



PENGARUH FRAKSI VOLUME SERAT TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN MORFOLOGI KOMPOSIT EPOXY DIPERKUAT SERAT *Cissus Sicyoides*

THE EFFECT OF FIBER VOLUME FRACTION ON THE MECHANICAL AND MORPHOLOGICAL PROPERTIES OF *Cissus Sicyoides* FIBER REINFORCED EPOXY COMPOSITES

Sabil Wanandi¹, Nasmi Herlina Sari¹, Salman¹

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

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

Article History:

Received : 23-07-2026
Revised : 15-08-2026
Accepted : 23-08-2026
Online : 24-08-2026

Keywords:

Natural fiber;
Composite;
Epoxy;
Tensile test;
Flexural test;
SEM;

Kata Kunci:

Serat alam;
Komposit;
Epoxy;
Uji Tarik;
Uji Lentur;
SEM;



Abstract: This study aims to analyze the effect of varying fiber volume fractions (2.5%, 7.5%, 10.5%, 15%, and 20%) on the tensile strength of the composite, with a total of 30 specimens prepared (15 specimens for tensile testing and 15 specimens for flexural testing) in accordance with ASTM D3039 and ASTM D790 testing standards. The composites were fabricated using the manual hand lay-up method, and microstructural analysis was performed using Scanning Electron Microscopy (SEM). The tensile test results showed that increasing the fiber volume fraction did not improve the tensile strength of the composites. The tensile stress values generally decreased sequentially from a fiber volume fraction of 2.5% to 20%, with the highest value at 17.964 MPa and the lowest at 8.824 MPa. SEM analysis indicates that this decrease is caused by poor fiber-matrix interface quality, as evidenced by the presence of a distinct gap between the fiber walls and the matrix. Conversely, in flexural testing, an increase in the fiber volume fraction generally increased the composite's flexural strength, reaching a maximum value of 35.391 MPa at a 20% fraction. However, a drastic decrease occurred at a 15% fraction, with a minimum value of 9.483 MPa, due to a suboptimal matrix composition and the formation of excessive voids resulting from the manual manufacturing process. Soaking the fibers in a NaOH solution effectively removes oil, wax, lignin, and hemicellulose to strengthen the interfacial bonds, thereby optimizing the transfer of mechanical stress from the matrix to the fibers in subsequent studies.

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi fraksi volume serat (2,5%, 7,5%, 10,5%, 15% dan 20%) dengan jumlah spesimen yang dibuat sebanyak 30 (15 spesimen untuk uji tarik dan 15 spesimen untuk uji lentur) dengan standar pengujian ASTM D3039 dan ASTM D790. Komposit difabrikasi menggunakan metode *hand lay-up* manual, dan analisis mikrostruktur dilakukan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Hasil pengujian Tarik menunjukkan bahwa penambahan fraksi volume serat tidak meningkatkan kekuatan Tarik komposit. Nilai tegangan Tarik cenderung mengalami penurunan secara berturut-turut dari fraksi 2,5% hingga 20%, dengan nilai tertinggi sebesar 17,964 MPa dan terendah sebesar 8,824 MPa. Analisis SEM menunjukkan bahwa penurunan ini dipicu oleh buruknya kualitas antarmuka (*interface*) antara serat dan matriks, yang ditandai dengan adanya celah pemisah yang jelas antara dinding serat dan matriks. Sebaliknya, pada pengujian lentur, peningkatan fraksi volume serat secara umum mampu menaikkan kekuatan lentur komposit hingga mencapai nilai tertinggi sebesar 35,391 MPa pada fraksi 20%. Namun, penurunan drastis terjadi pada fraksi 15% dengan nilai terendah 9,483 MPa, akibat komposisi matriks yang kurang optimal dan terbentuknya *void* berlebih dari proses manufaktur manual. Perendaman serat dalam larutan NaOH efektif menghilangkan minyak, lilin, lignin, dan hemiselulosa untuk memperkuat ikatan antarmuka (*interfacial bonding*), sehingga mampu mengoptimalkan transfer tegangan mekanis dari matriks ke serat pada penelitian berikutnya.



This is an open access article under the [CC-BY-SA](#) license

A. LATAR BELAKANG

Perkembangan teknologi material memerlukan adanya material yang memiliki sifat mekanik yang baik, ringan, efisien, serta ramah lingkungan. Salah satu material yang banyak dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan tersebut adalah material komposit. Material komposit merupakan sistem material multifasa yang dibentuk dari penggabungan dua atau lebih material yang memiliki karakteristik berbeda. Secara umum, material komposit tersusun atas dua komponen utama, yaitu serat dan matriks. Serat berperan sebagai elemen penguat atau rangka utama dalam struktur komposit, sedangkan matriks berfungsi sebagai pengikat yang merekatkan serat serta mempertahankan posisi dan distribusinya agar tetap stabil (Diana et al., 2020).

Serat alam banyak dikembangkan sebagai alternatif bahan penguat pada komposit polimer karena memiliki berbagai keunggulan dibandingkan serat sintetis, antara lain ketersediaannya yang melimpah, biaya yang relatif rendah, kemudahan dalam proses pengolahan, densitas yang rendah, serta sifatnya yang ramah terhadap lingkungan (Siagian et al., 2024). Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa pemanfaatan serat alam sebagai bahan penguat komposit dapat meningkatkan kinerja mekanik material, terutama apabila disertai dengan perlakuan kimia yang sesuai, seperti proses alkalisasi atau silanisasi. Perlakuan kimia tersebut dilakukan untuk menghilangkan kandungan lignin, hemiselulosa, serta kotoran lain yang terdapat pada permukaan serat, sehingga dapat memperbaiki ikatan antarmuka antara serat dan matriks polimer (Hastuti et al., 2021). Selain perlakuan kimia, fraksi volume serat juga merupakan parameter penting yang mempengaruhi sifat mekanik dan morfologi komposit. Variasi fraksi volume serat dapat mempengaruhi distribusi serat di dalam matriks, kemampuan komposit dalam menahan beban, serta pola kerusakan yang terjadi (Messiry, 2018).

