

Pengaruh Fraksi Volume Serat terhadap Kekuatan Tarik Serat Daun Nanas dan Serbuk Cangkang Kerang Dengan Matrik Resin *Epoxy*

Fernanda Aditya¹

Sutrisno²

Wahidin Nuriana³

Muhammad Hasan Basri⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Merdeka Madiun, Jl. Serayu No. 79, Pandean, Kota Madiun, Jawa Timur, Indonesia

¹Korespondensi penulis: additya0510@gmail.com

Article Info: Received: May 25, 2026; Accepted: June 08, 2026; Available online: June 10, 2026

DOI: 10.30588/jeemm.v10i1.2734

Abstract: Natural fiber reinforced composite materials are increasingly being developed as an alternative to metal due to their lightweight, strong, and environmentally friendly properties. This study used pineapple leaf fiber and shell powder with an epoxy matrix to determine the optimal composition to improve the tensile properties of the composite. The purpose of this study was to determine how much fiber influences the tensile strength of pineapple leaf fiber and shell powder with an epoxy resin matrix. Specimens were made using the hand lay-up method and alkalization treatment, with a fixed composition of 60% epoxy, while the content of pineapple leaf fiber and shell powder varied from 10%; 15%; 20%; 25%; 30%. Tensile tests were carried out in accordance with ASTM D638. The results showed that the composition of 60% epoxy, 25% pineapple leaf fiber, and 15% shell powder produced the highest tensile strength of 20.80 MPa and the highest elastic modulus of 2029.4 MPa, while the highest strain value of 0.0228 was obtained in the composition of 60% epoxy, 15% pineapple leaf fiber, and 25% shell powder. In general, pineapple leaf fiber contributes to increasing tensile strength, while shell powder increases material stiffness through a more even stress distribution.

Keywords: composite, pineapple leaf fiber, shell powder, epoxy resin, tensile strength

Abstrak: Bahan komposit yang diperkuat serat alami semakin banyak dikembangkan sebagai alternatif logam karena sifatnya yang ringan, kuat, dan ramah lingkungan. Penelitian ini menggunakan serat daun nanas dan bubuk cangkang dengan matriks epoksi untuk menentukan komposisi optimal guna meningkatkan sifat tarik komposit. Tujuan dalam penelitian ini untuk mengetahui seberapa besar pengaruh serat terhadap kekuatan tarik serat daun nanas dan serbuk cangkang kerang dengan matrik *resin epoxy*. Spesimen dibuat menggunakan metode hand lay up dan perlakuan alkalisasi, dengan komposisi tetap 60% epoksi, sedangkan kandungan serat daun nanas dan bubuk cangkang bervariasi dari 10%; 15%; 20%; 25%; 30%. Uji tarik dilakukan sesuai dengan ASTM D638. Hasil menunjukkan bahwa komposisi 60% epoksi, 25% serat daun nanas, dan 15% bubuk cangkang menghasilkan kekuatan tarik tertinggi sebesar 20,80 MPa dan modulus elastisitas tertinggi sebesar 2029,4 MPa, sedangkan nilai regangan tertinggi sebesar 0,0228 diperoleh pada komposisi 60% epoksi, 15% serat daun nanas, dan 25% bubuk cangkang. Secara umum, serat daun nanas berkontribusi dalam meningkatkan kekuatan tarik, sedangkan bubuk cangkang meningkatkan kekakuan material melalui distribusi tegangan yang lebih merata

Kata Kunci: komposit, serat daun nanas, serbuk cangkang kerang, resin epoxy, kuat tarik

