

## PENGARUH PERBANDINGAN JARAK ANYAMAN SERABUT KELAPA PADA KOMPOSIT HYBRID TERHADAP SIFAT MEKANIK UJI TARIK

Vanditya Prima A. Kurniawan<sup>1</sup>, Muhammad Ikhsan<sup>2\*</sup>, Sahid Bayu Setiajit<sup>3</sup>, Indra Permana<sup>4</sup>, Riza Arif Pratama<sup>5</sup>

1. Universitas Tunas Pembangunan Surakarta, Jl. Balekambang Lor No.1 Banjarsari, Surakarta 57139

2. Universitas Tunas Pembangunan Surakarta, Jl. Balekambang Lor No.1 Banjarsari, Surakarta 57139  
([mr.ikhsanmuhammad@lecture.utp.ac.id](mailto:mr.ikhsanmuhammad@lecture.utp.ac.id))

3. Universitas Tunas Pembangunan Surakarta, Jl. Balekambang Lor No.1 Banjarsari, Surakarta 57139  
([sahidbayu.setiajit@lecture.utp.ac.id](mailto:sahidbayu.setiajit@lecture.utp.ac.id))

4. Universitas Tunas Pembangunan Surakarta, Jl. Balekambang Lor No.1 Banjarsari, Surakarta 57139  
([indrapermana@lecture.utp.ac.id](mailto:indrapermana@lecture.utp.ac.id))

5. Universitas Tunas Pembangunan Surakarta, Jl. Balekambang Lor No.1 Banjarsari, Surakarta 57139  
([rizaarifp@lecture.utp.ac.id](mailto:rizaarifp@lecture.utp.ac.id))

\*corresponding author: [mr.ikhsanmuhammad@lecture.utp.ac.id](mailto:mr.ikhsanmuhammad@lecture.utp.ac.id)

### ABSTRAK

Komposit adalah material yang merupakan gabungan dari dua bahan atau lebih yang diharapkan dapat memiliki karakteristik mekanik yang lebih baik dari bahan-bahan penyusunnya. Pada penelitian ini, komposit dibuat dari 2 jenis serat yaitu serat fiberglass dan serat anyaman sabut kelapa, biasa dikenal sebagai komposit *hybrid*. Serat-serat tersebut dicampur dengan matriks SHCP menggunakan metode *hand lay-up*. Serat sabut kelapa dianyam menggunakan 3 jenis jarak anyaman yang berbeda-beda untuk mengetahui pengaruh jarak anyaman serat sabut kelapa terhadap kekuatan komposit hybrid yang dihasilkan. Ketiga jenis jarak anyaman tersebut yaitu jarak anyaman 1 cm, 1,5 cm, dan 2 cm. Ketiga jenis komposit yang dihasilkan kemudian diuji dengan Uji Tarik berdasarkan ASTM D638-01. Hasil pengujian menunjukkan bahwa jarak anyaman 1,5 cm mampu menghasilkan komposit *hybrid* dengan karakteristik mekanik terbaik yaitu tegangan 43 MPa, regangan 0,023, dan modulus elastisitas 1,97 GPa. Hasil tersebut menunjukkan bahwa jarak anyaman paling kecil (jumlah fiber paling banyak) tidak menjamin kekuatan paling tinggi. Oleh karena itu, disimpulkan bahwa komposit yang terbuat dari serat anyaman akan memiliki kekuatan paling tinggi (optimum) jika dibuat dari anyaman dengan jarak anyaman yang cukup kecil namun masih tetap memberikan tingkat keterbasahan serat yang memadai.

**kata kunci:** komposit hybrid, serat anyaman, serabut kelapa, hand lay-up.

### ABSTRACT

Composite is a material that is a combination of two or more materials that are expected to have better mechanical characteristics than the constituent materials. In this research, the composite was made from 2 types of fibers, namely fiberglass and woven coconut fibers, commonly known as hybrid composites. These fibers were mixed with the SHCP matrix using the hand lay-up method. Coconut fibers were woven using 3 different types of weave distances to determine the effect of the coconut fiber weave distance on the strength of the resulting hybrid composite. The three types of weave distances are 1 cm, 1.5 cm, and 2 cm. The three types of composites produced are tested with a Tensile Test based on ASTM D638-01. The test results showed that a 1.5 cm weave distance provides a hybrid composite with the best mechanical characteristics, namely a stress of 43 MPa, a strain of 0.023, and a modulus of elasticity of 1.97 GPa. These results indicate that the smallest weave distance (the largest number of fibers) does not guarantee the highest strength. Therefore, it is concluded that composites made from woven fibers will have the highest (optimum) strength if they are made from woven fibers with a relatively small weave distance but still provide an adequate level of fiber wettability.

