

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

*Vegy Panca Aesha¹, 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: vegypanca99@gmail.com

Abstrak

Kesadaran akan pentingnya lingkungan dan pembangunan keberlanjutan disektor industri manufaktur, telah memicu minat untuk menggunakan serat penguat alami dan matriks alami dalam pembuatan komposit biodegradable. Komposit ini juga bisa disebut greencomposit yang ramah lingkungan. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat komposit dari serat rami dan matriks gondorukem, serta untuk mengetahui pengaruh fraksi massa serat terhadap kekuatan tarik. Variasi fraksi massa serat yang digunakan adalah 15%, dan 30%. Pada penelitian ini, dilakukan percobaan dengan menggunakan dua proses pembuatan yaitu hand lay-out diikuti dengan compression moulding. Metode pengujian dilakukan sesuai dengan ASTM D 3039. Komposit berhasil dibuat, namun pada spesimen dengan fraksi massa 30%, matriks tersebar tidak sempurna, dan masih ada void dalam komposit. Hasil uji tarik menunjukkan bahwa kekuatan tarik komposit mengalami peningkatan kekuatan tarik rata-rata ketika fraksi massa meningkat sampai batas tertentu kemudian akan turun. Peningkatan kekuatan tarik dari 162,27 MPa pada fraksi massa 15%, dan 244,35 MPa pada fraksi massa 30%. Patahan yang terjadi merupakan patahan brush type, disertai dengan, serat terlepas dari matriks yang pecah (debonding), fiber pull out, dan delaminasi.

Kata kunci: fraksi massa; gondorukem; greencomposite; kekuatan tarik; serat rami

Abstract

Awareness of the importance of the environment and sustainable development in the manufacturing industry sector, has sparked interest in using natural reinforcing fibers and natural matrices in the manufacture of biodegradable composites. These composites can also be called greencomposites which are environmentally friendly. The purpose of this research is to make composites from ramie fiber and gondorukem matrix, and to determine the effect of fiber mass fraction on tensile strength. The fiber mass fraction variations used were 15%, and 30%. In this research, experiments were conducted using two manufacturing processes, namely hand lay-out followed by compression molding. The test method was conducted in accordance with ASTM D 3039. The composites were successfully made, but in specimens with mass fractions of 30%, the matrix was incompletely dispersed, and there were still voids in the composites. The tensile test results showed that the tensile strength of the composites had an increase in average tensile strength when the mass fraction increased to a certain extent then it will go down. The increase in tensile strength was 162.27 MPa at 15% to 244.35 MPa at 30% mass fraction. The fracture that occurs is a brush type fracture, accompanied by, fiber detachment from the broken matrix (debonding), fiber pull out, and delamination.

Keywords: gondorukem; greencomposite; mass fraction; ramie fiber; tensile strength

1. Pendahuluan

Dalam beberapa tahun terakhir, telah terjadi peningkatan kesadaran akan pentingnya lingkungan dan kesadaran akan pentingnya pembangunan berkelanjutan disektor industri manufaktur. Sehingga meningkatkan minat untuk menggunakan serat alam sebagai penguat dalam matriks polimer menggantikan serat sintetis. Sejumlah penelitian juga sudah dilakukan, untuk mengkaji serat alam dalam komposit polimer. Hasilnya menunjukkan pemanfaatan serat alami memiliki potensi, walaupun sifatnya tidak sebaik serat sintetis [1]. Pada perkembangannya pemanfaatan komposit alami diyakini akan mengalami banyak kenaikan sehubungan dengan tuntutan pelestarian lingkungan yang terus menjadi besar. Perihal ini didukung oleh kebijakan pemerintah ke arah pemanfaatan beberapa barang yang berasal dari sumberdaya terbarukan serta biodegradable. Saat ini ini banyak dikembangkan komposit alami di mana sebagian kategori serat natural semacam rami, bambu, pisang, kelapa sawit, serta yang lainnya. Bahan tersebut difungsikan sebagai serat yang bisa digunakan diberbagai bidang [2]. Komposit ramah lingkungan yang biasa

disebut greencomposite, merupakan material komposit yang terbuat dari gabungan resin alami dengan penguat yang juga dari alam [3].

