

Contents list available at [Sinta](https://sinta)

# ARMATUR

: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur

Journal homepage: <https://scholar.ummetro.ac.id/index.php/armatur>

## Pengaruh Fraksi Volume Serat Rami (*Boehmeria Nivea*) dan Serbuk Genteng Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Hibrida Bermatriks Epoksi.

Endar Mukti<sup>1\*</sup>, Sutrisno<sup>2</sup>, Wahidin Nuriana<sup>3</sup><sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Merdeka Madiun, Jl. Serayu No. 79 Pandean, Kota Madiun, Jawa Timur, Indonesia

### ARTICLE INFO

Keywords:  
Composite hibrida  
Fraksi volume  
Tensile strength

### ABSTRACT

Composite is a combination of two or more materials with different mechanical properties and characteristics. The abundance of natural fibers and construction waste, such as roof tile dust, has led to a growing demand for environmentally friendly materials. The use of ramie fiber (*Boehmeria nivea*) as a reinforcement and roof tile dust as a filler in this study aims to maximize the utilization of both materials in epoxy-based composite applications. The ramie fibers were treated with a 5% NaOH solution for 6 hours prior to fabrication to improve fiber-matrix adhesion. The composites were fabricated using the hand lay-up method with a fixed matrix volume fraction of 75% and a resin-to-hardener ratio of 2:1. This study investigated the effect of fiber and filler volume fractions on the tensile properties of hybrid composites. The tensile test results showed that variation D, with a volume fraction of 15% fiber and 10% roof tile dust, produced the stiffest material with the highest elastic modulus value of 2.138 MPa, while variation E, with a volume fraction of 20% fiber and 5% roof tile dust, produced the highest tensile strength and elongation. These results indicate that variations in the volume fractions of ramie fiber and roof tile dust significantly influence the tensile properties of epoxy-based hybrid composites. Furthermore, ramie fiber showed a more dominant contribution to improving tensile strength, while roof tile dust contributed primarily to increasing the stiffness of the composite.

\*Corresponding author: ebomobile@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.24127/armatur.v7i2.11332>

Received 07 April 2026; Received in revised form 31 Mei 2026; Accepted 10 Juni 2026

Available online September 2026

## Pendahuluan

Perkembangan industri material berkelanjutan mendorong pemanfaatan sumber daya alam dan limbah sebagai bahan baku alternatif dalam pengembangan material komposit. Salah satu pendekatan yang banyak dikembangkan adalah penggunaan serat alam sebagai penguat dan limbah padat sebagai *filler* untuk menghasilkan material yang lebih ramah lingkungan, ekonomis, serta memiliki sifat mekanik yang memadai. Dalam konteks ini, serat rami (*Boehmeria Nivea*) dan serbuk genteng memiliki potensi yang cukup besar untuk dimanfaatkan sebagai penyusun komposit hibrida [1].

Komposit merupakan material yang tersusun dari dua atau lebih bahan berbeda yang dikombinasikan untuk memperoleh sifat yang lebih baik dibandingkan material penyusunnya secara terpisah [2]. Pada komposit, matriks berfungsi sebagai pengikat, sedangkan penguat berperan meningkatkan sifat mekanik material [3]. Komposit memiliki beberapa keunggulan, antara lain kekuatan yang tinggi, bobot yang relatif ringan, ketahanan terhadap korosi dan kelelahan, serta kemampuan isolasi panas, suara, dan listrik yang baik [4]. Kinerja komposit dipengaruhi oleh jenis material penyusun, struktur komposit, serta kualitas ikatan antarmuka antara penguat dan matriks [5,6].

