

PENGARUH FRAKSI MASSA, KOMPOSISI, DAN *TREATMENT* SERAT TERHADAP KEKUATAN UJI TARIK KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT RAMI DENGAN MATRIKS GONDORUKEM

*Haikal Sultan Nauval¹, Sulardjaka², Norman Iskandar²

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

² Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

*E-mail: snhaikal@gmail.com

Abstrak

Terdorong dari permintaan bahan yang ramah lingkungan, untuk mendukung keberlanjutan dan penggunaan material yang murah dan ramah lingkungan, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menginvestigasi kekuatan tarik dari komposit polimer dengan serat rami dalam rangka menciptakan material yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Fabrikasi komposit dilakukan menggunakan metode *hand lay-up* dan *compression molding* dengan variasi fraksi massa serat 20%wt serta variasi fraksi massa dari kandungan plastisizer 20%wt, 15%wt, dan 10%wt pada matriksnya. Selanjutnya, dilakukan perlakuan *treatment* maserasi metil alkohol pada serat yang digunakan sebagai penguat komposit untuk mengevaluasi pengaruhnya terhadap hasil uji kekuatan tariknya. Metode pengujian mengikuti panduan sesuai dengan ASTM D3039 untuk mendapatkan data kekuatan tarik komposit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit dengan kandungan serat dengan fraksi massa serat 20%wt dengan kekuatan tarik rata-rata 19,70 MPa. Penemuan ini berkontribusi dalam pengembangan komposit berperforma tinggi yang berkelanjutan dan berpotensi untuk aplikasi yang beragam dalam industri.

Kata kunci: biokomposit; gondorukem; kekuatan tarik; serat rami; *treatment* serat

Abstract

Driven by the increasing demand for environmentally friendly materials, to supports the sustainability and the usage of economic and green material, this research is conducted with the aims to investigate the tensile strength of polymer composites with ramie fibers to create sustainable and environmentally friendly materials. The composite fabrication was carried out using hand lay-up and compression molding methods with variations of fiber mass fractions at 25% as well as variations of plasticizer content at 20%wt, 15%wt, and 10%wt in the matrix. Subsequently, a methyl alcohol maceration treatment was applied to the reinforcing fibers to evaluate its influence on the tensile strength test results. The testing method followed ASTM D3039 guidelines to obtain composite tensile strength data. The research results showed that the composite with a fiber content of 20%wt fiber mass fraction with average tensile strength of 19.70 MPa. These findings contribute to the development of high-performance, sustainable composites with potential applications in various industries.

Keywords: *biocomposite; fiber treatment; jute fiber; pine resin; tensile strength*

1. Pendahuluan

Peneliti terus bekerja untuk membuat kehidupan manusia lebih mudah dan mengembangkan teknologi baru. Oleh karena itu, permintaan akan bahan-bahan inovatif dan pintar meningkat, dan teknologi baru sering digantikan oleh yang lama. Karena ringan, mudah diolah, dan murah, polimer telah menggantikan bahan konvensional seperti logam dan keramik [1]. Komposit adalah salah satu jenis material yang merupakan hasil dari inovasi yang dilakukan dan terus dikembangkan oleh manusia. Dalam komposit, bahan-bahan digabungkan sehingga kita dapat memaksimalkan manfaatnya dengan mengurangi efek negatifnya. Dengan proses optimisasi ini, desainer dapat menggunakan bahan yang lebih kuat dan lebih ringan untuk memenuhi kebutuhan desain tertentu. Selain itu, karena pembuatan bentuk kompleks mudah, pemikiran ulang yang menyeluruh tentang desain komposit yang sudah ada seringkali menghasilkan solusi yang lebih murah dan lebih baik [2].

Komposit adalah jenis material yang terdiri dari dua atau lebih bahan yang berbeda yang digabungkan secara fisik atau kimia. Bahan-bahan ini dikenal sebagai fase matriks dan fase penguat, dan meskipun masing-masing memiliki karakteristik yang berbeda, mereka bekerja sama untuk menghasilkan material yang memiliki sifat dan kinerja yang berbeda. Jenis dari komposit sendiri terbagi menjadi beberapa jenis umum. Meskipun jenis komposit dengan kaca dan karbon yang diperkuat dengan komposit polimer memiliki sifat termal dan mekanik yang sangat baik, sulit untuk

menemukan metode pembuangan yang tepat hasil proses produksi material tersebut dan menekan biaya yang lebih hemat untuk pembuatannya. Sebagai alternatif untuk komposit serat sintetis, serat alami disarankan untuk digunakan dalam aplikasi penggunaannya karena komposit dengan serat sintetis lebih meningkatkan biodegradabilitas dan mengurangi jejak karbon [3]. Komposit yang mengandung serat alami disebut eco-komposit atau bio-komposit. Serat alami adalah bahan baku yang dapat diperbaharui yang dapat didaur ulang atau terdegradasi secara biologis [4].

