



Analisis Kekuatan Tarik Komposit *Hybrid* Anyaman Serabut Kelapa dan *Fiberglass* dengan Metode *Vacuum Infusion*

(Tensile Strength Analysis of Coconut Fiber Weave and Fiberglass of Hybrid Composite using Vacuum Infusion Method)

Muhammad Wahyu Al Baihaqi¹, Muhammad Ikhsan², Indra Permana³, Sahid Bayu Setiajit⁴, Riza Arif Pratama⁵

^{1,2,3,4,5} Universitas Tunas Pembangunan Surakarta

E-mail: wahyualbaihaqu24@gmail.com, mr.ikhsanmuhammad@lecture.utp.ac.id,
indrapermana@lecture.utp.ac.id, sahidbayu.setiajit@lecture.utp.ac.id, rizaarifp@lecture.utp.ac.id

Abstract— *Hybrid composite is a composite composed of two fibers with different types and characteristics to obtain a material with better mechanical properties. In this research, the hybrid composite was made from woven coconut fiber and fiberglass mixed with a matrix using the vacuum infusion method. This method is carried out using a vacuum pump to suck the matrix until the matrix wets/coats the entire composite fiber. The hybrid composite that has been made is then cut and tensile tested based on ASTM D638-01 to obtain the mechanical characteristics of the composite. The hybrid composite was made into 3 different variations based on the distance of the coconut fiber weave, namely a weave distance of 1 cm, 1.5 cm, and 2 cm. The tensile test results showed that the highest tensile strength value was found in the hybrid composite with a weave distance of 1.5 cm with a maximum tensile stress value of 61.7 MPa and a strain of 0.019. While the hybrid composite with a weave distance of 1 cm has a maximum tensile stress value of 23.8 MPa and a 2 cm weave has a maximum tensile stress value of 47.3 MPa. The results show that the highest tensile strength is not obtained in the composite with the smallest (densest) weave distance. The smallest weave distance is thought to have an inadequate level of fiber wettability by the matrix so that the composite cannot achieve the highest (optimum) strength. Therefore, it is concluded that the composite made from woven coconut fiber can achieve the highest tensile strength at a fairly small weave distance but can still provide a good level of fiber wettability.*

Keywords— Tensile test, Hybrid composite, Coconut fiber weave, Vacuum infusion.

Abstrak— *Komposit hybrid adalah komposit yang tersusun atas dua serat dengan jenis dan karakteristik yang berbeda agar diperoleh material dengan sifat mekanik yang lebih baik. Pada penelitian ini, komposit hybrid dibuat dari anyaman serabut kelapa dan fiberglass yang dicampur matriks dengan menggunakan metode vacuum infusion. Metode ini dilakukan dengan menggunakan pompa vakum untuk menghisap matriks hingga seluruh matriks membasahi/melapisi serat komposit. Komposit hybrid yang telah dibuat selanjutnya dipotong dan dilakukan uji tarik berdasarkan ASTM D638-01 untuk mendapatkan karakteristik mekanik komposit tersebut. Komposit hybrid dibuat menjadi 3 variasi yang berbeda berdasarkan jarak anyaman serabut kelapa, yaitu jarak anyaman 1 cm, 1,5 cm, dan 2 cm. Hasil uji tarik menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik tertinggi ditemukan pada komposit hybrid dengan jarak anyaman 1,5 cm dengan nilai tegangan tarik maksimum 61,7 MPa dan regangan*

*Muhammad Ikhsan

E-mail: mr.ikhsanmuhammad@lecture.utp.ac.id

0,019. Sedangkan komposit hybrid dengan jarak anyaman 1 cm memiliki nilai tegangan tarik maksimum 23,8 MPa dan anyaman 2 cm memiliki nilai tegangan tarik maksimum 47,3 MPa. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kekuatan tarik tertinggi diperoleh bukan pada komposit dengan jarak anyaman terkecil (paling rapat). Jarak anyaman terkecil diduga memiliki tingkat keterbasahan serat oleh matriks yang kurang memadai sehingga komposit tidak dapat mencapai kekuatan tertinggi (optimum). Oleh karena itu, disimpulkan bahwa komposit yang dibuat dari serabut kelapa yang berbentuk anyaman dapat mencapai kekuatan tarik tertinggi pada jarak anyaman yang cukup kecil namun masih dapat memberikan tingkat keterbasahan serat yang baik.

Kata Kunci— Uji tarik, Komposit hybrid, Anyaman serabut kelapa, Vacuum infusion.