Serat rami merupakan salah satu serat alam yang tersedia melimpah di Indonesia, relatif mudah dibudidayakan, serta memiliki harga yang terjangkau. Selain itu, serat rami juga diketahui memiliki karakteristik fisis dan mekanik yang baik untuk diaplikasikan sebagai penguat komposit. Serat rami (*Boehmeria Nivea*) memiliki massa jenis sekitar  $1,5 \text{ g/cm}^3$ , regangan putus sebesar 23,8%, kuat tarik sebesar 220-938 MPa, serta modulus young pada kisaran 44-128 MPa [7]. Karakteristik tersebut menunjukkan bahwa serat rami berpotensi digunakan sebagai material penguat komposit yang ringan dan memiliki kekuatan tarik yang cukup baik.

Material komposit sendiri telah banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang teknik karena mampu mengkombinasikan kekuatan mekanik yang baik dengan massa jenis yang relatif rendah. Berdasarkan bentuk penguat, jenis matrik dan karakteristik penyusunnya, komposit dapat dirancang sesuai kebutuhan aplikasi tertentu. Dalam berbagai penerapan teknik, material komposit dinilai efektif sebagai bahan rekayasa karena mampu memberikan efisiensi bobot sekaligus mempertahankan performa mekanik yang dibutuhkan [8].

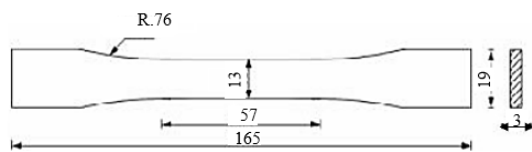
Di sisi lain, serbuk genteng yang selama ini lebih banyak dipandang sebagai limbah konstruksi memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai *filler* pada material komposit. Pemanfaatan serbuk genteng tidak hanya memberikan nilai tambah terhadap limbah padat, tetapi juga berpotensi meningkatkan karakteristik tertentu dari komposit, khususnya kekakuan material [9]. Oleh karena itu, kombinasi serat rami sebagai penguat utama dan serbuk genteng sebagai *filler* dalam matrik *epoxy* berpotensi menghasilkan komposit hibrida dengan sifat mekanik yang lebih baik sekaligus mendukung prinsip keberlanjutan material.

Kebutuhan terhadap material ringan dengan kekuatan mekanik yang memadai terus meningkat, terutama pada industri otomotif dan konstruksi. Salah satu alternatif yang berpotensi memenuhi kebutuhan tersebut adalah komposit hibrida berbasis serat alam dan limbah konstruksi, yang dapat dimanfaatkan sebagai material ramah lingkungan dengan nilai tambah dari sisi pemanfaatan sumber daya [10].

Meskipun pemanfaatan serat rami maupun serbuk genteng sebagai bahan penyusun komposit telah banyak diteliti secara terpisah, kajian mengenai kombinasi keduanya dalam matrik *epoxy* masih relatif terbatas. Penelitian terdahulu umumnya lebih berfokus pada komposit dengan penguat serat tunggal atau *filler* anorganik konvensional, sehingga kajian mengenai komposit hibrida berbasis serat rami dan serbuk genteng masih memerlukan

pengembangan lebih lanjut. Kombinasi kedua material ini diperkirakan dapat menghasilkan efek sinergis, dimana serat rami berkontribusi terhadap peningkatan kekuatan tarik, sedangkan serbuk genteng berperan dalam meningkatkan kekakuan material.

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui karakteristik kekuatan tarik suatu material. Pelaksanaan pengujian mengacu pada standar ASTM D638-1, bentuk dan dimensi spesimen uji tarik dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Spesimen uji tarik ASTM D638-1