I. Pendahuluan

Perkembangan teknologi material komposit berbasis serat alam semakin banyak dikembangkan sebagai alternatif pengganti logam dan material tak terbarukan karena memiliki sifat ringan, kuat, ramah lingkungan, mudah dibentuk, serta dapat didaur ulang (Hossain et al., 2022). Secara umum, komposit merupakan gabungan dua atau lebih material berbeda yang menghasilkan material baru dengan sifat

yang lebih unggul dibandingkan material penyusunnya (Widodo & Dwiyoga, 2022). Salah satu serat alam yang berpotensi sebagai penguat komposit adalah serat daun nanas, yang termasuk serat nabati dengan karakteristik mekanik yang baik, ringan dan *biodegradable*. Selain buahnya yang biasa digunakan sebagai kebutuhan primer, daun nanas juga memiliki potensi sebagai sumber serat alternatif untuk material komposit dan tekstil (Aloysius Uran & Kurniawan, 2023).

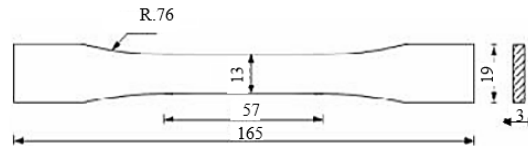
Resin *epoxy* dipilih sebagai matriks karena memiliki kemampuan ikatan yang baik dengan serat daun nanas serta mampu menghasilkan komposit dengan kekuatan tarik yang tinggi. Selain itu, *epoxy* memiliki sifat mekanik yaitu berupa ketahanan korosi, stabilitas dimensi dan ketahanan panas yang baik, meskipun cenderung rapuh sehingga perlu dikombinasikan dengan material penguat agar sifat mekaniknya meningkat (Rahmatullah et al., 2021). Penggunaan serat alam dalam matriks *epoxy* juga relevan dengan pengembangan material ramah lingkungan dan berkelanjutan, karena sifat alami bersifat *biodegradable* dan tersedia melimpah. Namun, penelitian yang secara khusus mengkaji pengaruh fraksi volume serat daun nanas dan serbuk cangkang kerang darah terhadap kekuatan tarik komposit bermatriks *epoxy* masih terbatas, sehingga penelitian ini dilakukan untuk mengisi kesenjangan tersebut (Dermawan & Mufarida, 2024)(Nayan & Hafli, 2022).

Tanaman nanas (*ananas comosus*) merupakan tumbuhan tropis dari keluarga *Bromeliaceae* yang banyak ditemukan di berbagai negara, termasuk Indonesia, dan memiliki potensi sebagai sumber serat alam. Serat daun nanas tergolong serat selulosa yang diperoleh dari daun melalui proses ekstraksi, pembersihan, dan pengeringan (Fariandewi, 2021). Proses ekstraksi serat dapat dilakukan secara manual maupun menggunakan mesin dekortikator, sehingga mendukung pemanfaatannya sebagai bahan penguat dalam material komposit. Penggunaan serat daun nanas sebagai bahan penguat komposit memberikan keuntungan dalam pengembangan material ramah lingkungan dan berkelanjutan, karena berasal dari limbah pertanian yang melimpah dan terbarukan (Mamungkas et al., 2021). Serat ini memiliki sifat mekanik yang baik, sehingga berpotensi sebagai material *reinforcement* dalam komposit (Supriyanto, 2021). Selain itu, karakteristiknya yang memiliki kekuatan dan kekakuan relatif tinggi, serta sudut *micro fiber* yang kecil, menjadikan serat yang mampu memberikan modulus elastisitas yang tinggi dengan nilai densitas sekitar $1,56 \text{ g/cm}^3$ (Sayeed et al., 2023).

Kerang (*Anadara antiquata*) merupakan biota laut yang banyak ditemukan di perairan Indonesia dan memiliki cangkang yang tersusun dari kristal kalsium karbonat yang semakin menguat seiring pertambahan usia. Dalam pengembangan komposit bermatriks *epoxy*, serbuk cangkang kerang dimanfaatkan sebagai bahan penguat karena memiliki sifat keras dan kaku, sehingga berpotensi meningkatkan kekuatan tarik dan kekerasan material komposit. Pemanfaatan serbuk cangkang kerang sebagai bahan penguat komposit diharapkan dapat meningkatkan sifat mekanik material serta menjadi alternatif material berbasis sumber daya alam yang berpotensi untuk dikembangkan dalam berbagai aplikasi industri (Nayan & Hafli, 2022). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh fraksi volume serat terhadap kekuatan tarik komposit, serta mengidentifikasi potensi aplikasinya sebagai material alternatif yang ramah lingkungan di bidang industri.