I. PENDAHULUAN

Material komposit merupakan suatu jenis material yang dibuat melalui rekayasa, terdiri dari dua atau lebih bahan yang memiliki sifat yang berbeda satu sama lain baik dalam hal sifat kimia maupun fisiologi. Salah satu jenis material komposit adalah komposit berpenguat serat yang menggunakan serat sebagai bahan material *reinforcement* (penguat) dan digabungkan dengan material pengikatnya (matriks). Serat menentukan karakteristik bahan komposit seperti kekuatan dan sifat mekanik lainnya, sedangkan matriks berfungsi sebagai pengikat dan pelindung [1]. Serat yang digunakan bisa lebih dari satu jenis yang kemudian dikenal dengan sebutan komposit *hybrid*. Komposit *hybrid* bisa diperkuat dengan 2 reinforcement, yaitu serat alam dan serat sintetis yang nantinya akan meningkatkan perkembangan teknologi dalam bidang logam dan non logam yang mendominasi dalam bidang industri [2].

Serat sintetis yang sering dijumpai untuk berbagai aplikasi adalah *fiberglass*. Material ini mulai banyak diminati karena memiliki harga beli yang murah dan tidak susah dalam mendapatkannya. *Fiberglass* adalah bahan yang terbuat dari cairan kaca yang dibentuk menjadi serat tipis dengan diameter antara 0,005 mm dan 0,01 mm. Bahan ini digunakan sebagai *reinforcement* pada material komposit yang sering disebut dengan *Glass Fiber Reinforced Plastic* (GFRP). Jika dibandingkan dengan serat baja, *fiberglass* memiliki banyak keuntungan, seperti beratnya yang lebih ringan dan kekuatan tariknya yang lebih tinggi [3].

Selain serat sintetis, serat alam juga menjadi alternatif yang dapat digunakan sebagai *reinforcement* pada material komposit, salah satunya adalah serabut kelapa [4]. Serabut kelapa banyak di temukan di seluruh Asia. Sebagai alternatif serat alami untuk pembuatan komposit, serat sabut kelapa terus digunakan untuk menghasilkan komposit yang lebih baik di masa mendatang. Karena mudah didapat dan murah, serabut kelapa ini dapat mengurangi polusi lingkungan, sehingga komposit ini dapat mengatasi masalah lingkungan tanpa membahayakan kesehatan. Mengingat bahan baku yang tersedia di Indonesia, pengembangan serat kelapa sebagai material komposit ini sangat diakui.

Gabungan serat sintetis dan serat alam tidak dapat langsung membentuk material komposit. Material pengikat atau matriks diperlukan untuk mengikat seluruh serat ini, sehingga memiliki karakteristik sesuai dengan yang diinginkan. Resin polyester dapat menjadi matriks yang digunakan untuk mengikat serat tersebut. Resin polyester merupakan jenis resin termoset, resin cair dengan viskositas yang rendah. Tidak seperti banyak resin termoset lainnya, resin polyester tidak mengeluarkan gas saat mengeras. Resin ini telah dipakai secara luas serta mudah didapat di pasaran. Sifat-sifat pada resin polyester ini adalah kekuatan tinggi, fleksibel, dan harga relatif murah, serta mudah di dapat di pasaran [5].

Proses penggabungan serat dan matriks menjadi satu material komposit dapat dilakukan dengan berbagai metode. Metode yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah *vacuum infusion*. *Vacuum infusion* merupakan suatu cara yang menggunakan tekanan vakum untuk menghisap resin dan mengalirkannya ke cetakan berisi lapisan serat yang telah disusun sesuai dengan susunan yang diinginkan. Proses vakum untuk mengalirkan resin kedalam cetakan ini menerapkan teknik dari ruang hampa. Ketika ruang hampa tercapai, resin terhisap kedalam

cetakan yang telah tertutup plastik polietilena (PE) [6]. Tekanan sedot yang digunakan untuk menciptakan ruang hampa bervariasi tergantung jenis resin yang digunakan. Penelitian sebelumnya dengan spesimen resin polyester menggunakan tekanan sedot sebesar -25 inHg [7].

Pada penelitian ini, serabut kelapa dibuat dalam bentuk anyaman yang diberi lapisan *fiberglass* pada permukaan atas dan bawahnya. Jarak antar anyaman menjadi parameter yang divariasikan untuk dicari komposisi terbaiknya. Spesimen yang mewakili beberapa jarak anyaman kemudian dilakukan pengujian tarik untuk mengetahui kekuatan tariknya.

II. LANDASAN TEORI

A. Komposit Hybrid

Komposit hybrid adalah komposit yang memiliki kombinasi dua serat dengan jenis dan karakteristik yang berbeda, dapat diharapkan meningkatkan sifat mekanik pada komposit. Penguatan komposit hybrid dengan serat yang tepat akan menghasilkan karakteristik yang sangat baik. Penelitian ini menggunakan gabungan antara *fiberglass*, serabut kelapa, dan resin polyester SHCP yang dicampur dengan *hardener*.

