksi massa serat pada orientasi arah serat 0°/90°. Rata-rata kekuatan tarik tertinggi yang terjadi pada fraksi massa serat 30% yaitu 15,70 MPa dan mengalami penurunan kekuatan tarik pada fraksi massa 20% yaitu 11,43 MPa. Setelah dilakukan analisis pada permukaan lapisan serat dan patahan spesimen pada uji tarik terdapat beberapa cacat mikro seperti delaminasi dan *fiber pull out*.

**Kata kunci:** arah orientasi serat; fraksi massa; gondorukem; *greencomposite*; serat rami

### Abstract

*At this time the industrial world is experiencing a shift from using synthetic materials to natural materials that are easily recycled, the shift occurs in composite technology. Composites that initially used synthetic fiber reinforcement began to shift into composites with natural fiber reinforcement and natural matrix called green composites. One of them is a ramie fiber-reinforced composite with a gondorukem matrix. This study aims to determine the effect of fiber mass fraction and fiber orientation direction on the strength of ramie fiber reinforcement composites with gondorukem matrix. The variation of the mass fraction of the fiber used is 20% and 30%, while the variation in the direction of the fiber orientation is 0°/90°. In the manufacture of ramie fiber reinforced composites using the hand lay-up method, with the test method using ASTM D 3039. After a tensile test, the results show that the tensile strength of the ramie fiber reinforced composite will increase in average tensile strength as the fiber mass fraction increases in the orientation direction. fiber 0°/90°. The highest average tensile strength occurred in the 30% fiber mass fraction, which was 15.70 MPa and decreased tensile strength in the 20% mass fraction, which was 11.43 MPa. After analyzing the surface of the fiber layer and the specimen fracture in the tensile test, there were several micro defects such as delamination and fiber pull out.*

**Keywords:** fiber orientation direction; *greencomposite*; pine resin mass fraction; ramie fiber

### 1. Pendahuluan

Pada saat ini dunia industri sedang mengalami pergeseran dari menggunakan bahan-bahan sintesis menjadi bahan-bahan alami yang mudah didaur ulang. Pergeseran tersebut juga terjadi pada teknologi komposit. Penggunaan komposit polimer dalam produksi komponen-komponen mobil telah terbukti mampu menyeimbangkan fungsi mobil seperti mengurangi berat dan menjaga keselamatan penumpang [1]. Komposit adalah material yang terbuat dari kombinasi dua material utama yaitu material penguat dan material matriks sebagai material pengikatnya. Material penguat ada dalam bentuk logam, serat atau partikel yang memberikan kekuatan. Material matriks atau pengikat memiliki fungsi untuk mempertahankan posisi dan orientasi material penguat. Material matriks ada dalam bentuk

polimer, resin, keramik dll. Proses penggabungan kombinasi material ini menghasilkan material baru dengan kualitas teknis dan fisik yang berbeda dengan sifat-sifat material penyusunnya[2].

Komposit yang terbuat dari resin atau matriks alami dengan penguat yang berasal dari alam disebut sebagai *greencomposite* atau eco-composites. Hal tersebut didasarkan pada dampak lingkungan serta keberlanjutan dari sumber serat. Selain itu pencemaran plastic terhadap air dan tanah telah menjadi perhatian dunia, sehingga mendorong pengembangan produk *greencomposit* [3]. Dimana bahan alam sebagai bahan alternatif pengganti bahan sintetis, memberi harapan untuk menurunkannya tingkat CO<sub>2</sub> di udara serta kemampuan serat dari alam tersebut yang dapat terurai oleh bakteri dan sifat mekanik yang dapat disandingkan dengan serat gelas [4]. Diharapkan dengan adanya *greencomposite* dapat mencegah tercemarnya lingkungan akibat material yang kontaminan buruk, sehingga dapat menjaga keseimbangan lingkungan.

Serat alam merupakan alternatif *filler* komposit untuk berbagai komposit polimer karena keunggulannya di banding serat sintetis. Serat alam mudah didapatkan dengan harga murah, mudah diproses, densitas rendah, ramah lingkungan dan dapat diuraikan. Dari berbagai jenis serat alam yang dapat digunakan, tanaman rami (*Boehmeria Nivea*) merupakan salah satu jenis tanaman serat (*bast fiber*) yang tumbuh subur di daerah garut dan wonosobo. Hingga saat ini produk rami banyak di ekspor ke Jepang [5]. Penggunaan serat alam didorong oleh ketersediaan serat alam yang melimpah. Pengembangan ini bertujuan pengembalian budidaya serat alam, sehingga dapat mengatasi deforestasi (penipisan sumber daya hutan) yang sedang terjadi [6].