Awal penerapan material komposit baru dimulai pada tahun 1970-an. Saat ini, material komposit sudah banyak digunakan dalam jumlah besar diberbagai industri seperti industri pesawat terbang, peralatan olah raga, kapal, jembatan mobil, bangunan, termasuk juga pada industri luar angkasa [4]. Komposit terdiri dari dua elemen yang terpisah, yaitu matrik sebagai bahan pengisi atau pengikat serat yang menahan fase penguat dan mentransfer beban. Bahan penguat adalah fase kedua dan bahan yang terkandung dalam matriks. Tujuan utama reinforcement adalah untuk mengetahui sifat-sifat material komposit, seperti: Kekakuan, kekuatan dan sifat mekanis lainnya, karena penguat digunakan untuk menahan sebagian besar gaya yang bekerja pada bahan komposit. Fungsi matriks sendiri adalah untuk melindungi dan mengikat penguat agar dapat berfungsi dengan baik terhadap gaya-gaya yang dihadapi. Bahan penguat digunakan untuk material yang kuat, kaku dan getas, sedangkan material matriks digunakan untuk material yang keras, lunak dan tahan terhadap perlakuan kimia [5].

Rami (*Boehmeria nivea*) merupakan salah satu jenis tumbuhan berserat yang tumbuh subur di Indonesia, misalnya di daerah Wonosobo di Jawa Tengah dan Garut di Jawa Barat. Produk serat rami digunakan sebagai bahan kertas dan tekstil. Produksi rami 100 ribu ton per tahun, lebih banyak dari produksi serat abaka yang hanya 70 ribu ton per tahun. Serat rami diperoleh dari alam memiliki potensi pengembangan dan juga memenuhi kriteria penggunaan bahan alam dari segi kekuatan [6].

Penggunaan resin pinus sebagai matriks alami didasarkan pada sifat-sifatnya, yang meliputi daya rekat dan hidrofobisitas yang cukup baik sehingga cocok untuk digunakan dalam pembuatan komposit rekayasa. Resin pinus dibuat dengan menyadap batang pohon pinus dan ketika getah itu dipanaskan, kandungan terpenin dalam getah menguap meninggalkan residu getah. Penelitian yang dilakukan Penelitian yang [7] getah pinus memiliki density sebesar 1,1 gr/cm³, dan softening point pada temperatur antara 650 sampai dengan 750C.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh [8], menggunakan serat blue agave fiber (BAF) dan matriks poliester tak jenuh dengan etil keton peroksida (MEKPO) sebagai katalis pengawet dan kobalt naptanat sebagai akselerator. Mereka menjelaskan bahwa kekuatan mekanik komposit semakin meningkat seiring dengan meningkatnya kandungan serat dalam komposit sampai tingkatan tertentu, dan setelah itu terjadi penurunan. Pengujian tarik komposit berpenguat serat rami dengan matriks poliester menunjukkan bahwa peningkatan fraksi volume mengakibatkan peningkatan kekuatan tarik, namun kelebihan serat dapat memberikan pengaruh negatif terhadap nilai kekuatan tarik yaitu penurunan nilai kekuatan tarik [9].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan tarik serat rami dengan matriks Gondorukem. Variabel yang mempengaruhi kuat tarik pada penelitian ini adalah persentase massa antara serat rami dan matriks gondorukem. Variabel ini merupakan acuan penting untuk menentukan sifat mekanik serat rami. Selain itu, penelitian ini juga berfungsi untuk membandingkan hasil penelitian dengan penelitian sebelumnya.

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kekuatan tarik serat rami dengan matriks gondorukem dan mempercepat pengembangan serat alami dan resin alam dalam industri manufaktur komposit. Selain itu, penelitian ini juga dapat mengetahui hasil penerapan teknologi atau metode pembuatan material komposit, dan diharapkan dapat dikembangkan lebih lanjut..