**keywords:** hybrid composite, woven fiber, coconut fiber, hand lay-up.

---

### PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi saat ini menunjukkan peningkatan penggunaan material komposit, mulai dari penggunaan alat-alat rumah tangga, sampai penggunaan pada industri skala kecil maupun industri skala besar, termasuk pada dunia penerbangan [1]. Komposit adalah material yang merupakan gabungan dari dua bahan atau lebih yang diharapkan dapat memiliki karakteristik mekanik yang lebih baik dari bahan-bahan penyusunnya [2] untuk mendapatkan produk baru [3]. Perkembangan material komposit menunjukkan bahwa penguat (serat) pada komposit dapat berupa serat sintetis maupun serat alam [4].

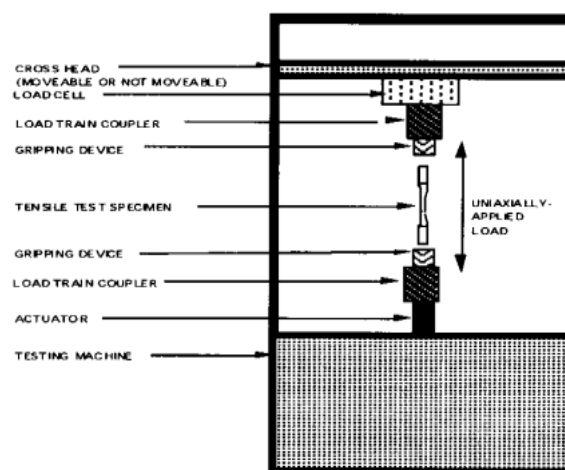
Serat sintetis memiliki kekuatan yang lebih tinggi dibanding serat alam, sedangkan serat alam memiliki sifat ramah lingkungan [5]. Keunggulan masing-masing serat tersebut dapat dipadukan melalui penggunaan serat-serat tersebut secara bersamaan dalam suatu material komposit. Serat alam seperti sabut kelapa memiliki keunggulan seperti mudah didapat, murah, dan ramah lingkungan [6]. Penggunaan serat sintetis dan serat alam secara bersamaan menghasilkan komposit *hybrid* [7] yang memiliki karakteristik gabungan dari material penyusunnya [8]. Oleh karena itu, kekuatan komposit *hybrid* yang terbuat dari serat yang berbentuk anyaman akan dipengaruhi oleh jarak anyaman serat pada komposit tersebut [9].

Secara umum, komposit tersusun atas dua atau lebih bahan utama [10] yaitu serat sebagai faktor utama penentu kekuatan dan kekakuan komposit, serta matriks sebagai pengikat, pelindung, dan penyalur tegangan [11, 12]. Pada kasus serat komposit yang terbuat dari anyaman serabut kelapa, jarak anyaman serabut kelapa dapat memengaruhi karakteristik serta kekuatan maksimum komposit [13]. Penggunaan serat-serat yang berbeda secara bersamaan juga dapat memengaruhi karakteristik mekanik komposit [14].

Serat alam diklasifikasikan berdasarkan sumbernya yang berasal dari tumbuhan, hewan, dan mineral. Serat tumbuhan terdiri dari mikroribril selulosa kristal yang diperkuat *lignin amorf* [15]. Salah satu serat alam yang banyak digunakan dalam pembuatan adalah serat serabut kelapa karena bobotnya yang ringan, kekuatan yang memadai, biaya produksi yang murah, mudah terurai di alam, serta ketersediaan yang melimpah di alam [16]. Di sisi lain, serat sintetis memiliki karakteristik yang relatif lebih tinggi dibandingkan serat alam, namun sulit terurai di alam [17]. Serat alam dapat digunakan bersamaan dengan serat sintetis dan matriks agar menjadi komposit *hybrid* yang memiliki kekuatan dan kekakuan yang lebih tinggi [18].

Kekuatan komposit juga dipengaruhi berbagai faktor lain seperti fraksi volume [19], penambahan katalis atau hardener [20], serta metode pembuatan komposit. Salah satu metode pembuatan komposit yang tergolong mudah dan sederhana yaitu metode *hand lay-up*. Metode ini memungkinkan penambahan ketebalan komposit sesuai keinginan karena matriks diaplikasikan pada serat dengan menggunakan kuas. Kekurangan dari metode *hand lay-up* adalah kesulitan dalam meratakan persebaran resin [21]. Kekuatan komposit dapat diukur melalui berbagai metode, salah satunya Uji Tarik untuk mengukur kekuatan komposit dalam menerima beban tarik [22].