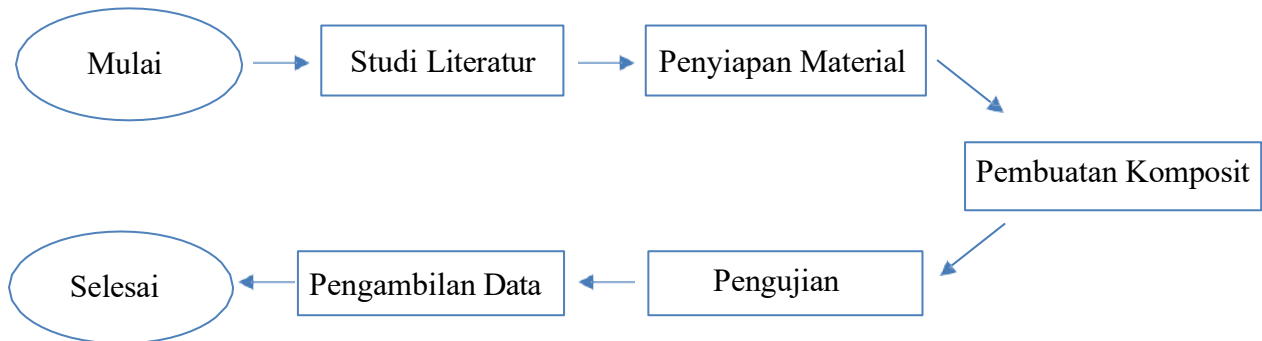
Salah satu jenis serat alam yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai bahan penguat komposit epoxy adalah serat *Cissus sicyoides*. *Cissus sicyoides* merupakan tanaman merambat yang termasuk dalam famili Vitaceae, yang dicirikan oleh struktur batang yang memanjang, berkayu, serta keberadaan sulur sebagai alat pemanjat. Tanaman ini juga diketahui mengandung lateks, yang mengindikasikan potensi fleksibilitas dan ketahanan mekanik yang baik. Beberapa karakteristik morfologi *Cissus sicyoides*, seperti batang yang berserat dan struktur memanjang, menunjukkan potensi yang menjanjikan untuk dimanfaatkan sebagai bahan penguat dalam material komposit (Apriandi, 2025). Namun demikian, belum tersedia informasi mengenai pengaruh fraksi volume serat *Cissus sicyoides* terhadap tensile strength, flexural strength, dan karakteristik kegagalan antarmuka pada matriks epoxy.

Kaufmann et al., (2025) telah melaporkan bahwa kombinasi antara serat alam dan serat sintetis, mampu meningkatkan kinerja mekanik dan termal komposit secara signifikan jika dibandingkan dengan komposit polimer yang hanya diperkuat oleh satu jenis serat. Apriandi (2025) melaporkan bahwa karakteristik morfologi permukaan serat memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kualitas adhesi dengan resin epoxy. Sementara itu, Nurhidayah (2016) melaporkan bahwa variasi fraksi volume serat daun lontar diketahui memengaruhi sifat fisik maupun sifat mekanik komposit berbasis *polyester*. Nilai densitas komposit meningkat seiring dengan bertambahnya fraksi volume serat. Kekuatan tarik juga menunjukkan peningkatan hingga mencapai fraksi volume serat

40%, dan mengalami penurunan pada penambahan fraksi serat di atas nilai tersebut. Selain itu, variasi fraksi volume serat turut memberikan pengaruh terhadap kekuatan bending komposit yang dihasilkan.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki sifat mekanik dan morfologi dari komposit epoxy serat *Cissus sicyoides* sebagai bahan penguat komposit yang berpotensi memberikan kontribusi ilmiah yang baru dan signifikan dalam pengembangan material yang ramah lingkungan.

B. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

1. Bahan

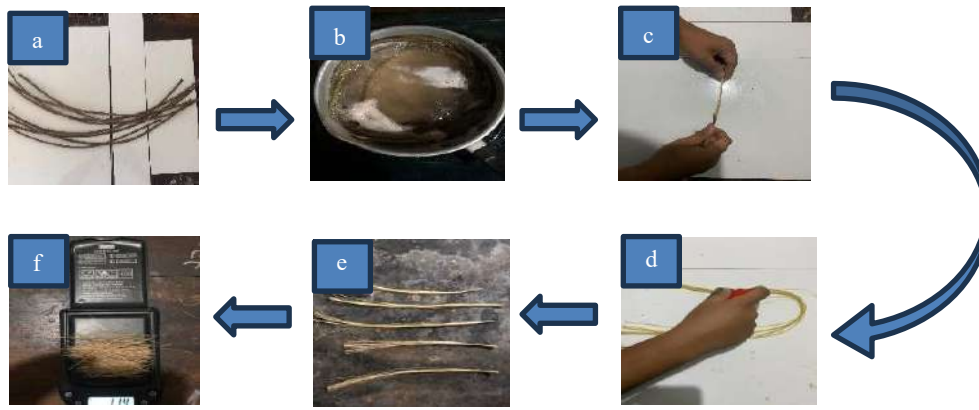
Serat *Cissus sicyoides* dapat ditemukan secara liar di lingkungan yang lembab serta mendapatkan sinar matahari yang cukup, serat *Cissus sicyoides* yang sudah didapatkan kemudian di ekstraksi, resin epoxy yang digunakan pada pembuatan komposit dan hardener