Selain penggunaan serat alam dalam penelitian ini juga menggunakan matriks alam sebagai resin dalam komposit. Fungsi matriks sendiri dalam komposit yaitu mengikat serat menjadi satu kesatuan stuktur, melindungi serat dari kerusakan akibat kondisi lingkungan, mentransfer dan mendistribusikan beban ke serat serta menyumbangkan beberapa sifat seperti kekakuan, ketangguhan, dan tahanan listrik. Salah satu bahan alam yang dapat digunakan sebagai resin pengganti polimer sintetis adalah getah pinus merkusii (*Pine Resin*). Getah pinus memiliki warna pucat, jernih dan lengket serta apabila diuapkan berubah menjadi rapuh [4]. Gondorukem memiliki viskositas tinggi, daya rekat tinggi, serta transparan.

Penggunaan matriks alam sebagai resin dalam komposit masih dijumpai beberapa keterbasan dari sifat matriks alam tersebut. Getah pinus memiliki sifat lengket serta jika diuapkan menjadi rapuh. Sehingga riset analisis uji tarik komposit penguat serat rami dengan matriks gondorukem dipandang sangat penting untuk dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik komposit berpenguat serat rami dengan matriks gondorukem. Standar pengujian yang digunakan adalah ASTM D3039 mengenai pengujian kekuatan tarik. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan data kekuatan tarik komposit berpenguat serat rami dengan matriks gondorukem dan pemercepat pengembangan *greencomposite* yang ramah lingkungan pada dunia industri manufaktur komposit.

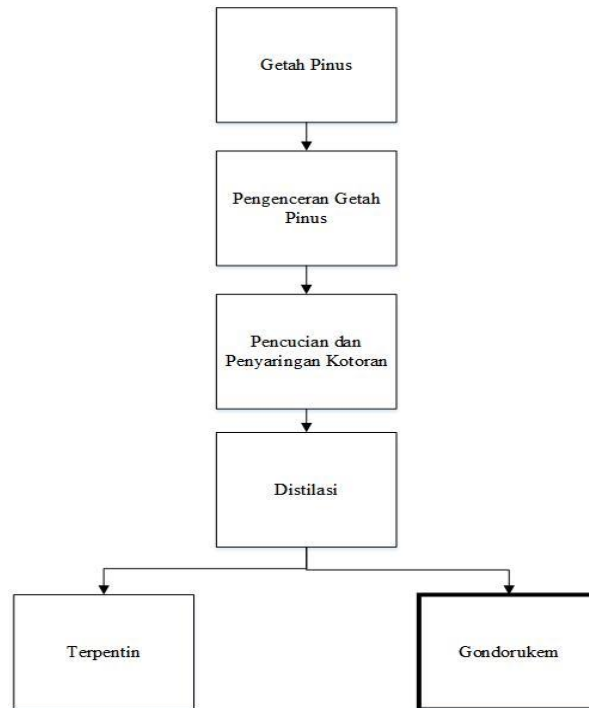
## 2. Bahan dan Metode Penelitian

### 2.1. Serat Rami

Rami (*Boehmeria nivea*) atau dikenal sebagai rumput Cina merupakan tanaman dari keluarga urticaceae yang berasal dari Cina, Jepang, dan Semenanjung melayu. Rami sudah digunakan sebagai serat tekstil selama berabad-abad. Tumbuhan ini berhasil dikenalkan di wilayah mediterania pada awal tahun 1900 [7]. Rami merupakan tanaman tidak berkayu dan berkayu dengan batang ramping yang mencapai ketinggian 3-6 unit linier. Rami dapat tumbuh pada tanah yang subur dengan drainasse baik [8]. Serat rami memiliki kekuatan tarik sekitar 393-773 MPa dengan nilai densitas partikel 1,46 g/cm<sup>3</sup>. Komposisi serat rami terdiri dari selulosa 80-85%, lignin 0,5-1%, hemiselulosa 4-16%, pectin 2% dan lilin 0,3%. Di antara bahan lignoselulosa lainnya serat rami lebih menonjol karena kekuatan Tarik tinggi, ketahanan mekanisnya sangat baik, konduktivitas termal sangat baik, ketahanan terhadap bakteri, jamur, serangan serangga dan konsentrasi selulosa tinggi [9]. Selain dimanfaatkan untk tekstil fashion, serat rami juga dimanfaatkan untuk memproduksi filter, perangkat biomedis, dan uang.

### 2.2. Gondorukem

Gondorukem (*Pinus merkusii*) merupakan bentuk dari olahan getah batang pinus merkusii yang dapat digunakan sebagai pengganti resin sintetis. *Pinus merkusii* adalah salah satu spesies pinus tropis yang memiliki nilai ekologi, biologi dan ekonomi tinggi [10]. Gondorukem didapat dari pengolahan getah pinus melalui proses penyadapan. Resin pinus adalah produk sampingan biomassa yang dihasilkan oleh industri kehutanan dan pertanian. Resin dapat diolah kembali menjadi gumrosin dan terpentin dengan cara distilasi uap. Gondorukem memiliki warna kuning sampai kecokelatan. Baik resin dan terpentin telah banyak diaplikasikan dalam kehidupan seperti sabun, cat, perekat, tinta cetak, pelapis dan ukuran kertas [11]. 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 hidrofobik, serta dapat larut dalam pelarut netral maupun pelarut non-polar (etil eter, hexan, dan pelarut minyak) [12]. Sifat lain gondorukem adalah memiliki suhu *softening* yang rendah berkisar 65-75 °C [13].

