

PENGARUH FRAKSI VOLUME KOMPOSIT *HYBRID* SERAT KARBON – SERAT RAMI TERHADAP UJI *IMPACT* DAN UJI PENYERAPAN AIR UNTUK APLIKASI PROTOTIPE LAMBUNG KAPAL

Fitro Dwi Kurniawan

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: fitrodwi.22010@mhs.unesa.ac.id

Mochamad Arif Irfa'i

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri

Surabaya Email: arifirfai@unesa.ac.id

Abstrak

Perkembangan material komposit semakin pesat karena memiliki keunggulan ringan, kuat, dan tahan korosi, sehingga banyak diaplikasikan pada industri perkapalan. Serat karbon dikenal memiliki kekuatan tinggi namun berbiaya relatif mahal, sedangkan serat rami sebagai serat alami lebih ekonomis dan ramah lingkungan. Pemanfaatan serat rami berpotensi mendukung pengembangan material berkelanjutan di Indonesia yang kaya sumber daya hayati. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi komposisi dan susunan serat karbon-serat rami pada komposit hibrida terhadap kekuatan impact dan penyerapan air untuk aplikasi prototipe lambung kapal. Metode yang digunakan adalah eksperimen kuantitatif dengan proses vacuum infusion. Pengujian impact mengacu pada ASTM D5942-96 dan penyerapan air pada ASTM D57-88. Dilakukan Agustus-Desember 2025 di Laboratorium Universitas Negeri Surabaya dan Politeknik Negeri Malang. Hasil menunjukkan bahwa peningkatan fraksi volume serat karbon meningkatkan kemampuan serap energi dan menurunkan penyerapan air. Variasi terbaik diperoleh pada variasi 1 dengan komposisi 35% serat karbon, 15% serat rami, dan 50% matriks dengan energi serap 9,743 J, kekuatan impact 0,11664 J/mm², serta penyerapan air 2,62%. Sebaliknya, pada variasi 4 dengan komposisi 15% serat karbon, 35% serat rami, dan 50% matriks menghasilkan nilai terendah dengan energi serap 3,419 J, kekuatan impact 0,03897 J/mm², dan penyerapan air 17,19%.

Kata Kunci: Komposit Hybrid, Serat Rami, Uji Impact, Uji Penyerapan Air, Vacuum infusion

Abstract

The development of composite materials is rapidly advancing due to their advantages of being lightweight, strong, and corrosion resistant, making them widely used in the shipping industry. Carbon fiber is known for its high strength but is relatively expensive, while hemp fiber, as a natural fiber, is more economical and environmentally friendly. The use of hemp fiber has the potential to support the development of sustainable materials in Indonesia, which is rich in biological resources. This study aims to analyze the effect of variations in the composition and arrangement of carbon fiber and hemp fiber in hybrid composites on impact strength and water absorption for prototype ship hull applications. The method used is quantitative experimentation with a vacuum infusion process. Impact testing refers to ASTM D5942-96 and water absorption to ASTM D57-88. It was conducted from August to December 2025 at the Surabaya State University Laboratory and Malang State Polytechnic. The results showed that an increase in the volume fraction of carbon fiber increased energy absorption and decreased water absorption. The best variation was obtained in variation 1 with a composition of 35% carbon fiber, 15% hemp fiber, and 50% matrix with an absorption energy of 9.743 J, impact strength of 0.11664 J/mm², and water absorption of 2.62%. Conversely, variation 4 with a composition of 15% carbon fiber, 35% flax fiber, and 50% matrix produced the lowest values with energy absorption of 3.419 J, impact strength of 0.03897 J/mm², and water absorption of 17.19%.