Gambar 2. Bahan bahan pembuatan komposit

2. Ekstraksi Serat

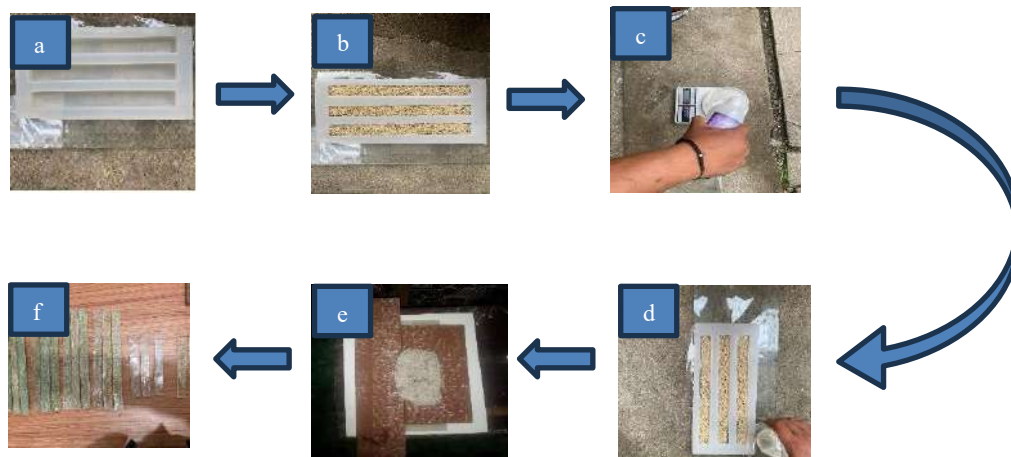
Metode perebusan digunakan untuk mengekstraksi serat *Cissus sicyoides* yang ditunjukkan dalam **Gambar 3**, proses awal dimulai dengan memotong tanaman sepanjang 50 cm (Gambar 3a) kemudian direbus dengan air mendidih temperatur 100 °C selama 35 menit (Gambar 3b), setelah proses perebusan kemudian kulit luar tanaman *Cissus sicyoides* dikupas (Gambar 3c) sehingga menyisakan daging batang bagian dalamnya saja. Sisa daging batang dalam kemudian dipisahkan secara manual menggunakan sisir untuk mendapatkan serat yang seragam (Gambar 3d). Serat yang sudah didapatkan kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari selama kurang lebih 60 menit guna mengurangi kandungan kadar air nya (Gambar 3e), serat yang sudah kering kemudian ditimbang (Gambar 3f).



Gambar 3. Ekstraksi Serat menggunakan metode perebusan: (a) batang tanaman *Cissus Sicyoides*, (b) proses perebusan, (c) proses pemisahan kulit dan (d) proses penyisiran serat, (e) serat *Cissus Sicyoides* metode mekanis, (f) penimbangan serat.

3. Pembuatan Komposit

Serat yang digunakan merupakan serat acak dari tanaman *Cissus sicyoides* yang telah dipotong sepanjang 2 cm. Cetakan dibuat dengan silikon yang ditempel dikaca sesuai dimensi standar pengujian ASTM D3039, yaitu panjang 250 mm, lebar 25,4 mm, tebal 6 mm dan standar pengujian ASTM D790, yaitu panjang 127 mm, lebar 12,7 mm, tebal 3,2 mm.



Gambar 4. Pembuatan Komposit: (a) penyiapan cetakan, (b) penyusunan serat, (c) penimbangan resin epoxy dan hardener, (d) penuangan resin, (e) proses penekanan dan pengeringan, (f) komposit

Pembuatan komposit yang ditunjukkan dalam **Gambar 4**, proses awal dimulai dengan menyiapkan cetakan di atas permukaan yang rata (Gambar 4a) letakan serat yang telah dipotong di dalam cetakan (Gambar 4b), resin epoxy dicampur hardener dengan rasio 1:1 (Gambar 4c) campuran antara resin epoxy dan hardener kemudian di aduk secara perlahan, campuran tersebut kemudian di diamkan selama 3-5 menit agar void (gelembung) yang terbentuk selama proses pengadukan berkurang. Setelah menunggu 3-5 menit kemudian tuangkan campuran tersebut kedalam cetakan yang telah terisi serat *Cissus sicyoides* (Gambar 4d), cetakan yang telah terisi ditutup dan diberikan beban agar tidak muncul void (Gambar 4e), spesimen diangkat dari cetakan (Gambar 4f).

Tabel 1. Komposisi Serat dan Resin Epoxy

Fraksi Volume serat	Fraksi Volume Resin
2,5%	97,5%
7,5%	92,5%
10,5%	89,5%
15%	85%
20%	80%

4. Pengujian

Uji Tarik (tensile test)

Spesimen diuji dengan mesin *Universal Testing Machine* (UTM) dapat dilihat pada **(Gambar 5)** dengan merek A&D model Tensilon RTG-1310 dengan tingkat akurasi hasil *load cell* sebesar 1/500, pengambilan *sample* berkecepatan tinggi 1 msec, *crosshead speed* mencapai 0.05 – 1000 mm/min, memiliki kapasitas 10 kN.dan dipasangkan *wedge grip* untuk menahan spesiemen.



Gambar 5. *Universal Testing Machine* (UTM) Uji tarik

Uji Lentur (bending test)

Spesimen diuji dengan mesin *Universal Testing Machine* (UTM) dapat dilihat pada **(Gambar 6)** dengan merek A&D model Tensilon RTG-1310 dengan tingkat akurasi hasil *load cell* sebesar 1/500, pengambilan *sample* berkecepatan tinggi 1 msec, *crosshead speed* mencapai 0.05 – 1000 mm/min, memiliki kapasitas 10 kN.dan dipasangkan 2 buah *support roller* sebagai tumpuan spesimen dibagian bawah serta *loading nose* di bagian atas untuk menekan spesimen sampai patah/melengkung.