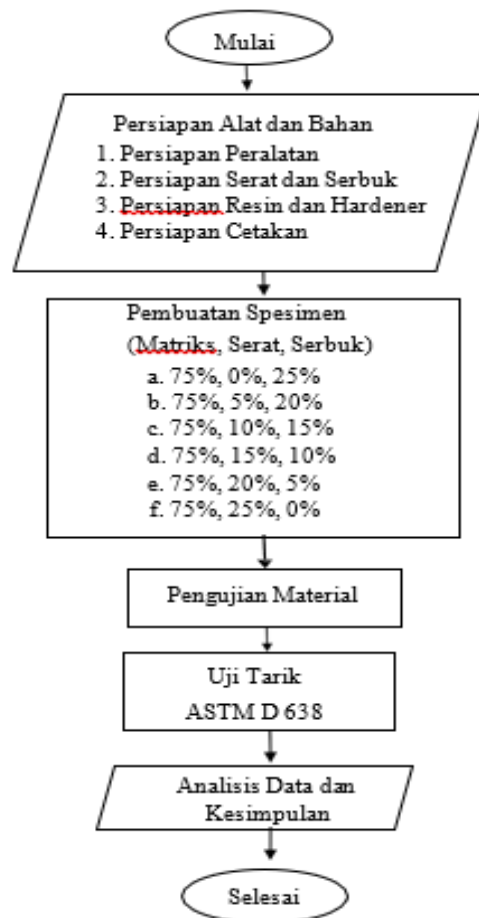
Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi komposisi serat rami dan serbuk genteng dalam matriks *epoxy* terhadap sifat mekanik komposit hibrida, khususnya kekuatan tarik, regangan dan modulus elastisitas. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan material komposit berbasis sumber daya lokal dan limbah konstruksi yang berpotensi diaplikasikan pada komponen teknik ringan dan ramah lingkungan [11].

### Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik tarik komposit berbasis serat rami dan serbuk genteng dengan matriks *epoxy*. Variasi fraksi volume serat rami, serbuk genteng, dan *epoxy* digunakan untuk menganalisis pengaruhnya terhadap kekuatan tarik komposit. Serat rami yang digunakan memiliki panjang 5 cm dengan orientasi serat lurus, sedangkan serbuk genteng berukuran mesh 200 (75 $\mu$ m). Pembuatan spesimen dilakukan dengan metode *hand lay-up*, kemudian dipotong sesuai standar pengujian tarik ASTM D638-1. Serat rami yang digunakan berbentuk lurus panjang. Pengujian

dilakukan terhadap 30 spesimen, dengan masing – masing variasi terdiri dari 5 spesimen, menggunakan Universal Testing Machine (UTM). Hasil pengujian selanjutnya dibandingkan untuk mengetahui variasi dengan nilai kekuatan tarik tertinggi hingga terendah.

Tabel 1. menunjukkan variasi fraksi volume material, spesimen A – F dibuat dengan variasi serat dan serbuk yang berbeda, namun presentase matrik dibuat tetap dengan 75%.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Tabel 1. Variasi Fraksi Volume Material

Spesimen	Serat Rami (%)	Serbuk Genteng (%)
A	0	25
B	5	20
C	10	15
D	15	10
E	20	5
F	25	0

Keterangan Tabel :

1. A : 0% serat rami + 25% serbuk genteng
2. B : 5% serat rami + 20% serbuk genteng
3. C : 10% serat rami + 15% serbuk genteng
4. D : 15% serat rami + 10% serbuk genteng
5. E : 20% serat rami + 5% serbuk genteng
6. F : 25% serat rami + 0% serbuk genteng

Berikut adalah tahapan alur pembuatan komposit ;

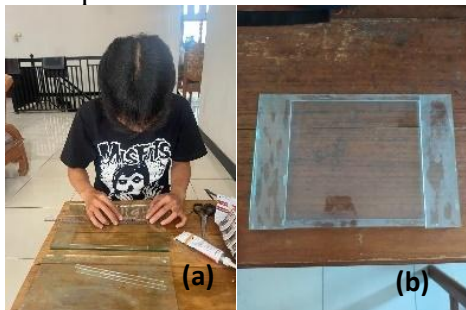
Tahapan alur pada penelitian ini yaitu sebagai berikut.

