



PENGARUH FRAKSI VOLUME SERAT RUMPUT GAJAH TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN MORFOLOGI KOMPOSIT BERMATRIKS EPOKSI BERBASIS BIOMASSA PERTANIAN

THE EFFECT OF ELEPHANT GRASS FIBER VOLUME FRACTION ON THE TENSILE STRENGTH AND MORPHOLOGY OF AGRICULTURAL BIOMASS-BASED EPOXY MATRIX COMPOSITES

Masyudin^{1*}, Nasmi Herlina Sari¹, Pandri Pandiatmi¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Indonesia

*Co-author: n.herlinasari@unram.ac.id

Article History:

Received : 16-06-2026
Revised : 25-06-2026
Accepted : 28-06-2026
Online : 29-06-2026

Keywords:

Composite;
Elephant grass fiber;
Epoxy;
Tensile strength;
SEM morphology;

Abstract: This study investigates the effect of elephant grass fiber (*Pennisetum purpureum*) volume fraction (5%, 10%, 20%, and 30%) on the mechanical and morphological properties of epoxy matrix composites. While conventionally limited to livestock feed, this research explores the fiber's potential as a sustainable engineering reinforcement. The composites were fabricated using the hand lay-up method after treating the fibers with a 5% NaOH solution for 2 hours. Tensile testing was performed according to ASTM D3039, and morphological analysis was conducted using Scanning Electron Microscopy (SEM). The results showed that increasing the fiber volume fraction improved tensile strength and elastic modulus up to an optimum value at 20% fiber content, reaching 13.02 N/mm² and 772.90 MPa, respectively. Conversely, elongation decreased with higher fiber content. SEM analysis revealed that the 30% fiber fraction led to decreased mechanical properties due to voids, fiber pull-out, and uneven fiber distribution. This study concludes that the 20% volume fraction provides the optimum mechanical performance, offering great potential for agricultural engineering applications, such as lightweight structural components and post-harvest machinery panels.

Kata Kunci:

Komposit;
Rumput gajah;
Epoksi;
Kekuatan Tarik;
Morfologi SEM;

Abstrak: Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh fraksi volume serat rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) sebesar 5%, 10%, 20%, dan 30% terhadap sifat mekanik dan morfologi komposit matriks epoksi. Di tengah pemanfaatannya yang terbatas sebagai pakan ternak, penelitian ini menguji potensi serat tersebut sebagai penguat material teknik yang berkelanjutan. Komposit dibuat menggunakan metode *hand lay-up* setelah serat diberikan perlakuan alkali (NaOH 5%, 2 jam). Pengujian tarik dilakukan sesuai standar ASTM D3039, sedangkan analisis morfologi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Hasil menunjukkan bahwa peningkatan fraksi volume serat meningkatkan kekuatan tarik dan modulus elastisitas hingga mencapai nilai optimum pada fraksi 20%, dengan nilai masing-masing sebesar 13,02 N/mm² dan 772,90 MPa. Sebaliknya, nilai elongasi menurun seiring bertambahnya serat. Analisis SEM memperlihatkan bahwa fraksi serat 30% menyebabkan penurunan sifat mekanik akibat munculnya rongga (*void*), penarikan serat (*fiber pull-out*), dan distribusi serat yang tidak merata. Penelitian ini menyimpulkan bahwa fraksi volume serat 20% menghasilkan kinerja mekanik terbaik dan berpotensi besar untuk diaplikasikan dalam teknik pertanian, seperti komponen struktural ringan dan panel bodi mesin pascapanen.





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

A. LATAR BELAKANG

Perkembangan material komposit saat ini semakin pesat seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan material yang memiliki kekuatan tinggi, bobot ringan, tahan korosi, serta lebih ramah lingkungan (Callister Jr & Rethwisch, 2018). Material komposit merupakan gabungan dua atau lebih bahan dengan sifat berbeda umumnya terdiri atas matriks dan penguat yang bekerja bersama untuk menghasilkan sifat mekanik yang lebih unggul dibandingkan material penyusunnya secara individu. Dalam beberapa tahun terakhir, perhatian terhadap komposit berbasis serat alam semakin meningkat karena bahan ini dinilai lebih ekonomis, mudah diperoleh, dan berpotensi mengurangi dampak lingkungan dibandingkan serat sintesis. Serat alam seperti serat bambu, kelapa, kenaf, sisal, dan serat alam lainnya banyak diteliti sebagai penguat dalam matriks polimer seperti epoksi, poliester, dan polimer termoplastik.