Uji Tarik dilakukan dengan terlebih dahulu membuat komposit menjadi spesimen uji, kemudian memberikan beban statik berupa beban Tarik pada spesimen secara perlahan hingga specimen menjadi retak atau patah [4]. Data-data yang diperoleh dari hasil uji Tarik mencakup berbagai data seperti tegangan, regangan, modulus elastisitas, dan *ultimate strength* [5]. Skema Uji Tarik dapat dilihat pada Gambar 1 dimana spesimen dijepit kemudian ditarik secara vertikal [22].



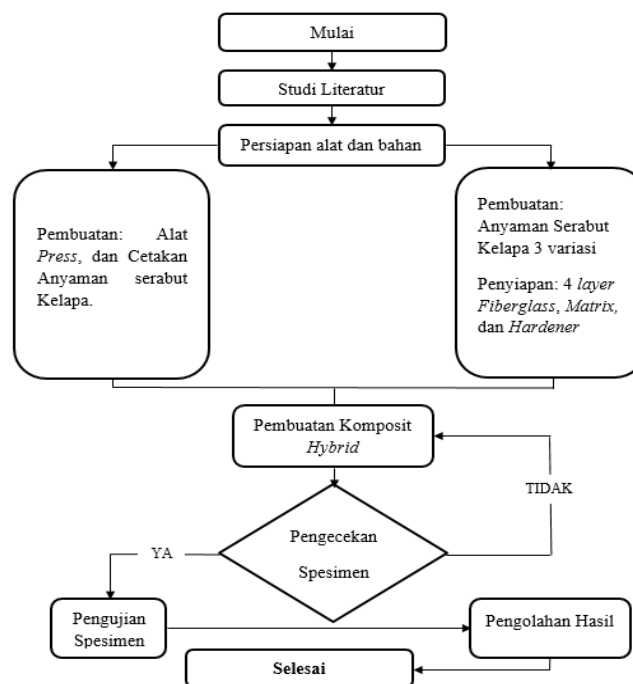
Gambar 1. Ilustrasi Skematik Mesin Uji Tarik

Penelitian-penelitian sebelumnya lebih banyak membahas terkait komposit yang lapisan seratnya disusun secara lembaran [7, 11, 12]. Sedangkan komposit yang seratnya dalam bentuk anyaman masih tergolong sedikit. Oleh karena itu, penelitian ini akan membahas tentang karakteristik komposit *hybrid* yang terbuat dari anyaman serat sabut kelapa dan lembaran fiberglass. Faktor utama yang akan diamati

adalah pengaruh jarak anyaman serat sabut kelapa terhadap kekuatan Tarik komposit *hybrid*. Serat serabut kelapa dipilih karena ketersediaannya yang melimpah di Indonesia serta untuk mendukung program ekonomi hijau (*green economy*) melalui pemanfaatan limbah serabut kelapa dan mengurangi kerusakan lingkungan.

### METODOLOGI

Penelitian ini bertujuan untuk lebih memahami potensi serabut kelapa dalam pembuatan produk terutama produk berbahan komposit. Untuk itu, serabut kelapa dibuat menjadi komposit *hybrid* dengan metode *hand lay-up* kemudian komposit tersebut diuji untuk mengetahui karakteristik mekaniknya. Adapun tata kerja penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan Gambar 2, kegiatan penelitian dimulai dari studi literatur dan dilanjutkan dengan persiapan alat dan bahan, lalu pembuatan komposit hybrid, pengujian spesimen, dan pengolahan hasil. Alat dan bahan yang digunakan mencakup serat fiberglass WR200, serat anyaman serabut kelapa, matriks SHCP, hardener, plastik astralon, gunting, kuas dan roller, timbangan, cetakan, dan lain sebagainya. Selanjutnya, pada tahap pembuatan komposit *hybrid*, serat fiberglass dan serat anyaman serabut kelapa digunakan bersamaan untuk membuat 3 variasi komposit yang berbeda berdasarkan jarak anyaman serabut kelapa dengan rincian susunan lapisan sebagai berikut:

Tabel 1. Susunan Lapisan Komposit *Hybrid*

Nomor Urut Lapisan Serat (1 paling atas, 5 paling bawah)	Susunan lapisan		
	Variasi 1 (Jarak anyaman 1 cm)	Variasi 2 (Jarak anyaman 1,5 cm)	Variasi 3 (Jarak anyaman 2 cm)
1	Fiberglass	Fiberglass	Fiberglass
2	Fiberglass	Fiberglass	Fiberglass
3	Anyaman Serabut kelapa	Anyaman Serabut kelapa	Anyaman Serabut kelapa
4	Fiberglass	Fiberglass	Fiberglass
5	Fiberglass	Fiberglass	Fiberglass

Perlu diingat bahwa anyaman serabut kelapa yang disusun bersamaan dengan fiberglass pada Tabel 1 merupakan anyaman yang telah melalui proses penekanan (*hydraulic press*) sehingga tebal anyaman menjadi seragam yaitu 5 mm. Contoh anyaman hasil penekanan dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini.



**Gambar 3.** Anyaman Serabut Kelapa Hasil Penekanan (*hydraulic press*)

Tiap-tiap variasi komposit dibuat dengan terlebih dahulu meletakkan lapisan nomor 5 pada cetakan, kemudian aplikasikan campuran matriks dan *hardener* dengan metode *hand lay-up*, kemudian meletakkan lapisan 4 dan aplikasikan campuran matriks dan *hardener*, dan begitu seterusnya hingga lapisan paling atas. Setelah itu, cetakan ditutup, ditekan dengan *hydraulic*, lalu dibiarkan hingga proses *curing* selesai seperti yang terdapat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Proses Penekanan (*Press*) dan *Curing* pada Pembuatan Komposit *Hybrid*

Setelah proses *curing* selama 6-12 jam selesai, komposit dikeluarkan dari cetakan sehingga diperoleh komposit *hybrid* seperti yang terlihat pada Gambar 5. Kemudian lakukan lagi proses pembuatan komposit diatas untuk membuat komposit *hybrid* dengan jarak anyaman yang berbeda. Di akhir tahapan pembuatan komposit, diperoleh 3 buah komposit *hybrid* yang memiliki jaran anyaman serabut kelapa berbeda-beda yaitu 1 cm, 1,5 cm, dan 2 cm.



**Gambar 5.** Komposit *Hybrid* Hasil *Curing*

Setelah itu, komposit *hybrid* dipotong hingga memiliki bentuk dan ukuran standar spesimen Uji Tarik seperti yang terdapat pada ASTM D638-01 [23]. Masing-masing variasi yang tersebut pada Tabel 1

kemudian dipotong menjadi 5 spesimen, sehingga ketiga variasi komposit menghasilkan total 15 spesimen Uji Tarik.

Tahap selanjutnya yaitu pengujian spesimen. Uji Tarik dilakukan pada spesimen dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM), dimana spesimen dijepit pada alat uji kemudian ditarik hingga patah. Hasil Uji Tarik direkam secara otomatis oleh alat uji UTM, kemudian diolah dan dianalisis untuk mendapatkan gambaran terkait karakteristik mekanik komposit hybrid yang dibuat.