a. Persiapan Serat



Gambar 3. Persiapan Serat (keterangan gambar : (a) pemilihan serat, (b) pencucian serat, (c) perendaman serat dengan NaOH, (d) pengeringan serat)

b. Persiapan cetakan



Gambar 4. Pembuatan cetakan (keterangan gambar : (a) tahap pengukuran dan assembly, (b) cetakan spesimen siap pakai)

c. Pembuatan saringan



Gambar 5. Pembuatan saringan (keterangan gambar : (a) pemotongan kain nilon, (b) pembentukan cetakan saringan, (c) saringan serbuk siap pakai)

d. Penyaringan serbuk genteng



Gambar 6. Proses penyaringan serbuk (keterangan gambar : (a) penumbukan dan penyaringan, (b) serbuk genteng berukuran 75  $\mu$ m)

e. Persiapan bahan spesimen



Gambar 7. Tahap penimbangan bahan (keterangan gambar : (a) pemotongan serat, (b) penimbangan serat, (c) penimbangan matriks dan serbuk)

f. Pembuatan spesimen



Gambar 8. Proses pembuatan spesimen (keterangan gambar : (a) pengadukan matriks dan serbuk, (b) pendistribusian serat, (c) finishing, (d) proses curing)

g. Preparasi spesimen



Gambar 9. Proses preparasi spesimen (keterangan gambar : (a) pengukuran spesimen, (b) pemotongan spesimen, (c) Standar spesimen ASTM D638-1, (d) Pembentukan spesimen, (e) QC spesimen, (f) spesimen siap uji

h. Pengujian tarik



Gambar 10. Uji tarik spesimen

i. Pengambilan data



Gambar 11. Pengambilan data spesimen

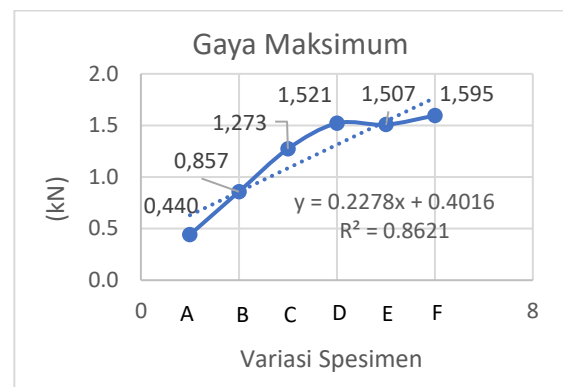
Parameter dalam penelitian ini meliputi jenis pengujian, parameter yang diamati, serta data yang diambil selama proses pengujian berlangsung, yaitu sebagai berikut ;

1. Jenis pengujian : uji tarik (*tensile test*).
2. Parameter yang diamati : kekuatan tarik.

3. Data yang diambil : tegangan, regangan dan modulus elastisitas.

**Hasil dan Pembahasan**

Hasil pengujian tarik diperoleh dalam bentuk nilai gaya maksimum (kN) pada setiap spesimen, yaitu gaya tertinggi yang mampu ditahan material sebelum mengalami patah. Pengujian dilakukan pada lima spesimen untuk setiap variasi dengan total enam variasi komposisi yang berjumlah 30 spesimen uji. Data disajikan dengan grafik berdasarkan nilai rata – rata setiap variasi spesimen, sehingga data yang diperoleh diharapkan dapat merepresentasikan karakteristik mekanik komposit. Data yang disajikan meliputi tegangan (MPa), regangan (%) dan modulus elastisitas (MPa).



Gambar 2. Hubungan variasi fraksi volume serat rami dan serbuk genteng terhadap gaya maksimum komposit.