Perkembangan komposit serat alam juga didorong oleh kebutuhan industri, otomotif, konstruksi, dan kemasan yang menuntut material dengan performa yang baik namun mendukung konsep berkelanjutan (Faruk et al., 2012). Seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan material yang memiliki kekuatan tinggi, bobot ringan, tahan korosi, serta lebih ramah lingkungan, komposit serat alam masih memiliki tantangan, seperti penyerapan air yang tinggi, ikatan yang kurang kuat antara serat dan matriks, serta variasi sifat alami serat (Muflikhun et al., 2024). Oleh karena itu, berbagai upaya terus dilakukan, misalnya perlakuan permukaan serat, dengan menggunakan larutan bahan kimia untuk meningkatkan performanya (Zulkifli et al., 2020). Dengan demikian, komposit berbasis serat alam memiliki peluang besar untuk menjadi alternatif material masa depan yang tidak hanya unggul secara teknis, tetapi juga mendukung prinsip ramah lingkungan dan efisiensi sumber daya.

Penggunaan serat alam sebagai penguat komposit semakin diminati karena memiliki beberapa keunggulan, seperti ketersediaan yang melimpah, biaya yang relatif rendah, ringan, serta bersifat ramah lingkungan. Salah satu potensi serat alam yang belum banyak dimanfaatkan secara optimal adalah serat rumput gajah dikarenakan memiliki. Rumput gajah umumnya hanya digunakan sebagai pakan ternak, padahal memiliki kandungan serat selulosa yang berpotensi digunakan sebagai bahan penguat komposit, selain itu rumput gajah juga memiliki kandungan kimia seperti selulosa, hemiselulosa dan lignin yang memberikan kekuatan mekanik dasar sebagai serat penguat (Muflikhun et al., 2024).

Resin epoksi menjadi pilihan utama sebagai matriks polimer dalam pembuatan komposit karena resin epoksi merupakan salah satu jenis matriks polimer yang banyak digunakan dalam pembuatan komposit karena memiliki sifat adhesi yang baik, kekuatan mekanik tinggi, serta ketahanan terhadap bahan kimia (Hermawati, 2026). Kombinasi antara serat rumput gajah dan matriks *epoksi* diharapkan dapat menghasilkan material komposit dengan sifat mekanik yang baik serta struktur morfologi yang mendukung kekuatan material (Rizki, 2025).

Namun demikian, karakteristik performa komposit sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti distribusi serat yang kurang merata, kekuatan ikatan antar muka (*interfacial bonding*) antara serat rumput gajah dan matriks. Oleh karena itu, diperlukan kajian penelitian lebih lanjut mengenai sifat mekanik seperti kekuatan tarik, serta analisis morfologi untuk memahami struktur permukaan dan interaksi antara serat dan matriks.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis secara mendalam mengenai sifat mekanik dan morfologi komposit berbasis serat rumput gajah dengan matriks *epoksi* melalui pengujian standar ASTM D3039 dan analisis SEM, sehingga dapat diidentifikasi potensi material. Hasil penelitian ini berkontribusi terhadap pengembangan material berbasis biomassa untuk aplikasi *Agricultural Engineering* dan *Biosystems*.

B. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yaitu dengan melakukan perlakuan langsung terhadap bahan untuk mencari efektifitas dari sifat mekanik dan morfologi komposit rumput gajah bermatriks epoksi.

1. Bahan

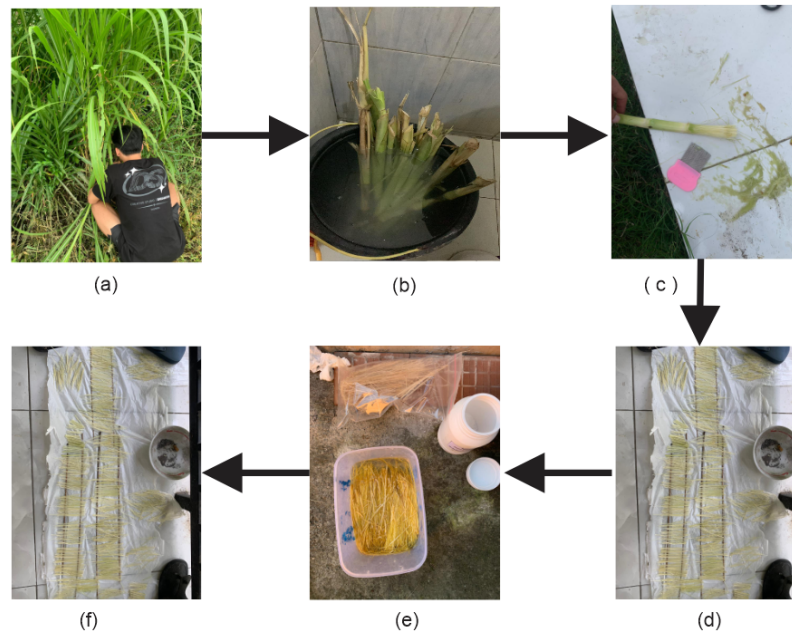
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas serat rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) (gambar 1) sebagai bahan penguat (*reinforcement*) dan resin epoksi sebagai matriks komposit. Serat rumput gajah diperoleh dari tanaman yang tumbuh di wilayah Lombok dan dipilih karena memiliki kandungan selulosa yang berpotensi meningkatkan sifat mekanik komposit. Sebelum digunakan, serat diekstraksi secara mekanis dan diberikan perlakuan alkali menggunakan larutan NaOH 5% selama 2 jam untuk menghilangkan pengotor, lignin, dan hemiselulosa pada permukaan serat sehingga ikatan antara serat dan matriks dapat meningkat (Kiamudin, 2026). Matriks yang digunakan adalah resin epoksi yang dicampur dengan hardener dengan perbandingan 2:1. Resin epoksi dipilih karena memiliki daya rekat yang baik, kekuatan mekanik tinggi, serta ketahanan terhadap bahan kimia, sehingga sesuai digunakan sebagai matriks pada komposit serat alam.