Pembuatan komposit serat rami yang telah diberi perlakuan maserasi metil alkohol menggunakan teknik compression molding. Proses pencetakan spesimen ini menggunakan penekan hidrolik. Spesimen dimasukkan ke dalam rongga cetakan, kemudian diberikan tekanan bertenaga hidrolik dan ditambahkan pemanasan.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat berupa data kekuatan tarik dari komposit dengan matriks gondorukem yang sudah dimodifikasi dengan tambahan plasticizer dan berpenguat serat rami yang telah diberikan perlakuan maserasi sehingga dapat digunakan pada industri manufaktur komposit dan mempercepat pengembangan penelitian mengenai serat alam yang ramah lingkungan. Sebagai tambahan, bio-komposit yang dikembangkan ini diharapkan dapat diaplikasikan dan bahan bio-komposit inovatif seperti ini memungkinkan pengurangan biaya dampak lingkungan serta biaya pengelolaan produksi [5].

Pada tugas akhir ini, penelitian melalui eksperimen dan pengujian dilakukan oleh penulis sesuai dengan standar ASTM D3039 untuk mengukur kekuatan yang diperlukan untuk memutuskan spesimen komposit polimer dan sejauh mana spesimen tersebut meregang atau memanjang hingga titik patah. Uji tarik menghasilkan diagram tegangan-regangan, yang digunakan untuk menentukan modulus tarik.

2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1 Serat Rami

Serat rami adalah serat alami yang dihasilkan dari tanaman rami (*Linum usitatissimum*). Serat rami berperan sebagai bahan utama dari penguat komposit yang akan dibuat pada penelitian ini. Serat rami meningkatkan kekuatan, kekakuan, dan ketahanan mekanik secara keseluruhan sehingga cocok untuk digunakan sebagai bahan penguat komposit.

2.2 Gondorukem

Gondorukem adalah bahan utama yang memiliki persentase terbesar pada komposisi matriks yang digunakan pada komposit penelitian ini. Gondorukem sendiri memiliki bentuk awal yang padat sehingga untuk memrosesnya dilakukan penumbukan hingga bentuknya menjadi bubuk, untuk mempercepat ketika dilakukan proses pelelehan.

2.3 Turpentine

Turpentine dalam komposit penelitian ini berfungsi sebagai pelarut sekaligus bahan yang membantu untuk mengencerkan resin gondorukem yang berbentuk bubuk menjadi cair ketika dilelehkan pada pemanasan.

2.4 Katalis MEKPO

Katalis MEKPO (Metil Etil Keton Peroksida) pada penelitian ini berfungsi sebagai *hardener* pada spesimen komposit. Katalis ini juga berfungsi untuk mempercepat polimerisasi yang terjadi pada struktur komposit dalam kondisi suhu ruangan dan tekanan atmosfer.

2.5 Plastisizer

Menambahkan zat plastisizer dapat meningkatkan karakteristik mekanik yang lebih tinggi dari komposit. Dengan demikian, komposit akan memiliki sifat-sifat mekanik yang lebih unggul berkat penggunaan plastisizer [6].

