

## Variations in the volume fraction of hybrid composites reinforced with bamboo fiber and fiber-glass fiber influence the Tensile and Impact tests

Ferri Safriwardy<sup>1</sup>, Yasir Amani<sup>2</sup>, Akbar Gultom<sup>3</sup>, Faisal Muhammad Nur<sup>4</sup>, Heindrix Hidayat<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Mechanical Engineering Study Program, Faculty of Engineering, Malikussaleh University

Lhokseumawe, Aceh, Indonesia

<sup>5</sup>Faculty of Engineering, Syiah Kuala University

\*Corresponding author: [yasir.amani@unimal.ac.id](mailto:yasir.amani@unimal.ac.id)

### Abstract

This study aims to analyze the mechanical properties of plastic composites reinforced with bamboo fiber (BF) and fiberglass (FG) with various volume fractions. The composites were fabricated using the hand lay-up method with BTQN 157 EX polyester resin as the matrix, and fibers arranged in a longitudinal ( $0^\circ$ ) orientation with random laminate configuration. The volume fraction variations used were 25% BF:25% FG, 35% BF:15% FG, and 40% BF:10% FG. Mechanical testing included tensile testing based on ASTM D638-14 and impact testing using the Charpy method based on ASTM D6110-10. The results showed that the optimum tensile strength was obtained at a volume fraction of 40% BF:15% FG with a value of 80.907 MPa, strain of 2.53%, and modulus of elasticity of 31.96 MPa. The lowest tensile strength was found at 35% BF:10% FG with a value of 75.552 MPa. In impact testing, the highest impact strength was achieved at 35% BF:15% FG with a value of 0.83 J/mm<sup>2</sup> and absorbed energy of 46.73 Joules, while the highest absorbed energy was obtained at 40% BF:10% FG with 64.16 Joules. The findings indicate that increasing the bamboo fiber fraction up to 40% combined with fiberglass improves the tensile performance of the composite, making it a potential alternative material for manufacturing applications. Fracture analysis revealed fiber pull-out as the dominant failure mechanism in the composite.

### Article Processing Dates:

Received 2026-03-18

Accepted 2026-03-29

Available online 2026-03-31

### Keywords:

Composite

bamboo fiber

fiberglass

mechanical properties

hand lay-up

## Variasi fraksi volume komposit hybrid berpenguat serat bambu dan serat fiber-glass pengaruh terhadap pengujian tarik dan impact

**Abstrak** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sifat mekanik komposit plastik berpenguat serat bambu (SB) dan fiberglass (FG) dengan variasi fraksi volume. Komposit dibuat menggunakan metode hand lay-up dengan matriks resin poliester BTQN 157 EX, serta susunan serat berorientasi memanjang ( $0^\circ$ ) dan laminasi acak. Variasi fraksi volume yang digunakan adalah 25% SB:25% FG, 35% SB:15% FG, dan 40% SB:10% FG. Pengujian dilakukan melalui uji tarik berdasarkan standar ASTM D638-14 dan uji impact metode Charpy berdasarkan ASTM D6110-10. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekuatan tarik optimum diperoleh pada fraksi volume 40% SB:15% FG dengan nilai sebesar 80,907 MPa, regangan 2,53%, dan modulus elastisitas 31,96 MPa. Nilai kekuatan tarik terendah diperoleh pada variasi 35% SB:10% FG sebesar 75,552 MPa. Pada pengujian impact, kekuatan impact tertinggi diperoleh pada fraksi volume 35% SB:15% FG sebesar 0,83 J/mm<sup>2</sup> dengan energi serap 46,73 Joule, sedangkan energi serap tertinggi diperoleh pada variasi 40% SB:10% FG sebesar 64,16 Joule. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan fraksi serat bambu hingga 40% dengan kombinasi fiberglass mampu meningkatkan performa tarik komposit dan berpotensi sebagai material alternatif untuk aplikasi manufaktur. Analisis patahan menunjukkan adanya fenomena fiber pull-out sebagai mekanisme kegagalan utama pada komposit.

**Kata kunci:** komposit, serat bambu, fiberglass, sifat mekanik, hand lay-up

### 1. Pendahuluan

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang material saat ini mengalami kemajuan yang sangat pesat, khususnya dalam pengembangan material baru yang memiliki kinerja tinggi, biaya produksi yang lebih rendah, serta ramah lingkungan. Salah satu material yang banyak dikembangkan adalah material komposit, terutama komposit berpenguat serat alam [1][2]. Pengembangan material komposit berbasis serat alam menjadi semakin penting

seiring dengan semakin terbatasnya sumber daya bahan non-alami serta tingginya biaya penggunaan material sintetis [3][4]. Kondisi ini mendorong para peneliti untuk mencari alternatif material yang tidak hanya memiliki sifat mekanik yang baik, tetapi juga lebih ekonomis dan berkelanjutan [5][6].