Gambar 6. *Universal Testing Machine (UTM) Uji Bending*

Uji SEM (Scanning Electron Microscopy)

Sample diuji menggunakan mesin merek JEOL JCM 7000 dapat dilihat pada **(Gambar 7)** dengan perbesaran 10x sampai 100.000x (bisa mencapai hingga 200.000x pada tampilan monitor digital, ukuran *holder* sampai 80mm, resolusi mencapai 8nm, memiliki 3 mode vacuum (*High Vacuum*) untuk sample konduktif, *low vacuum* untuk sample non konduktif dan *CV Vacuum* untuk sample yang dapat melepaskan gas atau uap), tampilan gambar 3D serta tampilan topografi permukaan sample.



Gambar 7. JEOL JCM 7000

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

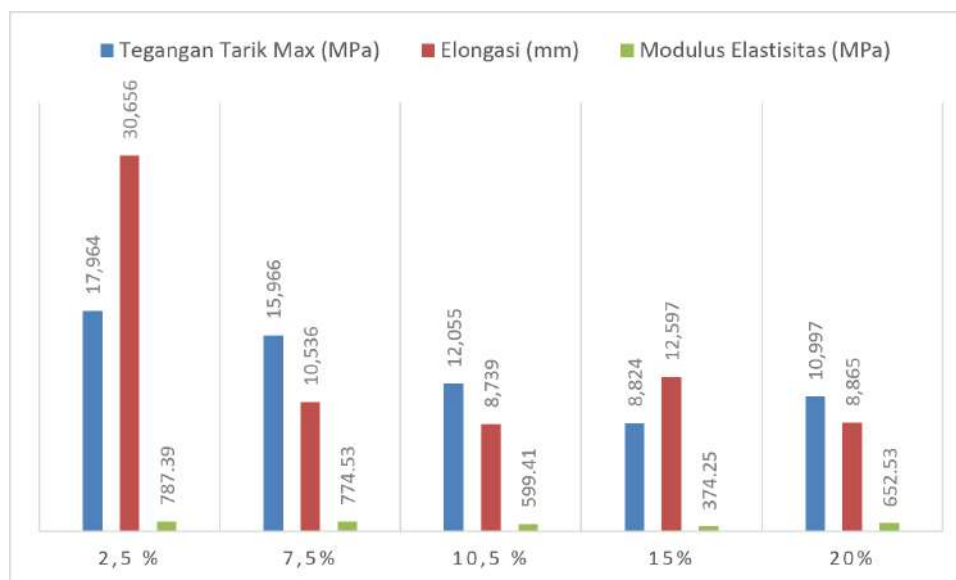
1. Uji Tarik

Gambar 8 menyajikan data analisis kekuatan tarik, elongasi, serta modulus elastisitas dari komposit dengan variasi fraksi volume serat yang berbeda. Kekuatan tarik itu sendiri mencerminkan kapasitas maksimum material dalam menahan beban atau tegangan sebelum mengalami kegagalan mekanis (patah), yang secara teknis dikenal sebagai *Ultimate Tensile Strength* (UTS). Berdasarkan hasil pengujian, nilai UTS komposit yang diperoleh berkisar antara 17,964 MPa sebagai nilai tertinggi hingga 8,824 MPa untuk nilai terendah. Pengujian tarik ini dilakukan guna mengevaluasi sifat mekanis komposit serta menentukan sejauh mana pengaruh variasi fraksi volume serat terhadap

kekuatan material tersebut. Berdasarkan (**Gambar 8**), terlihat bahwa kekuatan tarik komposit mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya fraksi volume serat *Cissus sicyoides*. Namun, apabila distribusi beban tidak optimal, salah satu komponen dapat lebih dominan dalam menahan beban sehingga serat tidak terlapisi resin secara sempurna sehingga volume matriks tidak lagi memadai untuk mengikat seluruh permukaan serat secara optimal (Fadilah, 2020). Selain itu, degradasi kekuatan ini juga dapat diakibatkan oleh adanya kontaminasi pada permukaan serat, yang sebenarnya dapat dimitigasi melalui proses perlakuan alkali (perendaman NaOH).

Nilai elongasi komposit menunjukkan tren penurunan pada variasi fraksi volume serat 7,5% (10,536 mm) dan 10,5% (8,739 mm), kemudian mengalami sedikit fluktuasi pada fraksi 15% (12,597 mm) sebelum kembali turun pada fraksi 20% (8,865 mm). Sementara itu, nilai elongasi tertinggi dicatatkan oleh variasi fraksi volume serat 2,5% (30,656 mm), yang menunjukkan perbedaan performa sangat signifikan dibandingkan variasi lainnya, hal tersebut menunjukkan bahwa lebih sedikit fraksi volume serat yang digunakan akan membuat material menjadi lebih lentur sehingga kemampuan material untuk mengalami deformasi sebelum patah menjadi bertambah (Edi Widodo & Wistyo nugroho, 2025).

Dapat dilihat pada (**Gambar 8**) modulus elastisitas menurun seiring bertambahnya fraksi volume serat sehingga mencapai nilai minimum pada fraksi serat 15%. Nilai modulus elastisitas berturut turut menurun dari 787,39 MPa (2,5%), 774,53 MPa (7,5%), 599,41 MPa (10,5%), 374,25 MPa (15%), dan 652,53 MPa (20%). Hal ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya kontaminasi permukaan serat dan *stiffness composite*.



Gambar 8. Diagram kekuatan Tarik, Elongasi dan Modulus Elastisitas.