Keywords: Hybrid Composites, Flax Fiber, Impact Testing, Water Absorption Testing, Vacuum Infusion

PENDAHULUAN

Lambung kapal adalah struktur utama yang memberikan daya apung, kestabilan, dan kekuatan sehingga kapal dapat mengapung dan bergerak di atas air. Tim Fuel Engine Remote Control (FERC) Universitas Negeri Surabaya (UNESA) menggunakan bahan triplek dan campuran fiberglass untuk lambung kapal, yang menyebabkan kapal menjadi berat. Oleh karena itu, pengurangan pada bobot untuk meningkatkan efisiensi dan

performa yang lebih baik (Buba et al., 2023). Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh sifat yang diinginkan pada lambung kapal menggunakan material komposit.

Komposit merupakan material rekayasa yang dibentuk dari gabungan dua atau lebih material berbeda, sehingga mampu menghasilkan sifat mekanik dan karakteristik yang lebih baik dibandingkan masing-masing material penyusunnya secara terpisah (Kamal & Ghofur, 2021). Serat berperan sebagai komponen utama sementara polimer

yang mudah dibentuk dan berdaya ikat tinggi berfungsi sebagai pengikat. Dalam penelitian ini, penulis menerapkan komposit hybrid, yaitu gabungan dari beberapa lapisan atau serat yang disusun sejajar dalam satu arah dengan jumlah tertentu (Safriani et al., 2021).

Serat rami adalah salah satu serat alami yang memiliki prospek besar sebagai bahan dasar material isolasi termal ramah lingkungan. Pemilihan serat rami sebagai salah satu material dalam komposit didasari oleh potensinya yang tinggi di Indonesia, di mana meskipun jumlahnya melimpah, pemanfaatannya masih belum optimal hingga saat ini (Zulvikal, 2025). Komposit serat karbon banyak digunakan sebagai pengganti bahan-bahan lain yang lebih berat. Keunggulan serat karbon adalah ringan, memiliki kekuatan tarik yang tinggi, dan sangat tahan lama (Suugondo et al., 2022). Serat karbon sebagian besar terbuat dari 90% poliakrilonitril, sedangkan sisanya 10% berasal dari rayon atau petroleum pitch.

Berdasarkan kekuatan mekanik dari serat ramie dan karbon yang telah disebutkan sebelumnya, keduanya memiliki daya tahan mekanik yang baik dan dapat digunakan untuk mengembangkan bahan komposit hibrida (Amananti, 2024). Komposit polimer EP dan FEP efektif membentuk permukaan hidrofobik karena keduanya memiliki adhesi dan energi permukaan rendah, serta sinerginya meningkatkan kualitas dan kestabilan sifat hidrofobik (Huang et al., 2022).

Berdasarkan kajian terhadap penelitian terdahulu, sebagian besar studi telah membahas pengaruh susunan lapisan serat dan belum banyak penelitian yang membahas fraksi volume antara serat rami dan serat karbon, komposisi antara matriks, serat rami, dan serat karbon menjadi faktor penting dalam menentukan sifat mekanik komposit hibrida. Perbandingan antara resin epoksi dengan serat, serta rasio antara serat rami dan serat karbon dapat dianalisis melalui pendekatan fraksi volume guna memperoleh distribusi material yang optimal. Atas dasar tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pengaruh variasi fraksi volume serat karbon dan serat rami terhadap sifat impact dan penyerapan air pada komposit hibrida. Pengujian impact mengacu pada standar ASTM D5942-96 untuk mengevaluasi ketangguhan material dalam menyerap energi benturan sebelum mengalami kegagalan, dengan nilai acuan sebesar 0,08122 J/mm². Selain itu, dilakukan uji penyerapan air untuk menentukan persentase absorpsi air pada komposit sebagai indikator ketahanan terhadap lingkungan lembap. Melalui penyesuaian fraksi volume serat dan pengujian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menentukan komposisi optimum komposit hibrida berbasis matriks epoksi dengan penguat serat karbon dan serat rami.