2.6 Metil Alkohol

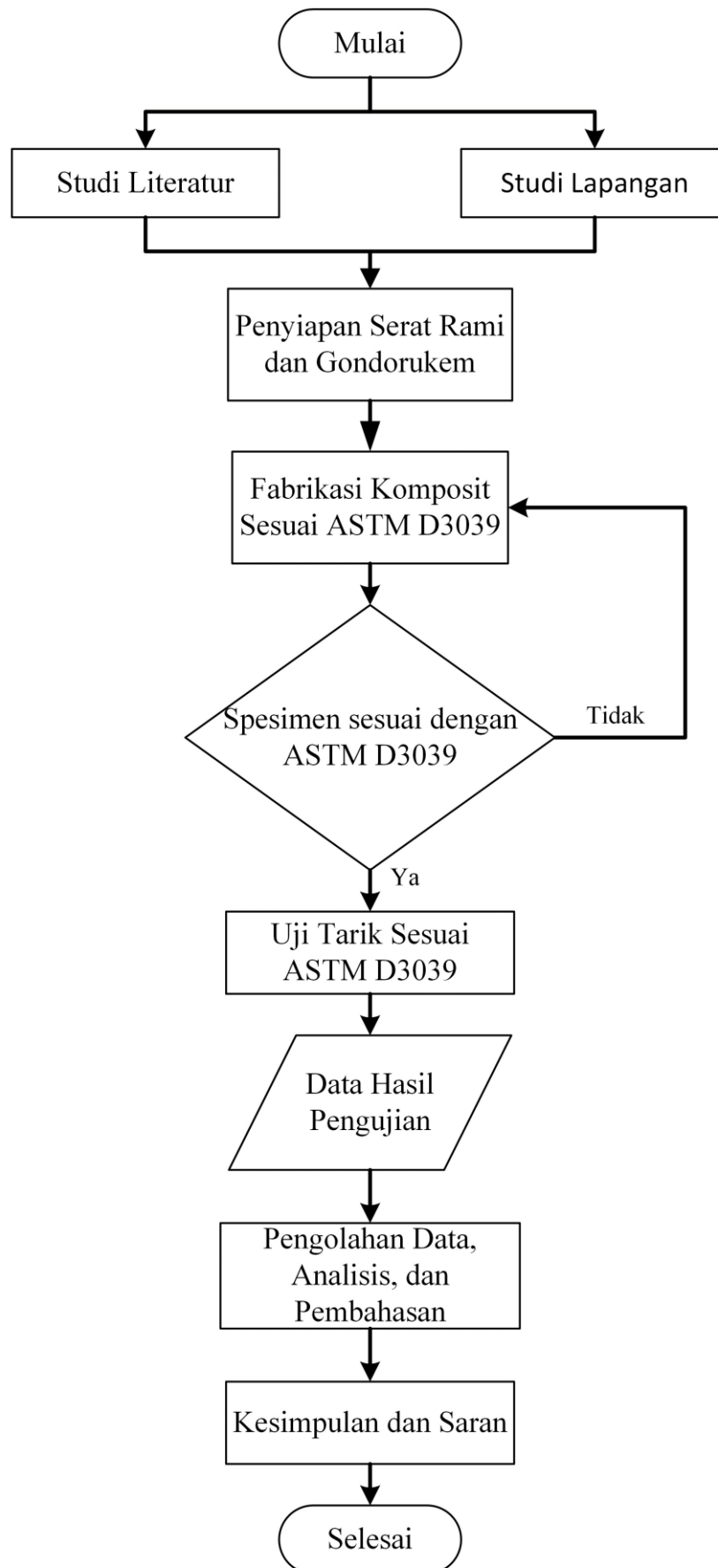
Metil alkohol atau metanol merupakan senyawa kimia dengan rumus kimia CH_3OH yang digunakan untuk *treatment* serat rami. kekuatan tarik dari serat yang dapat ditingkatkan dengan memberikan perlakuan maserasi perendaman metanol [7].

2.7 Aquades

Air aquades merupakan air dari hasil penyulingan atau biasa disebut dengan proses distilasi atau biasa juga disebut dengan air murni. Aquades pada penelitian ini digunakan sebagai bahan campuran dari plastisizer karena sifatnya yang memang dimanfaatkan sebagai pelarut bahan-bahan kimia.

2.8 Alur Penelitian

Penelitian dibagi menjadi tiga tahap yaitu tahap persiapan, tahap pelaksanaan, dan tahap pengujian. Diagram alir dari penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.9 Fabrikasi Komposit

a. Tahap Persiapan Alat dan Bahan

Sebelum penelitian dimulai, perlu adanya persiapan alat dan bahan yang akan dibutuhkan untuk menunjang berjalannya proses pembuatan spesimen komposit. Adapun peralatan yang dibutuhkan diuraikan sebagai berikut.

- *Magnetic Stirrer*
- Timbangan Digital
- Kaca
- Sendok
- Teflon
- Gelas Plastik
- Lakban
- Gunting
- Mortar dan alu
- Skrap besi
- Sarung tangan
- Cutter
- Cetakan
- Mesin *Hotpress*
- Gelas beaker
- *Vernier caliper*
- *Aluminium foil*
- *Universal testing machine*

Sedangkan untuk bahan yang dibutuhkan pada penelitian ini diuraikan sebagai berikut.