Gambar 1. Rumput Gajah (*Pennisetum purpureum*)

2. Persiapan Serat

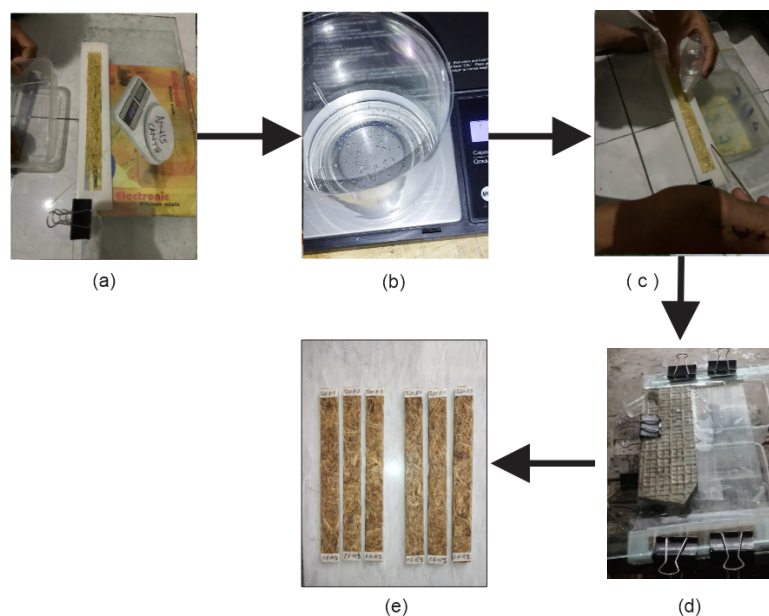
Pengambilan serat ini dilakukan menggunakan metode mekanis. Proses diawali dengan pengambilan tanaman rumput gajah (gambar 2a) lalu dibersihkan dari kotoran dan daun yang masih menempel, selanjutnya direndam dalam air selama 3 (gambar 2b) hari supaya batang rumput gajah mengalami pembusukan supaya mudah dalam pengambilan serat, selanjutnya membelah batang rumput gajah dan dilanjutkan menyisir untuk mendapatkan serat (gambar 2c), diikuti dengan pengeringan dengan cara diangin-anginkan (gambar 2d). Selanjutnya, serat direndam dalam larutan NaOH 5% selama 2 jam (Sari et al., 2025) dan dikeringkan dengan cara diangin-anginkan (gambar 2e dan 2f).



Gambar 2. Proses pengambilan serat (a) pengambilan rumput gajah (b) perendaman dengan air pdam (c) penyisiran (d) pengeringan (e) proses alkali NaOH (f) pengeringan

3. Pembuatan Spesimen

Proses pembuatan komposit dilakukan dengan menggunakan metode manual (*hand lay-up*) (Gunari, 2020). Fraksi volume serat yang digunakan yaitu 5%, 10%, 20%, dan 30%. Dimana resin epokxy di campur dengan *hardener* dengan perbandingan 2:1. Penyusunan serat dilakukan dengan susunan serat acak yang telah dipotong sepanjang 2 cm. cetakan yang dibuat dari silicon dengan dimensi yang disesuaikan dengan standar ASTM D3039 yaitu dengan panjang 250 mm, lebar 25,4 mm, dan tebal 6 mm. Secara detil, pembuatan komposit dapat dilihat pada **Gambar 3**. Pada tahap awal dalam pembuatan komposit dimulai dengan menyusun serat yang telah dipotong ke dalam cetakan hingga merata seperti (gambar 3a). Selanjutnya resin epoksi dan hardener ditimbang dengan rasio perbandingan 2:1 (gambar 3b). Variasi serat yang digunakan 5%, 10%, 20% dan 30% (% volume). Adonan resin dituang kedalam cetakan yang telah terisi (gambar 3c). Selanjutnya, cetakan ditutup dengan kaca kemudian dijepit menggunakan penjepit supaya resin merata dengan cetakan seperti pada (gambar 3d). setelah itu didiamkan selama 24 jam hingga mengeras dan kompositnya dapat diangkat.