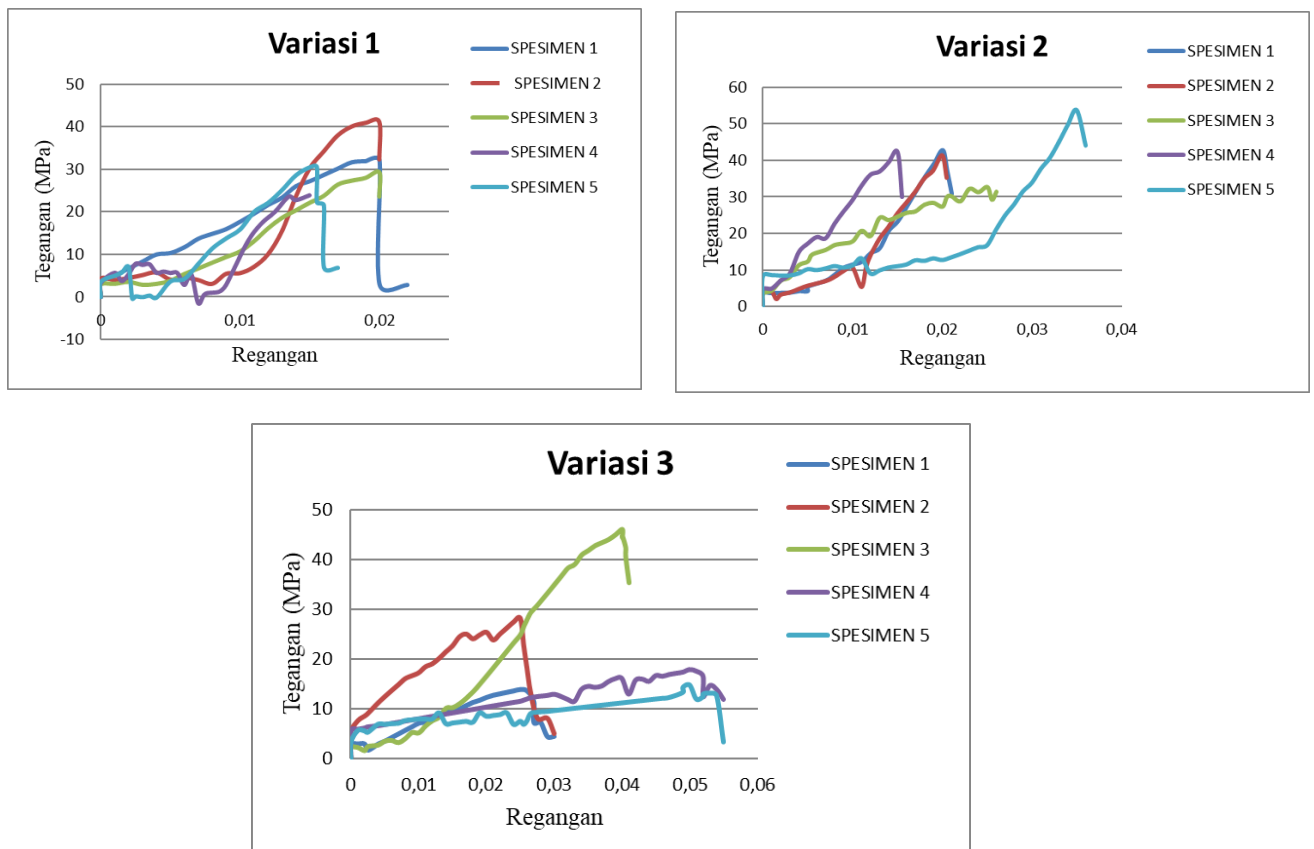
Hasil Uji Tarik diolah secara statistik untuk mendapatkan rata-rata karakteristik mekanik tiap variasi. Karakteristik mekanik yang menjadi fokus bahasan pada penelitian ini yaitu Tegangan (*stress*), Regangan (*strain*), dan Modulus Elastisitas. Variabel Tegangan merupakan kekuatan Tarik yang dimiliki oleh komposit, Regangan merupakan kemampuan komposit untuk mengalami pertambahan panjang, sedangkan Modulus Elastisitas merupakan Tingkat kekakuan material komposit. Variabel Tegangan dan Regangan diperoleh dari hasil perhitungan alat uji UTM, sedangkan Modulus Elastisitas diperoleh dengan membagi Tegangan dengan Regangan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesimen Uji Tarik diletakkan pada alat uji tarik *Universal Testing Machine* (UTM) lalu ditarik hingga patah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Selanjutnya, Gambar 7 memperlihatkan kurva Tegangan Vs Regangan untuk tiap-tiap spesimen pada ketiga variasi komposit.