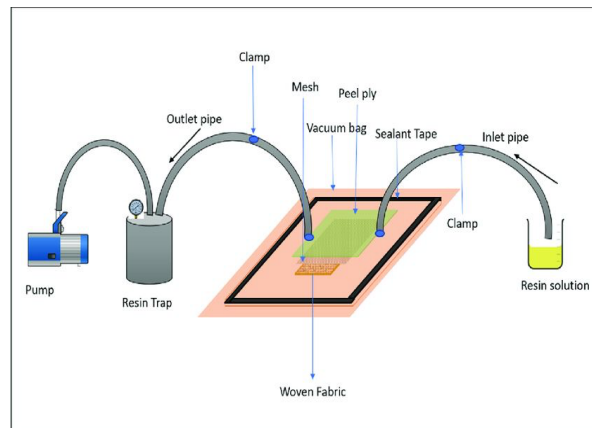
Fiberglass adalah paduan atau campuran beberapa bahan kimia yang beraksi dan mengeras dalam waktu tertentu. Fiberglass lebih ringan, lebih mudah dibentuk, dan lebih murah daripada logam. Keunggulan pada Fiberglass mempunyai sifat-sifat seperti kekuatannya tinggi, elastis, dan tahan terhadap temperatur tinggi. Fiberglass memiliki masa jenis 2,4 gr/cm³ [8]. Kekurangan pada fiberglass adalah dapat menyebabkan iritasi kulit yang dapat menyebabkan gatal-gatal. Sehingga harus menggunakan peralatan lengkap pada saat menggunakan fiberglass [9]. Pada Pembuatan komposit ini menggunakan *Fiberglass* WR 200.

Resin polyester SHCP paling banyak digunakan dalam berbagai jenis pengaplikasian yang memerlukan resin termoset, penggunaan resin ini berlaku baik dalam cara terpisah ataupun menggunakan dengan bentuk material komposit. Resin polyester memiliki masa jenis 1,125 gr/cm³ [10]. Matriks jenis ini memiliki sifat dapat mengeras pada suhu ruang dengan penambahan katalis tanpa pemberian tekanan proses pembentukan. Resin polyester berupa resin cair dengan viskositas yang relatif rendah dan harganya murah serta mudah di dapat [11].

Hardener adalah bahan kimia yang membantu proses curing, atau pengerasan pada resin, terdiri dari dua bahan, katalisator dan accelerator. Katalisator dan accelerator menimbulkan panas untuk mempercepat proses pengeringan dan membuat bahan menjadi kuat. Proses panas diperlukan untuk mempercepat proses pengeringan, sehingga bahan menjadi kuat. Panas yang terlalu tinggi (*over heat*) dapat merusak molekul dan juga akan merusak serat atau produk tersebut [12].

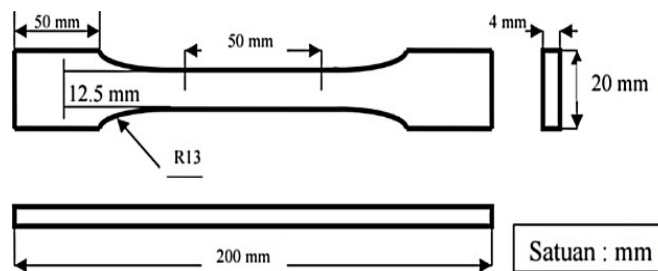
B. Vacuum Infusion

Vacuum infusion adalah proses pembuatan komposit dengan memanfaatkan pemvakuman udara atau dengan menghisap udara di dalam cetakan dengan skematik seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Metode vacuum disebut juga proses cetakan tertutup, karena cetakan ini nanti di tutup oleh plastik polietilena (PE) yang di beri perekat (*sealant tape*) agar udara dalam cetakan terhisap atau tidak ada udara masuk, yang nantinya aliran resin akan masuk dan mengisi cetakan. Proses pemvakuman ini meminimalisir atau mengurangi adanya gelembung udara yang terperangkap pada cetakan komposit [13]. Salah satu kelemahan menggunakan metode *vacuum infusion* adalah adanya delaminasi pada hasil pembuatan komposit jika resin tidak mengalir ke seluruh lapisan serat. Delaminasi adalah kelemahan kekuatan struktur yang dapat disebabkan oleh lubang karena adanya resin yang tidak menyatu pada setiap lapisan [14].



Gambar 1. Vacuum Infusion Process [15]

C. Uji Tarik



Gambar 2. Ukuran Spesimen Uji Tarik [16].