METODE

Jenis Penelitian

Jenis Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain eksperimen sebagai metode utama. Pendekatan eksperimental diterapkan untuk menganalisis hubungan sebab-akibat antar variabel, khususnya pengaruh variasi fraksi volume serat terhadap sifat mekanik dan fisis komposit. Melalui manipulasi fraksi volume, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kombinasi komposisi yang menghasilkan nilai kekuatan impact dan ketahanan penyerapan air yang optimal.

Tempat dan Waktu Penelitian

• Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pengecoran Gedung A8, Universitas Negeri Surabaya.

• Waktu Penelitian

Waktu yang digunakan untuk melaksanakan penelitian dimulai pada Agustus 2025 – Desember 2025 hingga segala data dan analisa yang dibutuhkan terpenuhi.

Variabel Penelitian

• Variabel Bebas

Penelitian ini menggunakan fraksi volume sebagai variabel bebas, dimana volume serat rami : volume serat karbon : matriks, perbandingan yang digunakan sebagai berikut

Variasi 1 (VR 35% : VK 15% : VM 50%)

Variasi 2 (VR 30% : VK 20% : VM 50%)

Variasi 3 (VR 20% : VK 30% : VM 50%)

Variasi 4 (VR 15% : VK 35% : VM 50%)

• Variabel Terikat

- Uji Impact
- Uji Penyerapan Air

• Variabel Kontrol

- Matriks yang digunakan adalah matriks epoksi, yang bersifat sebagai pengikat serat dan elemen struktural komposit.
- Menggunakan metode vacuum infusion dengan spesifikasi 1 HP.
- Menggunakan susunan serat karbon – serat rami – serat karbon – serat rami.
- Perlakuan alkalisasi pada serat rami dengan NaOH selama 2 jam.
- Proses pengeringan serat rami menggunakan oven dengan suhu 100°C selama 1 jam.
- Proses pencetakan dilakukan menggunakan cetakan (mold) berbentuk balok dengan diameter yang seragam untuk seluruh spesimen.

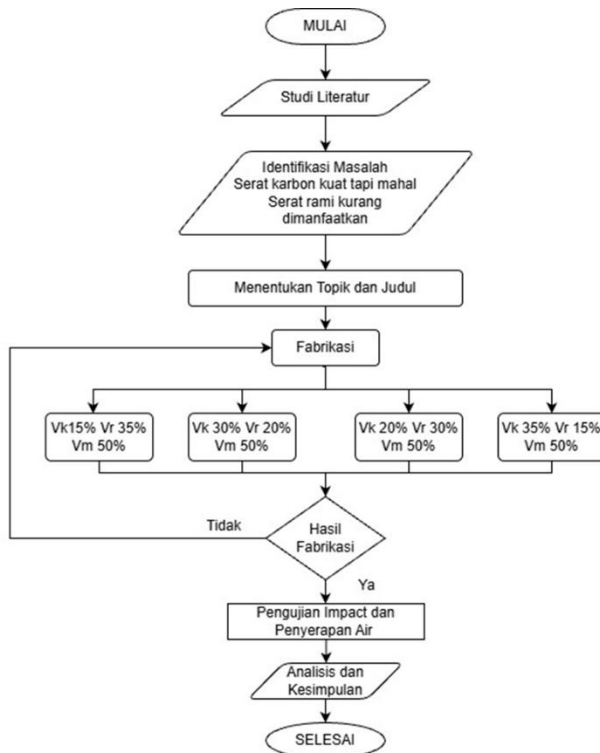
Teknik Pengumpulan Data

• Pre-Processing

- Studi Literatur dan Identifikasi Variabel

- Pengumpulan data serat dan spesifikasi serat
- *Processing*
 - Simulasi fabrikasi Vacuum infusion
 - Analisis Hasil Simulasi dan Penentuan Ketebalan
 - Uji Eksperimen fraksi volume
- *Post Processing*
 - Validasi Hasil

Flow Chart Penelitian



Gambar 1 Flowchart Penelitian

Teknik Analisis Data

Data yang dikumpulkan melalui pendekatan ini dinilai memiliki tingkat validitas yang baik. Analisis terhadap data sangat penting untuk memperoleh kesimpulan yang tepat serta mengevaluasi keberhasilan penelitian.