### 2.3. Katalis Metil Etil Keton Peroksida (MEKPO)

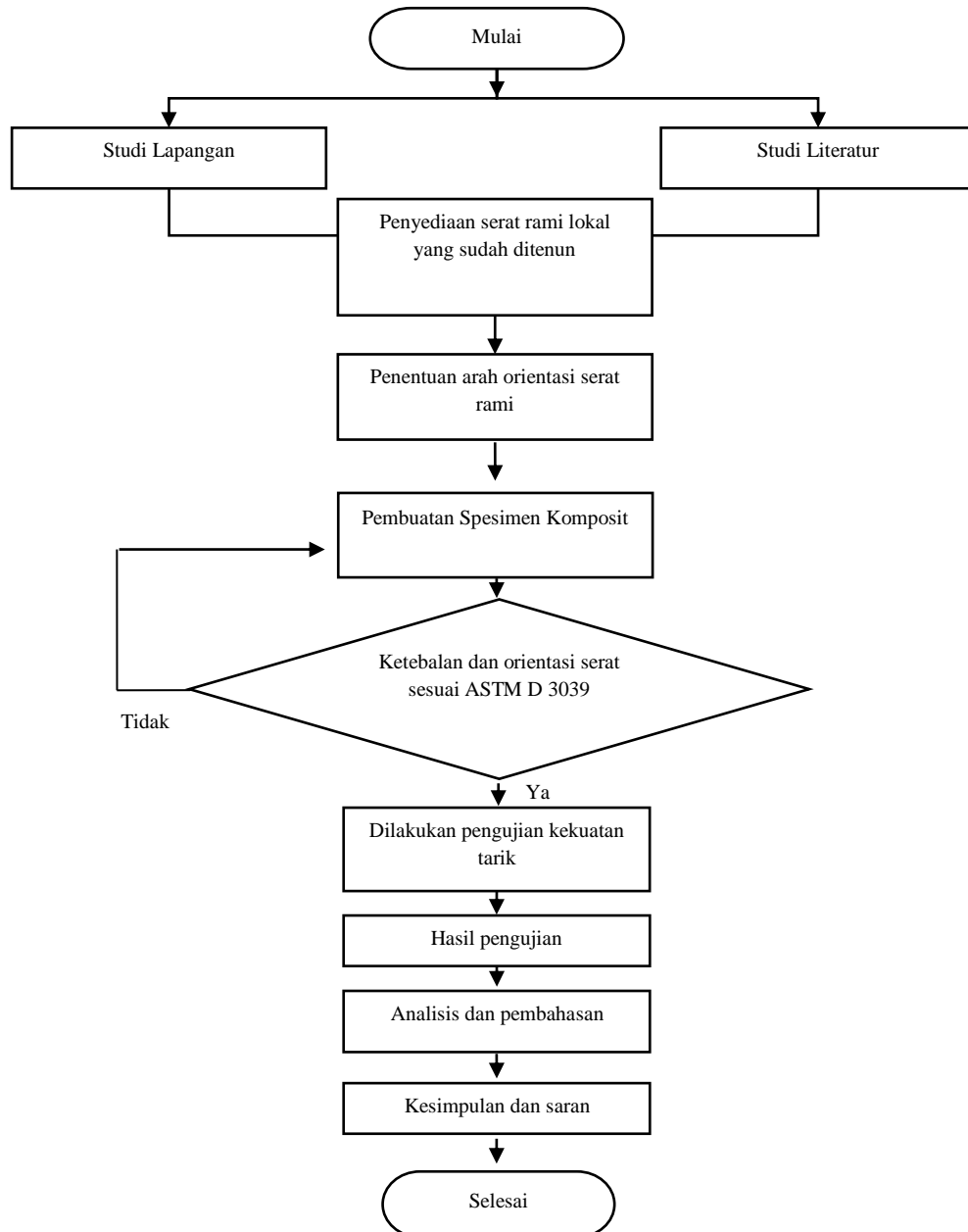
Metil etil keton peroksida adalah peroksida organik yang banyak digunakan sebagai katalis dalam resin composite, sebagai bahan pengeras pada proses pembuatan composite sehingga lebih cepat kering. MEKPO bukan senyawa tunggal tetapi campuran dari beberapa peroksida individu yang sangat sensitive terhadap guncangan, gesekan, nyala api atau sumber penyulutan lain dan meledak dengan pancaran. MEKPO sangat eksplosif dan proses sintesis MEKPO sangat eksotermis [14]. Pemberian MEKPO menyebabkan percepatan reaksi polimerisasi yang terjadi pada struktur komposit dengan tekanan normal atmosfer dan temperature kamar. Pencampuran yang terlalu banyak dapat menyebabkan campuran matriks menjadi getas ataupun keras, tetapi dengan pencampuran MEKPO yang sesuai takaran akan membuat proses pengeringan menjadi lebih cepat. Pemberian katalis MEKPO maksimal sebesar 5% dari keseluruhan volume resin [15].