2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1. Bahan

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

a. Serat Rami

Serat rami berasal dari tanaman rami (*Boehmeria nivea*) anggota Urticaceae family dan merupakan tanaman yang menghasilkan serat dari kulit pohon. Serat merupakan salah satu serat alami yang memiliki kekuatan yang tinggi. Karena sifat kristalinitas molekul yang tinggi, rami menjadi kaku dan rapuh, serta mudah pecah jika dilipat pada area yang sama berulang kali, dan tidak memiliki perpanjangan yang rendah [10].

b. Gondorukem

Gondorukem (resina colophnium) adalah hasil pengolahan destilasi uap getah sadapan batang pinus (oleoresin) selain minyak terpentin [11]. Gondorukem memiliki sifat fisik dan sifat kimia seperti, pada suhu kamar gondorukem berbentuk padat berwarna kuning kecoklatan, merah bahkan ada yang berwarna gelap, tergantung dari sumber dan proses pengolahannya. Pada suhu kamar gondorukem sangat rapuh, mudah hancur dengan sedikit tekanan. Memiliki bau dan rasa terpentin, mudah larut dalam pelarut organik seperti: etil alcohol, etil eter, Spiritus mineral dan benzene, namun tidak larut dalam air. Gondorukem mulai meleleh pada suhu 45–77°C dan diatas suhu tersebut akan mencair [12].

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.

e. Pelumas

Pelumas yang digunakan dalam proses pembuatan kali ini adalah wax dan oli. Wax dan oli digunakan untuk melumasi permukaan cetakan, agar pengangkatan material komposit mudah dilakukan.

2.2. Alat

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

- a. Mortar dan Alu
- b. Teflon
- c. Kaca
- d. Lakban dan Selotip Kertas
- e. Gelas Plastik
- f. Gunting
- g. Timbangan Digital
- h. Kompor Listrik
- i. Skrap Besi
- j. Sarung Tangan
- k. *Cutter*
- l. Cetakan
- m. Alat *Hot Press*
- n. Jangka Sorong
- o. Aluminium Foil
- p. *Universal Testing Machine*

2.3. Proses Pembuatan Komposit

Pada penelitian kali ini, pembuatan komposit dilakukan menggunakan dua metode yaitu hand lay-up dan Compression molding. Untuk mengurangi void yang ada pada komposit yang dibuat dengan metode hand lay-up, maka dilakukan metode compression molding. Tahapan proses pembuatan komposit berpenguat serat rami dengan metode hand lay-up dan compression molding adalah sebagai berikut.

a. Tahap Persiapan Alat dan Bahan

Tahap pertama adalah menyusun serat rami yang masih dalam bentuk serabut, untuk dibersihkan dan dirapikan. Setelah dirapikan serat kemudian dipotong dengan panjang yang sama sesuai kebutuhan. Kemudian serat disusun dengan rapi diatas kaca yang sebelumnya telah diberi selotip pada ke dua sisi dari kaca. Serat disusun dengan spesifikasi panjang 27 cm dan lebar 20 cm. Setelah selesai menyusun serat, untuk menjaga serat tetap rapi selotip ditambahkan lagi diatasnya. Serat yang telah rapi kemudian diukur kembali dengan dilebihkan lima centimeter untuk dua sisi luar dari serat, ini dilakukan untuk memudahkan pemegangan dan menarik serat agar serat tetap rapi saat proses pengolesan matriks. Serat yang telah tersusun rapi dapat dilihat pada Gambar 1.

Kemudian Gondorukem yang dalam bentuk padatan dihaluskan menggunakan mortal dan alu. Gambar 2. merupakan Gondorukem yang telah dihaluskan.



Gambar 1. Penyusunan serat rami



Gambar 2. Gondorukem yang dihaluskan

b. Tahap Pembuatan Komposit *Hand Lay-up*

Pada tahap ini oli dioleskan diatas kaca yang sudah dipersiapkan. Pengolesan ini bertujuan untuk memudahkan proses pengangkatan spesimen komposit dari kaca. Selain kaca oli juga dioleskan pada skrap, hal ini dilakukan untuk mempermudah proses pengolesan matriks pada serat.

Tahap selanjutnya adalah dengan mempersiapkan matriks. Matriks merupakan gabungan antara gondorukem, thinner, dan katalis MEKPO yang sebelumnya sudah ditimbang dan ditentukan, sesuai dengan fraksi massa serat yang telah ditetapkan. Selanjutnya ketiga bahan tersebut kemudian dituangkan pada teflon yang dipanaskan diatas kompor listrik. Tahap ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Proses mencairkan campuran matriks gondorukem