Selama ini, serat sintetis seperti fiberglass, serat karbon, dan aramid masih menjadi bahan utama dalam pembuatan komposit karena memiliki kekuatan mekanik

yang tinggi. Namun, penggunaan serat sintetis memiliki beberapa keterbatasan, seperti biaya yang relatif mahal dan dampak lingkungan yang kurang baik. Oleh karena itu, pengembangan material komposit dengan menggunakan serat alam sebagai penguat menjadi solusi yang menjanjikan. Serat alam memiliki keunggulan berupa ketersediaan yang melimpah, harga yang lebih terjangkau, serta sifat ramah lingkungan. Beberapa jenis serat alam yang telah banyak dimanfaatkan sebagai penguat komposit antara lain serat bambu, serat nanas, serat tebu, serat batang pisang, serat ijuk, dan serat eceng gondok [7].

Dalam upaya meningkatkan kinerja material komposit, konsep komposit hybrid menjadi salah satu pendekatan yang banyak digunakan. Komposit hybrid merupakan material komposit yang menggabungkan dua atau lebih jenis serat dengan karakteristik yang berbeda, sehingga diharapkan dapat menghasilkan sifat mekanik yang lebih optimal dibandingkan dengan komposit berbasis satu jenis serat saja [8][9]. Kombinasi antara serat alam dan serat sintetis, seperti serat bambu dan fiberglass, dapat memberikan keseimbangan antara kekuatan mekanik, ketahanan terhadap lingkungan, serta efisiensi biaya produksi. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan komposit hybrid mampu meningkatkan kekuatan mekanik, seperti kekuatan bending, serta menghasilkan material yang lebih ringan dan tahan terhadap korosi [7].

Serat bambu merupakan salah satu jenis serat alam yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai bahan penguat komposit. Hal ini disebabkan oleh ketersediaannya yang melimpah, terutama di wilayah tropis seperti Indonesia. Secara global, sekitar 80% populasi bambu dunia berada di kawasan Asia Selatan dan Asia Tenggara, dengan jenis bambu genus *Bambusa* sebagai salah satu yang paling banyak ditemukan (Ucimura, 1980). Bambu memiliki struktur serat yang panjang dan kuat, serta densitas yang relatif rendah, yaitu sekitar 600–900 kg/m<sup>3</sup>, sehingga sangat potensial digunakan sebagai material penguat dalam komposit [10].

Secara mekanik, serat bambu memiliki kekuatan tarik yang tinggi, yaitu berkisar antara 140–800 MPa, serta modulus elastisitas sekitar 33 GPa dengan densitas yang rendah, sehingga memberikan rasio kekuatan terhadap berat yang baik dan mendekati karakteristik serat sintetis seperti fiberglass (Dicky, 2004). Meskipun demikian, penggunaan serat alam saja seringkali memiliki keterbatasan dalam hal konsistensi sifat mekanik dan ketahanan terhadap lingkungan. Oleh karena itu, kombinasi serat bambu dengan serat sintetis seperti fiberglass dalam bentuk komposit hybrid menjadi alternatif yang menarik untuk menghasilkan material dengan sifat yang lebih seimbang.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan serat bambu jenis petung yang dikombinasikan dengan fiberglass dalam bentuk komposit hybrid menggunakan metode hand lay-up. Variasi fraksi volume serat digunakan untuk mengetahui pengaruh komposisi terhadap sifat mekanik material komposit yang dihasilkan. Pengujian yang dilakukan meliputi uji tarik untuk mengetahui kekuatan material terhadap pembebanan statis, serta uji dampak untuk mengevaluasi ketangguhan material terhadap beban dinamis.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi fraksi volume serat bambu dan fiberglass terhadap sifat mekanik komposit hybrid, khususnya kekuatan tarik dan ketangguhan dampak. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan

untuk menentukan komposisi fraksi volume yang paling optimal dalam menghasilkan material komposit dengan kinerja mekanik yang baik. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan material komposit hybrid berbasis serat alam yang lebih efisien, ramah lingkungan, serta memiliki potensi untuk diaplikasikan dalam berbagai bidang manufaktur.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental untuk menganalisis pengaruh variasi fraksi volume serat bambu dan fiber-glass terhadap sifat mekanik komposit hybrid, khususnya kekuatan tarik dan ketangguhan dampak. Material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari serat bambu jenis petung sebagai penguat alami, serat fiber-glass tipe CWR sebagai penguat sintetis, serta resin poliester YUKALAC BTQN 157-EX sebagai matriks. Katalis digunakan untuk mempercepat proses pengerasan resin.