II. Bahan dan Metode

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk menganalisis pengaruh variasi fraksi volume terhadap sifat mekanik komposit berbasis serat daun nanas dan serbuk cangkang kerang dengan matriks *epoxy*. Tahapan penelitian ini diawali dengan proses persiapan bahan dan alat, meliputi pemilihan, pembersihan, serta perlakuan serat untuk meningkatkan daya ikat dengan matriks. Selanjutnya dilakukan proses fabrikasi spesimen menggunakan metode *hand lay up* dengan fraksi volume tetap pada matriks yaitu sebesar 60%, 40% divariasikan terhadap serat daun nanas dan serbuk cangkang kerang. Parameter yang diamati yaitu kekuatan tarik, sedangkan data yang akan diambil yaitu berupa tegangan, regangan dan modulus elastisitas, dan data yang disajikan dalam bentuk grafik merupakan hasil rata – rata dari setiap spesimen uji yang terdiri dari lima spesimen setiap variasi fraksi volume. Standar pengujian yang digunakan pada penelitian ini yaitu standar ASTM D638, untuk ukuran spesimen yaitu menggunakan ASTM D638 Tipe – 1 seperti gambar yang tertera pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Standar Spesimen ASTM D638 – 1

Tabel 1. Variasi Fraksi Volume

Spesimen	Serat (%)	Serbuk (%)
A	10	30
B	15	25
C	20	20
D	25	15
E	30	10

Serat daun nanas diberi perlakuan alkalisasi menggunakan larutan NaOH sebesar 5% untuk meningkatkan kualitas ikatan antarmuka (*interface*) antara serat dan matriks. Proses perendaman dilakukan selama 2 jam, kemudian serat dibilas dengan air mengalir lalu dikeringkan sebelum lanjut ke tahap fabrikasi. Matriks *epoxy* dipersiapkan dengan menggunakan rasio perbandingan 2 : 1 (resin : *hardener*), kemudian dicampur secara merata dengan perlahan untuk menghindari kadar *void*.

Sebelum proses fabrikasi, permukaan cetakan terlebih dahulu dilapisi dengan bahan pelumas guna untuk mempermudah pada saat pelepasan spesimen. Serat daun nanas kemudian disusun secara teratur sesuai dengan fraksi volume yang telah ditentukan, lalu dilakukan proses impregnasi matriks dengan menggunakan bantuan kuas guna memastikan distribusi merata pada seluruh lapisan serat. Berikut persamaan yang digunakan pada penelitian ini.

Resin Epoxy

Resin epoxy adalah polimer termoset yang terbentuk melalui reaksi antara resin (*epoxy*) dan *hardener* (*pengeras*).
Memiliki kekuatan mekanik tinggi, daya rekat baik, ketahanan kimia, dan stabilitas dimensi yang baik.

KOMPONEN UTAMA

Resin Epoxy

Cairan jernih, viskositas sedang, berfungsi sebagai bahan dasar (*base*).

Hardener (*Pengeras*)

Cairan jernih, berfungsi sebagai katalis untuk mengeraskan resin.

PROSES PENCAMPURAN

Resin dan *hardener* dicampur dengan perbandingan tertentu, lalu diaduk merata hingga homogen.