- Rumus Energi Impact

$$W = M \times G \times R (\cos\beta - \cos\alpha)$$
 keterangan :
 W = energi yang diserap benda uji (J)
 M = berat pendulum (N)
 G = gravitasi bumi
 R = jarak pendulum ke pusat rotasi (m)
 β = sudut pendulum setelah tabrak benda uji ($^{\circ}$)
 α = sudut pendulum tanpa benda uji ($^{\circ}$)
- Rumus Kekuatan Impact

$$I = \frac{W}{b_i - b_i}$$
 Keterangan :
 I = Kekuatan Impact (J/mm)
 W = energi terserap benda uji (J)

b_i = lebar benda uji impact (mm)
 h_i = tebal benda uji impact (mm)

- Rumus Penyerapan Air

$$W(\%) = \frac{w_o - w_t}{w_o} \times 100$$

Keterangan :

W = Presentase penyerapan air (%)

w_o = berat awal spesimen

w_t = berat akhir spesimen

- Fraksi Volume (Suartama et al., 2020)

$V_f = V_{\text{serat}}\% \times V_{\text{cetak}}$

$M_f = \rho_f \times V_f$

$V_m = V_m\% \times V_{\text{cetak}}$

$V_{\text{katalis}} = 1/3 \times V_m$

Keterangan :

V_f = Volume serat (cm^3)

$V_{\text{serat}}\%$ = Volume serat (%)

V_{cetak} = Volume cetakan (cm^3)

M_f = Massa serat (gr)

ρ_f = Massa jenis serat (gr/cm^3)

V_m = Volume resin (cm^3)

$V_m\%$ = Volume resin (%)

V_{katalis} = Volume katalis (cm^3)

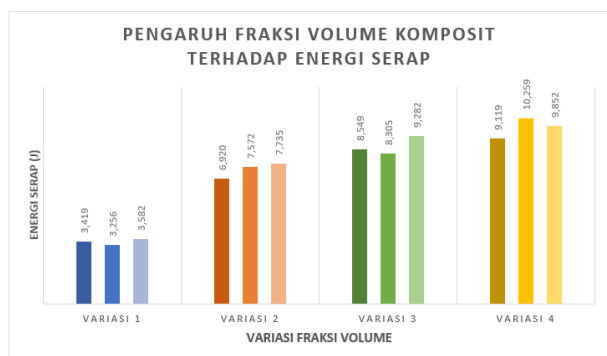
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Impact

Tabel 1 Data Hasil Pengujian Impact

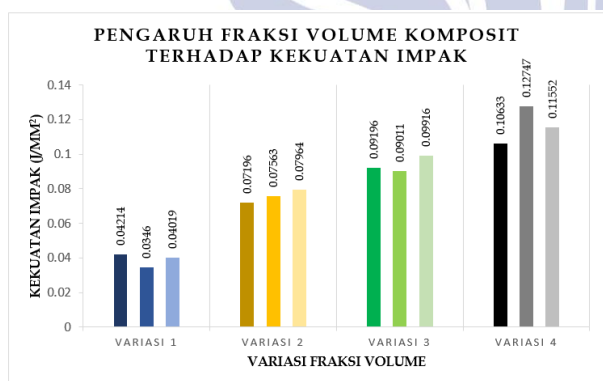
No	Variasi	Note	Sudut Awal (a)	Sudut Akhir (B)	Luas Penampang	Energi Serap (J)	Kekuatan Impact (J/mm ²)
1	Karbon 15%	2-1	120.0	115.8	81,13	3.419	0,04214
2	Rami 35%	2-2	120.0	116	94,10	3.256	0,03460
3	Matriks 50%	2-3	120.0	115.6	89,12	3.582	0,04019
1	Karbon 20%	3-1	120.0	111.5	96,16	6.920	0,07196
2	Rami 30%	3-2	120.0	110.7	100,11	7.572	0,07563
3	Matriks 50%	3-3	120.0	110.5	97,12	7.735	0,07964
1	Karbon 30%	4-1	120.0	109.5	92,96	8.549	0,09196
2	Rami 20%	4-2	120.0	109.8	92,16	8.305	0,09011
3	Matriks 50%	4-3	120.0	108.6	93,60	9.282	0,09916
1	Karbon 35%	5-1	120.0	108.8	85,76	9.119	0,10633
2	Rami 15%	5-2	120.0	107.4	80,48	10.259	0,12747
3	Matriks 50%	5-3	120.0	107.9	85,28	9.852	0,11552