- Serat rami
- Gondorukem
- *Turpentine*
- Katalis MEKPO
- Pati jagung
- Gliserol
- Aquades
- Metil alkohol
- Pelumas

b. Tahap Perlakuan Serat Rami

Setelah persiapan alat dan bahan, akan dilakukan proses perlakuan atau *treatment* yang dipilih oleh penulis adalah maserasi dengan metil alkohol, berikut adalah langkah-langkah *treatment* yang dilakukan pada serat rami.

- Pra-perendaman:

Serat masukkan kedalam proses pencucian awal menggunakan aquades untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang dapat menghambat proses maserasi seperti debu, pasir, dan lain sebagainya. Lalu setelah itu dilakukan proses pendiaman dari proses pencucian awal sebelumnya untuk menghilangkan kelembaban yang berlebihan dan mempersiapkan serat untuk proses maserasi.

- Perendaman dalam metanol

Serat direndam dalam metanol murni atau larutan metanol dalam waktu yang ditentukan. Larutan metanol dapat digunakan untuk mengatur konsentrasi dan memfasilitasi proses ekstraksi. Serat rami direndam hingga tenggelam oleh larutan metil alkohol.

- Periode maserasi

Serat dibiarkan merendam dalam metanol selama periode waktu tertentu, Lama perendaman dapat bervariasi tergantung pada jenis serat dan tujuan ekstraksi. pada penelitian kali ini penulis merendam selama dua jam untuk mempercepat proses maserasi. Proses ini memungkinkan metanol untuk melarutkan senyawa-senyawa yang terikat pada serat.

- Pencucian

Setelah periode maserasi selesai, serat dicuci secara menyeluruh dengan pelarut lain, pada penelitian ini penulis menggunakan aquades, untuk menghilangkan residu metanol dan senyawa-senyawa terlarut lainnya.

- Pengeringan

Tahapan terakhir setelah diberikannya perlakuan maserasi pada serat adalah pengeringan, pasca dibersihkannya dan dibilasnya serat dari sisa proses yang dilakukan sebelumnya hingga tidak ada perubahan warna pada air pembilasan. Selanjutnya serat perlu dikeringkan paling tidak selama 24 jam di bawah sinar matahari hingga benar-benar kering dan akhirnya dapat digunakan sebagai penguat dari komposit polimer.

Setelah dilakukannya proses maserasi metanol, maka serat disusun rapi dengan dimensi panjang 27 cm dan lebar 20 cm. Serat yang telah tersusun rapi dapat diperhatikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Serat yang Telah Disusun

c. Tahap Pembuatan Komposit Metode *Hand Lay-up*

Hand lay-up adalah teknik pencetakan yang digunakan dalam metode open molding untuk menciptakan komposit. Ini adalah bentuk *open molding* yang paling sederhana dan tradisional [8]. Pada penelitian ini, untuk membuat spesimen komposit metode pertama yang harus dilakukan adalah *hand lay-up*. Berikut adalah tahapan proses pembuatan komposit dengan metode *hand lay-up*.

Pada awalnya, dilakukan tahapan pengolesan oli di atas kaca yang akan digunakan pada proses pengolesan metode *hand lay-up* pada spesimen komposit yang akan dibuat. Hal ini dilakukan untuk mencegah adanya tetesan cairan matriks antara spesimen dan kaca yang menyebabkan lengketnya spesimen dan sulitnya proses pengangkatannya spesimen setelah dioles. Pengolesan oli juga dilakukan pada skrap yang akan digunakan guna memudahkan penggunaannya saat mengoleskan oli pada serat.

Setelah dilakukannya persiapan awal, hal yang selanjutnya perlu dilakukan adalah menyiapkan matriks yang akan dioleskan pada serat. Matriks yang dibuat pada penelitian ini adalah hasil gabungan komposisi dari gondorukem, *turpentine*, katalis MEKPO, serta cairan plasticizer (gabungan antara pati jagung, aquades, dan gliserol) yang telah disiapkan pada tahap sebelumnya sesuai dengan fraksi massa yang telah ditentukan dan ditimbang sebelumnya. Semua bahan ini dimasukkan ke dalam teflon yang dipanaskan oleh *magnetic stirrer* yang pada sudah mendapat pemanasan awal hingga mencapai suhu 90°C selama 10 menit.