Komposit dibuat dengan metode hand lay-up, yaitu proses pelapisan serat secara manual dalam cetakan yang kemudian diresapi oleh resin hingga seluruh serat terikat dengan baik. Variasi fraksi volume yang digunakan dalam penelitian ini adalah 25% serat bambu : 25% fiber-glass, 35% serat bambu : 15% fiber-glass, dan 40% serat bambu : 10% fiber-glass, dengan fraksi resin tetap sebesar 50% dari total volume komposit. Susunan serat diatur dalam arah memanjang (0°) dengan orientasi laminat acak untuk mendapatkan distribusi kekuatan yang merata.

Sebelum proses pembuatan komposit, serat bambu melalui tahap preparasi yang meliputi pemilihan bahan, pemotongan, perendaman, pemisahan serat, serta perlakuan kimia menggunakan larutan NaOH untuk meningkatkan kualitas ikatan antara serat dan matriks. Setelah itu, serat dikeringkan dan dipotong sesuai dengan ukuran spesimen yang akan digunakan.

Proses fabrikasi dimulai dengan persiapan cetakan yang telah dibersihkan dan dilapisi bahan pelepas. Selanjutnya, resin yang telah dicampur dengan katalis dituangkan ke dalam cetakan, kemudian serat bambu dan fiber-glass disusun secara berlapis sesuai variasi fraksi volume yang telah ditentukan. Setiap lapisan ditekan menggunakan roller untuk memastikan tidak terdapat rongga (void) dan resin dapat meresap secara optimal. Spesimen kemudian dibiarkan mengeras pada suhu ruang selama 1–2 hari hingga mencapai kondisi padat.

Setelah proses pengerasan selesai, spesimen dilakukan proses finishing untuk memperoleh dimensi sesuai standar pengujian. Spesimen uji tarik dibuat mengacu pada standar ASTM D638-14, sedangkan spesimen uji dampak mengikuti standar ASTM D6110-10 metode Charpy. Dimensi spesimen disesuaikan dengan standar masing-masing pengujian untuk memastikan validitas hasil pengujian.

Pengujian tarik dilakukan menggunakan mesin uji tarik dengan tujuan untuk mengetahui nilai kekuatan tarik, regangan, dan modulus elastisitas dari material komposit. Selama pengujian, spesimen diberikan beban tarik hingga mengalami patah, dan data yang dihasilkan berupa hubungan antara gaya dan deformasi direkam secara otomatis oleh alat. Data tersebut kemudian dianalisis untuk memperoleh parameter mekanik yang diinginkan.

Pengujian dampak dilakukan menggunakan metode Charpy untuk mengukur ketangguhan material terhadap beban kejut. Spesimen yang telah diberi takikan diuji dengan cara dipukul menggunakan pendulum, dan energi yang

diserap oleh material selama proses patah dicatat sebagai nilai ketangguhan impact. Nilai energi serap dan kekuatan impact dihitung berdasarkan perbedaan energi sebelum dan sesudah tumbukan.

Data hasil pengujian kemudian dianalisis secara komparatif untuk melihat pengaruh variasi fraksi volume terhadap sifat mekanik komposit. Analisis dilakukan dengan membandingkan nilai kekuatan tarik, modulus elastisitas, regangan, serta kekuatan impact pada masing-masing variasi, sehingga dapat ditentukan komposisi material yang menghasilkan performa optimal.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil Perhitungan Fraksi Volume

Perhitungan fraksi volume dilakukan untuk menentukan komposisi material penyusun komposit yang terdiri dari serat bambu, serat fiber-glass, dan resin poliester. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh bahwa total fraksi volume pada setiap variasi mencapai 100%, yang terdiri dari 50% serat (gabungan serat bambu dan fiber-glass) dan 50% resin. Variasi fraksi volume yang digunakan yaitu 25% serat bambu : 25% fiber-glass, 35% serat bambu : 15% fiber-glass, dan 40% serat bambu : 10% fiber-glass.