Proses pengolesan matriks yang telah mencair ke atas lapisan serat rami merupakan inti dari metode hand lay-up. Matriks yang dioleskan kemudian diratakan keseluruh permukaan serat dengan menggunakan skrap. Pada saat pengolesan kedua ujung serat ditarik, supaya serat benar-benar lurus dan matriks dapat teroleskan dengan merata. Setelah seluruh permukaan lapisan telah rata oleh matriks, kemudian diletakkan lapisan serat kedua di atas lapisan yang sudah dioleskan matriks sehingga menempel pada serat di bawahnya. Kemudian lapisan diatasnya diratakan

sehingga menempel pada lapisan dibawahnya. Proses tersebut diulang hingga serat yang disiapkan habis, dan telah terlapisi oleh matriks sepenuhnya. Tahap ini ditunjukkan pada Gambar 4. Hasil dari pembuatan komposit dengan metode hand lay-up dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 4. Proses pengolesan matriks



Gambar 5. Hasil pembuatan komposit metode hand lay-up

c. Tahap Pembuatan Komposit *Compression Molding*

Sebelum dilakukan proses pengepresan perlu dilakukan persiapan pada spesimen. Sebelumnya spesimen yang telah kering pada suhu ruangan kemudian diukur dan dipotong sesuai dengan cetakan. Bagian dalam cetakan berukuran 26 x 19 x 1cm. Supaya spesimen tidak rusak saat pengangkatan dari cetakan, Spesimen yang telah dipotong perlu dibungkus dengan menggunakan aluminium foil yang sebelumnya lapisan dalam telah diolesi dengan wax. Hal ini dilakukan untuk mempermudah pelepasan aluminium foil dari komposit yang telah dipress. Gambar 6. merupakan spesimen yang siap untuk dipress.



Gambar 6. Komposit yang dibungkus aluminium foil dan siap dipress.

Tahap pengepresan dilakukan dengan menggunakan alat hot press. Pertama alat dinyalakan kemudian atur suhu pemanas pada temperatur 60°C, tunggu hingga indikator suhu menunjukkan

angka 60°C. Sembari menunggu, spesimen dimasukan kedalam cetakan. Kemudian cetakan diletakkan di alat hot press yang selanjutnya diberikan tekan dengan dongkrak hidrolik hingga menekan cetakan. Tahap pengepresan ini dilakukan selama kurang lebih tiga menit hingga matriks pada spesimen meleleh dan kemudian tertekan. Gambar 7. menunjukan suhu saat pengepresan. Setelah itu dilakukan pelepasan spesimen dari cetakan. Setelah spesimen dingin dilakukan pengelupasan lapisan aluminium foil dari spesimen. Hasil pengepresan dapat dilihat pada Gambar 8.



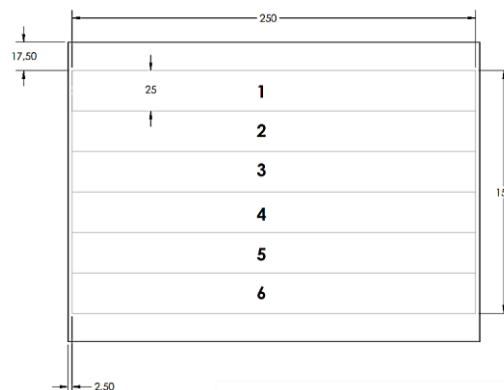
Gambar 7. Suhu saat proses pengepresan



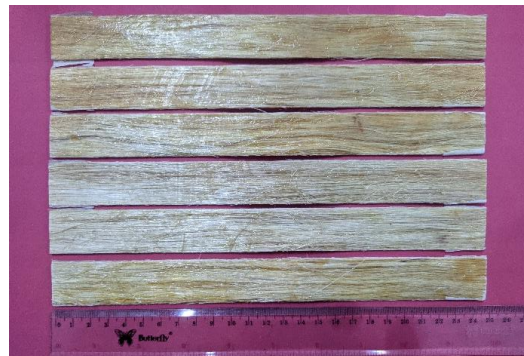
Gambar 8. Hasil proses pengepresan spesimen

d. Pemotongan Spesimen

Setelah spesimen berhasil dibuat, maka selanjutnya dilakukan proses pemotongan. Supaya hasil pemotongannya rapi, pemotongan dilakukan dengan menggunakan water jet cutting. Dimensi pemotongan disesuaikan dengan ASTM D 3039. Dimensi pemotongan ditunjukkan pada Gambar 9. satuan yang digunakan dalam milimeter, dan hasil pemotongan ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 9. Dimensi pemotongan



Gambar 10. Hasil pemotongan

2.4. Pengujian Lentur Komposit

Uji Tarik dilaksanakan di Laboratorium Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro. Gambar 11 alat yang digunakan yaitu Universal Testing Machine.