Bahan pertama yang dimasukkan adalah butiran gondorukem yang telah dihaluskan dengan cara ditumbuk, saat gondorukem telah dimasukkan, maka suhu yang memanaskan teflon dinaikkan hingga 110°C dan didiamkan hingga gondorukem mulai meleleh. Saat gondorukem mulai meleleh, masukkan *turpentine* dan campur secara merata dan suhu dinaikkan hingga 130°C hingga seluruh gondorukem mencair. Bahan yang selanjutnya dimasukkan adalah cairan plasticizer yang kemudian diaduk secara merata hingga cairan seluruhnya tercampur dan warnanya berubah, kemudian suhu dinaikkan kembali hingga 160°C sembari dimasukkannya cairan katalis MEKPO. Tunggu hingga ada uap dari *turpentine* dan matriks kemudian siap untuk dioleskan pada serat.

Tahap selanjutnya yang dilakukan setelah selesainya proses persiapan matriks adalah pengolesan matriks ke serat yang telah disiapkan. Tahap pengolesan matriks ini merupakan salah satu tahapan penting pada metode *hand lay-up*. Matriks yang telah mencair, akan dituangkan ke bagian atas serat menggunakan sendok, dan kemudian akan diratakan ke sepanjang serat menggunakan skrap. Pengolesan dilakukan dengan kondisi kedua ujung dari serat ditarik agar serat merenggang dan posisinya tidak bergeser. Arah pengolesan adalah secara vertikal satu arah dan dilakukan dengan sedikit penekanan agar meliputi serat hingga merata. Proses pengolesan matriks menggunakan metode *hand lay-up* dapat diperhatikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Proses Pengolesan Matriks Menggunakan Metode *Hand Lay-up*

Setelah satu lapisan dari serat telah teroleskan oleh cairan matriks dengan merata, maka proses akan dilanjutkan dengan menambah lapisan serat tepat diatas lapisan serat yang telah dioles cairan matriks hingga menempel. Kemudian proses yang sama dilakukan hingga cairan matriks di atas serat lapisan yang baru merata hingga lapisan serat di bawahnya. Proses ini dilakukan berulang lapis demi lapis sesuai dengan banyaknya lapisan yang diinginkan pada satu variasi. Hasil dari pembuatan komposit metode *hand lay-up* ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Pengolesan Matriks pada Serat Rami

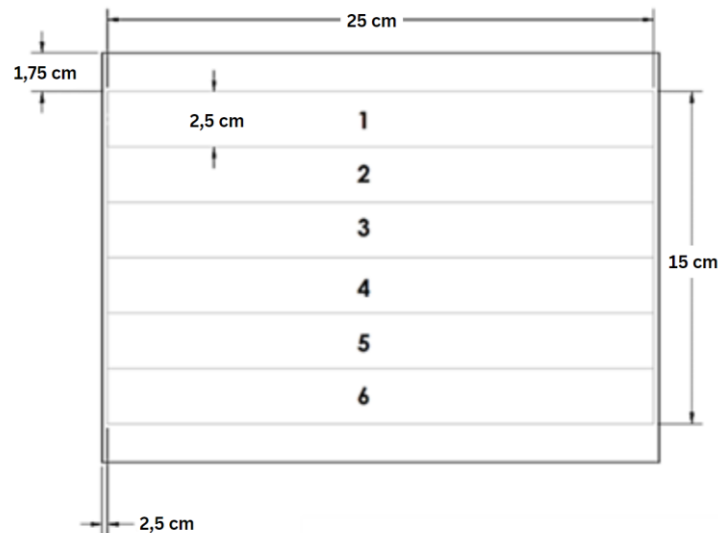
d. Tahap Compression Molding

Tahap selanjutnya setelah spesimen telah siap akan dipotong sesuai dengan dimensi cetakan dari kompresi. Spesimen juga dibungkus dengan aluminium foil demi menghindari sulitnya spesimen dikeluarkan dari cetakan setelah proses kompresi akibat lengket jika tidak dibungkus. Aluminium foil yang digunakan untuk membungkus spesimen juga sebelumnya diolesi dengan wax guna menghindari risiko menempelnya spesimen yang telah dikompresi dengan aluminium foil yang digunakan itu sendiri.