Perbedaan komposisi fraksi volume ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh proporsi serat terhadap sifat mekanik komposit yang dihasilkan. Semakin besar fraksi serat bambu, diharapkan terjadi peningkatan kontribusi kekuatan dari serat alam, sedangkan keberadaan fiber-glass berfungsi untuk meningkatkan kekuatan dan stabilitas struktur komposit.

#### 3.2 Hasil Pengujian Tarik

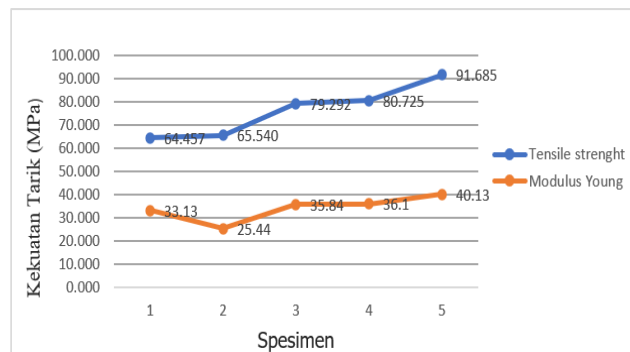
Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kemampuan material dalam menahan beban tarik hingga mengalami patah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik berbeda pada setiap variasi fraksi volume seperti pada Gambar 1.

Pada variasi 25% serat bambu : 25% fiber-glass diperoleh nilai kekuatan tarik rata-rata sebesar 76,340 MPa. Variasi ini menunjukkan distribusi kekuatan yang cukup baik karena komposisi serat relatif seimbang. Namun demikian, nilai kekuatan tarik belum mencapai kondisi optimal.

Pada variasi 35% serat bambu : 15% fiber-glass, nilai kekuatan tarik rata-rata sebesar 75,652 MPa. Meskipun kandungan serat bambu meningkat, penurunan proporsi fiber-glass menyebabkan kekuatan komposit tidak meningkat secara signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa kontribusi fiber-glass masih berperan penting dalam meningkatkan kekuatan tarik.

Sementara itu, pada variasi 40% serat bambu : 10% fiber-glass diperoleh nilai kekuatan tarik tertinggi sebesar 80,907 MPa. Peningkatan fraksi serat bambu memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan kekuatan tarik, terutama karena sifat mekanik serat bambu yang memiliki kekuatan spesifik tinggi.

Untuk memperjelas perbandingan nilai kekuatan tarik pada setiap variasi fraksi volume, hasil pengujian disajikan dalam bentuk grafik.



Gambar 1. Grafik perbandingan kekuatan tarik rata-rata komposit pada variasi fraksi volume serat bambu dan fiber-glass.

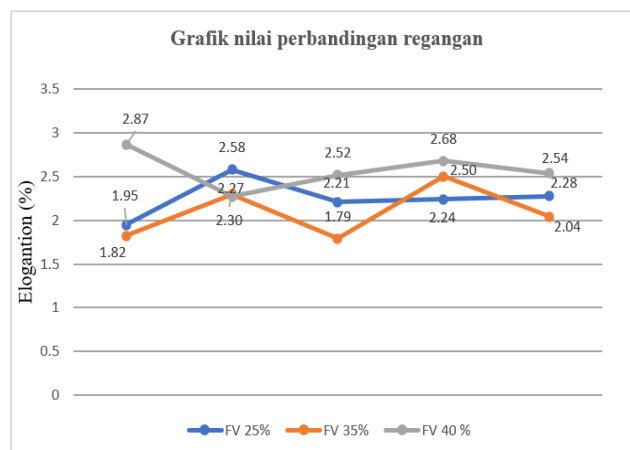
Selain itu, nilai modulus elastisitas dan regangan juga menunjukkan variasi yang dipengaruhi oleh komposisi serat. Nilai modulus elastisitas tertinggi diperoleh pada variasi 35% serat bambu : 15% fiber-glass, yang menunjukkan bahwa komposit pada komposisi ini memiliki kekakuan yang lebih tinggi. Sementara itu, nilai regangan tertinggi diperoleh pada variasi 40% serat bambu : 10% fiber-glass, yang menunjukkan bahwa material memiliki kemampuan deformasi yang lebih baik sebelum patah.

#### 3.3 Hubungan Kekuatan Tarik dan Modulus Elastisitas

Hubungan antara kekuatan tarik dan modulus elastisitas merupakan salah satu parameter penting dalam memahami perilaku mekanik material komposit. Berdasarkan hasil pengujian, terlihat bahwa peningkatan kekuatan tarik tidak selalu diikuti dengan peningkatan modulus elastisitas seperti pada Gambar 2.