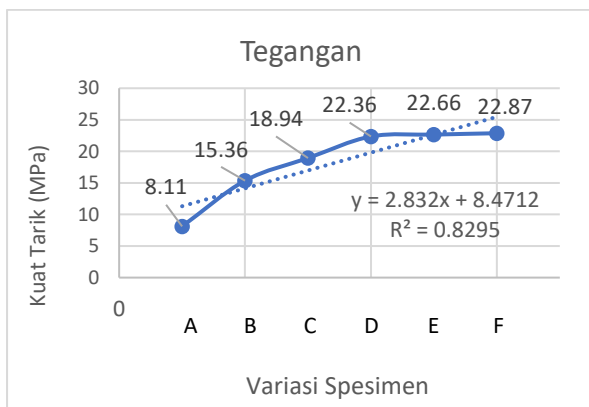
Berdasarkan grafik gaya maksimum, terlihat bahwa nilai gaya mengalami kecenderungan meningkat seiring bertambahnya variasi spesimen. Nilai gaya maksimum terendah diperoleh pada variasi A sebesar 0,440 kN, sedangkan nilai tertinggi terdapat pada variasi E yaitu sebesar 1,595 kN. peningkatan ini menunjukkan bahwa variasi komposisi material komposit memberikan pengaruh signifikan terhadap kemampuan spesimen dalam menahan beban tarik. Secara mekanisme, peningkatan gaya maksimum ini berkaitan dengan semakin optimalnya interaksi antar fase dalam komposit, dimana serat rami berperan sebagai penguat utama

yang mampu mentransfer beban dari matriks *epoxy* (*load transfer mechanism*), sedangkan penambahan *filler* partikulat seperti serbuk genteng berkontribusi dalam mengurangi rongga (*void*) serta meningkatkan distribusi tegangan sehingga menghasilkan struktur yang lebih homogen. Kondisi ini menyebabkan material mampu menahan beban yang lebih besar sebelum mengalami kegagalan [12].

Hasil ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa peningkatan fraksi serat alami dalam komposit berbasis *epoxy* dapat meningkatkan kekuatan tarik secara signifikan akibat mekanisme transfer beban yang lebih efektif antar fase [13]. Selain itu, penelitian lain juga menunjukkan bahwa penambahan partikel *filler* pada komposit berbasis serat alami mampu meningkatkan sifat mekanik melalui perbaikan distribusi tegangan dan peningkatan ikatan antarmuka dalam struktur material [14]. Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,8621 menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara variasi spesimen dan gaya maksimum, bahwa peningkatan komposisi material memberikan pengaruh signifikan terhadap kemampuan spesimen dalam menahan beban tarik.

Nilai tegangan tarik dihitung berdasarkan standar ASTM D638 sebagai parameter utama untuk mengevaluasi kemampuan material dalam menahan beban tarik. Perhitungan kekuatan tarik spesimen dilakukan menggunakan persamaan sebagai berikut ;

$$\left(\sigma = \frac{P}{A_0}\right) \quad (1)$$



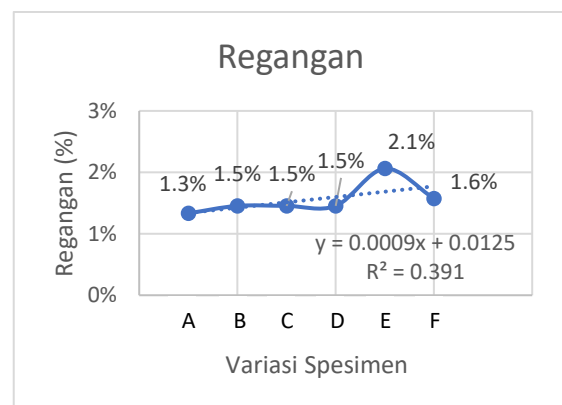
Gambar 3. Grafik Tegangan

Berdasarkan gambar grafik tegangan, menunjukkan peningkatan seiring bertambahnya variasi spesimen, dari 8,11 MPa pada variasi A hingga 22,87 MPa pada variasi F. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa variasi komposisi material berpengaruh positif terhadap kemampuan menahan beban tarik, yang dipengaruhi oleh semakin optimalnya ikatan antarmuka (*interfacial bonding*) dan mekanisme transfer beban antara matriks *epoxy*, serat rami, dan *filler*.

Namun, pada variasi E dan F, peningkatan yang terjadi relatif kecil, hal ini disebabkan material mulai mendekati kondisi optimum, dimana penambahan komposisi tidak lagi memberikan dampak yang signifikan akibat kemungkinan terjadinya aglomerasi *filler* atau peningkatan *void* [15]. Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,8295 menunjukkan hubungan yang kuat antara variasi spesimen dan kuat tarik rata – rata.