Uji tarik adalah teknik yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan atau material dengan memberinya beban gaya yang berlawanan arah. Hasil pengujian tarik digunakan untuk data rancangan dasar kekuatan suatu material dan sebagai data pendukung spesifikasi material, karena pengujian tarik dapat diukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang di berikan secara perlahan [17]. Spesimen uji tarik berdasarkan ASTM D638 [18] ditunjukkan pada Gambar 2. Parameter karakteristik material yang dapat diambil dari uji tarik adalah kekuatan tarik, regangan, dan modulus elastisitas. Pengukuran parameter tersebut secara berurutan ditunjukkan pada persamaan (1), (2), dan (3).

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

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{l_1 - l_0}{L} \quad (2)$$

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (3)$$

Keterangan:

σ = Tegangan tarik (MPa)

F = Gaya (N)

A = Luas penampang spesimen (mm)

ε = Regangan

L = Panjang Spesimen (mm)

ΔL = Pertambahan panjang akibat beban tarik (mm)

l_0 = Panjang awal (mm)

l_i = Panjang setelah pengujian tarik (mm)

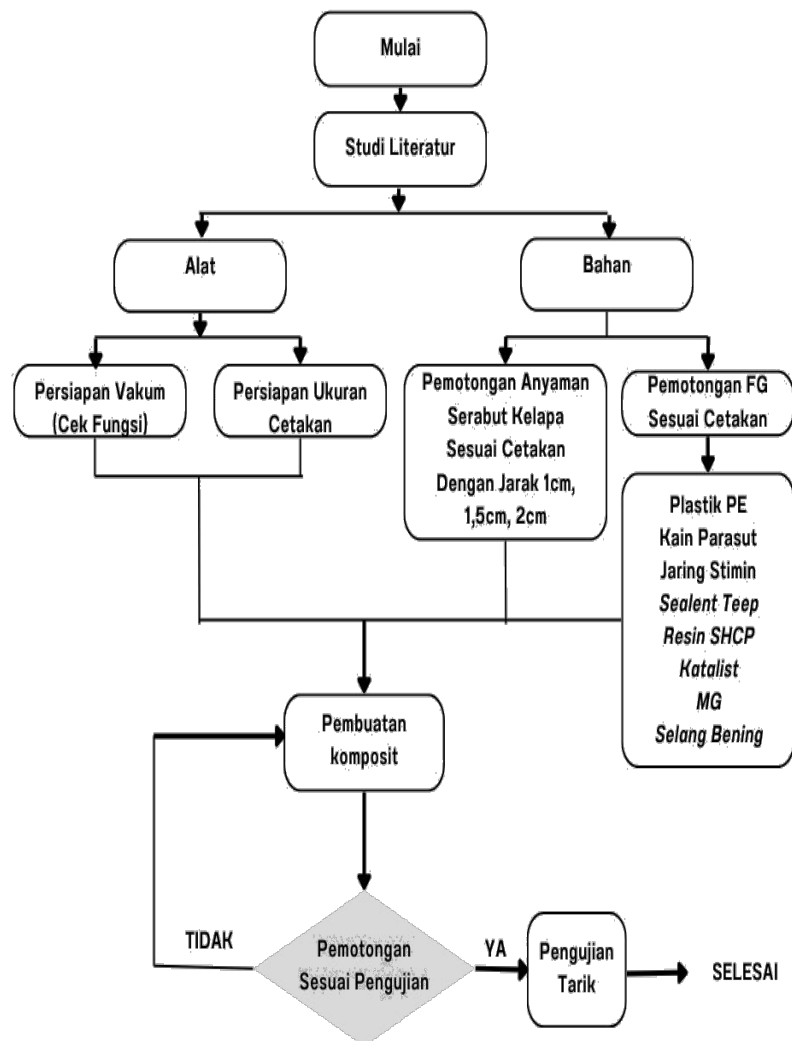
E = Modulus Elastisitas (GPa)

σ = Tegangan tarik (MPa)

ε = Regangan

III. METODE/MODEL YANG DIUSULKAN

A. Alur Penelitian



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Proses penelitian ini secara umum tergambar di diagram alir penelitian seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Penelitian ini diawali dengan proses manufaktur panel komposit dengan metode *vacuum infusion*. Alat dan bahan yang digunakan dipersiapkan dan dilakukan pengecekan fungsi tiap alatnya terlebih dahulu. Serabut kelapa sebagai bahan utama dalam penelitian kali ini dibuat dalam bentuk anyaman dengan jarak anyaman yang berbeda-beda, yaitu 1 cm, 1,5 cm, dan 2 cm. Proses vakum dilakukan setelah semua alat dan bahan siap digunakan. Panel komposit dibiarkan dalam keadaan vakum sampai proses *curing* selesai. Panel kemudian dipotong sesuai dengan ukuran spesimen uji tarik per ASTM D638 sebelum dilakukan pengujian untuk mendapatkan kekuatan tarik tiap variasi komposit *hybrid*.