### 2.4. Thinner

*Thinner* adalah cairan yang berfungsi sebagai bahan pelarut dan penguat. *Thinner* memiliki bentuk putih (tidak berwarna), bau menyengat sehingga membahayakan kesehatan jika dihirup terlalu sering. Dalam industri *thinner* memiliki beragam jenis seperti *thinner* NC (*Nitrocellulose*), *thinner* A, *thinner* B dan *thinner* PU (*Polyurethane*). Dalam pembuatan matriks gondorukem ini menggunakan *thinner* PU karena lebih cepat menguap, sehingga mempercepat pengeringan. *Polyurethane* adalah kelas polimer serba guna dengan control besar atas sifat fisikokimia mereka berdasarkan komposisi kimianya [16]. Berbeda dengan polimer pada umum lainnya seperti *polyetilen* dan *polyesterin*, *polyuretan* diproduksi dari berbagai bahan awal. Variasi bahan kimia ini menghasilkan poliuretan dengan struktur kimia berbeda yang mengarah ke banyak aplikasi yang berbeda. Campuran *thinner* dan gondorukem pada penelitian ini kurang lebih 5% dari total massa matriks.

## 2.5. 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

## 2.6. Fabrikasi Komposit

Proses fabrikasi menggunakan metode *hand lay-up* dengan cara menuangkan resin gondorukem dan kemudian dioleskan secara merata dengan menggunakan skrap besi ke serat yang telah dipotong sesuai dengan ukuran cetakan. Sebelum dilakukan fabrikasi dilakukan tahapan persiapan dengan mempersiapkan kebutuhan untuk melakukan proses fabrikasi. Salah satunya melakukan studi literatur dan studi lapangan mengenai masing-masing alat dan bahan yang dibutuhkan. Setelah itu dilakukan penyediaan serat rami untuk fabrikasi komposit, serat rami yang digunakan merupakan serat rami tenun. kemudian serat rami tenun dilakukan pemotongan sesuai dengan ukuran standart ASTM D 3039 untuk pengujian tarik.

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 (28 cm x 15 cm x 2 cm)
- *Roll*
- Timbangan Digital
- Kompor Listrik
- *Vernier Caliper*
- Gunting dan Penggaris Sudut
- Gelas Beaker
- Sarung Tangan
- Lumpang dan Alu

Setelah itu dilakukan tahapan pelaksanaan fabrikasi menggunakan 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 matriks gondorukem sehingga ketiga bahan campuran dapat tercampur dengan merata, seperti yang terlihat pada gambar 3.



**Gambar 3.** Pencampuran Gondorukem, *Thinner*, dan Katalis MEKPO

Sembari menunggu bahan campuran tercampur dengan merata, dilakukan pengolesan *wax* ke cetakan kaca bertujuan untuk mempermudah proses pengangkatan komposit ketika sudah selesai dibuat, proses ini dapat dilihat pada gambar 4.



**Gambar 4.** Pengolesan *Wax*

Setelah pencairan campuran matriks dan pengolesan *wax* ke cetakan sudah selesai, maka serat rami tenun yang sudah dipotong diletakkan di atas cetakan kaca untuk kemudian dilakukan proses *hand lay-up*. Campuran matriks dituangkan ke atas serat rami kemudian diratakan keseluruhan area serat menggunakan skrap besi, 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 3039. Proses *hand lay-up* dapat dilihat pada gambar 5 berikut.



**Gambar 5.** Proses *Hand Lay-Up*

Pada penelitian ini, variasi yang digunakan adalah variasi fraksi massa dengan variasi fraksi massa 20 wt% dan 30 wt% dengan arah orientasi serat 0°/90°.

## 2.7. Pengujian Tegangan Geser

Untuk mengetahui sifat mekanik suatu material perlu dilakukan adanya pengujian, beberapa pengujian yang dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik tersebut adalah uji Tarik. Pengujian tarik dilakukan dengan pemberian beban tarik sehingga diperoleh sifat-sifat mekanik dari material yaitu tegangan tarik dan regangan tarik. Pengujian tarik menggunakan standar pengujian ASTM D 3039 untuk pengujian tarik komposit, dari pengujian ini diperoleh nilai tegangan tarik maksimum dan regangan tarik sesuai dengan persamaan 1 dan persamaan 2 berikut.

