

Analisis Pengujian Tarik dan Impak Material Komposit Buah Gambas, Resin dan *Fiber Glass*

Amalia Ma'rifatul Maghfiroh

Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Bojonegoro, Jl. Lettu Suyitno No. 2 Kalirejo, Bojonegoro, Jawa Timur, Indonesia

*Corresponding Author e-mail: amaliamarifatulmaghfiroh@gmail.com

Received: Juni 2025; Revised: Juli 2025; Published: Juli 2025

Abstrak

Bidang industri penerbangan, material komposit yang ringan dan kuat menjadi komponen penting dalam desain pesawat, terutama pada bagian *wingspan* (rentang sayap) yang berfungsi untuk menghasilkan gaya angkat. Saat ini, berbagai bahan digunakan untuk pembuatan *wingspan* seperti aluminium, serat karbon, dan bahan komposit lainnya. Namun, material tersebut mempunyai kekurangan terkait bahan material dan biaya produksi terlalu mahal. Oleh karena itu, diperlukan inovasi dalam pemanfaatan bahan yang lebih murah, mudah diperoleh, dan ramah lingkungan. Buah gambas (*Luffa cylindrica*), yang dikenal di Indonesia sebagai sayuran, memiliki potensi sebagai bahan alternatif dalam pembuatan *wingspan* pesawat. Struktur dalam buah gambas yang berbentuk serat alami dengan densitas rendah, namun cukup kuat, menjadikannya menarik untuk diteliti lebih lanjut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan tarik dan kekuatan impak material komposit gambas, resin dan fiber glass pada komposisi tertentu. Metode pembuatan spesimen komposit dengan variasi fraksi volume gambas, resin dan fiberglass, kemudian dilakukan pengujian kekuatan tarik dan impak. Hasil penelitian ini, didapatkan karakteristik mekanik dari uji tarik dan uji impak. Uji tarik yang paling tinggi adalah dengan fraksi volume 94% resin, 3% fiberglass dan 3% serat gambas yaitu sebesar 11,31 MPa begitu juga dengan uji impak yang paling tinggi sama yaitu fraksi volume 94% resin, 3% fiberglass dan 3% serat gambas sebesar 0,43 J/mm². Proses pembuatan dan pengujian buah gambas kering menunjukkan bahwa material ini dapat diintegrasikan ke dalam desain *wingspan* pesawat. Pengujian mekanik yang dilakukan membuktikan bahwa material ini memiliki potensi alternatif penguat dalam komposit.

Kata kunci: Gambas, Komposit, Uji Impak, Uji Tarik.

Tensile and Impact Test Analysis of Composite Material of Gambas Fruit, Resin and Fiber Glass

Abstract

In the aviation industry, lightweight and strong composite materials are an important component in aircraft design, especially in the wingspan section (wing span) which functions to generate lift. Currently, various materials are used for wingspan manufacturing such as aluminum, carbon fiber, and other composite materials. However, these materials have shortcomings related to material and production costs are too expensive. Therefore, innovation is needed in the use of cheaper, easily obtained, and environmentally friendly materials. *Luffa cylindrica* fruit, known in Indonesia as a vegetable, has the potential as an alternative material in making aircraft wingspans. The structure of the luffa fruit in the form of natural fibers with low density, but quite strong, makes it interesting for further research. The purpose of this study is to determine the tensile strength and impact strength of luffa, resin and fiberglass composite materials at certain compositions. The method of making composite specimens with varying volume fractions of luffa, resin and fiberglass, then subjected to tensile strength and impact tests. The results of this study, obtained mechanical characteristics from tensile tests and impact tests. The highest tensile test was with a volume fraction of 94% resin, 3% fiberglass and 3% luffa fiber, which was 11.31 MPa, as well as the highest impact test, namely a volume fraction of 94% resin, 3% fiberglass and 3% luffa fiber, which was 0.43 J/mm². The process of making and testing dried luffa fruit showed that this material can be integrated into the aircraft wingspan design. The mechanical tests carried out proved that this material has the potential to be an alternative reinforcement in composites.