Nilai regangan dihitung dari perbandingan antara pertambahan panjang spesimen setelah pengujian terhadap panjang awal spesimen sebelum diberi beban tarik. Regangan merupakan salah satu parameter penting dalam pengujian tarik karena digunakan untuk menganalisis kemampuan material dalam mengalami deformasi sebelum patah. Perhitungan regangan dilakukan menggunakan persamaan sebagai berikut ;

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L - L_0}{L_0} \quad (2)$$

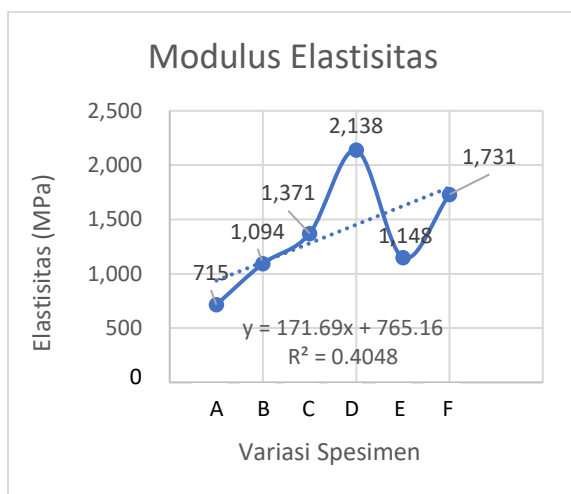


Gambar 3. Grafik Regangan

Berdasarkan data dari grafik, nilai regangan menunjukkan kecenderungan relatif stabil pada sebagian besar variasi spesimen, dengan peningkatan dari 1,3% pada variasi A hingga mencapai nilai maksimum sebesar 2,1% pada variasi E, sebelum menurun menjadi 1,6% pada variasi F. Hal ini mengindikasikan bahwa kemampuan deformasi material meningkat hingga kondisi optimum, kemudian menurun akibat kemungkinan berkurangnya efektivitas ikatan antarmuka atau meningkatnya cacat internal seperti *void* dan aglomerasi *filler*. Fenomena ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa penambahan serat dan *filler* dapat meningkatkan keuletan hingga batas tertentu sebelum menurunkan kemampuan deformasi material [16].

Modulus elastisitas merupakan parameter material dalam menahan beban tarik. Nilai ini diperoleh dari perbandingan antara tegangan dan regangan pada daerah elastis, sehingga digunakan untuk mengevaluasi kemampuan material dalam menahan deformasi elastis. Semakin tinggi nilai modulus elastisitas maka material cenderung semakin kaku dan lebih tahan terhadap perubahan bentuk. Berikut persamaan untuk mendapatkan nilai modulus elastisitas ;

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



Gambar 4. Grafik Modulus Elastisitas

Berdasarkan data dari grafik diatas, menunjukkan kecenderungan meningkat dari variasi A hingga D dengan nilai tertinggi sebesar 2.138 MPa, kemudian menurun pada variasi E menjadi 1.148 MPa dan kembali meningkat pada variasi F yaitu sebesar 1.731 MPa. Pola ini mengindikasikan bahwa pengaruh variasi komposisi terhadap kekakuan material tidak bersifat linier, melainkan dipengaruhi oleh interaksi kompleks antara matriks, serat, dan *filler*. Peningkatan modulus hingga variasi D menunjukkan distribusi tegangan yang lebih efektif dan ikatan antarmuka yang optimal, sedangkan penurunan pada variasi E dapat disebabkan oleh material yang tidak homogen atau aglomerasi *filler* yang mengurangi kekakuan.