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

Keterangan :

$\sigma_u$  = Tegangan tarik maksimal (N/mm<sup>2</sup>)

$F_m$  = Beban tarik maksimal (N)

$A_o$  = Luas penampang awal (mm<sup>2</sup>)

$$e = \frac{L_i - L_o}{L_o} \quad (2)$$

Keterangan :

$e$  = Regangan Geser

$L_i$  = Panjang benda setelah mengalami pengujian (mm)

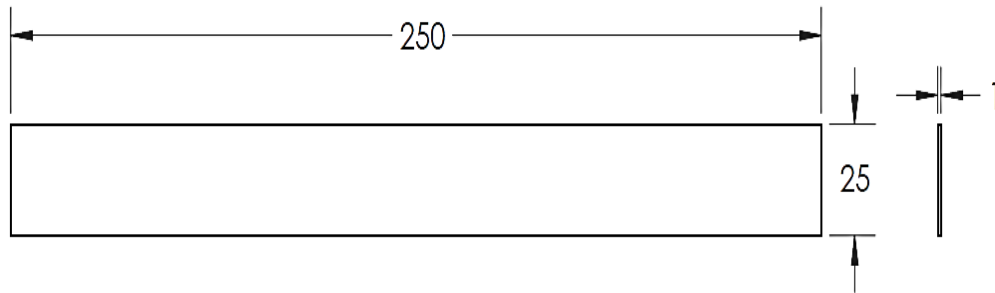
$L_o$  = Panjang benda saat keadaan awal (mm)

Pengujian kekuatan tarik dilakukan di Laboratorium Material Universitas Diponegoro menggunakan *Universal Testing Machine*. Standar kecepatan pengujian ASTM D 3039 sebesar 2 mm/min [17]. Spesimen yang diuji sebanyak 3 spesimen setiap variasi. Gambar *Universal Testing Machine* dapat dilihat pada gambar 6 berikut.



**Gambar 6.** *Universal Testing Machine*

Ukuran spesimen pengujian menyesuaikan dengan ukuran ASTM D 3039, dengan panjang spesimen 250 mm dan lebar 25 mm, tebal 1 mm. Dimensi detail mengenai spesimen pengujian ASTM D 3039 terdapat pada gambar 7 berikut.



Gambar 7. Spesimen Uji ASTM D 3039 [18]

### 3. Hasil dan Pembahasan

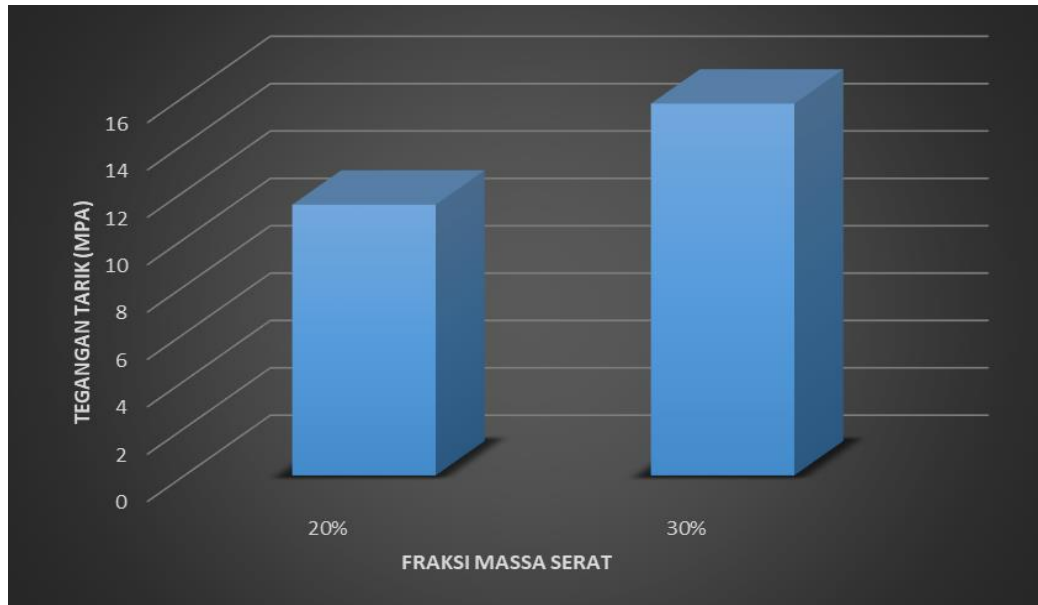
#### 3.1. Hasil Pengujian Kekuatan Tarik

Hasil pengujian kekuatan tarik sesuai dengan ASTM D 3039 komposit berpenguat serat rami dengan matriks gondorukem dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