Gambar 3. Pembuatan komposit, (a) penyusunan serat rumput gajah, (b) penimbangan resin epoksi dengan hardener, (c) penuangan resin, (d) proses penekanan dan pengeringan, (e) hasil komposit

4. Pengujian Tarik

Sampel komposit diuji menggunakan Mesin Uji Universal (UTM) TENSILON RTG 1310 dengan kapasitas maksimum 10.000 kg. Pengujian dilakukan di Laboratorium Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram, sesuai dengan standar ASTM D3039. Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dan konsisten, setiap variasi komposisi sampel diuji tiga kali.



Gambar 4. Universal Testing Machine (UTM)

5. Pengujian SEM (Scanning Electron Microscopy)

Analisis morfologi sampel dilakukan menggunakan Mikroskop Elektron Pemindaian (SEM), yaitu mikroskop elektron yang dapat menampilkan detail permukaan material dengan tingkat akurasi tinggi. Dalam pengamatan ini, perbesaran 30 $\times$ dan 250 $\times$ digunakan untuk mengidentifikasi dan mengamati karakteristik morfologi permukaan sampel dengan lebih jelas (Susilo & Budiarto, 2024)



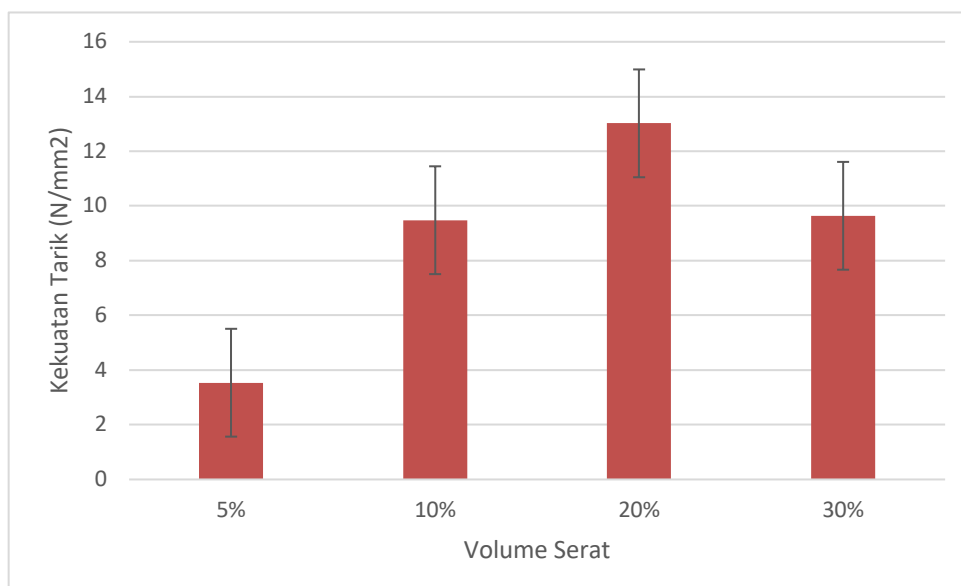
Gambar 5. Alat Uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisa Kekuatan Tarik

Gambar 6 menunjukkan kekuatan tarik meningkat dari 3,54 N/mm² pada fraksi serat 5% menjadi 9,48 N/mm² pada 10%, dan mencapai nilai tertinggi sebesar 13,02 N/mm² pada 20%. Setelah itu, kekuatan tarik menurun menjadi 9,64 N/mm² pada fraksi serat 30%. Peningkatan kekuatan tarik hingga fraksi serat 20% menunjukkan bahwa serat mampu menahan beban tarik dan mentransfer tegangan secara efektif. Namun, pada fraksi serat yang terlalu tinggi (30%), penurunan kekuatan tarik dapat terjadi akibat berkurangnya kemampuan matriks untuk membasahi serat secara sempurna, sehingga muncul rongga (*void*) atau ikatan serat-matriks yang lemah.