Hal ini membuktikan penelitian yang menyatakan bahwa penambahan filler dapat meningkatkan kekakuan komposit, namun pada fraksi tertentu justru menurunkan sifat mekanik akibat distribusi partikel yang tidak homogen [17]. Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,4048 menunjukkan bahwa hubungan antara variasi spesimen dan modulus elastisitas tergolong lemah, sehingga faktor lain seperti heterogenitas material dan kualitas manufaktur turut mempengaruhi hasil. Berdasarkan hasil pengujian tarik, serat rami menunjukkan kontribusi yang lebih dominan terhadap peningkatan kekuatan tarik dibandingkan serbuk genteng. Kecenderungan ini terlihat dari meningkatnya kekuatan tarik pada variasi dengan fraksi volume serat rami yang lebih tinggi, sedangkan peningkatan fraksi serbuk genteng tidak memberikan peningkatan kekuatan tarik yang signifikan. Hal tersebut menunjukkan bahwa serat rami berperan sebagai penguat utama dalam menahan dan mentransfer beban tarik, sementara serbuk genteng lebih berfungsi sebagai filler yang berkontribusi terhadap peningkatan kekakuan komposit. Secara keseluruhan, nilai optimum diperoleh pada variasi D, yang menunjukkan pentingnya keseimbangan komposisi serat rami dan

serbuk genteng dalam menghasilkan sifat mekanik komposit yang optimal.

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, variasi fraksi volume serat rami dan serbuk genteng berpengaruh terhadap sifat mekanik komposit hibrida bermatriks epoksi. Variasi E dengan komposisi 20% serat rami dan 5% serbuk genteng menghasilkan nilai kekuatan tarik dan regangan tertinggi, sehingga menunjukkan kemampuan terbaik dalam menahan beban tarik. Sementara itu, variasi D dengan komposisi 15% serat rami dan 10% serbuk genteng menghasilkan nilai modulus elastisitas tertinggi, yang menunjukkan tingkat kekakuan material paling baik dibandingkan variasi lainnya. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa serat rami memberikan kontribusi yang lebih dominan terhadap peningkatan kekuatan tarik komposit dibandingkan serbuk genteng. Peningkatan fraksi volume serat rami cenderung meningkatkan kemampuan komposit dalam menerima dan menahan beban tarik, sedangkan serbuk genteng berperan lebih besar dalam meningkatkan kekakuan material. Dengan demikian, kombinasi serat rami dan serbuk genteng berpotensi digunakan sebagai bahan penguat pada komposit hibrida bermatriks epoksi untuk menghasilkan material yang ringan dengan sifat mekanik yang baik melalui pengaturan komposisi yang sesuai.

## Referensi.

- [1] Primananda A, Sabila F, Rebia RA. Pengaruh Variasi Serat Rami , Limbah Rami , dan Rami Kerok sebagai Penguat Terhadap Kekuatan Tarik Papan Komposit Polipropilena Daur Ulang. 2025;X(2):13067-13073.
- [2] Ilham M, Istiqlaliyah H. Pemanfaatan Serat Rami (Boehmeria Nivea) Sebagai Bahan Komposit Bermatrik Polimer. *J Mesin Nusant*. 2019;2(1):34-41.
- [3] Irfansandi T, Muhammad M, Safriwardi F, Aljufri A. Analisa Kekuatan Tarik Komposit Serat Rotan Menggunakan Resin Epoksi dengan Variasi Fraksi Volume. *Malikussaleh J Mech Sci Technol*. 2024;8(1):169. doi:10.29407/jmn.v2i1.13125
- [4] Hidayah E, Sujito, Purwandari E. Studi Pengaruh Serat Sabut Kelapa Dan Serat Rami Terhadap Sifat Tarik Komposit Polipropilena. *IJMS Indones J Math Nat Sci*. 2023;01(03):121-131. <https://jurnal.academiacenter.org/index.php/IJMS>
- [5] Kumar KP, Lokeshwar G, Reddy CUK, et al. Experimental investigation of mechanical properties and morphology of ramie, bamboo, and ramie-bamboo hybrid composites with silicon carbide and alumina nano-fillers. *Mater Res Express*. 2025;12(2):25306. doi:10.1088/2053-1591/adb2e3
- [6] Paulsingarayar SM, Soundararajan S, Satishkumar P, Giri J, Sathish T, Ammarullah MI. Investigation of the mechanical properties of pineapple leaf fibre-reinforced biocomposites. *Sci Rep*. 2025;15(1):1-11. doi:10.1038/s41598-025-12044-0
- [7] Himawan NA, Purwita TD, Suparno S. Komposisi Optimal Komposit Serat Rami dan Resin Epoxy Sebagai Alternatif Bahan Perisai Anti-Radiasi Sinar-X. *J Pendidik Fis dan Keilmuan*. 2020;6(2):85. doi:10.25273/jpfpk.v6i2.7898
- [8] Ramdhan M, Junipitoyo B, Uji Tarik Dan Uji Impact Pada Komposit Serat Sabut Kelapa Dengan Variasi Arah Serat. *Pros SNITP*. Published online 2022:1-9. <https://ejournal.poltekbangsby.ac.id/index.php/SNITP/article/view/1339%0Ahttps://ejournal.poltekbangsby.ac.id/index.php/SNITP/article/download/1339/1371>