Gambar 6. Spesimen Hasil Uji Tarik



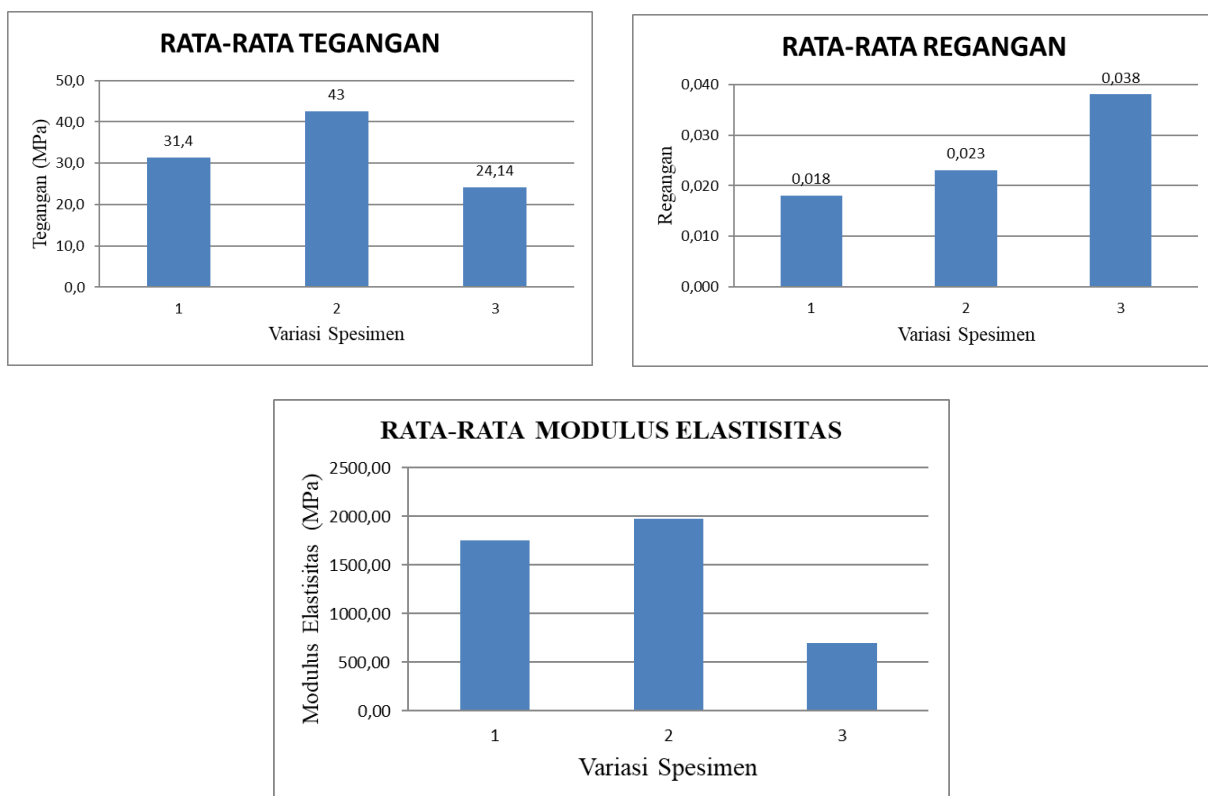
Gambar 7. Kurva Tegangan Vs Regangan Hasil Uji Tarik

Berdasarkan Gambar 7, terlihat bahwa tiap-tiap spesimen memberikan hasil uji yang berbeda-beda. Namun secara umum, kurva-kurva tersebut menunjukkan pola peningkatan Tegangan seiring dengan peningkatan Regangan. Pada titik tertentu, nilai Tegangan mengalami penurunan seiring peningkatan Regangan. Titik tersebut merupakan kekuatan tertinggi (Tegangan maksimum) yang dimiliki oleh spesimen komposit. Selanjutnya data Tegangan dan Regangan dari tiap spesimen digunakan untuk mendapatkan nilai Modulus Elastisitas, yaitu Tegangan dibagi dengan Regangan. Sehingga diperoleh data Modulus Elastisitas untuk 15 spesimen.

Untuk lebih memahami perbedaan karakteristik mekanik dari Variasi 1 (jarak anyaman 1 cm), Variasi 2 (jarak anyaman 1,5 cm) dan Variasi 3 (jarak anyaman 2 cm), maka bahasan pada penelitian ini lebih difokuskan pada variabel Tegangan, Regangan, dan Modulus Elastisitas. Berdasarkan variabel-variabel tersebut, maka data karakteristik mekanik disajikan seperti pada Gambar 8.

Berdasarkan Gambar 8, jika ditinjau dari karakteristik Tegangan, maka Tegangan Maksimum yang paling tinggi terdapat pada Variasi 2 yaitu 43 MPa. Jarak anyaman terkecil (komposit dengan serat paling banyak) tidak menjamin kekuatan komposit menjadi paling tinggi. Jarak anyaman terkecil dapat mengurangi tingkat keterbasahan serat sehingga terdapat *void* atau bagian yang tidak terisi oleh matriks sehingga mempengaruhi kekuatan ikatan antar material pada komposit.

Berdasarkan Gambar 8, jika ditinjau dari Regangan, maka Regangan terkecil terdapat pada Variasi 1 yaitu 0,018. Nilai Regangan pada ketiga variasi komposit menunjukkan bahwa semakin besar jarak anyaman (semakin banyak matriks) maka Regangan komposit akan semakin besar. Sedangkan jika ditinjau dari Modulus Elastisitas, maka Modulus Elastisitas paling tinggi terdapat pada Variasi 2 yaitu 1971 MPa atau 1,97 GPa. Hal itu dapat disebabkan oleh Tingkat keterbasahan serat oleh matriks seperti pada tinjauan Tegangan di atas, dimana penyerapan resin ke serat dapat memengaruhi kekuatan ikatan material pada komposit.