Pada tabel 1 memberikan informasi perbedaan variasi terhadap fraksi volume, sudut akhir, energi serap, dan kekuatan impact. pengujian ini didapatkan hasil energi serap dan kekuatan impact perbedaan campuran serat terhadap fraksi volume dan luas penampang yang berbeda pada material komposit hibrid memiliki pengaruh pada hasil nilai(Widodo et al, 2022). Pada tabel tersebut terlihat bahwa komposisi dari serat karbon berpengaruh terhadap nilai dari energi serap dan kekuatan impact. Saat pengujian impact menggunakan pendulum seberat 8,3 kg dengan panjang lengan 0,62 m serta sudut awal 120 $^{\circ}$



Grafik 1 Nilai Energi Serap

Mengacu pada Grafik 1, rata-rata energi serap pada Variasi 2 dan Variasi 3 berada pada rentang 6,9–9,2 J. Variasi 4 menunjukkan nilai energi serap rata-rata paling tinggi, yaitu sekitar 9,1–10,2 J, sedangkan Variasi 1 memiliki nilai energi serap rata-rata paling rendah dengan kisaran 3,25–3,58 J. Seluruh spesimen menggunakan konfigurasi laminasi karbon–rami–rami–karbon, sehingga perbedaan nilai energi serap yang dihasilkan disebabkan oleh perbedaan volume serat yang digunakan. Hasil ini menunjukkan bahwa Variasi 4 memiliki kemampuan penyerapan energi terbaik, sementara Variasi 1 terendah, yang mengindikasikan bahwa keseimbangan komposisi serat dan susunan laminasi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kinerja komposit.



Grafik 2 Nilai Kekuatan Impak

Pada grafik 2 menunjukkan bahwa nilai rata-rata kekuatan impak pada Variasi 2 dan Variasi 3 berada pada rentang 0,071–0,099 J/mm². Variasi 4 memiliki nilai kekuatan impak rata-rata paling tinggi, yaitu sekitar 0,106–0,127 J/mm², sedangkan Variasi 1 menunjukkan nilai kekuatan impak rata-rata paling rendah dengan kisaran 0,034–0,042 J/mm². Seluruh spesimen menggunakan konfigurasi laminasi karbon–rami–rami–karbon. Perbedaan nilai kekuatan impak yang diperoleh dipengaruhi oleh perbedaan luas penampang spesimen, karena perhitungan kekuatan impak didasarkan pada pembagian energi serap terhadap luas area patahan. Spesimen dengan luas penampang yang lebih kecil cenderung menghasilkan nilai kekuatan impak yang lebih besar, sedangkan spesimen dengan penampang yang lebih besar menghasilkan nilai kekuatan impak yang lebih rendah meskipun energi serap yang diterima relatif sama. Hal ini sesuai dengan prinsip dasar dalam perhitungan kekuatan impak.