Keywords: Gambas, Composite, Impact Test, Tensile Test.

How to Cite: Maghfiroh, A. M. (2025). Analisis Pengujian Tarik dan Impak Material komposit buah Gambas, Resin dan Fiber Glass. *Journal of Authentic Research*, 4(1), 506–515. <https://doi.org/10.36312/jar.v4i1.3137>



<https://doi.org/10.36312/jar.v4i1.3137>

Copyright© 2025, Maghfiroh.

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) License.



PENDAHULUAN

Material komposit merupakan salah satu solusi rekayasa material yang banyak dikembangkan untuk berbagai aplikasi teknik karena kemampuannya menggabungkan dua atau lebih material dengan sifat yang berbeda sehingga menghasilkan sifat mekanik yang unggul dibandingkan material tunggal (Maghfiroh, 2024; Maghfiroh & Putri, 2023). Salah satu perkembangan penting dalam bidang material komposit adalah penggunaan serat alam sebagai penguat (reinforcement), yang tidak hanya ramah lingkungan tetapi juga tersedia melimpah dan relatif murah (Pickering, K. L., Efendy, M. G. A., & Le, 2016). Penggunaan serat alami sebagai komponen komposit telah menjadi tren untuk menggantikan serat sintesis seperti serat karbon dan serat kaca, yang mahal dan berkontribusi terhadap dampak lingkungan yang tinggi. Bidang industri penerbangan, komposit sering digunakan karena kemampuannya menggabungkan kekuatan tinggi dengan bobot yang ringan.

Serat alami memiliki keunggulan berupa kepadatan rendah, biaya rendah, dan sifat biodegradable (dapat terurai secara alami) (Maghfiroh, n.d.). Penelitian oleh Ramesh, 2014 (Ramesh, M., Palanikumar, K., & Hemachandra Reddy, 2014), penggunaan serat alami dalam komposit telah terbukti memberikan performa mekanis yang baik, meskipun kelemahan utamanya adalah sensitivitas terhadap kelembaban. Oleh karena itu, pengolahan serat alami dengan matriks polimer diperlukan untuk meningkatkan kekuatan mekanik dan ketahanan lingkungan.

Buah gambas (*Luffa cylindrica*) merupakan tanaman dari keluarga Cucurbitaceae yang memiliki jaringan serat alami dengan struktur seperti spons setelah dikeringkan. Serat dari buah gambas telah menarik perhatian para peneliti karena kekuatan mekanik dan sifat biodegradable-nya yang menjadikannya kandidat potensial untuk bahan penguat dalam komposit alami (Suharty, N. M., Amiruddin, A., & Nurhaliza, 2020). Penelitian yang dilakukan ramadoni dan kawan kawan pada tahun 2022 (Ramadoni, R., Sari, N. L., & Widyaningsih, 2022) menggunakan serat gambas dengan serat eceng gondok sebagai penguatnya. Selain itu, menurut Irawam, R et al (2024) (Irawam, R., Hartono, E., & Fitriani, 2024) pengujian kekuatan impak dari komposit serat gambas dengan perendaman NaOH, menghasilkan nilai kekuatan impak sebesar 0.00173 J/mm². Serat gambas memiliki keunggulan dalam bentuk struktur berpori yang ringan, tahan terhadap degradasi, dan mampu terikat dengan baik dalam matriks resin, baik jenis thermoset maupun thermoplastik (Alam, M. S., Asim, M., & Jawaidd, 2019).

Namun, untuk mengetahui kelayakan material komposit serat gambas dalam aplikasi struktural ringan—seperti pada sayap pesawat mini, panel otomotif, atau komponen rumah tangga—diperlukan evaluasi terhadap sifat mekanik utamanya, seperti kekuatan tarik (tensile strength) dan kekuatan impak (impact strength). Pengujian tarik dan impak merupakan metode standar dalam mengukur kemampuan material dalam menahan gaya eksternal dan menilai elastisitas, modulus, serta ketangguhan material terhadap beban (*Standart Test Method for Tensile Properties of Plastics*, 2014; *Standart Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*, 2015).