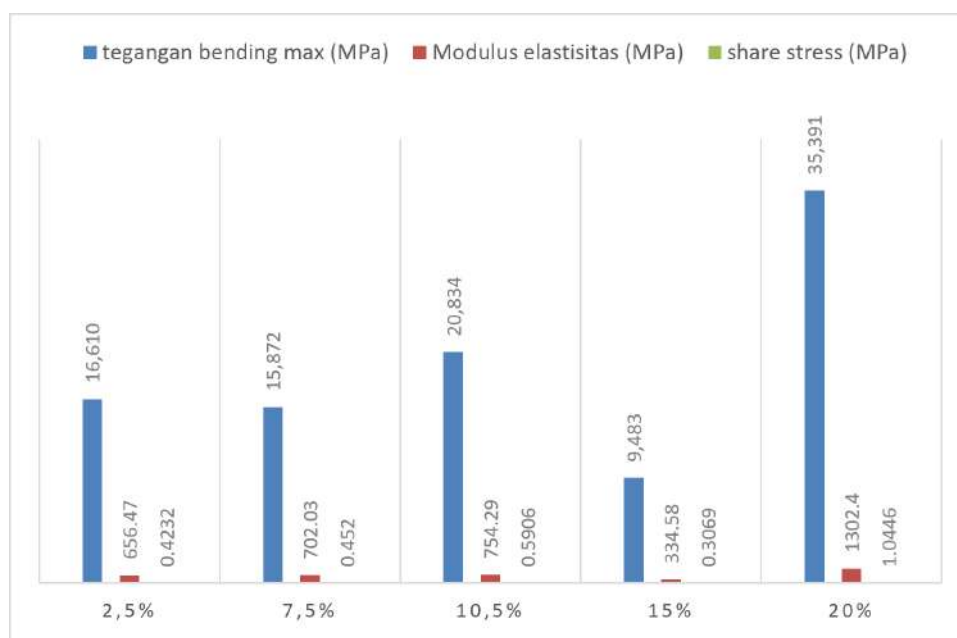
2. Uji Bending

Dapat dilihat pada (**Gambar 9**) kekuatan bending komposit menunjukkan penurunan, naik, turun drastis dan naik drastis, nilai kekuatan bending berturut turut naik dari 16.610 MPa (2,5%), 20,834 MPa (10,5%) dan 35,391 MPa (20%). Namun pada fraksi 7,5% (15,872 MPa) dan (9,483 MPa) 15% kekuatan bending komposit menurun hal ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor salah satunya adalah terbentuknya rongga udara atau *void* dalam komposit yang dibuat menggunakan metode *hand-lay up* manual, keberadaan *void* yang berlebih pada komposit menjadi titik awal munculnya retakan. Meski demikian, berdasarkan grafik pengujian di atas, dapat disimpulkan bahwa

peningkatan fraksi volume serat secara signifikan mampu meningkatkan kekuatan bending komposit tersebut (Warsono et al., 2022).

Dapat dilihat pada (**Gambar 9**) modulus elastisitas meningkat seiring bertambahnya fraksi volume serat, nilainya berturut-turut meningkat 654,47 MPa (2,5%), 702,03 MPa (7,5%), 754,29 MPa (10,5) dan titik tertingginya 1302,4 MPa (20%). Namun, pada fraksi volume serat 15%, nilai modulus elastisitas komposit mengalami penurunan hingga ke titik terendah yaitu sebesar 334,58 MPa. Fenomena ini dipicu oleh beberapa faktor, salah satunya adalah proses polimerisasi matriks yang tidak sempurna. Takaran pengeras (*hardener*) yang berlebihan dapat menghambat kesempurnaan reaksi polimerisasi tersebut, yang pada akhirnya menyebabkan penurunan signifikan pada karakteristik modulus elastisitas matriks.

Dapat dilihat pada (**Gambar 9**) nilai *shear stress* naik berturut-turut seiring bertambahnya fraksi volume serat dengan nilai 0,4232 MPa (2,5%), 0,452 MPa (7,5%), 0,5906 MPa (10,5%) dan nilai tertingginya 1,0446 MPa (20%). Namun pada fraksi 15% *share stress* menunjukkan nilai terendahnya 0,3069 MPa, hal ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor salah satunya adalah polimerisasi matriks yang tidak sempurna, takaran *hardener* yang terlalu banyak dapat menyebabkan polimerisasi matriks yang tidak sempurna sehingga matriks akan menjadi lembek dan mudah tergeser (Szabelski et al., 2022).