**Gambar 8.** Karakteristik Mekanik Ketiga Variasi Komposit

Berdasarkan analisis penelitian ini, disimpulkan bahwa jarak anyaman terkecil (semakin banyak serat) tidak menjamin bahwa komposit akan mencapai kekuatan tertinggi. Untuk menghasilkan komposit dengan kekuatan tertinggi, maka jarak anyaman harus dibuat cukup kecil namun masih tetap menjaga tingkat keterbasahan serat oleh matriks.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang didapatkan pada penelitian ini, disimpulkan bahwa serat anyaman serabut kelapa dapat dimanfaatkan bersamaan dengan serat *fiberglass* untuk membuat komposit *hybrid*. Jarak anyaman terkecil (semakin banyak serat) tidak menjamin bahwa komposit akan mencapai kekuatan tertinggi. Untuk menghasilkan komposit dengan kekuatan tertinggi, maka jarak anyaman harus dibuat cukup kecil namun masih tetap menjaga tingkat keterbasahan serat oleh matriks.

Berdasarkan perbandingan antara ketiga Variasi pada penelitian ini, jika ditinjau dari karakteristik mekanik kekuatan tarik, maka Variasi terbaik adalah Variasi 2 yang memiliki jarak anyaman 1,5 cm. Variasi 2 terbuat dari serat *fiberglass* dan serat serabut kelapa yang memiliki jarak anyaman 1,5 cm, dan diberikan campuran matriks SHCP. Variasi 2 memiliki kekuatan tarik (Tegangan) 43 MPa, Regangan 0,023, dan Modulus Elastisitas 1,97 GPa. Penelitian ini terbatas pada karakteristik mekanik kekuatan Tarik, sehingga disarankan agar penelitian selanjutnya mempertimbangkan karakteristik lain seperti karakteristik geser, tekan, impak, dan bending.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada dosen-dosen serta teman-teman program studi D-III Teknologi Pemeliharaan Pesawat yang telah membimbing dan membantu penyelesaian penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Walewangko, Martim N.Tooy, Fernando J. M. Larisoh, “Budaya Keselamatan Penerbangan Berdasarkan Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2009 Tentang Penerbangan”, *Lex Administratum*, vol. 9(3), Mar. 2021.
- [2] F. Sari Nst and H. S. Abrido, “Pengaruh Penggunaan Larutan Alkali Pada Kekuatan Tarik Dan Uji Degradasi Komposit Polipropilena Bekas Berpengisi Serbuk Serabut Kelapa”, *Jurnal Teknik Kimia USU*, vol. 2(1), Mar. 2013. doi: <https://doi.org/10.32734/jtk.v2i1.1421>.
- [3] A. Gavriola, B. Junipitoyo, L. Winiasri, “Uji Tarik dan Uji Impact pada Komposit Serat Sabut Kelapa dengan Alkalisasi dan Non Alkalisasi”, *SNITP*, vol. 5(2), 2022. doi: <https://doi.org/10.46491/snitp.v5i2>.
- [4] N. Nurfajri, A. K, J. Jasman, and A. Arafat, “Analisis Kekuatan Tarik Komposit Serabut Kelapa dan Ijuk dengan Perlakuan Alkali (NaOH)”, *RRJ*, vol. 1, no. 4, pp. 791-797, Jul. 2019.
- [5] P. Lokantara and N. P. G. Suardana, “Analisis Arah dan Perlakuan Serat Tapis serta Rasio Epoxy Hardener terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Tapis/Epoxy,” *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM*, vol. 1(1), pp 15-21, Dec. 2007.
- [6] P. Zarviansyah, Juanda, and N. Pranandita, “Pengaruh Variasi Fraksi Volume Komposit Serat Sabut Kelapa Matrik Polyester terhadap Kekuatan Tarik”, *JITT*, vol. 1(2), Aug. 2023.
- [7] M. A. Shomad, F. Yudhanto, and R. A. Anugrah, “Manufaktur dan Analisa Kekuatan Tarik Komposit Hybrid Serat Glass/Carbon untuk Aplikasi Pembuatan Blade Turbin Savonius”, *Quantum Teknika: Jurnal Teknik Mesin Terapan*, vol. 2(1), pp.47-51, Oct. 2020. doi: 10.18196/jqt.020122.
- [8] D. Wijaya and S. Hidayat, “Pengaruh Fraksi Volume Serat pada Komposit Hibrid Serat Tebu dan Serat Sabut Kelapa terhadap Kekuatan Tarik”, *IRWNS Proc.*, vol 13(1), pp. 78-83, 2022.
- [9] H. Fahmi and H. Hermansyah, “Pengaruh Orientasi Serat pada Komposit Resin Polyester/ Serat Daun Nenas terhadap Kekuatan Tarik”, *JTM*, vol. 1(1), pp. 46-52, Oct. 2011.
- [10] A. Y. Leiwakabessy, A. Purnowidodo, S. Sugiarto, and R. Soenoko, “Perubahan Sifat Mekanis Komposit Hibrid Polyester yang Diperkuat Serat Sabut Kelapa dan Serat Ampas Empulur Sagu”, *Jurnal Rekayasa Mesin Universitas Brawijaya*, vol. 4(3), 2013.
- [11] L. Banowati, W. A. Prasetyo, and D. M. Gunara, “Analisis Perbandingan Kekuatan Tarik Orientasi Unidirectional 0° dan 90° pada Struktur Komposit Serat Mendong dengan Menggunakan Epoksi Bakelite Epr 174”, *INFOMATEK*, vol. 19(2), Dec. 2017. doi: <https://doi.org/10.23969/infomatek.v19i2.627>.
- [12] W. T. Handoyo, (2020, March 24). Sudah saat nya beralih ke komposit rumput laut. [online]. Available: <https://www.mekanisasikp.web.id/2020/03/sudah-saatnya-beralih-menggunakan.html>.