SIFAT-SIFAT UTAMA

Sifat	Keterangan
Bentuk	Cairan jernih
Warna	Tidak berwarna (<i>bening</i>)
Rasio Campuran	100 : 40 (resin : <i>hardener</i>) (berdasarkan berat)
Waktu Kerja (<i>Pot Life</i>)	30 – 60 menit (25°C)
Waktu Kering Permukaan	6 – 12 jam (25°C)
Waktu Keras Sempurna	24 – 48 jam (25°C)
Densitas	1,10 – 1,20 g/cm ³
Kekuatan Tarik	60 – 80 MPa
Modulus Elastisitas	2,0 – 3,5 GPa
Ketahanan Kimia	Baik terhadap asam, basa, dan pelarut
Suhu Layanan	-40°C hingga 80°C

REAKSI KIMIA

$$\text{Epoxy Resin (Polyepoxide)} + \text{Hardener (Amin)} \rightarrow \text{Crosslinked Network}$$

Reaksi antara gugus epoksi dan amina membentuk jaringan polimer tiga dimensi yang kuat dan stabil.

HASIL SETELAH MENERAS

Setelah proses *curing*, resin berubah menjadi padatan keras, bening, dan memiliki kekuatan mekanik serta adhesi yang tinggi.

KEUNGGULAN

- Kekuatan mekanik tinggi
- Daya rekat sangat baik
- Tahan terhadap bahan kimia
- Tahan air dan kelembapan
- Stabilitas dimensi baik
- Durabilitas jangka panjang

APLIKASI

- Matriks komposit (serat alam, serbuk, partikel, dll.)
- Pelapisan (*coating*) lantai dan permukaan
- Perakatan struktural (*structural adhesive*)
- Elektronika dan kelistrikan (*insulator*)
- Industri otomotif, maritim, dan konstruksi
- Kerajinan dan seni (*casting, laminasi*)

Gambar 2. Cetakan Resin Epoxy

a. Tegangan

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

Keterangan :

σ : Tegangan (Mpa)

P : Gaya maksimum (kN)

A_0 : Luas penampang awal (mm²)

b. Regangan

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \quad (2)$$

Keterangan :

ε : Regangan (%)

ΔL : Perubahan panjang (mm)

L_1 : Panjang akhir (mm)

L_0 : Panjang awal (mm)

c. Modulus Elastisitas

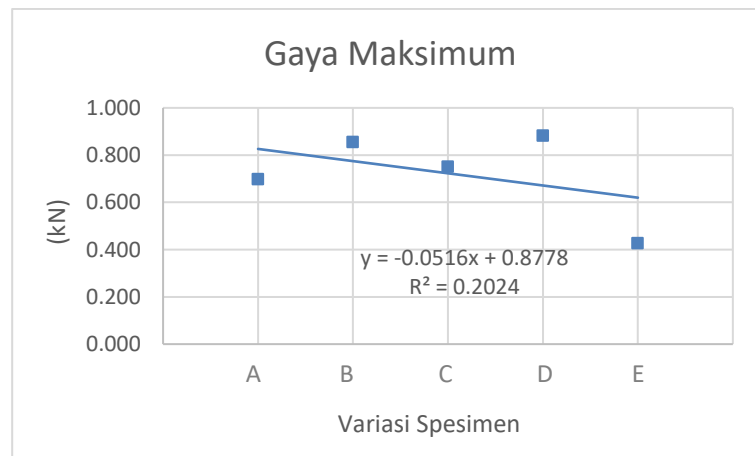
$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (3)$$

Keterangan :

E : Modulus elastisitas (Mpa)

III. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian tarik menunjukkan nilai gaya maksimum dalam satuan kilonewton (kN) yang mampu ditahan oleh setiap spesimen hingga terjadi patahan akibat pembebanan. Gaya maksimum tersebut merepresentasikan batas kekuatan material dalam menahan beban tarik.