Setelah persiapan dari kompresi, pemotongan dan pembungkusan spesimen, telah dilakukan, spesimen akan menjalani proses compression molding menggunakan mesin hot press. Spesimen yang telah dibungkus akan dimasukkan ke dalam cetakan dari hot press, ditutup, dan diletakkan pada posisi tempat cetakan akan ditekan sembari dipanaskan. Sebelum proses kompresi dimulai, alat penekan pada mesin hot press akan dipanaskan terlebih dahulu dengan mengatur temperaturnya hingga 60°C. Setelah indikator suhu pada mesin sudah menunjukkan suhu mencapai 60°C, maka tekanan akan dikenakan pada cetakan. Dongkrak hidrolik digunakan untuk menggerakkan penekan pada mesin hingga menekan cetakan. Setelah tekanan maksimal dikenakan, ditandai dengan beratnya dongkrak hidrolik untuk digerakkan, maka kondisi tersebut akan ditahan selama 3 menit agar matriks yang terdapat di dalam cetakan meleleh kembali dan mengisi ruang membentuk cetakan sembari di kompresi. Setelah itu, barulah penekan dapat diangkat dan cetakan dapat dibuka agar spesimen yang telah terkompresi dapat dikeluarkan dari cetakan.

e. Tahap Pemotongan Komposit

Setelah tahap kompresi dan spesimen berhasil dibuat, maka tahapan akan dilanjutkan dengan tahap pemotongan. Demi mendapatkan hasil spesimen yang rapi dan presisi mengikuti standar dimensi ASTM D-3039 yang telah ditentukan, maka digunakan metode pemotongan laser jet cutting. Adapun dimensi dari pemotongan yang akan dilakukan pada sebuah spesimen yang telah dibuat dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Dimensi Pemotongan Spesimen

2.10 Pengujian Tarik

Uji tarik dilakukan pada material dengan menerapkan beban tarik pada bahan tersebut. Dengan memberikan beban tarik, kita dapat menganalisis karakteristik material dan memperoleh sifat-sifat mekanik dari material tersebut [9]. Uji tarik dengan standar D 3039 untuk pengujian tarik komposit digunakan pada penelitian ini. Pada pengujian ini diperoleh nilai kekuatan tarik maksimum dan regangan tarik sesuai dengan persamaan 1 dan 2 berikut.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Keterangan:

σ = tegangan (N/mm²)

F = beban yang diberikan (Newton)

A = luas penampang (mm²)

$$e = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \quad (2)$$

Keterangan:

E = Regangan

L_1 = Panjang benda setelah mengalami pengujian (mm)

L_0 = Panjang benda saat keadaan awal (mm)

Pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro menggunakan *Universal Testing Machine* menggunakan standar ASTM D 3039 dengan kecepatan 2 mm/ detik [10].

3. Hasil dan Pembahasan

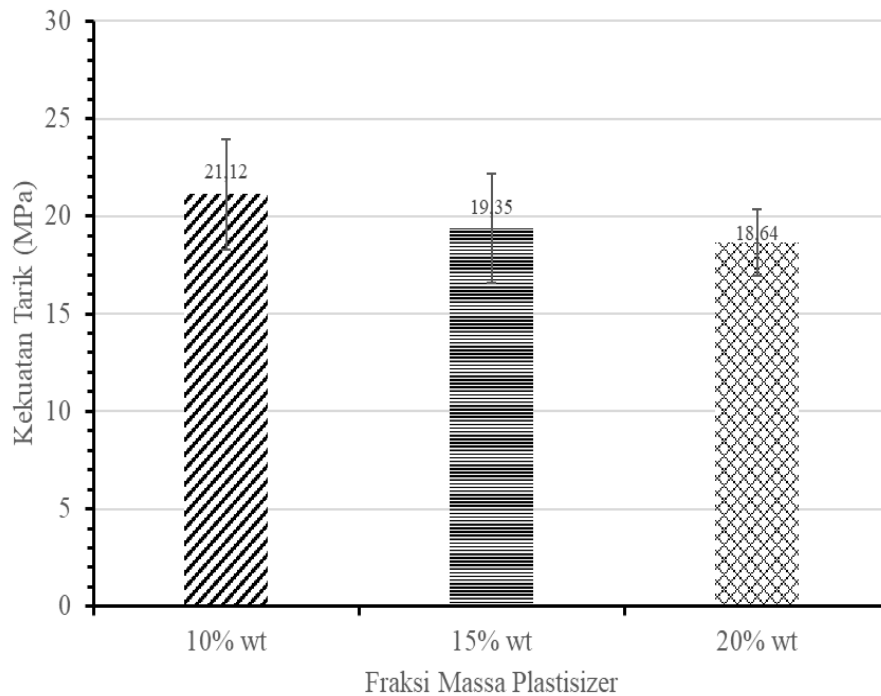
3.1 Hasil Pengujian Kekuatan Tarik

Data hasil dari pengujian tarik sesuai dengan ASTM D 3039 pada komposit berpenguat serat rami dan matriks gondorukem yang ditambahkan cairan plastisizer ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Tarik Spesimen Sesuai ASTM D3039