Analisis Data Uji Impak

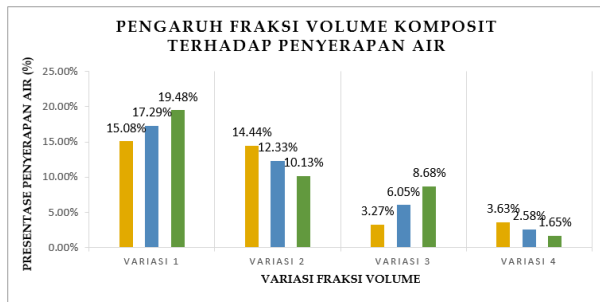
Berdasarkan hasil pengujian impak yang ditunjukkan pada grafik 1 dan 2, dapat disimpulkan bahwa variasi fraksi volume serat memiliki pengaruh signifikan terhadap kemampuan penyerapan energi dan kekuatan impak komposit hibrida. Variasi 4, dengan kandungan serat karbon sebesar 35%, menunjukkan performa terbaik yang ditandai oleh nilai energi serap tertinggi sebesar 10,259 J serta kekuatan impak sebesar 0,12747 J/mm². Secara berturut-turut, performa impak selanjutnya ditunjukkan oleh Variasi 3, diikuti Variasi 2, dan yang terendah adalah Variasi 1. Rendahnya performa pada Variasi 1 disebabkan oleh fraksi serat karbon yang paling kecil, yaitu 15%, sehingga kemampuan komposit dalam menahan beban benturan menurun secara signifikan, dengan energi serap sebesar 3,256 J dan kekuatan impak sebesar 0,03460 J/mm². Secara umum, peningkatan fraksi volume serat karbon dalam komposit berbanding lurus dengan peningkatan nilai energi serap dan kekuatan impak. Hal ini menunjukkan bahwa serat karbon berperan dominan dalam meningkatkan ketangguhan dan ketahanan komposit terhadap beban benturan, sementara peningkatan proporsi serat rami cenderung menurunkan performa impak. Dengan demikian, Variasi 4 merupakan komposisi yang paling potensial untuk diaplikasikan pada prototipe lambung kapal yang membutuhkan ketahanan terhadap beban benturan yang tinggi.

Hasil Pengujian Penyerapan Air

Tabel 2 Data Hasil Pengujian

No	Variasi	Note	Berat Awal (g)	Berat Akhir (g)	Berat jenis (%)	Rata – Rata berat jenis
1	Karbon 15%	2-1	3,1094	3,5785	15,08%	17,19%
2	Rami 35%	2-2	3,1167	3,6556	17,29%	
3	Matriks 50%	2-3	3,1241	3,7327	19,48%	
4	Karbon 20%	3-1	3,9704	4,5441	14,44%	12,30%
5	Rami 30%	3-2	3,8960	4,3764	12,33%	
6	Matriks 50%	3-3	3,8216	4,2088	10,13%	
7	Karbon 30%	4-1	4,7527	4,9085	3,27%	6%
8	Rami 20%	4-2	4,8813	5,1768	6,05%	
9	Matriks 50%	4-3	5,0099	5,4452	8,68%	
10	Karbon 35%	5-1	7,3788	7,6472	3,63%	2,62%
11	Rami 15%	5-2	7,8729	8,0762	2,58%	
12	Matriks 50%	5-3	8,3671	8,5052	1,65%	

Pada tabel 2 memberikan informasi perbedaan variasi terhadap fraksi volume, berat awal, berat akhir, selisih berat, berat jenis, dan rata-rata berat jenis. Pada tabel tersebut dapat diketahui bahwa komposisi serat rami menentukan nilai penyerapan air terhadap spesimen. Hasil pengujian berat jenis diperoleh melalui perhitungan jumlah air yang diserap oleh komposit dalam bentuk persentase.