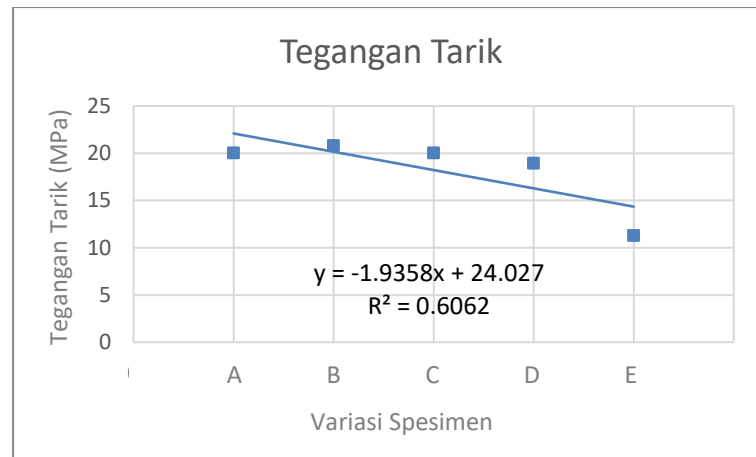


Gambar 3. Grafik Gaya Maksimum Rata - Rata

Berdasarkan grafik diatas, terlihat bahwa nilai gaya maksimum mengalami fluktuasi pada setiap variasi. Nilai gaya maksimum pada variasi A sebesar 0,699 kN meningkat pada variasi B menjadi 0,855 kN. Selanjutnya nilai tersebut menurun pada variasi C menjadi 0,752 kN, lalu kembali meningkat pada variasi D hingga mencapai nilai tertinggi sebesar 0,882 kN. Pada variasi E, nilai gaya maksimum mengalami penurunan yang cukup signifikan menjadi 0,428 kN. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perbedaan variasi spesimen memberikan pengaruh terhadap kemampuan material dalam menahan beban maksimum, meskipun pengaruh yang dihasilkan tidak bersifat konstan (Fu & Yao, 2022).

Berdasarkan garis tren yang diperoleh, terlihat adanya kecenderungan penurunan dengan persamaan $y = -0,0516x + 0,8778$. Persamaan tersebut menunjukkan bahwa peningkatan variasi spesimen secara umum cenderung diikuti oleh penurunan kemampuan material dalam menahan gaya maksimum. Namun demikian, nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,2024 menunjukkan bahwa hubungan antara

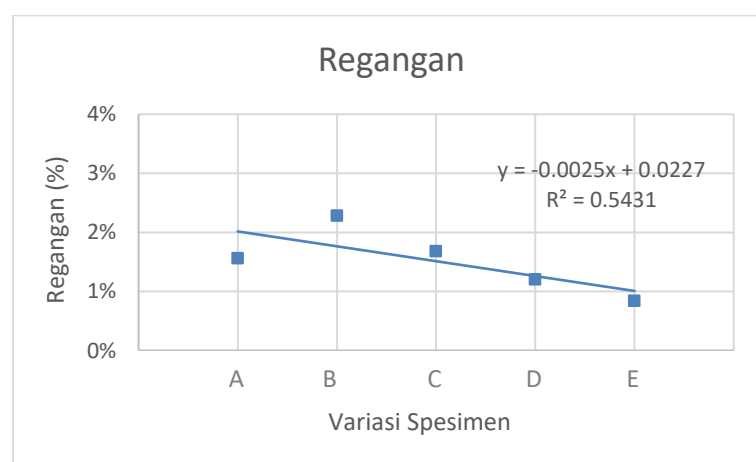
variasi spesimen dan gaya maksimum tergolong lemah. Hal ini mengindikasikan bahwa variasi spesimen bukan menjadi faktor utama yang mempengaruhi nilai gaya maksimum. Terdapat kemungkinan beberapa faktor lain yang turut mempengaruhi, seperti distribusi serat yang kurang merata, homogenitas campuran material, serta kualitas ikatan antarmuka antara matriks dan bahan penguat.