Uji tarik adalah salah satu metode uji mekanik yang bertujuan untuk

mengetahui kekuatan material terhadap gaya tarik yang diberikan. Pengujian ini dilakukan dengan cara menarik spesimen uji hingga material tersebut mengalami deformasi atau patah. Parameter penting yang diperoleh dari uji tarik antara lain adalah tegangan tarik maksimum, modulus elastisitas, perpanjangan, dan batas luluh (yield strength)(Zakaria et al., 2023).

Uji impak adalah pengujian yang dilakukan untuk menentukan kemampuan suatu material menahan beban kejut atau tumbukan. Uji ini bertujuan untuk mengetahui energi yang diserap material hingga terjadi patahan, serta menentukan sifat material tersebut apakah bersifat ulet atau getas. Uji impak sangat berguna dalam mengukur ketahanan material terhadap kegagalan mendadak, terutama pada kondisi suhu rendah atau lingkungan yang berat.

METODE

Jenis dan Pendekatan Penelitian

Jenis penelitian ini adalah eksperimen dengan pendekatan kuantitatif dimana variabel penelitian dan metode pengukurannya telah ditentukan dengan tujuan untuk mengetahui cara pembuatan dan karakteristik komposit dari buah gambas. Pada penelitian ini, terdapat tiga jenis variabel utama yaitu variabel bebas, variabel terikat dan variabel kontrol. Variabel bebas adalah variabel yang dimanipulasi atau diubah oleh peneliti untuk melihat pengaruhnya terhadap variabel lain. Variabel terikat adalah variabel yang diukur untuk melihat apakah ada perubahan akibat manipulasi variabel bebas. Sedangkan variabel kontrol adalah variabel yang dijaga konstan selama penelitian untuk memastikan bahwa perubahan pada variabel terikat hanya disebabkan oleh variabel bebas. Berikut adalah variabel-variabel yang digunakan:

- Variabel bebas : fraksi berat fiber glass dan gambas.
- Variabel Terikat: kekuatan tarik dan kekuatan impak.
- Variabel Kontrol: persentase resin dan NaOH yang digunakan.

Berikut adalah variabel bebas (fraksi berat) yang digunakan pada penelitian ini.

- a. 94% Resin, 6% Fiber glass
- b. 94% Resin, 6% serat gambas
- c. 94% Resin, 3% fiber glass 3% gambas
- d. 94% Resin, 4% fiber glass 2% gambas
- e. 94% Resin, 2% fiber glass 4% gambas