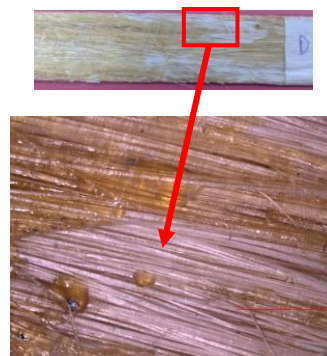


Gambar 11. Universal testing machine

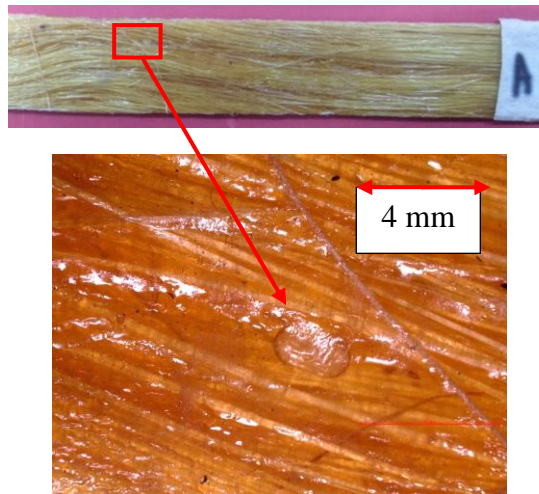
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Pembuatan Spesimen

Pada penelitian kali ini, pembuatan komposit serat rami menggunakan dua metode. Metode pertama adalah *hand lay-up* dan *compression molding* dimana komposit akan dipress sambil dipanaskan dengan suhu 50-70°C selama kurang lebih 3 menit. Pada 30% yang memiliki fraksi massa serat yang lebih banyak, terdapat beberapa spesimen yang tidak terlapisi matriks gondorukem dengan sempurna, ini bisa dilihat pada Gambar 12. Pada Gambar 13. terlihat masih ada void yang terdapat pada spesimen dengan fraksi massa 30 %.



Gambar 12. Komposit yang tidak terlapisi matriks dengan sempurna pada fraksi massa 30%;



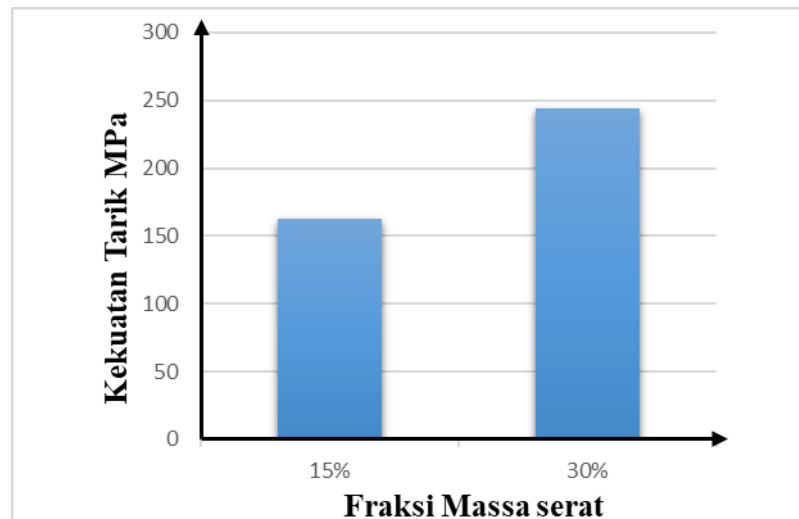
Gambar 13. Void pada spesimen dengan fraksi massa 15%

3.2. Hasil Pengujian Tarik

Spesimen yang telah diuji tarik didapatkan data hasil pengujian tarik pada setiap variasi fraksi massa serat rami disajikan pada Tabel 1. Apabila data pada Tabel 1. jika diubah menjadi bentuk diagram batang maka akan menjadi seperti Gambar 14. berikut:

Tabel 1. Hasil uji tarik berdasarkan fraksi massa

Variasi Orientasi	Serat	A (mm ²)	Gaya Maksimal (N)	Kekuatan tarik (MPa)	%EL (%)
90°	15%	69,02	11200	162,27	4,20
	30%	48,70	11900	244,35	4,12



Gambar 14. Grafrik nilai kekuatan tarik

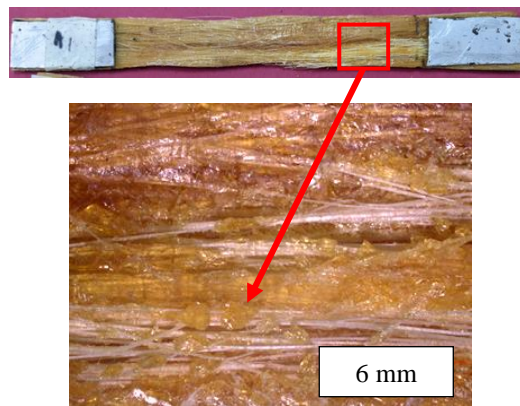
3.3. Analisis dan Pembahasan Hasil Pengujian Tarik

Pada spesimen hasil pengujian dilakukan foto makro dan ditemukan adanya delaminasi yang terjadi pada komposit. Sementara itu delaminasi terjadi akibat ikatan antara pengikat dan matriks yang homogen [13]. Kegagalan ini dapat dilihat pada Gambar 15. dibawah yang merupakan komposit dengan fraksi massa 15 wt%. Kegagalan ini menyebabkan material komposit

patah menjadi lapisan yang terpisah akibat pecahnya matrik dan terlepas dari serat. Pecahnya matriks yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 16. pada koposit dengan fraksi massa 15 wt%.

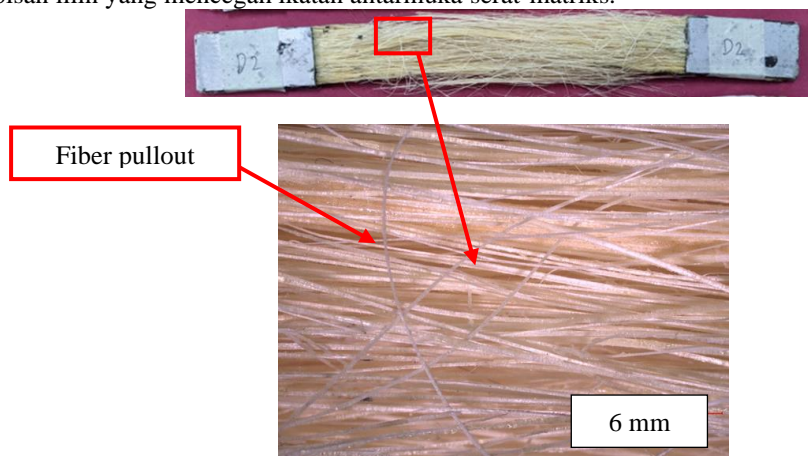


Gambar 15. Delaminasi pada komposit dengan fraksi massa 15 wt%



Gambar 16. Matriks yang pecah pada fraksi massa 15 wt%.

Kerusakan yang terjadi pada penelitian kali ini merupakan gabungan dari kedua tipe kerusakan, dimana patahan yang terjadi merupakan patahan brush type. Patahan ini merupakan patahan dengan kerusakan seperti sikat [14], dimana patahan yang terjadi disebarkan tempat. Patahan ini terjadi pada spesimen komposit dengan fraksi massanya 30 %. Gambar 17. dibawah merupakan kerusakan yang terjadi pada spesimen komposit dengan fraksi massa 30 %. Matriks tidak bisa menahan konsentrasi tegangan geser yang timbul di ujung, sehingga serat terlepas dari matriks yang pecah (*debonding*), dan juga mengakibatkan *fiber pullout* [15]. *Fiber pullout* merupakan mekanisme kegagalan yang disebabkan oleh lemahnya ikatan dimana serat keluar dari ikatan matriks dengan serat. Ikatan yang lemah disebabkan oleh serat rami yang mengandung lapisan lilin yang mencegah ikatan antarmuka serat-matriks.