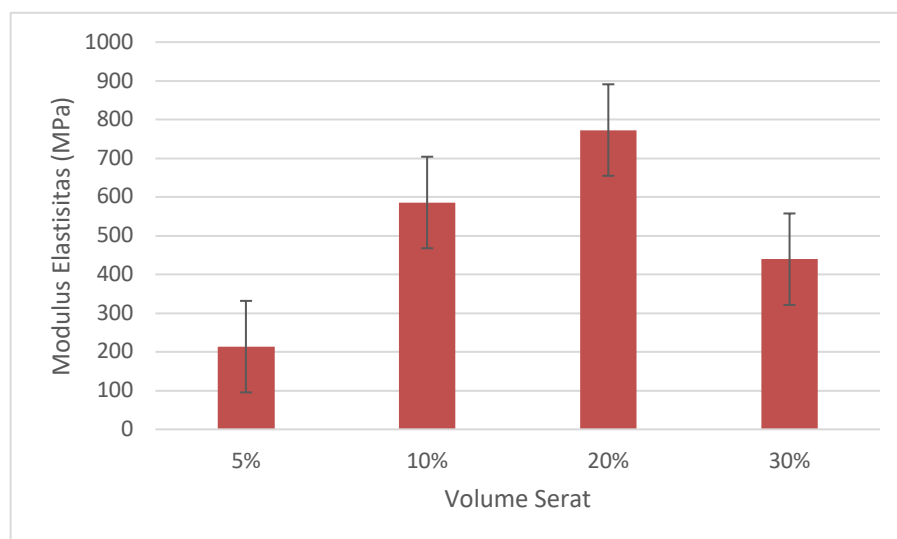
Penomena tercapainya kekuatan maksimum pada fraksi volume serat tertentu (titik batas optimum) ini menunjukkan tren yang selaras dengan karakteristik umum material komposit berpenguat serat alam pendek acak. Jika dibandingkan dengan penelitian (Rizki, 2025) yang menggunakan jenis serat penguat yang sama (serat rumput gajah) tetapi menggunakan matriks resin poliester, tercatat nilai kekuatan tarik maksimum sebesar 60,1 MPa pada fraksi serat 10% dengan waktu perlakuan alkali selama 3 jam. Perbedaan nilai absolut kekuatan mekanis yang cukup signifikan ini dipengaruhi oleh perbedaan jenis viskositas matriks polimer, panjang potongan serat, serta durasi perlakuan alkali (*alkalization*) yang memengaruhi kebersihan mikroskopis permukaan dinding selulosa serat dalam mengikat matriks. Matriks epoksi pada penelitian ini membentuk struktur jala tiga dimensi yang kokoh, namun memerlukan penetrasi yang lebih tinggi di celah-celah serat acak pendek dibandingkan resin poliester.



Gambar 6. Grafik hubungan kekuatan tarik terhadap fraksi volume serat

2. Analisa Modulus Elastisitas

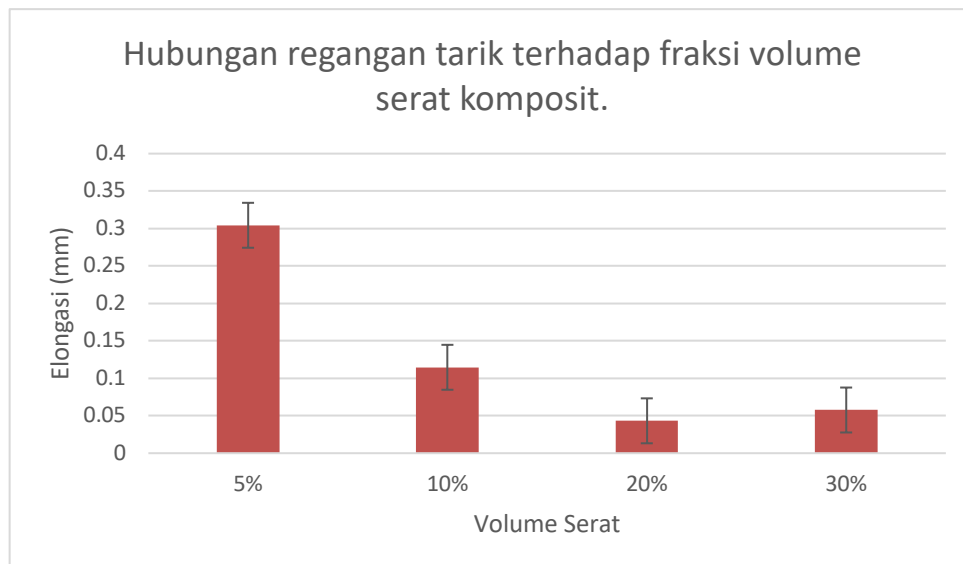
Gambar 7 memperlihatkan bahwa modulus elastisitas meningkat dengan bertambahnya fraksi volume serat hingga mencapai nilai optimum pada fraksi serat 20%. Nilai modulus elastisitas berturut-turut adalah 213,59 MPa (5%), 585,87 MPa (10%), dan 772,90 MPa (20%). Namun, pada fraksi serat 30%, modulus elastisitas menurun menjadi 439,36 MPa. Peningkatan modulus hingga fraksi 20% membuktikan bahwa serat rumput gajah mentransfer sifat kekakuannya pada matriks epoksi yang getas. Penurunan pada nilai fraksi 30% diduga kuat akibat adanya aglomerasi (penggumpalan) serat serta distribusi arah serat yang tidak merata, sehingga menurunkan efisiensi perpindahan regangan (Boangmanalu et al., 2025).