Lokasi Penelitian

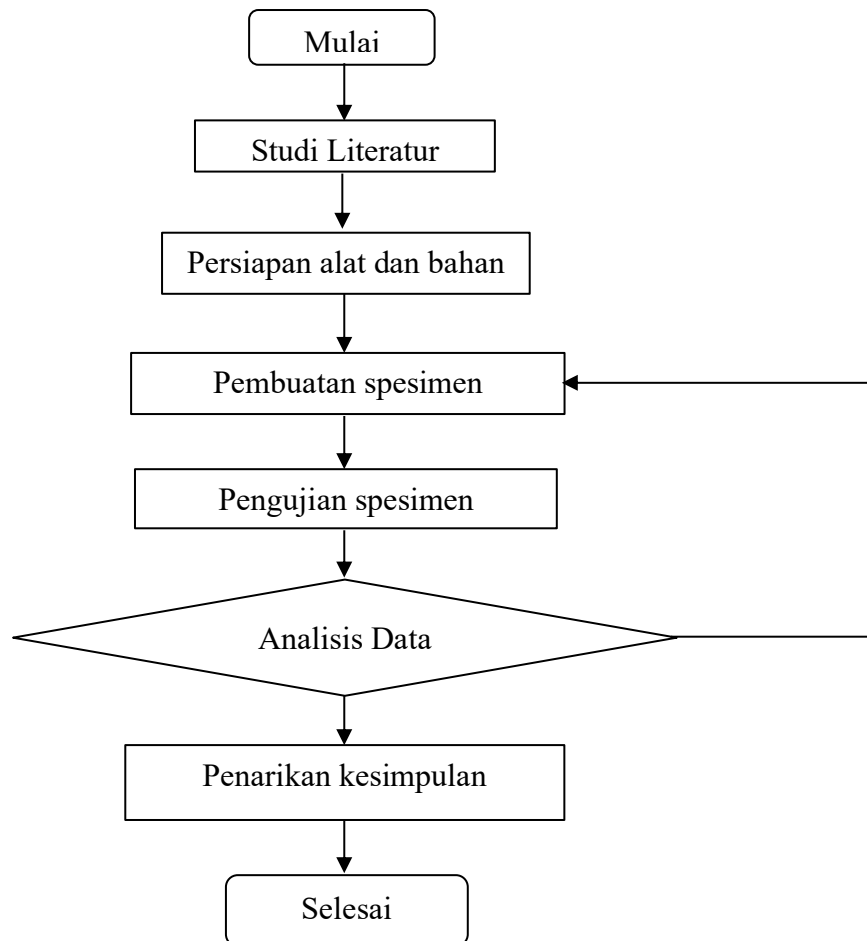
Lokasi penelitian ini akan dilakukan di laboratorium Teknik Industri Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro. Waktu pelaksanaan penelitian adalah Desember 2024 hingga Mei 2025.

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain yaitu buah gambas, fiber glass, resin epoxy, katalis, NaOH, Aquades, cetakan, kaca, gunting, gelas ukur dan timbangan digital.

Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan pengerjaan seperti yang dapat dilihat pada diagram alir di bawah ini:



Gambar 1. Flowchart

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Perhitungan Komposisi Komposit

Perhitungan komposit ini berdasarkan perhitungan volume total cetakan. Ukuran cetakan yang digunakan adalah $16,5 \times 12 \times 0,5 \text{ cm}^3$. Dengan fraksi volume serat sebagai berikut:

1. 94% Resin, 6% Fiber glass
2. 94% Resin, 6% serat gambas
3. 94% Resin, 3% fiber glass 3% gambas
4. 94% Resin, 4% fiber glass 2% gambas
5. 94% Resin, 2% fiber glass 4% gambas

Untuk mengetahui massa jenis serat gambas dilakukan penelitian yaitu diambil serat dengan panjang 240 cm (dengan perlakuan NaOH 5%). Setelah itu serat dipotong dengan ukuran 3 cm, sehingga serat terpotong menjadi 40 potongan serat. Serat ditimbang dengan timbangan digital diperoleh berat serat 0,22 gram. Selanjutnya serat dimasukkan ke dalam gelas ukur 5 ml didapat volume serat 0,2

ml. sehingga massa jenis serat gambas sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Massa serat (m)} &= 0,22 \\ \text{Volume serat (v)} &= 0,2 \text{ ml} = 0,2 \text{ cm}^3 \\ \text{Massa jenis serat } (\rho) &= \frac{m}{v} \\ &= \frac{0,22}{0,2} \\ &= 1,1 \text{ gr/cm}^3\end{aligned}$$

Berikut adalah perhitungan yang dilakukan, menghitung volume cetakan dengan asumsi yang dipakai volume cetakan = volume komposit, sehingga perhitungannya adalah:

$$\begin{aligned}\text{Volume cetakan (Vcet)} &= \text{Volume komposit (Vkomp)} \\ \text{Sehingga, Vkomp} &= 16,5 \times 12 \times 0,5 \text{ cm}^3 \\ &= 99 \text{ cm}^3 = 99 \text{ ml}\end{aligned}$$

Untuk perhitungan fraksi volume serat sebagai berikut:

1. 94% Resin, 6% Fiber glass

a. Menghitung volume serat:

$$\begin{aligned}\text{Volume serat (Vs)} &= 6\% \times \text{Vkomp} \\ &= \frac{6}{100} \times 99 \text{ cm}^3 \\ &= 5,94 \text{ cm}^3 = 5,94 \text{ ml}\end{aligned}$$

b. Massa serat dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan volume serat

$$\rho = \frac{m}{v}, \text{ dengan massa jenis fiber glass} = 2,54 \text{ gr/cm}^3$$

Sehingga massa serat (m_s):

$$\begin{aligned}m_s &= \rho \times V_s \\ &= 2,54 \text{ gr/cm}^3 \times 5,94 \text{ cm}^3 \\ &= 15,08 \text{ gr}\end{aligned}$$

c. Menghitung volume resin:

$$\begin{aligned}\text{Volume matrik (Vm)} &= 94\% \times \text{Vkomp} \\ &= \frac{94}{100} \times 99 \text{ cm}^3 \\ &= 93,06 \text{ cm}^3 = 93,06 \text{ ml}\end{aligned}$$

Tabel 1. Hasil perhitungan volume serat, massa serat dan volume matriks

No.	Sampel	Vs (ml)		Ms (gr)		Vm (ml)
		Fiber glass	Gambas	Fiber glass	Gambas	
1.	94% Resin, 6% Fiber glass	5,94	-	15,08		93,06
2.	94% Resin, 6% serat gambas	-	5,94	6,53		93,06
3.	94% Resin, 3% fiber glass 3% gambas	2,97	2,97	7,54	3,27	93,06
4.	94% Resin, 4% fiber glass 2% gambas	3,96	1,98	10,06	2,18	93,06
5.	94% Resin, 2% fiber glass 4% gambas	1,98	3,96	5,03	4,36	93,06

Perhitungan Modulus Elastis (E)

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

σ = Kekuatan tarik (Mpa)

ϵ = Regangan (%)

Untuk hasil perhitungan modulus elastis disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan Modulus Elastis

No	Sampel	σ (Mpa)	ϵ (%)	E (Mpa)
1.	Matriks tanpa serat	28,19	34,66	81,33
2.	94% resin dan 6% fiber glass	28,70	6,61	434,19
3.	94% resin dan 6% serat gembas	11,08	5,18	213,90
4.	94% resin, 3% fiber glass dan 3% serat gembas	14,90	4,84	307,85
5.	94% resin, 2% fiber glass dan 4% serat gembas	13,87	7,96	174,25
6.	94% resin, 4% fiber glass dan 2% serat gembas	16,38	4,53	361,59

2. Proses Pencetakan

Berikut adalah proses pembuatan spesimen:

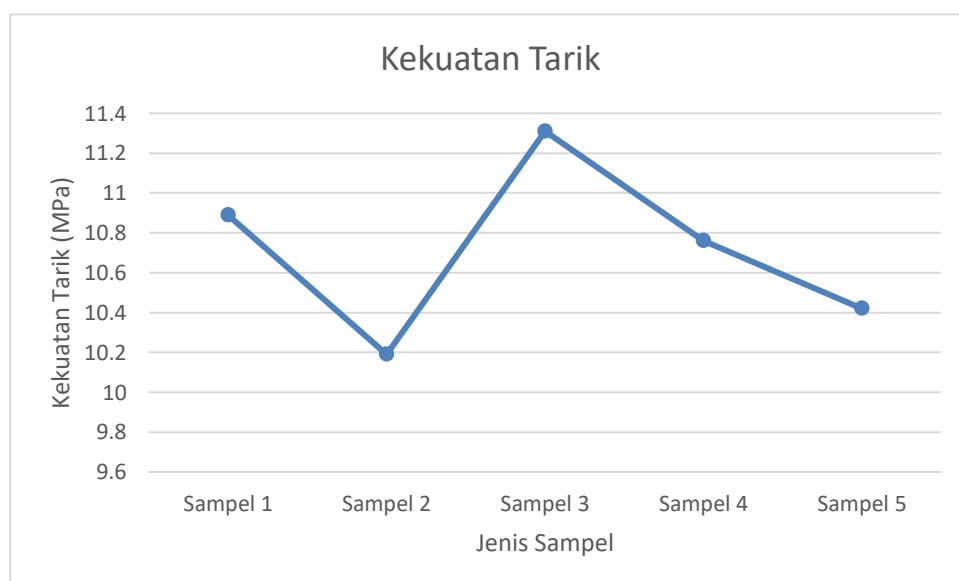
- Persiapkan alat cetakan kaca dengan volume ukuran 16,5 c 12 x 0,5 cm³.
- Selanjutnya pada permukaan cetakan pada pembuatan spesimen diberi cairan kit terlebih dahulu dengan menggunakan kuas untuk memudahkan pengambilan spesimen dari cetakan. Setelah itu dilapisi alumunium foil, fungsinya sama yaitu untuk mempermudah pengambilan spesimen ketika spesimen sudah kering.
- Setelah itu menyampur resin, serat dan katalis, sesuai dengan ukuran fraksi volume yang telah ditentukan. Selanjutnya ditung kedalam cetakan kaca.
- Sesudah dituang kedalam cetakan selanjutnya ditutup dengan alumunium foil yang sudah dioles dengan Kit. Setelah itu ditutup dengan cetakan kaca yang sudah dibuat.
- Setelah itu cetakan dikeringkan di dalam ruangan kurang lebih 12 jam, sampai cetakan mengeras dan kering. Selanjutnya cetakan diambil secara pelan-pelan agar kaca tidak pecah.
- Selanjutnya dari hasil cetakan yang telah dibuat, dibuatkan pola sesuai dengan standar ukuran ASTM D 638 M-84.
- Setelah pola digambar, lalu dipotong menggunakan gerinda tangan. Pembuatan spesimen untuk setiap fraksi volume dibuat tiga. Selanjutnya dihaluskan menggunakan amplas dan agar sesuai ukuran, diukur dengan jangka sorong.

3. Pengujian Tarik

Pengujian tarik merupakan jenis pengujian merusak. Pengujian ini untuk mengetahui modulus elastis, kekuatan tarik, tegangan tarik, dan tegangan transisi dari suatu material.. Pengujian tarik dalam penelitian ini menggunakan standart ASTM D638. Dari hasil pengujian tarik didapatkan sifat mekanik yaitu kekuatan tarik. Telah dilakukan pengujian tarik terhadap spesimen sebanyak 3 kali di setiap variasi fraksi volume yang telah ditentukan. Data yang dihasilkan dari pengujian tarik dapat dilihat pada Tabel 3 dan gambar 1.

Tabel 3. Hasil Uji Tarik (MPa)

No	Fraksi Volume		Serat gambas	Spesimen	Kekuatan Tarik (Mpa)	Rata- rata
	Resin	Fiber glass				
1	94%	6%	0	1	10,98	10,89
				2	10,87	
				3	10,83	
2	94%	0	6%	1	10,15	10,19
				2	10,20	
				3	10,23	
3	94%	3%	3%	1	11,34	11,31
				2	11,28	
				3	11,31	
4	94%	4%	2%	1	10,76	10,76
				2	10,78	
				3	10,75	
5	94%	2%	4%	1	10,44	10,42
				2	10,42	
				3	10,39	



Gambar 1. Grafik kekuatan tarik masing-masing sampel

Dari hasil uji tarik pada tabel 3 dan gambar 1 dapat diketahui bahwa hasil variasi masing-masing spesimen uji memiliki hasil yang berbeda. Pada tiap fraksi volume dilakukan pengujian sebanyak 3 sampel kemudian hasilnya akan dirata-rata. Kekuatan tarik rata-rata tertinggi didapatkan dengan fraksi volume 94% resin, 3% fiber glass dan 3% serat gambas yaitu sebesar 11,31 Mpa, Sedangkan kekuatan tarik terendah yaitu pada fraksi volume 94% resin dan 6% serat gambas yaitu sebesar 10,19 MPa.