Pada variasi tertentu, seperti 35% serat bambu : 15% fiber-glass, diperoleh modulus elastisitas yang tinggi namun kekuatan tarik relatif lebih rendah dibandingkan variasi lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa material cenderung lebih kaku tetapi tidak memiliki kemampuan menahan beban maksimum yang lebih tinggi.

Sebaliknya, pada variasi 40% serat bambu : 10% fiber-glass, diperoleh kekuatan tarik tertinggi dengan modulus elastisitas yang sedikit lebih rendah. Kondisi ini menunjukkan bahwa material lebih mampu menahan beban sebelum patah, meskipun kekakuannya sedikit menurun.



Gambar 2. Perbandingan hasil regangan Fv 25%, 35% dan, 40%.

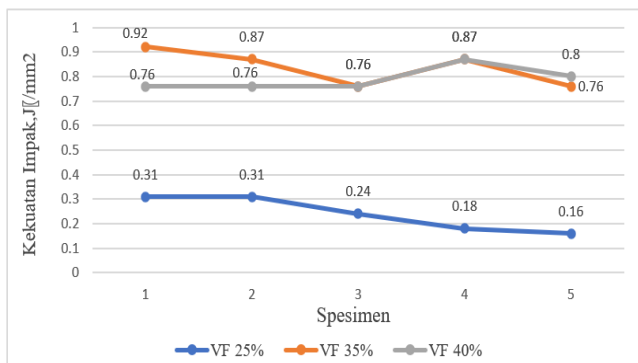
### 3.4 Hasil Pengujian Impak

Pengujian impak dilakukan untuk mengetahui ketangguhan material dalam menyerap energi akibat beban kejut. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kekuatan impak sangat dipengaruhi oleh variasi fraksi volume seperti pada Gambar 3.

Pada variasi 25% serat bambu : 25% fiber-glass diperoleh nilai kekuatan impak rata-rata sebesar 0,24 J/mm<sup>2</sup> dengan energi serap sebesar 30,94 Joule. Nilai ini merupakan yang terendah dibandingkan variasi lainnya, yang menunjukkan bahwa komposit dengan komposisi seimbang memiliki ketangguhan yang relatif rendah.

Pada variasi 35% serat bambu : 15% fiber-glass diperoleh nilai kekuatan impak tertinggi sebesar 0,83 J/mm<sup>2</sup> dengan energi serap sebesar 46,73 Joule. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi serat pada komposisi ini menghasilkan ketangguhan optimal karena adanya keseimbangan antara sifat ulet dari serat bambu dan kekuatan dari fiber-glass.

Pada variasi 40% serat bambu : 10% fiber-glass, nilai kekuatan impak sebesar 0,79 J/mm<sup>2</sup> dengan energi serap tertinggi sebesar 64,16 Joule. Meskipun nilai kekuatan impaknya sedikit lebih rendah dibandingkan variasi 35%, energi serap yang tinggi menunjukkan kemampuan material dalam menyerap energi sebelum patah.



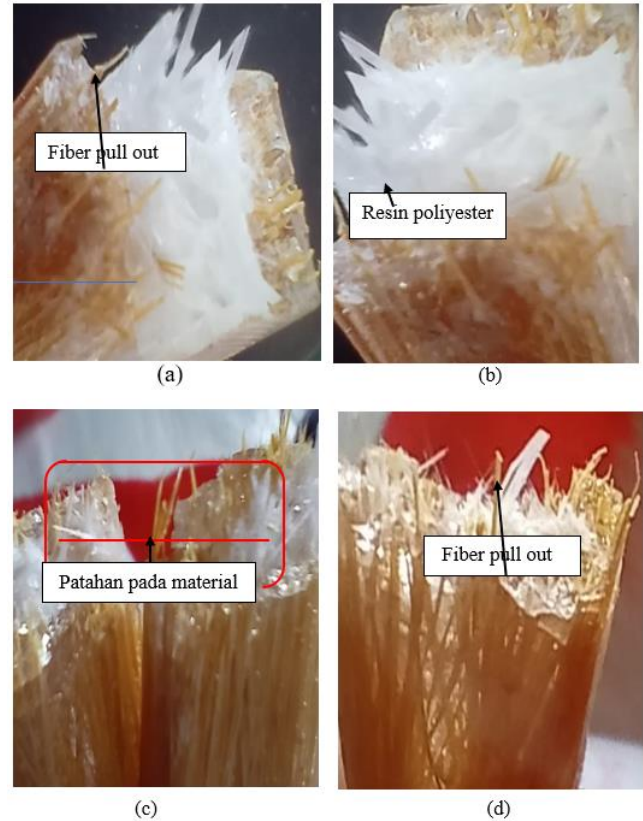
Gambar 3. Grafik perbandingan nilai kekuatan impak pada variasi fraksi volume komposit.