Variasi		A (mm ²)	Gaya Maksimal (kN)	Kekuatan Tarik (Mpa)	Kekuatan Tarik Rata-rata (Mpa)	%EL (%)	Rata-rata EL (%)
Serat	Plastisizer						
20% wt	10% wt	70,78	1,5	21,12	21,12	0,071	0,066
		70,78	1,3	18,30		0,061	
		70,78	1,7	23,94		0,066	
	15% wt	62,00	1,3	20,96	19,35	0,086	0,077
		62,00	1,0	16,12		0,072	
		62,00	1,3	20,96		0,072	
	20% wt	59,00	1,0	16,94	18,64	0,060	0,064
		59,00	1,1	18,64		0,065	
		59,00	1,2	20,33		0,068	

Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit dengan kandungan serat dengan fraksi massa serat 20% wt dengan fraksi massa plastisizer 10% wt, 15% wt, dan 20% wt kekuatan tarik rata-ratanya berturut-turut adalah 21,12 MPa, 19,35 MPa, dan 18,64 MPa dengan kekuatan tarik rata-rata dari ketiga variasi tersebut adalah 19,70 MPa. Grafik dari perbedaan kekuatan tarik pada tiap variasi dapat diperhatikan pada Gambar 6.



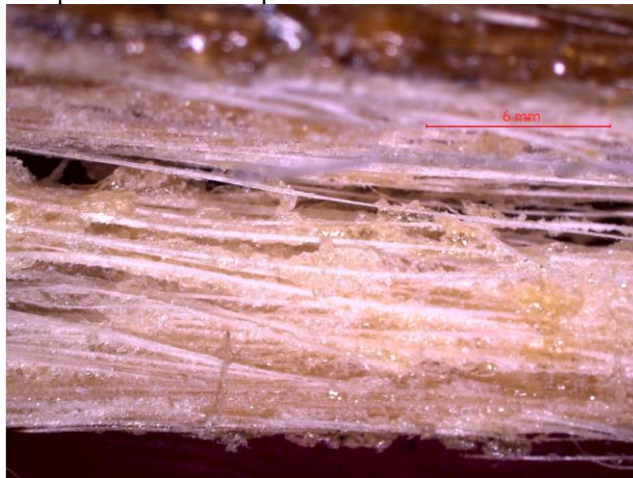
Gambar 6. Grafik Perbandingan Kekuatan Tarik pada Tiap Variasi Spesimen

3.2 Analisis Hasil Pengujian

Gambar 6 grafik memperlihatkan perbedaan kekuatan tarik rata-rata komposit dengan penguat serat rami yang telah diberikan perlakuan maserasi metil alkohol dan matriks gondorukem yang ditambahkan cairan plastisizer. Terjadi penurunan rata-rata kekuatan tarik seiring penambahan fraksi massa dari cairan plastisizer yang ditambahkan pada campuran cairan matriksnya dari 10% wt, 15% wt, dan 20% wt. hal tersebut dikarenakan cairan plastisizer yang ditambahkan menambah keuletan dari material namun mengurangi kekuatan tarik dari komposit. Sedangkan pada regangan, hasil tertinggi didapat pada fraksi massa plastisizer 15% wt dimana menunjukkan bahwa titik ini menjadi ambang batas penambahan plastisizer karena ketika ditambahkan cairan plastisizer lebih banyak pada fraksi massa terhadap cairan gondorukemnya, kembali terjadi penurunan nilai regangan pada komposit.