Gambar 4. Grafik Nilai Tegangan Rata - Rata

Berdasarkan gambar 4 grafik tegangan diatas, menunjukkan ketidak stabilan nilai pada setiap variasi pengujian. Variasi A menghasilkan tegangan tarik sebesar 20,03 Mpa, kemudian meningkat dan mencapai nilai tertinggi pada varaisi B sebesar 20,80 Mpa. Selanjutnya, nilai tegangan tarik relatif stabil pada variasi C yaitu sebesar 20,4 Mpa, lalu mengalami penurunan pada variasi D menjadi 18,93 Mpa, dan kembali menurun secara signifikan pada variasi E hingga mencapai 11,29 Mpa. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan komposit penguat hingga kondisi tertentu dapat meningkatkan kekuatan tarik material, namun setelah melewati kondisi optimum, nilai tegangan tarik cenderung menurun (Paundra et al., 2022).

Berdasarkan garis tren yang diperoleh, terlihat adanya kecenderungan penurunan dengan persamaan regresi $y = -1,9358x + 24,027$ dan nilai (R^2) sebesar 0,6062. Nilai tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara variasi spesimen dan tegangan tarik tergolong cukup linier, sehingga variasi komposisi memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap kekuatan tarik material.

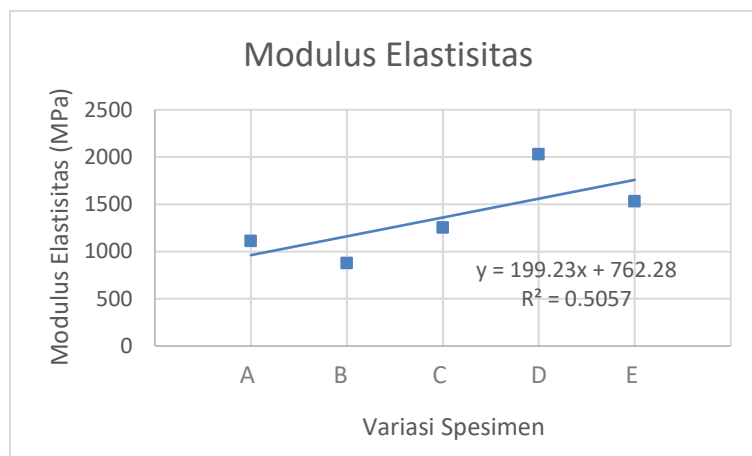


Gambar 5. Grafik Nilai Regangan Rata - Rata

Berdasarkan gambar garik 5 meliputi regangan diatas, nilai regangan tertinggi diperoleh pada variasi B yaitu sebesar 1,56%, yang menunjukkan bahwa variasi tersebut merupakan komposisi optimum dalam meningkatkan kemampuan deformasi material. Peningkatan regangan pada variasi awal terjadi karena penambahan fraksi serat dan pengisi, lalu berdampak terhadap material yaitu meningkatkan

fleksibilitas. Namun setelah mencapai kondisi optimum, nilai regangan mengalami penurunan mulai dari variasi C hingga variasi E. Penurunan tersebut diduga disebabkan oleh distribusi penguat yang kurang homogen, lalu menghasilkan *void*, serta menurunnya kualitas ikatan *interface* antara matriks dan penguat, sehingga material lebih mudah mengalami kerusakan sebelum mencapai regangan maksimum (Widayani, 2024).

Berdasarkan hasil regresi, diperoleh nilai R^2 sebesar 0,5431 yang menunjukkan bahwa hubungan antara variasi spesimen dan regangan tergolong cukup kuat. Secara umum, peningkatan nilai regangan pada variasi awal menunjukkan sifat material yang lebih realistis, sedangkan penurunan regangan pada variasi berikutnya mengindikasikan meningkatnya kekakuan material akibat struktur internal yang kurang homogen.