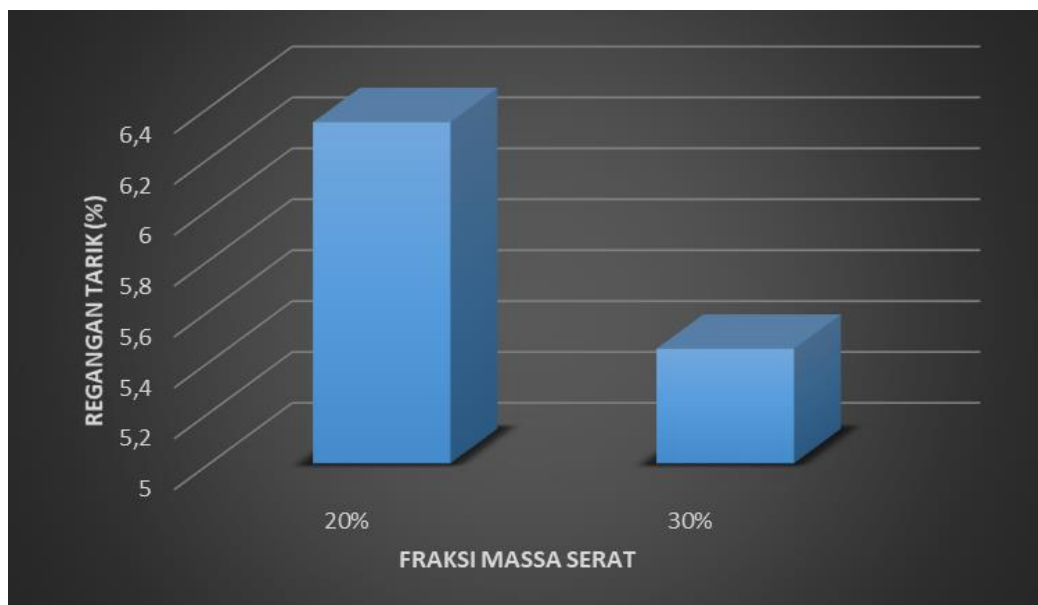
Tabel 1. Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Sesuai ASTM D 3039

Variasi	Lo (mm)	$\Delta L$ (mm)	% EL	%EL rata-rata	Gaya Maksimal (N)	Kekuatan Tarik (N/mm <sup>2</sup> )	Kekuatan Tarik rata-rata (N/mm <sup>2</sup> )
Serat [0°/90°] 20%	150,00	9,41	6,27		1808,35	11,13	
	150,00	9,48	6,32	6,34	1737,74	10,61	11,43
	150,00	9,64	6,43		1789,71	10,76	
Serat [0°/90°] 30%	150,00	7,48	4,98		2291,81	15,81	
	150,00	8,41	5,61	5,45	2250,63	15,52	15,70
	150,00	8,65	5,77		2318,29	15,78	

Dari data pengujian di atas dapat dilihat bahwa spesimen dengan fraksi massa 20% mempunyai nilai kekuatan tarik yang lebih rendah dibandingkan dengan fraksi massa 30%. Namun untuk regangan yang terjadi, fraksi massa 20% memiliki nilai yang lebih tinggi dari fraksi massa 30%. Perbedaan kekuatan tegangan tarik dan regangan tarik yang terjadi pada masing-masing fraksi massa dapat dilihat pada gambar 8 dan gambar 9 berikut.