### 3.5 Analisis Patahan Spesimen

Analisis terhadap permukaan patahan menunjukkan bahwa mekanisme kegagalan yang dominan adalah fiber pull-out dan debonding antara serat dan matriks seperti pada Gambar 4. Fenomena fiber pull-out terjadi akibat kurang optimalnya ikatan antara serat dan resin, sehingga serat terlepas dari matriks saat menerima beban.

Selain itu, ditemukan adanya void pada beberapa spesimen yang menunjukkan bahwa proses fabrikasi dengan metode hand lay-up masih memiliki potensi terbentuknya rongga udara. Keberadaan void ini dapat menurunkan kekuatan mekanik komposit karena menjadi titik awal terjadinya retak.

Pada beberapa bagian patahan juga terlihat karakteristik patahan getas, yang menunjukkan bahwa material tidak mampu mengalami deformasi plastis yang signifikan sebelum patah. Hal ini terutama terjadi pada komposit dengan kandungan fiber-glass yang lebih tinggi.



Gambar 4. Morfologi patahan spesimen hasil uji impak yang menunjukkan fenomena fiber pull-out dan debonding.

### Referensi

- [1] S. N. Fathoni and L. Rohmawati, "SIFAT FISIK DAN MEKANIK KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT ALAM: Kata Kunci: Filler, Komposit, Matrix.," *Inov. Fis. Indones.*, vol. 12, no. 3, pp. 63–69, 2023.
- [2] R. Kartini, H. Darmasetiawan, A. K. Karo, and S. Sudirman, "Pembuatan dan karakterisasi komposit polimer berpenguat serat alam," *J. sains Mater. Indones.*, vol. 3, no. 3, pp. 30–38, 2018.
- [3] W. F. Manzilah and S. T. Ikhwanul Qiram, "Mechanical Strength Analysis of Composites As Advanced And Sustainable Future Materials," *J. Educ. Eng. Environ.*, vol. 4, no. 1, pp. 20–26, 2025.
- [4] J. Julian, "Pengembangan material komposit berpenguat serat alami untuk aplikasi bumper mobil," *J. Al Ulum LPPM Univ. Al Washliyah Medan*, vol. 10, no. 2, pp. 92–98, 2022.
- [5] L. A. Salo and D. Ramba, "Analisis Kekuatan Impak Material Komposit Berpenguat Serat Alam Bambu Petung Dengan Variasi Fraksi Volume," *J. Locus Penelit. dan Pengabd.*, vol. 4, no. 7, pp. 4456–4465, 2025.
- [6] H. W. Wona, K. Boimau, and E. U. K. Maliwemu, "Pengaruh Variasi Fraksi Volume Serat terhadap Kekuatan Bending dan Impak Komposit Polyester Berpenguat Serat Agave Cantula," *LONTAR J. Tek. Mesin Undana*, vol. 2, no. 1, pp. 39–50, 2015.
- [7] A. Riyanto and M. A. IRFAI, "PENGARUH FRAKSI VOLUME SERAT KOMPOSIT HYBRID BERPENGUAT SERAT BAMBUN ACAK DAN E-GLASS ANYAM DENGAN RESIN POLYESTER TERHADAP KEKUATAN BENDING," *J. Tek.*

- Mesin*, vol. 6, no. 2, 2018.
- [8] F. Paundra, "Analisis kekuatan tarik komposit hybrid berpenguat serat batang pisang kepok dan serat pinang," *Nozzle*, vol. 11, no. 1, pp. 9–13, 2022.
- [9] F. Hazhari, S. Sehonon, and F. Setiawan, "Pengaruh Kekuatan Tarik Dan Kekuatan Bending Komposit Hybrid Dan Non-Hybrid Menggunakan Metode Vacuum Bagging," *Inject. Indones. J. Vocat. Mech. Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 65–70, 2022.
- [10] D. Andri, "Karakterisasi Komposit Berpenguat Serat Bambu dan Serat Gelas sebagai Alternatif Bahan Baku Industri." Jurusan Teknik Fisika, ITS Surabaya, 2003.