Gambar 6. Grafik Nilai Modulus Elastisitas Rata – Rata

Berdasarkan grafik modulus elastisitas, terlihat bahwa nilai modulus elastisitas tertinggi dicapai oleh variasi D yaitu sebesar 2029,4 Mpa, yang menunjukkan bahwa variasi tersebut menghasilkan tingkat kekakuan material paling tinggi. Sebaliknya, nilai terendah diperoleh pada variasi B yaitu sebesar 875,822 Mpa. Secara umum, nilai modulus elastisitas mengalami penurunan dari variasi A ke B, kemudian meningkat pada variasi C dan mencapai nilai maksimum pada variasi D. Data tersebut menunjukkan bahwa seiring perubahan variasi fraksi volume, mampu menghasilkan material dengan nilai kekakuan yang berbeda. Hal tersebut tentunya disebabkan oleh pendistribusian serat dan penguat yang kurang merata, sehingga hasil kekakuan material mempengaruhi secara langsung (Paulsingarayar et al., 2025).

Namun, pada variasi E nilai modulus elastisitas kembali mengalami penurunan. Kondisi ini diduga disebabkan oleh munculnya porositas, distribusi campuran yang kurang homogen, serta melemahnya ikatan antara matriks dan penguat. Berdasarkan hasil regresi, diperoleh nilai R^2 sebesar 0,5057 yang menunjukkan bahwa variasi spesimen memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap perubahan modulus elastisitas, meskipun masih terdapat faktor lain yang turut mempengaruhi hasil pengujian.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, variasi komposisi material komposit memberikan pengaruh terhadap nilai gaya maksimum, tegangan tarik, regangan, dan modulus elastisitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan komposisi penguat mampu meningkatkan sifat mekanik material hingga mencapai kondisi optimum, namun setelah melewati batas tertentu performa material cenderung menurun. Penurunan tersebut dipengaruhi oleh distribusi penguat yang kurang merata, terbentuknya *void*, serta menurunnya kualitas ikatan antara matriks dan penguat, dengan komposisi tetap 60% epoksi, sedangkan kandungan serat daun nenas dan bubuk cangkang bervariasi dari 10%; 15%; 20%; 25%; 30%. Uji tarik dilakukan sesuai dengan ASTM D638. Hasil menunjukkan bahwa komposisi 60% epoksi, 25% serat daun nenas, dan 15% bubuk cangkang menghasilkan kekuatan tarik tertinggi sebesar 20,80 MPa dan modulus elastisitas tertinggi sebesar 2029,4 MPa, sedangkan nilai regangan

tertinggi sebesar 0,0228 diperoleh pada komposisi 60% epoksi, 15% serat daun nanas, dan 25% bubuk cangkang Secara keseluruhan, komposisi optimum menghasilkan keseimbangan yang baik antara kekuatan tarik, elastisitas, dan kekakuan material, sehingga kualitas struktur internal dan homogenitas campuran menjadi faktor penting dalam menentukan performa komposit.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Merdeka Madiun atas penelitian yang sudah berjalan dengan lancar dan maksimal.