**Gambar 8.** Grafik Kekuatan Tegangan Tarik



**Gambar 9.** Grafik Regangan Tarik

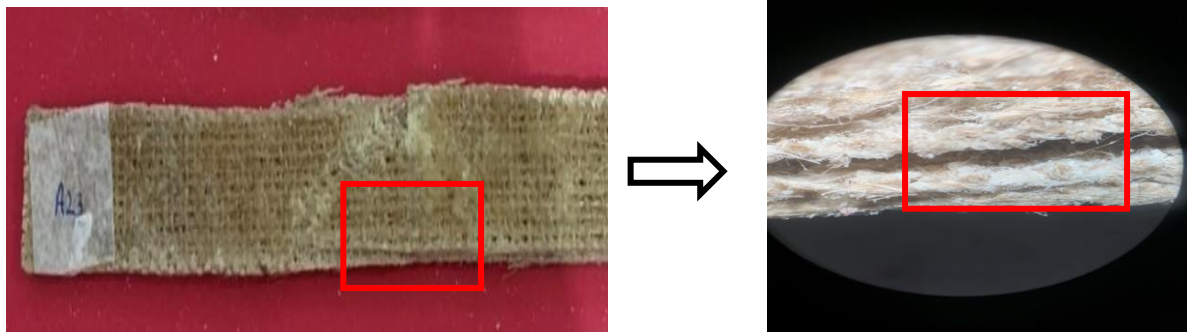
### 3.2. Analisis Hasil Pengujian

Gambar 9 grafik menunjukkan bahwa kekuatan tegangan tarik rata-rata komposit penguat serat rami dengan matriks gondorukem mengalami peningkatan rata-rata tegangan tarik seiring dengan bertambahnya fraksi massa serat. Kenaikan tegangan tarik terjadi dari fraksi massa 20% ke 30%. Kondisi tersebut disebabkan karena jumlah serat dan volume matriks yang meningkat sehingga beban tarik dapat didistribusikan dengan baik. Hasil *trend* yang sama juga disebutkan oleh Muhammad Najib pada tahun 2010 dan Qianqian Han pada tahun 2020. Dalam penelitian tersebut kekuatan tarik komposit berpenguat serat rami dengan matriks polyester mengalami peningkatan rata-rata kekuatan tarik yang disebabkan oleh bertambahnya fraksi massa [18]. Hal tersebut menjadi kebalikan pada nilai regangan tarik, dimana nilai regangan tarik mengalami penurunan seiring bertambahnya fraksi massa serat. Kondisi tersebut dapat dilihat pada Gambar 9. Penurunan nilai regangan tarik terjadi dari fraksi massa serat 20% ke 30%, hal tersebut dapat diartikan dengan bertambahnya nilai fraksi massa serat suatu komposit maka semakin getas material komposit tersebut.

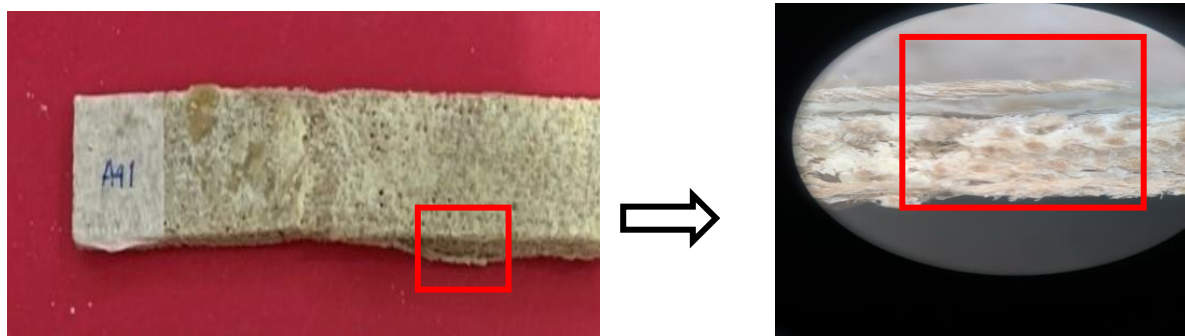
Setelah dilakukan analisa secara visual dan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 300x dapat diketahui beberapa faktor yang mempengaruhi hasil pengujian kekuatan tarik. Pada pengujian ini beberapa komposit matriks gondorukem mengalami kerusakan seperti delaminasi dan *fiber pull out*. Kegagalan delaminasi disebabkan oleh tegangan interlaminer yang tinggi pada masing-masing sudut, maupun terjadi pada pemusatan tegangan pada sebuah



retakan. Penyebaran matriks yang kurang merata karena jumlah matriks gondorukem yang sedikit menjadi penyebab terjadinya delaminasi. Kemudian kerusakan kedua merupakan *fiber pull-out* yang disebabkan oleh ikatan lemah antara serat dan matriks sehingga serat keluar dari ikatan. Pada gambar 10 dan gambar 11 ditunjukkan masing-masing kegagalan yang terjadi pada komposit.



**Gambar 10.** Kegagalan Delaminasi



**Gambar 11.** Jenis Kegagalan *Fiber Pull-Out*

Selain kedua faktor tersebut terdapat faktor lain yang mempengaruhi nilai kekuatan tarik yaitu tidak sempurnanya tahapan pengolesan pada proses fabrikasi yang menggunakan metode *hand lay-up*. Dimana pada tahapan pengolesan tersebut terdapat beberapa bagian yang tidak tertutup matriks gondorukem secara sempurna sehingga terjadi porositas.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terkait pengaruh variasi fraksi massa serat terhadap kekuatan tarik komposit berpenguat serat rami dengan matriks gondorukem diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Variasi fraksi massa serat memiliki pengaruh terhadap kekuatan tegangan tarik komposit berpenguat serat rami dengan matriks gondorukem. Rata-rata kekuatan tegangan tarik fraksi massa 30% lebih tinggi dibandingkan dengan fraksi massa 25%.
2. Jenis kegagalan yang ditemukan pada spesimen uji terdapat 2 jenis yaitu delaminasi dan *fiber pull-out*. Kegagalan delaminasi terjadi disemua spesimen pengujian, hal ini disebabkan karena ikatan antar lapisan yang kurang baik.