B. Alat dan Bahan

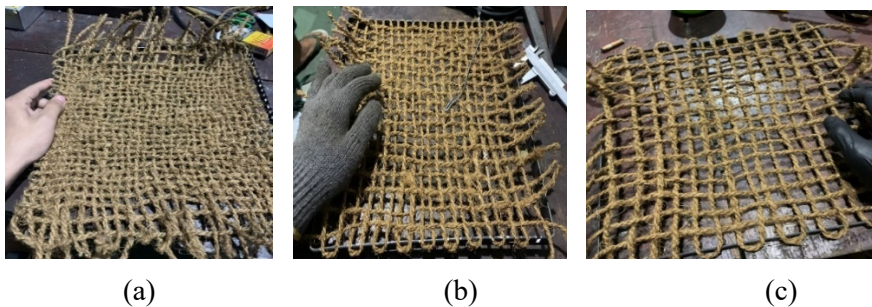
Alat yang digunakan dalam proses manufaktur panel komposit *hybrid* dengan metode *vacuum infusion* adalah sebagai berikut:

1. *Vacuum Pump* yang berfungsi menghisap udara untuk menciptakan ruangan vakum di dalam cetakan, kemudian menghisap resin untuk mengalir serai dan seluruh ruangan di dalam cetakan.
2. Penampung Resin untuk menampung resin berlebih yang keluar dari cetakan.
3. *Vacuum Gauge* untuk mengetahui tekanan pada penampung resin saat proses *vacuum infusion* sedang berjalan.
4. *Mixing cup* untuk mencampur resin dan hardener.
5. Cetakan dari kaca
6. *C-clamp* untuk menjepit selang agar menjaga cetakan dalam keadaan vakum dan mencegah resin masuk ke penampung resin terlalu berlebih.
7. Timbangan digital untuk menimbang campuran resin, *hardener*, serabut kelapa dan *fiberglass*.
8. Alat bantu lainnya.

Bahan yang digunakan untuk manufaktur panel komposit *hybrid* ini adalah sebagai berikut:

1. Tali serabut kelapa sebagai bahan *reinforcement* utama penyusun komposit *hybrid* ini.
2. *Fiberglass WR200* sebagai *reinforcement* dari serat sintetis.
3. Resin Polyester SHCP sebagai matriks pengikat serat.
4. *Hardener* untuk mempercepat proses pengeringan resin saat pembuatan komposit.
5. *Sealant tape* untuk merekatkan plastik vakum ke cetakan kaca.
6. Kain parasut sebagai pengganti kain *peel ply* yang berfungsi pembatas agar resin tidak mengenai selang dan plastik vakum, serta memudahkan saat pelepasan panel komposit dari cetakan.
7. *Miracle glos* yang berfungsi agar panel komposit tidak lengket ke permukaan kaca untuk mempermudah pelepasan panel komposit.
8. Selang yang berfungsi menyalurkan tekanan udara dari *vacuum pump* dan menyalurkan resin ke cetakan.
9. Plastik vakum dari bahan Polietilena (PE).
10. Jaring kasa strimin sebagai pengganti *flow media*.

C. Pembuatan Komposit



Gambar 4. Anyaman Serabut Kelapa Jarak (a) 1 cm, (b) 1,5 cm, dan (c) 2 cm

Panel komposit *hybrid* dibentuk dari susunan serat secara berurutan dari bawah ke atas sebagai berikut: *fiberglass* sebanyak 2 lapis, anyaman serabut kelapa (SK), dan *fiberglass* sebanyak 2 lapis. Terdapat 3 variasi anyaman SK, yaitu anyaman dengan jarak 1 cm, 1,5 cm, dan 2 cm, seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Seluruh panel dibentuk dalam cetakan dengan ukuran yang sama, yaitu panjang 400 mm, lebar 250 mm, dan ketebalan 5 mm.