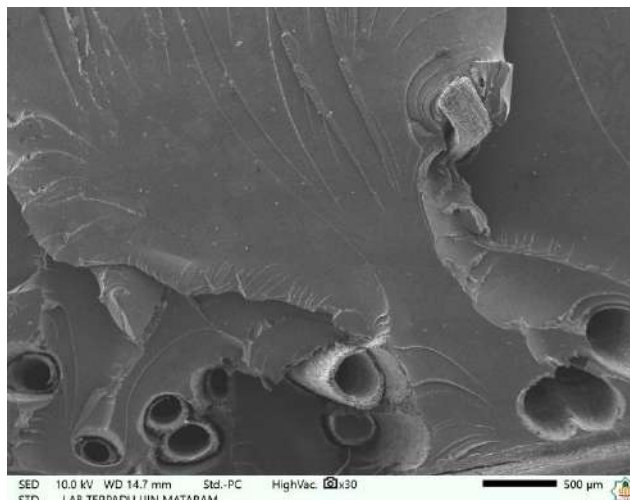


Gambar 9. Diagram kekuatan Bending ,Modulus Elastisitas dan Share Stress

3. Analisa Morfologi Menggunakan SEM

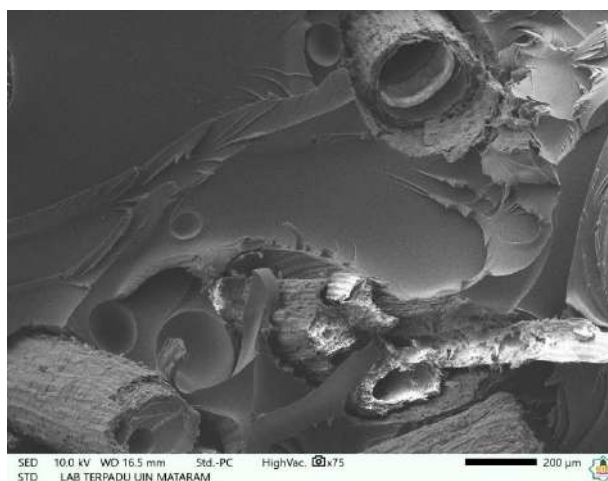
Gambar 10 menunjukkan foto SEM dari fraksi 2,5%, dapat dilihat pada bagian atas serat tidak mengisi bagian yang kosong, sedangkan pada bagian bawah terdapat serat yang mengisi. Hal tersebut menunjukkan pendistribusian serat tidak merata yang menyebabkan komposit mengalami penurunan kekuatan mekanisnya. Tanda panah putih mengindikasikan adanya celah (*debonding*) yang memisahkan bagian luar serat dari dinding matriks pengikat. Keberadaan celah antarmuka (*interface gap*) ini menyebabkan kegagalan matriks dalam mentransfer tegangan mekanis yang diterimanya menuju serat, sehingga berimplikasi langsung pada penurunan kekuatan mekanis komposit (Kumar

et al., 2023). Sebagaimana ditunjukkan oleh tanda panah hitam, titik awal kegagalan struktural (patahan) bermula dari area tersebut. Hal ini dikonfirmasi oleh morfologi permukaan patahan komposit yang bertekstur halus, yang mencerminkan fase awal perpatahan sebelum menyebar menjadi pola retakan di sekelilingnya.



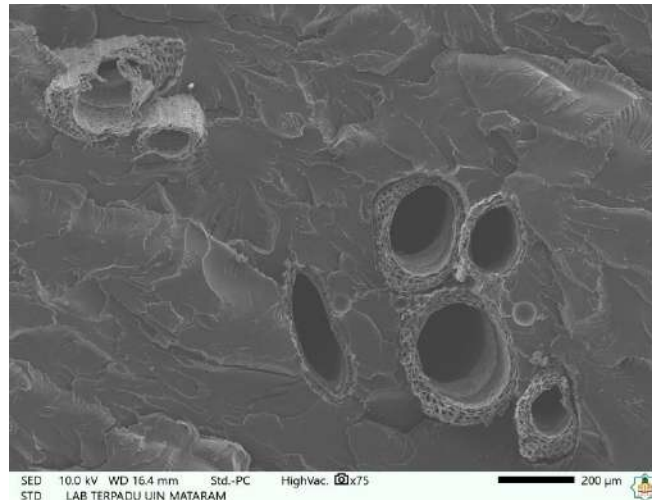
Gambar 10. SEM Fraksi 2,5%

Berdasarkan **Gambar 11**, komposit dengan fraksi volume serat 7,5% menunjukkan distribusi serat yang cukup merata. Kendati demikian, masih teramati adanya sejumlah *void* (rongga) yang ditunjukkan oleh tanda panah hitam. Keberadaan *void* ini menjadi titik konsentrasi tegangan (*stress concentration*) yang memicu terjadinya inisiasi retak (*crack initiation*), sehingga berimplikasi pada penurunan kekuatan mekanis komposit (Li et al., 2015). Titik awal patahan dapat dilihat dari struktur permukaan komposit yang halus pada (**Gambar 11**). Morfologi permukaan patahan yang relatif halus dapat berkaitan dengan karakteristik patahan matriks yang relatif getas, tetapi interpretasi tersebut sebaiknya dikaitkan dengan keberadaan fitur lain seperti *matrix cracking*, *fiber pull-out*, atau *debonding* (Kar et al., 2026). Celah antara permukaan luar serat dan dinding matriks yang ditunjukkan oleh tanda panah putih menandakan adanya *interfacial gap* atau *debonding*, yang mengindikasikan kurang optimalnya ikatan antarmuka serat–matriks. Kondisi tersebut dapat mengurangi efektivitas transfer tegangan dari matriks ke serat dan berkontribusi terhadap penurunan kekuatan mekanis komposit (Doan et al., 2012).



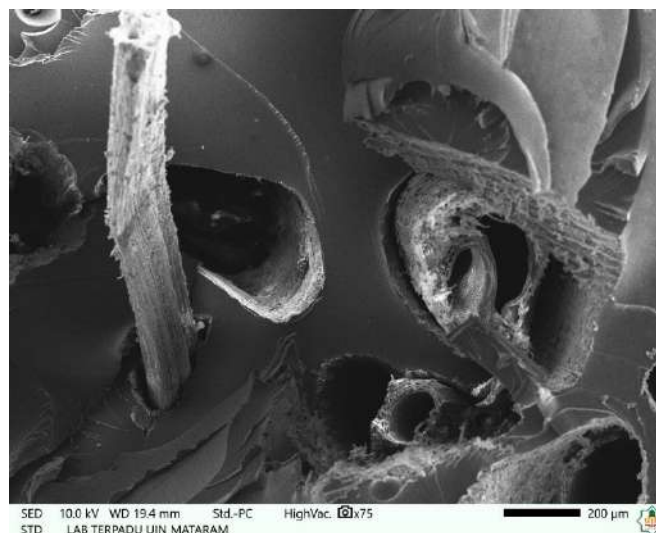
Gambar 11. SEM Fraksi 7,5%

Gambar 12 menunjukkan foto SEM dari fraksi 10,5%, pada gambar dibawah dapat dilihat bahwa permukaan patahan matriks terlihat kasar, robek atau berserat (*ductile fracture*) terbentuk akibat penyerapan energi beban yang besar sebelum akhirnya putus. Hal tersebut merupakan indikator kuat bahwa ikatan antarmuka (*Interfacial Bonding*) antar matriks dan penguat terjalin dengan sangat baik (Doan et al., 2012).