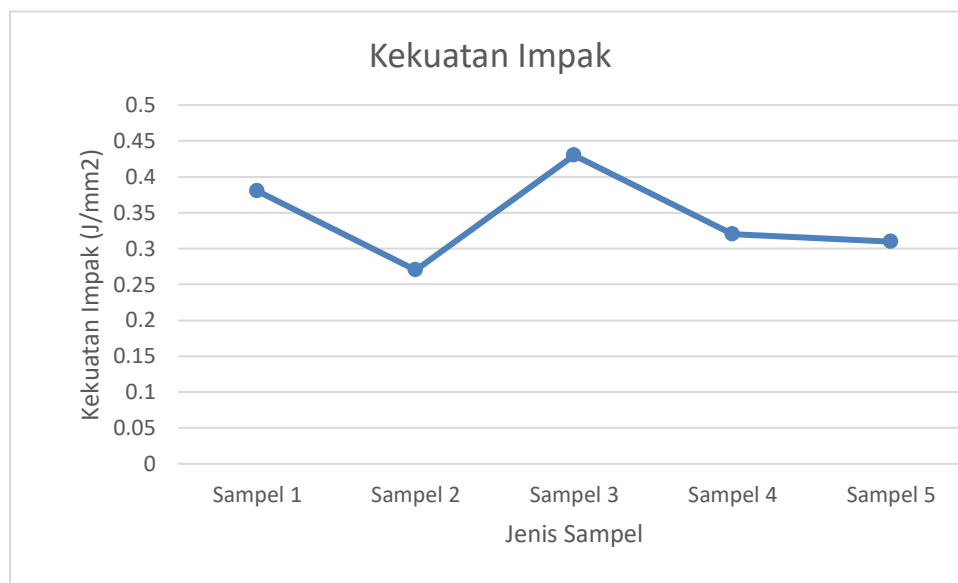
Nilai kekuatan tarik yang berbeda dipengaruhi dari jenis fraksi volume, sesuai hasil kekuatan tarik paling optimal, yaitu komposisi 3% fiber glass dan 3% serat gambas. Hal ini menunjukkan, semakin baik kemampuan serat dan matrik untuk saling mengikat tentu kekuatan komposit akan meningkat. Kemampuan mengikat antar serat gambas dan fiber glass dengan matrik, dipengaruhi oleh kekuatan dan panjang serat gambas dan didukung dengan jumlah komposisi fiber glass yang seimbang.

4. Pengujian Impak

Pengujian impact merupakan proses pengujian spesimen dengan cara memberikan benturan dengan energi tertentu untuk mendapatkan data kekuatan benturan bahan yang diuji. Metode yang digunakan charpy. Pada pengujian impact yang menggunakan metode charpy spesimen uji akan diletakan mendatar atau horizontal kemudian kedua ujung spesimen diletakan pada suatu landasan. Letak takikan harus berada tepat ditengah dan arah pemukulan dari belakang takikan. Kemudian pendulum akan di ayunkan dari ketinggian tertentu dan dilepaskan sehingga akan memukul spesimen dari belakang takik. Pada penelitian ini spesimen pengujian impact komposit serat gambas dibuat sesuai ketentuan standar uji ISO 179-1 dan pengujian ini menggunakan alat uji impact bertipe GOTECH model GT-7045. Uji impact yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan mesin uji impact charpy, kemudian data yang didapatkan disajikan dalam bentuk tabel 4 dan gambar 2.

Tabel 4. Kekuatan Impak Hasil Pengujian (J/mm²)

No	Fraksi Volume			Spesimen	Kekuatan Impak (J/mm ²)	Rata-rata
	Resin	Fiber glass	Serat gambas			
1	94%	6%	0	1	0,38	0,38
				2	0,40	
				3	0,37	
2	94%	0	6%	1	0,25	0,27
				2	0,29	
				3	0,28	
3	94%	3%	3%	1	0,45	0,43
				2	0,43	
				3	0,41	
4	94%	4%	2%	1	0,30	0,32
				2	0,32	
				3	0,36	
5	94%	2%	4%	1	0,32	0,31
				2	0,31	