Gambar 17. Patah *brush type* dan *fiber pullout* pada fraksi massa 30%

4. Kesimpulan

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

1. Komposit serat rami dengan matriks gondorukem berhasil dibuat dengan metode hand lay-up yang dilanjutkan dengan metode compression molding, hasil yang diperoleh sudah cukup memuaskan, namun pada spesimen dengan fraksi massa 30% matriks tersebar tidak sempurna dan masih ada void dalam komposit yang dibuat.
2. Pada pengujian tarik yang telah dilakukan, kekuatan tarik yang diperoleh mengalami peningkatan rata-rata kekuatan tarik dan kemudian akan turun. Peningkatan kekuatan tarik dari 162,27 MPa pada fraksi massa 15%, nilai 244,35 MPa pada fraksi massa 30%.

5. Daftar Pustaka

- [1] Yuanjian T, Isaac DH. Impact and fatigue behaviour of hemp fibre composites. *Compos Sci Technol* 2007;67:3300–7. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2007.03.039>.
- [2] Handayani P. Al Ulum Seri Sainstek , Volume VIII Nomor 1 , Tahun 2020 ISSN 2338-5391 (Media Cetak) | ISSN 2655-9862 (Media Online) Al Ulum Seri Sainstek , Volume VIII Nomor 1 , Tahun 2020 ISSN 2338-5391 (Media Cetak) | ISSN 2655-9862 (Media Online) 2020;VI1. Handa:1–11.
- [3] Kencanawati CIPK, Suardana N, Sugita IKG, Suyasa IWB. Pengaruh Panjang Serat Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekuatan Impact Greencomposite Serat Kulit Buah Pinang dengan Matriks Getah Pinus. *J Energi Dan Manufaktur* 2019;12:33. <https://doi.org/10.24843/jem.2019.v12.i01.p06>.
- [4] Sajani S, Philip Selvaraj D. A review on polymer matrix composite materials and their applications. *Mater Today Proc* 2021;47:5493–8. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.08.034>.
- [5] John MJ, Anandjiwala RD. Recent developments in chemical modification and characterization of natural fiber-reinforced composites. *Polym Compos* 2008;29:187–207. <https://doi.org/10.1002/pc.20461>.
- [6] Sulaiman M, Rahmat MH. Kajian Potensi Pengembangan Material Komposit Polimer Dengan Serat Alam Untuk Produk Otomotif. *Sistem* 2018;4:9–15.
- [7] Kencanawati CIPK, Suardana N, Sugita I, Suyasa I. Characterization physical, mechanical, thermal and morphological properties of Colophony. *Int J Eng Emerg Technol* 2017;2:17–9.
- [8] Binoj JS, Bibin JS. Failure analysis of discarded Agave tequilana fiber polymer composites. *Eng Fail Anal* 2019;95:379–91. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2018.09.019>.
- [9] Najib M. Optimasi Kekuatan Tarik Komposit Serat Rami Polyester. 2010.
- [10] Sara J. K, Anna L. L. *Textiles* (9th Edition). 2001.
- [11] Mahammad K, Ike R, Taufan H. Pengolahan Gondorukem Menjadi Bahan Pendirian Sebagai Aditif Pada Pembuatan Kertas. *Selulosa* 2014;4, no. 7:17–24.
- [12] Kun L. Unggulan Ekonomi Penggunaan Zat Penguat Lapisan Peka Sinar Dari Gondorukem Untuk Kasa Cap. *DKB* 1997;no.16:9–15.
- [13] Rahmatulloh AG, Irfai MA. PENGARUH FRAKSI VOLUME KOMPOSIT HYBRID DENGAN PENGUAT SERAT RAMI DAN SERAT KARBON BERMATRIK POLYESTER TERHADAP KEKUATAN BENDING DAN Abstrak. *J Tek Mesin* 2020;8:61–6.
- [14] Ermawan AA. PENAMBAHAN PERSENTASE SERAT DAN JUMLAH LAPISAN (1-3) TERHADAP KEKUATAN TARIK KOMPOSIT FIBERGLASS-POLYESTER (YUKALAC C-108 B JUSTUS). 2018.
- [15] Banowati L, Hartopo H, Octariyus G, Suprihanto J. Analisis Perbandingan Kekuatan Tarik Komposit Rami/Epoksi Dan Hibrid Rami E-Glass/Epoksi. *Indept* 2020;9:80–9.