Gambar 7. Grafik hubungan modulus elastisitas tarik terhadap fraksi volume serat

3. Analisa Elongasi

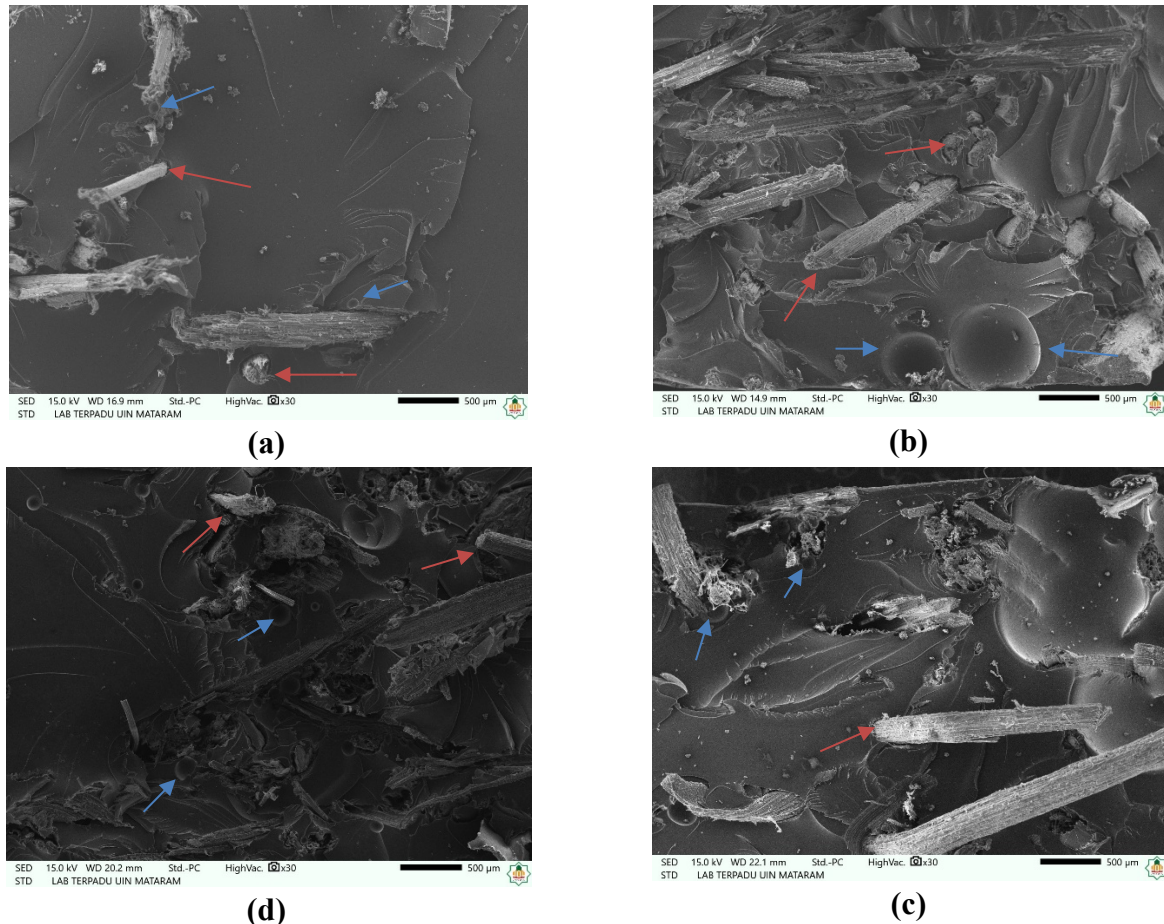
Gambar 8 menunjukkan bahwa nilai elongasi (elongation at break) cenderung menurun seiring dengan bertambahnya fraksi volume serat. Pada fraksi serat 5%, komposit memiliki elongasi tertinggi sebesar 0,304 mm, lalu turun tajam menjadi 0,115 mm pada fraksi 10%, dan menyentuh nilai terendah 0,043 mm pada fraksi 20%. Pada fraksi serat 30%, nilai elongasi sedikit meningkat menjadi 0,058 mm meskipun nilainya masih jauh di bawah spesimen 5%. Tren penurunan ini membuktikan bahwa penambahan serat alam membatasi mobilitas rantai polimer matriks, menjadikan material komposit bersifat lebih kaku (rigid) sehingga kapasitas deformasi plastisnya sebelum patah menjadi berkurang (Widodo & Nugroho, 2025).