#### 5. Daftar Pustaka

- [1] M. Sulaiman and M. H. Rahmat, "Kajian Potensi Pengembangan Material Komposit Polimer Dengan Serat Alam Untuk Produk Otomotif," *Sistem*, vol. 4, no. 1, pp. 9–15, 2018.
- [2] C. Liu, J. Wu, X. Zhou, X. Zhou, Z. Wu, and J. Qu, "Synthesis and properties of poly(dimethylsiloxane)-based non-isocyanate polyurethanes coatings with good anti-smudge properties," *Prog. Org. Coatings*, vol. 163, no. September 2021, 2022, doi: 10.1016/j.porgcoat.2021.106690.
- [3] Q. Han *et al.*, "Poly(butylene succinate) biocomposite modified by amino functionalized ramie fiber fabric towards exceptional mechanical performance and biodegradability," *React. Funct. Polym.*, vol. 146, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.reactfunctpolym.2019.104443.
- [4] C. Kencanawati, N. Suardana, I. K. G. Sugita, and I. W. B. Suyasa, "Karakteristik Fisik dan Mekanik Pine Resin sebagai Matriks dengan Variasi Aditif MEKPO," *Pros. Konf. Nas. Eng. Perhotelan X*, vol. 2019, pp. 21–24, 2019.
- [5] A. Kusumastuti, "Aplikasi Serat Sisal sebagai Komposit Polimer," *J. Kompetensi Tek.*, vol. 1, no. 1, pp. 27–32, 2009.
- [6] K. A. Santhi, C. Srinivas, and R. A. Kumar, "Experimental investigation of mechanical properties of Jute-

- Ramie fibres reinforced with epoxy hybrid composites,” *Mater. Today Proc.*, vol. 39, pp. 1309–1315, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2020.04.368.
- [7] L. G. Angelini and S. Tavarini, “Ramie [*Boehmeria nivea* (L.) Gaud.] as a potential new fibre crop for the Mediterranean region: Growth, crop yield and fibre quality in a long-term field experiment in Central Italy,” *Ind. Crops Prod.*, vol. 51, pp. 138–144, 2013, doi: 10.1016/j.indcrop.2013.09.009.
- [8] B. Murali, B. Vijaya Ramnath, and D. Chandramohan, “Mechanical properties of *Boehmeria nivea* reinforced polymer composite,” *Mater. Today Proc.*, vol. 16, pp. 883–888, 2019, doi: 10.1016/j.matpr.2019.05.173.
- [9] N. P. Marinho, P. H. G. de Cademartori, S. Nisgoski, V. O. de A. Tanobe, U. Klock, and G. I. B. de Muñiz, “Feasibility of ramie fibers as raw material for the isolation of nanofibrillated cellulose,” *Carbohydr. Polym.*, vol. 230, no. November 2019, pp. 1–9, 2020, doi: 10.1016/j.carbpol.2019.115579.
- [10] A. Hadiyane, E. Sulistyawati, W. P. Asharina, and R. Dungani, “A study on production of resin from *pinus merkusii* jungh. Et De vriese in the Bosscha observatory area, west Java-Indonesia,” *Asian J. Plant Sci.*, vol. 14, no. 2, pp. 89–93, 2015, doi: 10.3923/ajps.2015.89.93.
- [11] C. Huang, L. Wang, X. Chen, X. Wei, and J. Liang, “The rising behaviors of single bubbles in stagnant turpentine and pine resin solutions,” *Exp. Therm. Fluid Sci.*, vol. 98, no. December 2017, pp. 170–180, 2018, doi: 10.1016/j.expthermflusci.2018.05.009.
- [12] J. Sirait, *Material Komposit*. Jakarta: Erlangga, 2010.
- [13] 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/201/1/011001.
- [14] S. R. Graham, R. Hodgson, L. Vechot, and M. Iqbal Essa, “Calorimetric studies on the thermal stability of methyl ethyl ketone peroxide (MEKP) formulations,” *Process Saf. Environ. Prot.*, vol. 89, no. 6, pp. 424–433, 2011, doi: 10.1016/j.psep.2011.08.005.
- [15] S. Sigit, “Studi Pencampuran Karet SIR-20 dan Poliester dengan Aspal dalam Pembuatan Genteng Polimer,” Universitas Sumatera Utara, 2013.
- [16] N. B. Shelke, R. K. Nagarale, and S. G. Kumbar, “Polyurethanes,” *Nat. Synth. Biomed. Polym.*, pp. 123–144, 2014, doi: 10.1016/B978-0-12-396983-5.00007-7.
- [17] I. Nemeth, “Hotavvezetekkek hoszigeteles alatti korrozioja elleni vedelem,” *Korroz. Figy.*, vol. 35, no. 2, pp. 36–38, 1995.
- [18] M. NAJIB, “Optimasi Kekuatan Tarik Komposit Serat Rami Polyester,” 2010. [Online]. Available: <https://digilib.uns.ac.id/dokumen/detail/17580/Optimasi-Kekuatan-Tarik-Komposit-Serat-Rami-Polyester>