- [13] Ilham, Bakri, and R. Magga, "Sifat Kuat Tarik Material Komposit Hibrid Berpenguat Serat Ijuk dan Sabut Kelapa dengan Orientasi Serat Acak", *Jurnal Mekanikal*, vol. 10(2), pp. 980–991, Jul. 2019.
- [14] J. Oroh, F. P. Sappu, and R. C. Lumintang, "Analisis Sifat Mekanik Material Komposit dari Serat Sabut Kelapa", *Jurnal Poros Teknik Mesin Unsrat*, vol. 1(1), Feb. 2013.
- [15] D. A. Farrel, Y. Yulianto, and Z. Zulfitriyanto, "Pengaruh Sifat Mekanik Komposit Serat Sabut Kelapa Bermatrik Polyester terhadap Pengujian Tarik dan Kelenturan", *JIST*, vol. 3(2), pp. 219-230, Feb. 2022.
- [16] H. M. Akil, M. F. Omar, A. A. M. Mazuki, S. Safiee, Z. A. M. Ishak, and A. A. Bakar, "Kenaf fiber reinforced composites: A review," *Materials and Design*, vol. 32(8–9), pp. 4107–4121, Sep. 2011. doi: 10.1016/j.matdes.2011.04.008.
- [17] H. Fahmi and N. Arifin, "Pengaruh Variasi Komposisi Komposit Resin Epoxy/Serat Glass dan Serat Daun Nanas terhadap Ketangguhan," *JTM*, vol. 4(2), pp. 84-89, Oct. 2014.
- [18] J. B. Park and J. D. Bronzino, *Biomaterials: Principles and Applications*, United States: CRC Press, 2016.
- [19] M. S. Faiz, N. S. Drastiawati, "Pengaruh Fraksi Volume dan Arah Serat Komposit Hibrid Fibre Metal Laminate (FML) Bermatrik Polyester 157 BQTN-EX terhadap Kekuatan Tarik dan Bending", *JTM*, vol. 9(1), pp. 37-46, 2021.
- [20] H. Hestiawan, K. Kusmono, and J. Jamasri, "Pengaruh Penambahan Katalis terhadap Sifat Mekanis Resin Poliester Tak Jenuh", *Teknosia*, vol. 3(1), pp. 1-7, Mar. 2017.
- [21] M. Azissyukhron and S. Hidayat, "Perbandingan Kekuatan Material Hasil Metode Hand Lay-up dan Metode Vacuum Bag Pada Material Sandwich Composite", *IRWNS Proc.*, vol. 9, 2018. doi: <https://doi.org/10.35313/irwns.v9i0.1072>.
- [22] R. A. K. Nadkarni, *Guide to ASTM Test Methods for the Analysis of Petroleum Products and Lubricants*, 2nd ed. United States of America: ASTM International, 2015.
- [23] L. Diana, A. G. Safitra, and M. N. Ariansyah, "Analisis Kekuatan Tarik pada Material Komposit dengan Serat Penguat Polimer", *JEEMM*, vol. 2(2), pp. 59-67, Nov. 2020.