Daftar Pustaka

- Aloysius Uran, M. G., & Kurniawan, A. (2023). Analisa Uji Tarik Dan Uji Impact Serat Daun Nanas Dan Resin Epoxy Pada Material Komposit. *Jmmme*, 7(1), 1–6.
- Dermawan, M. F., & Mufarida, N. A. (2024). Analisis Kampas Rem Alternatif Dari Serat Daun Nanas Yang Di Arangkan Dengan Resin Epoxy Terhadap Uji Keausan *Analysis Of Alternative Brake Pads From Pineapple Leaf Fibers Coated With Epoxy Resin On Wear Tests*. 5(5), 592–599.
- Fariandewi, B. S. (2021). Perbedaan Pengaruh Penyusunan Arah Serat Daun Nanas (*Ananas Comosus L. Merr*) Secara Uni Directional Dan Bi Directional. 18–19. http://repository.unissula.ac.id/23984/0Ahttp://repository.unissula.ac.id/23984/2/31101700018_fullpdf.pdf
- Fu, Y., & Yao, X. (2022). A review on manufacturing defects and their detection of fiber reinforced resin matrix composites. *Composites Part C: Open Access*, 8(2), 2–7. <https://doi.org/10.1016/j.jcomc.2022.100276>
- Hossain, M. A., Sahadat Hossain, M., Khan, R. A., Sarwaruddin Chowdhury, A. M., Hossain, R. A., Khan, A. M., & Sarwaruddin, C. (2022). Preparation and Characterization of Pineapple Leaf Fiber Reinforced Epoxy Composite: Effect of Gamma Radiation. *Advances in Applied Sciences*, 7(3), 65–72. <https://doi.org/10.11648/j.aas.20220703.15>
- Mamungkas, M. I., Subeki, N., & Albab, M. U. (2021). Pengaruh Temperatur Pemanasan Dan Waktu Holding Serat Daun Nanas Terhadap Kekuatan Impact Komposit Epoxy Dengan Metode Vacuum Infusion. *Rotor*, 14(1), 18. <https://doi.org/10.19184/rotor.v14i1.22076>
- Nayan, A., & Hafli, T. (2022a). Analisa Stuktur Mikro Material Komposit Polimer Berpenguat Serbuk Cangkang Kerang. *Malikussaleh Journal of Mechanical Science and Technology*, 6(1), 15. <https://doi.org/10.29103/mjmst.v6i1.8184>
- Nayan, A., & Hafli, T. (2022b). Analisis Struktur Mikro Material Polimer Berpenguat Serbuk Cangkang Kerang. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 6(1), 15–24. <https://ojs.unimal.ac.id/mjmst/article/view/8184>
- Paulsingarayar, S. M., Soundararajan, S., Satishkumar, P., Giri, J., Sathish, T., & Ammarullah, M. I. (2025). Investigation of the mechanical properties of pineapple leaf fibre-reinforced biocomposites. *Scientific Reports*, 15(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-12044-0>
- Paundra, F., Muttaqin, Z. Z., Nurullah, F. P., Pujiyulianto, E., & Darsono, F. B. (2022). Pengaruh Variasi Fraksi Volum Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Hybrid Berpenguat Serat Pelepah Pisang Dan Serat. *Journal of Science, Technology, and Virtual Culture*, 2(2), 6–8.
- Rahmatullah, G. M., Rollastin, B., & Juanda. (2021). Kaji Eksperimental Material Komposit Berpenguat Serat Daun Nanas Pada Pengujian Balistik. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan*, 7(3), 8.
- Sayeed, M. M. A., Sayem, A. S. M., Haider, J., Akter, S., Habib, M. M., Rahman, H., & Shahinur, S. (2023). Assessing Mechanical Properties of Jute, Kenaf, and Pineapple Leaf Fiber-Reinforced Polypropylene Composites: Experiment and Modelling. *Polymers*, 15(4).

<https://doi.org/10.3390/polym15040830>

- Supriyanto, S. (2021). Karakteristik Kekuatan Komposit Serat Daun Nanas Dengan Variasi Panjang Serat. *Jurnal Mesin Nusantara*, 4(1), 30–39. <https://doi.org/10.29407/jmn.v4i1.16039>
- Widayani, W. (2024). Mechanical Traction Test of Pineapple Leaf Fiber-Epoxy Composite. *Indonesian Journal of Physics*, 35(1), 27–31. <https://doi.org/10.5614/itb.ijp.2024.35.1.5>
- Widodo, E., & Dwiyoaga, I. (2022). Analisis Pengaruh Alkalisasi NaOH Terhadap Serat Nanas Sebagai Penguatan Bio Komposit. *Otopro*, 18(1), 1–6. <https://doi.org/10.26740/otopro.v18n1.p1-6>