Gambar 8. Grafik hubungan modulus elastisitas tarik terhadap fraksi volume serat

4. Analisa Morfologi Menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Pada komposit serat alam, peningkatan fraksi serat dapat memperluas area penguatan. Namun, jika melebihi batas optimum, viskositas campuran meningkat sehingga matriks sulit membasahi serat secara homogen. Kondisi ini memicu terbentuknya rongga (*void*), aglomerasi, dan pelepasan serat (*pull-out*). Pengamatan SEM digunakan untuk mengevaluasi kualitas ikatan antarmuka pada area patahan spesimen setelah uji tarik (Inaldi, 2024). Pada Gambar 9, tanda panah merah mengindikasikan fenomena serat yang tertarik keluar (*fiber pull-out*), sedangkan tanda panah biru menunjukkan keberadaan rongga (*void*).



Gambar 9. Uji SEM dari komposit serat rumput gajah (a) formulasi 5% pembesaran 30x (b) formulasi 10% pembesaran 30x (c) formulasi 20% pembesaran 30x (d) formulasi 30% pembesaran 30x.

Fraksi Volume Serat 5% (Gambar 9a) menunjukkan Jumlah serat tampak relatif sedikit dan tersebar berjauhan di dalam matriks yang dominan. Kondisi ini menunjukkan jaringan penguat belum rapat. Celah mikro di sekitar permukaan serat mengindikasikan adanya gejala awal pemisahan ikatan (*debonding*) atau pembasahan resin yang belum sempurna (Kamil, 2021). Meskipun struktur makronya homogen, efek penguatannya belum maksimal karena beban tarik masih didominasi oleh matriks (Aldo et al., 2025).

Fraksi Volume Serat 10% (Gambar 9b) menunjukkan kepadatan serat meningkat dan interaksinya dengan epoksi terlihat lebih baik. Secara mikrostruktur, kondisi ini merupakan fase transisi di mana jumlah serat mulai ideal untuk memikul beban mekanis bersama matriks, meskipun beberapa pori kecil akibat jebakan udara saat pengadukan masih terlihat .

Fraksi Volume Serat 20% (Gambar 9c) menunjukkan Serat terlihat padat dan mengisi ruang cetakan secara optimal dengan pola patahan yang kompleks. Kepadatan serat ini selaras dengan capaian sifat mekanis tertinggi pada pengujian tarik. Meskipun demikian, tanda-tanda kegagalan berupa *fiber pull-out* mulai terlihat menonjol yang menandakan batas kekuatan geser antarmuka (*interfacial shear strength*) telah tercapai.

Fraksi Volume Serat 30% (**Gambar 9d**): Struktur komposit terlihat sangat padat namun kehilangan homogenitasnya. Akibat volume resin epoksi yang terlalu sedikit dibandingkan luas permukaan serat, aliran resin terhambat sehingga menimbulkan akumulasi *void* berukuran besar dan

fenomena *debonding* yang masif (Rizki, 2025). Banyaknya serat yang lepas tanpa membawa sisa matriks mengonfirmasi penyebab turunnya kekuatan tarik dan modulus elastisitas pada fraksi ini.

D. SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa fraksi volume serat rumput gajah berpengaruh signifikan terhadap sifat mekanik komposit bermatriks epoksi. Peningkatan fraksi volume serat dari 5% hingga 20% mampu meningkatkan kekuatan tarik dan modulus elastisitas komposit. Nilai kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada fraksi volume serat 20% sebesar 13,02 N/mm², sedangkan modulus elastisitas tertinggi mencapai 772,90 MPa. Sebaliknya, nilai elongasi mengalami penurunan seiring bertambahnya fraksi volume serat yang menunjukkan peningkatan kekakuan material. Hasil pengamatan morfologi menggunakan SEM menunjukkan bahwa pada fraksi serat yang lebih tinggi mulai terbentuk *void*, *fiber pull-out*, dan distribusi serat yang kurang merata. Kondisi tersebut menyebabkan penurunan sifat mekanik pada fraksi volume serat 30%. Oleh karena itu, fraksi volume serat 20% dapat dinyatakan sebagai komposisi optimum untuk menghasilkan komposit serat rumput gajah bermatriks epoksi dengan sifat mekanik terbaik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Selaku Mahasiswa penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada Prof. Dr Nasmi Herlina Sari, S.T.,MT selaku dosen pembimbing I dan ibu Pandri Pandiatmi. selaku dosen pembimbing II dan teman-teman serta staf Laboratorium Universitas Mataram atas fasilitas dan dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Aldo, J., Sunardi, Pinem, M. P., & Aldo, J. (2025). PENGARUH FRAKSI VOLUME DAN ARAH SERAT TERHADAP KETANGGUHAN IMPAK DAN KEKUATAN BENDING PADA MATERIAL KOMPOSIT SERAT TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT. *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, 10(2). <https://doi.org/10.20527/sjmekinematika.v10i2.747>
- Boangmanalu, E. P. D., Saragi, J. F. H., Pratama, A. B., Sahat, S., & Bangun, P. (2025). Uji Kekuatan Tarik Komposit Epoksi Diperkuat Serat Daun Nanas (*Ananas comosus*) Berdasarkan Variasi Fraksi Volume Serat. *Jurnal INOVATOR*, 8(2), 54–59. <https://doi.org/10.37338/innovator.v8i2.507>
- Callister Jr, W. D., & Rethwisch, D. G. (2018). *Material Science and Engineering An Introduction*, Tenth Ed. In *John Wiley & Sons, Inc.*
- Edi Widodo, & Wistyo nugroho, W. nugroho. (2025). Studi kekuatan kekerasan dan kekuatan impact pada komposit diperkuat serat sansevieria dengan variasi penambahan amilum 6%-10%. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 20(1). <https://doi.org/10.36289/jtmi.v20i1.847>
- Faruk, O., Bledzki, A. K., Fink, H. P., & Sain, M. (2012). Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000-2010. In *Progress in Polymer Science* (Vol. 37, Number 11). <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2012.04.003>
- Gunari, G. T. (2020). *TA: ANALISA KOMPOSIT POLIMER POLYPROPYLENE HIGH IMPACT (PPHI) BERPENGUAT SERAT RAMI DENGAN FRAKSI VOLUME 15% MENGGUNAKAN METODE HAND LAY – UP*. Institut Teknologi Nasional Bandung.
- Hermawati, T. R. (2026). *Analisis Hasil Uji Sifat Mekanis Kekuatan Tarik dan Ketangguhan Impak pada Komposit Serat Karbon Epoksi dengan Variasi Jumlah Laminasi*. Universitas Muhammadiyah Surabaya. .
- inaldi, R. (2024). *Pemanfaatan Limbah HDPE Sebagai Matrik pada Komposit Diperkuat Serat Ijuk Untuk Produk Otomotif*. Universitas Malikussaleh. .
- Kamil, Y. (2021). *Efek Penggurdian Terhadap Kerusakan Delaminasi Komposit Tenunan Serat Rami= Effects of Delamination in drilling ramie fibre reinforced Woven Composites*. Universitas Hasanuddin. .
- Kiamudin, M. (2026). *Analisa kekuatan tarik dan kekuatan bending komposit resin epoxy dengan serat semburan yang diperlakukan alkali NaOH*. Universitas Mataram.
- Muflikhun, M. A., Nuryanta, M. I., & Jamasri, J. (2024). *Komposit Serat Alam Pengenalan - Sifat Mekanis - Proses Manufaktur dan Perkembangannya*. Gadjah Mada University Press.
- Rizki, V. (2025). *Pengujian Kekuatan Tarik Komposit Berbahan Resin Polyester Dan Diperkuat Rumput Gajah*. Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. .

- Sari, N. H., Sujita, S., Syafri, E., & Suteja, S. (2025). Characterization of alkali-activated chrysopogon zizanioides natural fibers as reinforcement for energy-efficient biocomposite applications. *Mechanical Engineering for Society and Industry*, 5(2), 385–398. <https://doi.org/10.31603/mesi.14133>
- Susilo, S., & Budiarto, B. (2024). *Penerapan Scanning Electron Microscope SEM Mikrostruktur Dan Sifat Material Paduan Mg0 92Zn0 05C0 03*. CV Megapress Nusantara.
- Zulkifli, Dharmawan, I. B., & Anhar, W. (2020). Analisa pengaruh perlakuan kimia pada serat terhadap kekuatan impak charpy komposit serat sabut kelapa bermatriks epoxy. *Jurnal Polimesin*, 18(1).