Gambar 2. Grafik kekuatan impak masing-masing sampel

Pada tabel 4 dan gambar 2 dapat diperoleh hasil pengujian impak bahwa masing-masing variasi memiliki hasil yang berbeda. Kekuatan impak tertinggi terdapat pada jenis fraksi volume 94% resin, 3% fiber glass dan 3% serat gambas yaitu sebesar 0,43 J/mm², sedangkan kekuatan impak terendah diperoleh pada fraksi volume 94% resin dan 6% serat gambas yaitu sebesar 0,27 J/mm². Kekuatan impak paling optimal disebabkan, karena ukuran panjang serat dan penyebaran serat yang lebih merata pada saat pembuatan komposit dengan matrik resin dan fiber glass. Semakin panjang serat semakin baik kemampuan komposit, dan semakin merata penyebaran serat maka semakin baik juga kemampuan komposit.

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dari penelitian ini antara lain:

1. Komposit dengan fraksi volume 94% resin, 3% fiberglass dan 3% serat gambas menunjukkan kekutaan tarik dan impak tertinggi masing-masing 11,31 MPa dan 0,43 J/mm².
2. Hasil dalam proses pembuatan dan pengujian komposit buah gambas kering, menunjukkan material lokal ini dapat menjadi alternatif dalam aplikasi struktural ringan dan kuat. Selain itu, dapat dikembangkan dalam pembuatan desain *wingspan* pesawat, sehingga dapat memberikan efisiensi dalam penerbangannya.

REFERENSI

- Alam, M. S., Asim, M., & Jawaaid, M. (2019). Luffa cylindrica fibre: A review on its processing and potential applications. *Industrial Crops and Products*, 139(111555).
- Irawam, R., Hartono, E., & Fitriani, D. (2024). Pengaruh perlakuan NaOH terhadap kekuatan impak komposit serat gambas. *Jurnal Material Terapan*, 9(1), 12–18.
- Maghfiroh, A. M. (n.d.). *Efektivitas Peredam Kebisingan dengan Komposit Polyester dan Serat Sabut Kelapa*.
- Maghfiroh, A. M. (2024). Sound absorption coefficient from composites made from coconut fiber, paper, and styrofoam. *Journal of Energy, Mechanical, Material, and Manufacturing Engineering*, 9(1), 1–9. <https://doi.org/10.22219/jemmmme.v9i1.32597>
- Maghfiroh, A. M., & Putri, A. (2023). Utilization of coconut fiber and corn cob waste as noise reducers. 8(2), 83–92. <https://doi.org/10.22219/jemmmme.v8i2.29880>
- Pickering, K. L., Efendy, M. G. A., & Le, T. M. (2016). A review of recent developments in natural fibre composites and their mechanical performance. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 83, 98–112.
- Ramadoni, R., Sari, N. L., & Widyaningsih, N. (2022). Pemanfaatan serat gambas dan eceng gondok sebagai bahan komposit alami. *Jurnal Ilmiah Teknologi Dan Rekayasa*, 17(1), 45–52.
- Ramesh, M., Palanikumar, K., & Hemachandra Reddy, K. (2014). Plant fibre-based bio-composites: Sustainable and renewable green materials. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79–93.
- Standart Test Method for Tensile Properties of Plastics (2014).
- Standart Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials (2015).
- Suharty, N. M., Amiruddin, A., & Nurhaliza, N. (2020). Pemanfaatan serat gambas sebagai penguat komposit ramah lingkungan. *Urnal Rekayasa Bahan Alam Dan Energi Berkelanjutan*, 4(2), 56–61.
- Zakaria, S., Stighfarrinata, R., & Maghfiroh, A. M. (2023). Optimasi Parameter Proses 3D Printing Terhadap Kuat Tarik Filament Petg Menggunakan Metode Taguchi. *JUSTI (Jurnal Sistem Dan Teknik Industri)*, 3(4), 538. <https://doi.org/10.30587/justicb.v3i4.6150>