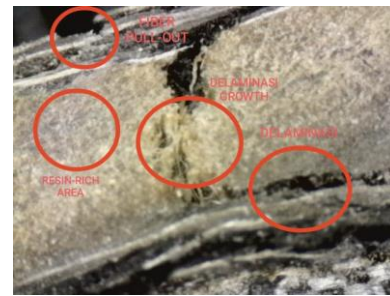
Grafik 3 Nilai Presenase Penyerapan Air

Mengacu pada Grafik 4.3, rata-rata presentase penyerapan air pada Variasi 2 dan Variasi 3 berada pada rentang 3,27-14,44%. Variasi 4 menunjukkan nilai presentase penyerapan air rendah, yaitu sekitar 1,65-3,63%, sedangkan Variasi 1 memiliki nilai presentase penyerapan air tinggi dengan kisaran 15,08-19,48%. Semakin rendah tingkat presentase penyerapan air, maka semakin baik komposisi yang digunakan pada prototipe lambung kapal. Seluruh spesimen menggunakan konfigurasi laminasi karbon-rami-rami-karbon, sehingga perbedaan nilai presentase penyerapan air yang dihasilkan disebabkan oleh perbedaan volume serat alam yang digunakan. Hasil ini menunjukkan bahwa Variasi 4 memiliki kemampuan penyerapan air terendah dan merupakan hasil yang diinginkan, sementara Variasi 1 tertinggi karena volume serat rami terbanyak dari semua variasi.

Analisis Data Uji Penyerapan Air

Berdasarkan hasil pengujian penyerapan air yang ditunjukkan pada Tabel 2, dapat disimpulkan bahwa fraksi volume serat rami memiliki pengaruh dominan terhadap besarnya persentase penyerapan air pada komposit. Variasi 5-3, yang memiliki kandungan serat rami paling rendah, menunjukkan performa terbaik dengan nilai penyerapan air terendah sebesar 1,65%. Hal ini mengindikasikan bahwa komposit dengan fraksi rami yang lebih kecil memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap absorpsi air. Performa berikutnya ditunjukkan oleh Variasi 4-1 dengan nilai penyerapan sebesar 3,27%. Sebaliknya, Variasi 2-3 yang memiliki kandungan serat rami lebih tinggi dibandingkan serat karbon menunjukkan nilai penyerapan air tertinggi, yaitu sebesar 19,48%. Kondisi ini menunjukkan bahwa peningkatan proporsi serat rami meningkatkan afinitas komposit terhadap air, sehingga memperbesar kemampuan material dalam menyerap kelembapan. Secara umum, peningkatan fraksi volume serat rami berbanding lurus dengan peningkatan persentase penyerapan air, sedangkan peningkatan proporsi serat karbon cenderung meningkatkan sifat hidrofobik komposit. Dengan demikian, Variasi 5-3 merupakan komposisi yang paling sesuai untuk aplikasi yang membutuhkan ketahanan terhadap air, seperti pada struktur lambung kapal, sementara komposisi dengan dominasi serat rami kurang direkomendasikan untuk aplikasi struktural yang menuntut ketahanan terhadap lingkungan lembap.

Hasil Foto Makro



Gambar 2 Foto Setelah Uji Impak



Gambar 3 Foto Setelah Uji Penyerapan Air

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa variasi komposisi material serta susunan lapisan serat berpengaruh secara signifikan terhadap performa mekanik komposit. Variasi 4, dengan komposisi 35% serat karbon, 15% serat rami, dan 50% resin, menunjukkan performa terbaik dengan nilai energi serap dampak rata-rata sebesar 9,743 J dan kekuatan dampak rata-rata 0,11664 J/mm². Hasil pengujian penyerapan air menunjukkan bahwa fraksi volume serat rami memiliki pengaruh dominan terhadap besarnya persentase penyerapan air pada komposit. Variasi 4, yang memiliki kandungan serat rami paling rendah, menghasilkan nilai penyerapan air terendah dengan persentase rata-rata sebesar 2,62%, sedangkan Variasi 1, dengan kandungan serat rami paling tinggi, menunjukkan nilai penyerapan air tertinggi sebesar 17,19%. Secara umum, peningkatan fraksi volume serat rami menyebabkan meningkatnya persentase penyerapan air, sementara peningkatan proporsi serat karbon berkontribusi terhadap terbentuknya sifat komposit yang lebih hidrofobik dan memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap interaksi dengan air.