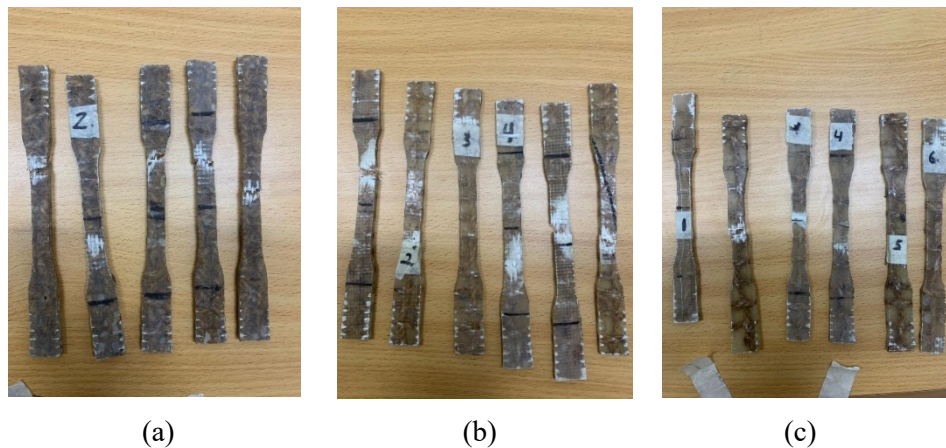
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN



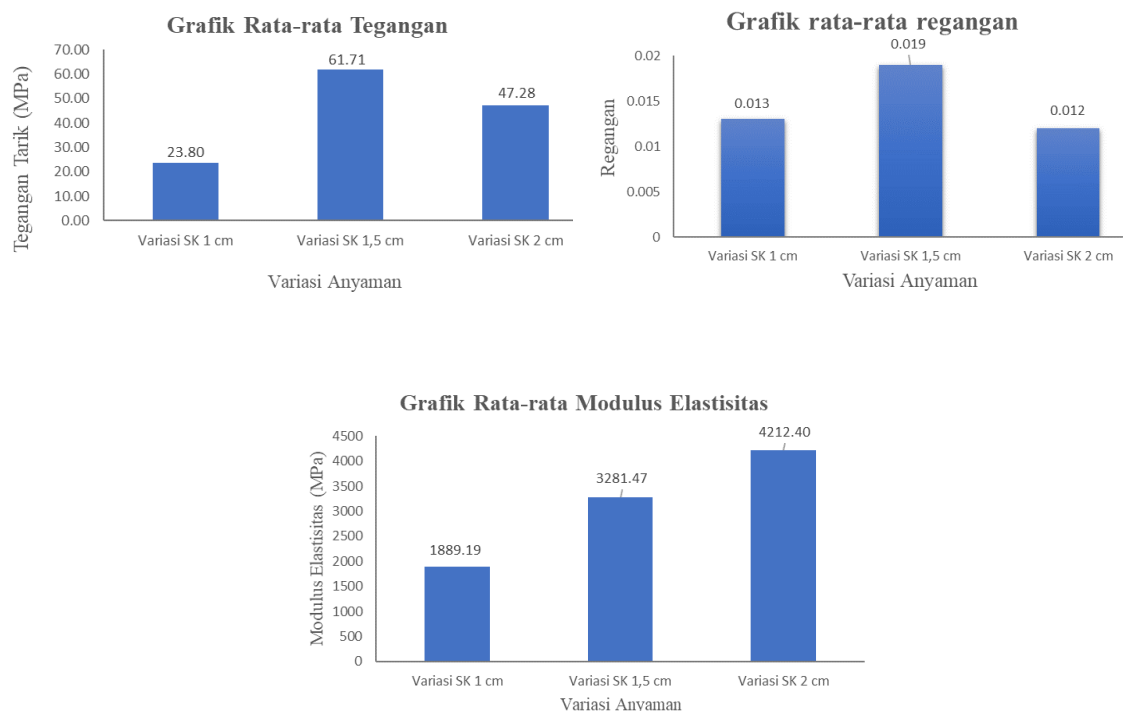
Gambar 5. Pengujian Tarik Spesimen Komposit *Hybrid*

Gambar 5 menunjukkan proses pelaksanaan pengujian tarik komposit *hybrid* yang dilakukan menggunakan mesin tarik Universal Testing Machine (UTM) di Laboratorium Uji Tarik FKIP JPTK UNS. Beberapa sifat mekanis yang diperoleh dari pengujian tarik adalah kekuatan mulur, kekuatan tarik, kekuatan putus, keuletan dan ketangguhan, kekuatan tarik suatu material diukur menggunakan mesin uji tarik yang memberikan beban tarik pada benda uji hingga patah. pada pengujian tarik spesimen komposit *hybrid* dilakukan untuk mengetahui hasil rata-rata regangan, rata-rata tegangan, dan rata-rata modulus elastisitas berikut ini hasil data pengujian kekuatan tarik komposit *hybrid*.