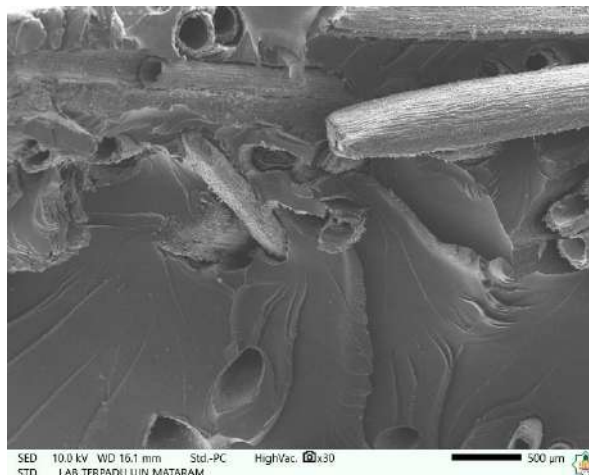
Gambar 12. SEM Fraksi 10,5%

Gambar 13 menunjukkan foto SEM dari fraksi 15%, dapat dilihat pada objek gambar yang menunjukkan kawah yang cukup banyak dan dalam yang terbentuk karena ikatan antarmuka yang lemah (*Poor interfacial Boanding*) ditunjukkan oleh tanda panah putih. Matriks gagal mencengkram serat, sehingga ketika diberikan beban serat melosot keluar dari ikatan matriks dan meninggalkan kawah silinder yang kosong (Wang et al., 2025). Celah yang memisahkan lingkaran luar serat dengan dinding matriks ditunjukkan oleh tanda panah berwarna putih, menyebabkan kegagalan matriks menyalurkan tegangan mekanis yang diterima kepada serat berakibat pada penurunan kekuatan mekanisnya, hal tersebut juga didukung dengan penurunan nilai tegangan tarik maksimal, pada fraksi 15% tegangan tarik menurun dari 12.055 MPa (10,5%) ke 8.739 MPa (15%).



Gambar 13. SEM Fraksi 15%

Gambar 14 menunjukkan foto SEM dari fraksi 20% sample Uji tarik, dapat dilihat jarak antar serat tidak konsisten (*non-uniform fiber distribution*) yang menyebabkan serat tidak tersebar merata ke seluruh area matriks, menumpuk di satu sisi (*fiber agglomeration*) pada gambar dan meninggalkan area kosong tanpa penguat (*resin-rich area*). Hal tersebut mengakibatkan menurunnya kekuatan mekanis komposit, titik awal patah akan muncul pada bagian yang kosong tanpa penguat (*resin-rich area*). Tanda panah putih menunjukkan celah yang memisahkan lingkaran luar serat dengan dinding matriks yang mengikat dan menunjukkan kawah yang terbentuk, menyebabkan kegagalan matriks menyalurkan tegangan mekanis yang diterima kepada serat berakibat pada penurunan kekuatan mekanisnya (Sanjay et al., 2016).



Gambar 14. SEM Fraksi

D. SIMPULAN DAN SARAN

Fokus utama dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh fraksi volume serat terhadap kekuatan tarik dan kekuatan lentur komposit. Data pengujian tarik mengindikasikan bahwa penambahan fraksi volume serat justru menurunkan kekuatan tarik material. Tren penurunan tegangan tarik teramati secara konsisten pada rentang fraksi 2,5% hingga 20%, di mana nilai maksimum tercatat sebesar 17,964 MPa dan nilai minimum turun hingga 8,739 MPa.. Hal tersebut disebabkan karena kualitas antarmuka. Penurunan kekuatan tarik diduga berkaitan dengan lemahnya ikatan antarmuka serat–matriks dan ketidakseragaman distribusi serat yang diamati melalui SEM. Data uji lentur menunjukkan bahwa peningkatan fraksi volume serat berkontribusi positif terhadap kekuatan mekanis material, di mana nilai tegangan lentur mengalami kenaikan dari fraksi 2,5% hingga 20% dengan nilai maksimum 35,391 MPa. Meskipun demikian, pada fraksi 15% terjadi penurunan performa mekanis ke titik minimum sebesar 9,483 MPa. Penurunan ini didorong oleh kualitas pencampuran matriks yang tidak homogen dan kelemahan proses fabrikasi dengan metode *hand lay-up* manual yang menyebabkan terjebaknya *void* dalam jumlah besar. Analisis morfologi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) memperlihatkan karakteristik struktur mikro, area patahan, serta pola penyebaran serat pada komposit. Pada seluruh variasi fraksi (2,5% hingga 20%), teramati dengan jelas adanya celah antarmuka (*debonding*) yang memisahkan permukaan luar serat dari dinding matriks pengikat. Fenomena ini mengakibatkan kegagalan matriks dalam mendistribusikan tegangan mekanis secara optimal ke serat penguat, yang mengakibatkan penurunan kekuatan mekanis komposit. Hal ini dapat dicegah dengan perendaman serat menggunakan NaOH, mengakibatkan kandungan lignin, hemiselulosa, lilin (*wax*), dan minyak yang menyelimuti permukaan dinding sel serat hilang sehingga dapat meningkatkan ikatan interfasialnya.