- [9] Kirubakaran R, Kumar A, Natchimuthu HK, Gopalan V, Narasingamurthi K. Tensile and thermal properties of ceramic particulate and natural seaweed reinforced hybrid particulate polymer composites using the Taguchi approach. *Sci Rep.* 2025;16(1):1-13. doi:10.1038/s41598-025-32130-7
- [10] Siagian DEN, Hakiem M, Putra S. Serat Alam Sebagai Bahan Komposit Ramah Lingkungan Natural Fiber As an Environmentally Friendly Composite Material. *CIVeng.* 2024;5(1):55-60. <http://jurnalnasional.ump.ac.id?index.php/civeng>
- [11] Suparno O. Potensi Dan Masa Depan Serat Alam Indonesia Sebagai Bahan Baku Aneka Industri. *J Teknol Ind Pertan.* 2020;30(2):221-227. doi:10.24961/j.tek.ind.pert.2020.30.2.221
- [12] Fajar Nugroho, 2017. Pengaruh Kandungan Partikel Serbuk Genteng Sokka Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekuatan Impak Pada Komposit Bermatriks Epoxy. :2-9.
- [13] Hossain MA, Sahadat Hossain M, Khan RA, et al. Preparation and Characterization of Pineapple Leaf Fiber Reinforced Epoxy Composite: Effect of Gamma Radiation. *Adv Appl Sci.* 2022;7(3):65-72. doi:10.11648/j.aas.20220703.15
- [14] Listyanda RF, Diharjo K, Arifin Z. Pengaruh Kandungan Filler Serbuk Genteng Sokka Terhadap Kekuatan Lentur Komposit Limbah Polipropilena. *Simetris.* 2023;17(1):58-61. <https://www.sttrcepu.ac.id/jurnal/index.php/simetris/article/view/332%0Ahttps://www.sttrcepu.ac.id/jurnal/index.php/simetris/article/download/332/200>
- [15] Annisa HF, Mahyudin A, Matematika F, et al. Pengaruh Fraksi Volume Serat Pinang dan Serat Rami Terhadap Sifat Fisis dan Mekanik Komposit Hibrid Sebagai Bahan Dasar Dashboard Mobil. 2025;14(1):68-74.
- [16] Ginting D, Syahputra RF, Ramadhani S. Physical and Mechanical Characteristics of Polymeric Rooftile Added with Sisal Fibers as Fillers. *J Aceh Phys Soc.* 2023;12(1):21-26. doi:10.24815/jacps.v12i1.29035
- [17] Nurul D, Assyurah F, Desiasni R, Widyawati F, Metalurgi T, Sumbawa UT. Pengaruh Fraksi Volume Serat Sisal Dan Filler Serbuk Kayu Jati Terhadap Kekuatan Tekan Dan Tarik Papan Komposit. :42-50.