Spesimen komposit dibuat dengan cetakan yang sama, tapi dengan ukuran jarak anyaman yang berbeda untuk tiap variannya. Hal ini mengakibatkan fraksi volume tiap varian berbeda-beda. Spesimen komposit hybrid variasi sabut kelapa (SK) 1 cm menggunakan komposisi volume *reinforcement* 11% dan 89% *matrix*, variasi SK 1,5 cm menggunakan komposisi volume *reinforcement* 7% dan 93% *matrix*, variasi 2 cm menggunakan komposisi volume *reinforcement* 4% dan 96% *matrix*, serta menggunakan 1% hardener dari berat *matrix* pada setiap variasi. Hasil uji tarik ditunjukkan pada Gambar 6, dimana seluruh specimen patah di area seksi uji dengan penampang yang menyempit.



Gambar 6. Hasil Uji Tarik Spesimen Variasi Jarak Anyaman SK (a) 1 cm, (b) 1,5 cm, dan (c) 2 cm



Gambar 7. Hasil Uji Tarik Komposit Hybrid

Gambar 7 menunjukkan perbandingan karakteristik tarik material komposit *hybrid* untuk variasi anyaman serabut kelapa (SK) dengan jarak anyaman 1 cm, 1,5 cm, dan 2 cm. Nilai rata-rata kekuatan tarik terbesar terdapat pada variasi jarak anyaman SK 1,5 cm sebesar 61,71 MPa, sedangkan varian jarak anyaman SK 1 cm memiliki kekuatan tarik sebesar 23,80 MPa, dan variasi jarak anyaman SK 2 cm mendapatkan nilai rata-rata kekuatan tarik 47,28 MPa. Nilai rata-rata regangan maksimum tertinggi didapatkan oleh varian jarak anyaman SK 1,5 cm dengan nilai 0,019, lebih tinggi dari varian jarak SK 1 cm (0,013) dan 2 cm (0,012). Tren yang berbeda ditunjukkan pada nilai rata-rata modulus elastisitas, dimana nilai terbesar diperoleh varian jarak anyaman SK 2 cm, yaitu sebesar 4212,4 MPa.

Dari hasil uji tarik ini dapat dilihat bahwa jarak anyaman yang paling dekat dan dengan fraksi volume serat terbesar ternyata tidak menghasilkan kekuatan terbaik jika dibanding jarak anyaman lainnya. Terdapat jarak optimum yang menghasilkan kekuatan tarik terbesar, yaitu di jarak anyaman 1,5 cm. Pada varian jarak anyaman SK 1 cm, terdapat area void di antara serabut kelapa, sehingga penyerapan resin di area tersebut kurang optimal. Penyerapan resin ke serat dapat mempengaruhi kekuatan ikatan di material komposit.

V. KESIMPULAN

Komposit hybrid *fiberglass* dan serabut kelapa (SK) dibuat dengan metode *vacuum infusion* yang memanfaatkan pemvakuman udara atau dengan menghisap udara di dalam cetakan. Serabut kelapa disusun dalam bentuk anyaman dengan variasi jarak anyaman 1 cm, 1,5 cm, dan 2 cm. Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui jarak anyaman optimum yang menghasilkan karakteristik material komposit terbaik. Hasil uji tarik menunjukkan bahwa nilai rata-rata kekuatan tarik pada specimen dengan jarak anyaman 1,5 cm terbesar dibanding specimen lain, yaitu sebesar 61,71 MPa. Rata-rata regangan tarik maksimum terbesar juga terdapat pada specimen dengan jarak anyaman 1,5 cm, yaitu sebesar 0,019. Rata-rata modulus elastisitas terbesar dimiliki oleh specimen dengan jarak anyaman sebesar 2 cm dengan nilai 4212,4 MPa.

Penelitian ini merupakan awal untuk menemukan kombinasi material komposit terbaik yang memanfaatkan anyaman sabut kelapa. Karakteristik material perlu dilengkapi dengan karakteristik geser, tekan, impak, bending, dan lainnya untuk sampai pada suatu kesimpulan akhir menentukan kombinasi optimum komposit *hybrid* serabut kelapa dan *fiberglass*.