SARAN

1. Variasi penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada pengaturan proporsi serat yang lebih beragam untuk memperoleh pemahaman yang lebih jelas mengenai pengaruh fraksi volume serat terhadap sifat dampak komposit.
2. Penambahan variasi susunan atau urutan lapisan serat disarankan untuk

mengidentifikasi konfigurasi ikatan antarlapis yang paling optimal.

Elektro Dan Ilmu Komputer, 3(3), 1–17.

3. Untuk penelitian selanjutnya, pengujian tambahan seperti uji tarik, uji lentur, serta analisis morfologi menggunakan perbesaran mikroskop yang lebih tinggi perlu dilakukan agar karakterisasi material menjadi lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Amananti, W. (2024). *Covariance Structure Analysis of Health-Related Indicators in Home-Dwelling Elderly Individuals Centered on Subjective Health Preceptions*. 4(02), 7823–7830.
- Billy Suugondo, S., Purna Irawan, A., & Siahaan, E. (2022). Analisis Kekuatan Komposit Berpenguat Serat Karbon Dengan Matriks Resin Lycal 1011 Terhadap Sifat Mekanis. *Jurnal Syntax Admiration*, 3(7), 905–913.
<https://doi.org/10.46799/jsa.v3i7.452>
- Buba, W. D., Bello, A. A., & Jatau, J. S. (2023). Production and Performance Evaluation of Sisal Fibre (Agave Sisalana) As Composite Material for Car Bumper. *European Journal of Mechanical Engineering Research*, 10(1), 46–81.
<https://doi.org/10.37745/ejmer.2014/vol10n14681>
- Huang, H., Cui, Y., Fu, Z., Wang, S., Du, Y., Liu, F., & Zhu, Y. (2022). *applied sciences Fabrication of Multifunctional Composites with Hydrophobicity , High Thermal Conductivity and Wear Resistance Based on Carbon Fiber / Epoxy Resin Composites*.
- Indonesia, S. (2022). *Kekuatan Bending dan Impact Material Komposit Selulosa Asetat- Epoxy Berbasis Perbedaan Fraksi Volume*. 13–14.
- Kamal, R. A., & Ghofur, M. A. (2021). Analisis Uji Balistik Komposit Serat Pelelah Salak Dengan Resin Epoksi dan Silicon Carbida (SiC) Menggunakan Metode Vacuum Bag. *Prosiding Seminar Nasional Sains Teknologi Dan Inovasi Indonesia (SENASTINDO)*, 3(November), 333–344.
<https://doi.org/10.54706/senastindo.v3.2021.140>
- Safriani, N., Kurniawan, E., Bahri, S., Ishak, I., & Jalaluddin, J. (2021). Pembuatan Komposit Hybrid Dari Serbuk Bentonit Dan Pelelah Pisang Dengan Penguat Matrik Polysterena. *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, 1(2), 35–45.
<https://doi.org/10.29103/cejs.v1i2.5386>
- Suartama, I. P. G., Nugraha, I. N. P., & Dantes, K. R. (2020). Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Sifat Mekanis Komposit Matriks Polimer Polyester Diperkuat Serat Pelelah Gebang. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 4(1).
<https://doi.org/10.23887/jjtm.v4i1.8312>
- Zulvikal, R. (2025). Analisis Kekuatan Tarik dan Impak Material Komposit Serat Rami dengan Menggunakan Metode Hand Lay Up Ricco Zulvikal pembuatan helm SNI . Helm SNI pada umumnya terbuat dari polimer polypropelene . Komposit pada masing-masing serat sebagai bahan pembuatan h. *Mars: Jurnal Teknik Mesin, Industri*,