Dengan demikian, penambahan fraksi volume serat menunjukkan pengaruh terhadap karakteristik mekanis komposit, terutama pada kekuatan lentur, meskipun faktor akurasi metode fabrikasi material tetap harus diutamakan. Sementara itu, untuk mengoptimalkan performa kekuatan tarik, perlakuan alkali berupa perendaman serat menggunakan larutan NaOH sangat direkomendasikan demi meningkatkan kekuatan ikatan interfasial. Hal ini penting agar transfer tegangan mekanis dari matriks ke serat penguat dapat berlangsung optimal untuk menaikkan nilai tegangan tarik komposit. Penelitian ini masih membuka ruang pengembangan yang luas dengan mengacu pada penyempurnaan aspek-aspek tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih yang mendalam kepada Prof. Dr. Nasmi Herlina Sari ST., MT dan Bapak Dr. Ing. Salman ST., M.Sc atas bimbingan, arahan, dan masukan yang sangat berharga selama penyusunan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada rekan-rekan sejawat dan seluruh staf teknisi Laboratorium Universitas Mataram yang telah membantu dalam kelancaran proses pengujian material di laboratorium.

DAFTAR RUJUKAN

- Apriandi, M. I. (2025). *Karakteristik Sifat Fisik Mekanik dan Kimia Cissus Sicyoid es dan Kompositnya* [Tugas Akhir]. Universitas Mataram.
- Diana, L., Ghani Safitra, A., & Nabel Ariansyah, M. (2020). Analisis Kekuatan Tarik pada Material Komposit dengan Serat Penguat Polimer. *Jurnal Engine*, 4(2).
- Doan, T.-T.-L., Brodowsky, H., & Mäder, E. (2012). Jute fibre/epoxy composites: Surface properties and interfacial adhesion. *Composites Science and Technology*, 72(10), 1160–1166. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2012.03.025>
- 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>
- El Messiry, M. (2018). Theoretical determination of the fiber volume fraction distribution for natural fiber fabric reinforced polymer composite. *Journal of Industrial Textiles*, 48(5), 904–925. <https://doi.org/10.1177/1528083717747335>
- Fadilah, R. (2020). ANALISIS KEKUATAN TARIK DAN STRUKTUR MIKRO MATERIAL KOMPOSIT PADA BODY MOBIL LISTRIK PROSOE KMHE 2019. *Jurnal Teknik Mesin*, 9(1). <https://doi.org/10.22441/jtm.v9i2.6199>
- Hastuti, S., Budiono, H. S., Ivadiyanto, D. I., & Nahar, M. N. (2021). Peningkatan Sifat Mekanik Komposit Serat Alam Limbah Sabut Kelapa (Cocofiber) yang Biodegradable (Improvement Mechanichal Properties of Biodegradable Cocofiber Waste Natural Fiber Composit) ARTICLE INFO ABSTRAK. *Reka Buana : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Dan Teknik Kimia*, 6(1).
- Kar, A., Saikia, D., Pandiarajan, N., Palaniappan, S. K., Rangappa, S. M., & Siengchin, S. (2026). Influence of fiber content on the performance of epoxy composites reinforced with NaOH-treated cellulose-rich Calamus tenuis fiber for lightweight structural applications. *Discover Materials*, 6(1), 180. <https://doi.org/10.1007/s43939-026-00638-y>
- Kaufmann, J., Temesgen, A. G., & Cebulla, H. (2025). A comprehensive review on natural fiber reinforced hybrid composites processing techniques, material properties and emerging applications. *Discover Materials*, 5(1), 227. <https://doi.org/10.1007/s43939-025-00419-z>
- Kumar, B., Adil, S., & Kim, J. (2023). Adhesion Improvement of Bio-Based Epoxy in Environmentally Friendly and High-Performance Natural Fiber-Reinforced Composites. *Macromolecular Materials and Engineering*, 308(8). <https://doi.org/10.1002/mame.202300003>
- Li, Y., Li, Q., & Ma, H. (2015). The voids formation mechanisms and their effects on the mechanical properties of flax fiber reinforced epoxy composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 72, 40–48. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2015.01.029>
- Nurhidayah, N. (2016). Pengaruh Variasi Fraksi Volume Serat Daun Lontar (Borassus Flabelifer) Terhadap Sifat Fisik Dan Sifat Mekanik Komposit Polyester. *Pengaruh Variasi Fraksi Volume Serat Daun Lontar (Borassus Flabelifer) Terhadap Sifat Fisik Dan Sifat Mekanik Komposit Polyester*.
- Sanjay, M. R., Arpitha, G. R., Naik, L. L., Gopalakrishna, K., & Yogesha, B. (2016). Applications of Natural Fibers and Its Composites: An Overview. *Natural Resources*, 07(03), 108–114. <https://doi.org/10.4236/nr.2016.73011>

- Siagian, D. E. N., Hakiem, M., & Putra, S. (2024). SERAT ALAM SEBAGAI BAHAN KOMPOSIT RAMAH LINGKUNGAN NATURAL FIBER AS AN ENVIRONMENTALLY FRIENDLY COMPOSITE MATERIAL. *CIVeng*, 5(1).
- Szabelski, J., Karpiński, R., Jonak, J., & Frigione, M. (2022). Adhesive Joint Degradation Due to Hardener-to-Epoxy Ratio Inaccuracy under Varying Curing and Thermal Operating Conditions. *Materials*, 15(21), 7765. <https://doi.org/10.3390/ma15217765>
- Wang, X., Li, H., Camilleri, D., Surnam, B. Y. R., Wu, Z., Cheng, X., Shi, L., & Lu, W. (2025). Analysis of Interfacial Properties in Flax Yarn-Reinforced Epoxy Resin Composites. *Fibers*, 13(9), 118. <https://doi.org/10.3390/fib13090118>
- Warsono, G. E. G., Sehono, S., & Rizki Putra, I. (2022). ANALISIS KEKUATAN TARIK DAN BENDING KOMPOSIT SERAT PELEPAH PISANG. *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, 8(1), 167–174. <https://doi.org/10.56521/teknika.v8i1.617>