REFERENSI

- [1] Suzanna, "Peranan Komposit Untuk Pesawat Terbang Ir. Suzanna H., M.Si," pp. 61–63, 2013.
- [2] H. Harsi, N. H. Sari, and S. Sinarep, "Karakteristik Kekuatan Bending Dan Kekuatan Tekan Komposit Serat Hybrid Kapas/Gelas Sebagai Pengganti Produk Kayu," *Din. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 2, pp. 59–65, 2015, doi: 10.29303/d.v5i2.30.
- [3] N. D. Ramayati, W. Kartini, and Sumaidi, "Pengaruh Penambahan Serat Fiberglass Pada Campuran Beton Terhadap Kinerja Beton," *Agregat*, vol. 8, no. 2, 2023.
- [4] I. Astika, I. Lokantara, and I. Gatot Karohika, "Sifat Mekanis Komposit Polyester dengan Penguat Serat Sabut Kelapa," *J. Energi Dan Manufaktur*, vol. 6, no. 2, 2013.
- [5] A. H. Siregar, B. A. Setyawan, and A. Marasabessy, "Komposit Fiber Reinforced Plastic Sebagai Material Bodi Kapal Berbasis Fiberglass Tahan Api," *Bina Tek.*, vol. 12, no. 2, p. 261, 2017, doi: 10.54378/bt.v12i2.82.
- [6] A. D. Setyawan, "Perancangan Dan Pembuatan Filter Resin Untuk Proses Pembuatan Komposit Dengan Metode Vacuum Infusion," 2019, [Online]. Available: <https://dspace.uir.ac.id/handle/123456789/13898>
- [7] Q. Wiyoko, "Rancang Bangun Alat Vacuum Infusion Sederhana Untuk Pembuatan Komposit ' Universitas Tunas Pembangunan," 2023.
- [8] B. Martana, S. Pradana, and H. E. Naufal, "Kajian Kekuatan Tekan Komponen Spoiler Berbahan Material Komposit Sampah Plastik Polyethylene terephthalate (PET)," pp. 106–111, 2023.

-
- [9] N. A. Handoyono and S. Hadi, "Pengembangan Modul Pembuatan Bodi Kendaraan Dari Fiberglass Untuk Mendukung Perkuliahan Cat Dan Bodi Kendaraan," *Taman Vokasi*, vol. 6, no. 1, p. 36, 2018, doi: 10.30738/jtvok.v6i1.2818.
- [10] D. D. Ma'arif, R. D. Anjani, and ..., "Analisis Sifat Mekanik Pada Komposit Serat Daun Nanas Dengan Filler Talc $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$: Analysis of Mechanical Properties of Pineapple Leaf Fiber ...," *J. Pendidik. Tek. ...*, vol. 11, no. 2, pp. 174–183, 2023, [Online]. Available: <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JPTM/article/view/65803%0Ahttps://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JPTM/article/download/65803/27227>
- [11] S. A. Rahmawaty, "Analisa Kekuatan Tarik dan Tekuk pada Komposit Fiberglas-Polyester Berpenguat Serat Gelas dengan Variasi Fraksi Volume Serat," *JTM-ITI (Jurnal Tek. Mesin ITI)*, vol. 5, no. 3, p. 146, 2021, doi: 10.31543/jtm.v5i3.685.
- [12] R. C. A. Lumintang, R. Soenoko, and S. Wahyudi, "Komposit Hibrid Polyester Berpenguat Serbuk Batang dan Serat Sabut Kelapa," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 2, no. 2, pp. 145–153, 2011, [Online]. Available: <https://rekayasamesin.ub.ac.id/index.php/rm/article/view/137>
- [13] S. Hidayat, "Aplikasi perangkat vacuum infusion untuk pembuatan komponen berbahan komposit," *Inst. Teknol. Nas. - Bandung*, pp. 12–20, 2020, [Online]. Available: <http://eprints.itenas.ac.id/id/eprint/838>
- [14] I. Priyahapsara, "Analisis Faktor Delaminasi Pada Material Serat Gelas Terhadap Parameter Drilling," *Vortex*, vol. 3, no. 2, p. 132, 2022, doi: 10.28989/vortex.v3i2.1237.
- [15] M. Fazeli, "Schematic diagram of the vacuum infusion process used in this study for composite fabrication.," researchGate. Accessed: May 17, 2024. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/figure/Schematic-diagram-of-the-vacuum-infusion-process-used-in-this-study-for-composite_fig3_380575160
- [16] L. Diana, A. Ghani Safitra, and M. Nabel Ariansyah, "Analisis Kekuatan Tarik pada Material Komposit dengan Serat Penguat Polimer," *J. Engine Energi, Manufaktur, dan Mater.*, vol. 4, no. 2, pp. 59–67, 2020.
- [17] R. Denti Salindeho, J. Soukota, and R. Poeng, "Pemodelan Pengujian Tarik Untuk Menganalisis Sifat Mekanik Material," *Poros J. Tek. Mesin Unsrat*, vol. 2, no. 2, pp. 1–11, 2013.
- [18] American Society for Testing and Materials D638, "ASTM D638-14, Standard practice for preparation of metallographic specimens," *ASTM Int.*, vol. 82, no. C, pp. 1–15, 2016, doi: 10.1520/D0638-14.1.
-