Setelah dilakukannya foto makro pada spesimen komposit yang telah dibuat, terdapat beberapa kegagalan pada beberapa spesimen. Hal ini ditunjukkan pada komposit dengan fraksi massa serat 20% wt dan plastisizer 20% wt. Hal ini awalnya disebabkan delaminasi yang ditemukan pada komposit yang telah dibuat, dapat dilihat pada foto makro dari

spesimen pada Gambar 7. Delaminasi disebabkan oleh ikatan yang terbentuk antara penguat dan matriks berbentuk homogen. Kegagalan jenis ini menyebabkan spesimen komposit patah menjadi lapisan terpisah. Kemudian jenis kegagalan yang terjadi adalah *fiber pull-out* diikuti dengan pecahnya matriks pada spesimen komposit. Pecahnya matriks dan jenis kegagalan *fiber pull-out* ini dapat dilihat lebih jelas pada foto makro yang diambil pada spesimen dengan fraksi massa serat 20% wt dan plastisizer 20% wt pada Gambar 8.



Gambar 7. Kegagalan Delaminasi



Gambar 8. Matriks pecah pada dan Jenis Kegagalan *Fiber Pull-out*

Adapun faktor lain yang memengaruhi kekuatan tarik adalah terjadinya ketidaksempurnaan pengolesan matriks pada saat proses fabrikasi komposit dengan metode *hand lay-up*. Dimana tahapan pengolesan tersebut menyebabkan tidak tertutupnya serat dengan matriks sehingga terjadi porositas pada komposit.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil penelitian yang telah dijalankan untuk mengetahui pengaruh fraksi massa serat dan plastisizer terhadap kekuatan tarik dari spesimen komposit berpenguat serat rami dengan matriks gondorukem adalah sebagai berikut.

1. Komposit berpenguat serat rami dengan matriks gondorukem yang ditambahkan plastisizer telah berhasil dibuat, dengan metode *hand lay-up* dan *compression molding*, dengan perolehan data hasil yang jelas.

2. Didapat bahwa hasil penambahan kandungan plastisizer pada matriks memiliki pengaruh terhadap kekuatan tarik dari komposit dimana terjadi tren penurunan pada grafik seiring penambahan fraksi massa dari kandungan plastisizer di dalam cairan matriks.
3. Didapat pada hasil penelitian ini, bahwa fraksi massa 20% wt dengan fraksi massa plastisizer pada matriks 10% wt, 15% wt, dan 20% wt berturut-turut memiliki nilai kekuatan tarik sebesar 21,12 Mpa, 19,35 MPa, dan 18,64 Mpa.

5. Daftar Pustaka

- [1] Mittal, G., Rhee, K. Y., Mišković-Stanković, V., & Hui, D., 2002, “*Reinforcements in multi-scale polymer composites: Processing, properties, and applications*,” 138: 122-139.
- [2] Harris, B., 1999, “*ENGINEERING COMPOSITE MATERIALS*,” London, England.
- [3] Balasubramanian, M., Loganathan, T. G., & Srimath, R., 2021, “An overview: characterization of natural fiber reinforced hybrid composites,” *World Journal of Engineering*
- [4] Ashby, M., Shercliff, H., Cebon, D., 2014, “*Materials: Engineering, Science, Processing and Design*,” Department of Engineering, University of Cambridge, UK
- [5] Cali, M., Pascoletti, G., Gaeta, M., Milazzo, G., & Ambu, R., 2020, “*New filaments with natural fillers for FDM 3D printing and their applications in biomedical field. Procedia Manufacturing*,” 51 : 698-703.
- [6] M. Luangtana-anan et al., 2017, “*Enhancement of Moisture Protective Properties and Stability of Pectin through Formation of a Composite Film: Effects of Shellac and Plasticizer*,” *Journal of food science*, 82 12: 2915-2925.
- [7] Yao, L., Haas, T. W., Guiseppi-Elie, A., Bowlin, G. L., Simpson, D. G., Wnek, G. E., 2003, “*Electrospinning and stabilization of fully hydrolyzed poly(vinyl alcohol) fibers*,” 9 : 1860–1864.
- [8] Kuppusamy, R. R. P., Rout, S., Kumar, K., 2020, “*Chapter one - Advanced manufacturing techniques for composite structures used in aerospace industries*,” Woodhead Publishing, p. 3–12.
- [9] Kalpakjian, S. and S. R. S., 2009, ‘*MANUFACTURING ENGINEERING Illinois Institute of Technology*’, Chapter 31 p. 900-921.
- [10] I. Nemeth, “*Hotavvezetekek hozsigeteles alatti korrozioja elleni vedelem*,” *Korroz. Figy.*, vol. 35, no. 2, pp. 36–38, 1995.