

Uji Kekuatan Tarik Komposit Epoksi Diperkuat Serat Daun Nanas (*Ananas comosus*) Berdasarkan Variasi Fraksi Volume Serat

Eka Putra Dairi Boangmanalu^{*a}, Jandri Fan HT Saragi^b, Angga Bahri Pratama^c, Sahat^b, Positron Bangun^b

^a Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Politeknik Negeri Medan, Jl. Almamater No.1, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Kota Medan, Sumatera Utara 20155, Indonesia

^b Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, Jl. Almamater No.1, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Kota Medan, Sumatera Utara 20155, Indonesia

^c Program Studi Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Medan, Jl. Almamater No.1, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Kota Medan, Sumatera Utara 20155, Indonesia

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima 23 Oktober 2025

Diterima setelah direvisi 1 November 2025

Disetujui 3 November 2025

Kata kunci:

Komposit
Serat Nanas
Kekuatan Tarik

Abstract- This study aims to analyze the effect of varying pineapple leaf fiber volume fractions (10%, 20%, 30%, 40%, and 50%) on the tensile properties of epoxy-based composites. The pineapple leaf fibers were pretreated with a 5% NaOH alkali solution to enhance surface roughness and improve adhesion with the matrix. The specimens were fabricated using the hand lay-up method, and tensile testing was conducted in accordance with the ASTM D638 standard. The results showed that increasing the fiber volume fraction up to 30% significantly improved the tensile strength, reaching a maximum value of 49.3 MPa. The Young's modulus also increased up to this fraction, followed by a decline at higher fiber contents due to the formation of voids and fiber agglomeration. These findings demonstrate the potential application of pineapple leaf fiber composites as lightweight, eco-friendly materials for automotive or structural components, supporting sustainable material innovation.

Intisari- Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi fraksi volume serat daun nanas (10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%) terhadap sifat tarik komposit berbasis resin epoksi. Serat daun nanas terlebih dahulu diberi perlakuan alkali menggunakan larutan NaOH 5% untuk meningkatkan kekasaran permukaan dan adhesi dengan matriks. Proses pembuatan spesimen dilakukan dengan metode hand lay-up, dan pengujian tarik mengacu pada standar ASTM D638. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan fraksi volume serat hingga 30% menghasilkan kekuatan tarik maksimum sebesar 49,3 MPa. Nilai modulus Young juga meningkat hingga fraksi tersebut, kemudian menurun pada komposisi serat yang lebih tinggi akibat terbentuknya void dan aglomerasi serat. Temuan ini menunjukkan potensi aplikasi komposit serat daun nanas sebagai material ramah lingkungan yang ringan dan kuat untuk industri otomotif dan konstruksi ringan.

1. Pendahuluan

Kemajuan teknologi material bidang manufaktur mendorong eksplorasi material alternatif yang tidak hanya kuat dan ringan, tetapi juga ramah lingkungan dan ekonomis. Salah satu material yang mengalami perkembangan pesat adalah komposit berbasis serat alam, yaitu material yang menggabungkan serat nabati sebagai penguat dengan resin polimer sebagai matriks. Serat dalam material berfungsi sebagai elemen penguat, yang meskipun berukuran kecil, memiliki fleksibilitas tinggi serta mampu menahan beban dengan kuat [1]. Keunggulan utama serat alam meliputi ketersediaan yang melimpah, sifat biodegradable, harga murah, dan densitas yang rendah [2]. Namun, banyak jenis serat lokal yang potensinya belum dimanfaatkan secara maksimal. Salah satu serat lokal yang berpotensi besar tetapi belum banyak diteliti adalah serat daun nanas

(*Ananas comosus*). Indonesia merupakan produsen utama nanas di Asia Tenggara, bahkan Indonesia berada di peringkat kesembilan sebagai salah satu negara penghasil nanas terbesar di dunia dengan total produksi mencapai sekitar 1,39 juta ton per tahun, dari besarnya jumlah nanas tersebut, daun nanas yang dihasilkan sebagai limbah juga sangat fantastis, sehingga menunjukkan potensi besar pemanfaatan limbah serat daun nanas di tanah air [3].

Sumatera Utara merupakan salah satu daerah penyumbang produksi nanas terbesar di Indonesia. Provinsi ini mencatatkan produksi sekitar 165.080 ton nanas pada tahun 2022 dari seluruh kabupaten/kota [4]. Berdasarkan data yang dikemukakan oleh Ismail [5] terjadi peningkatan produksi pada tahun 2023 menjadi 169.681 ton, melimpahnya potensi sumber daya alam ini perlu dimanfaatkan secara optimal, khususnya dalam pemanfaatan limbah pertanian seperti kulit dan daun nanas. Serat

* Corresponding Author:

E-mail: ekaboangmanalu@polmed.ac.id (Eka Putra Dairi Boangmanalu)

daun nanas merupakan salah satu serat alam yang baik untuk digunakan sebagai penguat komposit polimer, berkat ketersediaannya yang melimpah, sifatnya yang ramah lingkungan, serta karakteristik mekanik yang unggul [4]. Pada penelitian ini, serat daun nanas digunakan sebagai bahan penguat pada matriks resin epoksi untuk mengkaji pengaruh variasi fraksi volume terhadap sifat mekanik, khususnya kekuatan tarik komposit yang dihasilkan.



Gambar 1. Struktur Morfologi Nanas [6]

Serat dari daun nanas memiliki karakteristik mekanik yang potensial, seperti kekuatan tarik tinggi, kelenturan yang baik, dan stabilitas termal yang cukup, sehingga dapat menjadi alternatif penguat pada komposit polimer [7]. Di sisi lain, resin epoksi merupakan bahan matriks pembuatan komposit karena memiliki sifat mekanik dan adhesi yang sangat baik. Resin ini mampu membentuk ikatan yang kuat dengan berbagai jenis serat, termasuk serat alami, sehingga berpotensi menghasilkan material komposit dengan sifat mekanik unggul [8].

Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan, ditemukan beberapa kelemahan dan kekosongan penelitian sebelumnya terkait penggunaan serat daun nanas sebagai bahan penguat komposit berbasis resin epoksi. Pertama, kajian eksperimental mengenai pengaruh fraksi volume serat daun nanas terhadap kekuatan tarik komposit epoksi masih sangat terbatas. Sebagian besar penelitian terdahulu hanya berfokus pada karakterisasi dasar serat atau pengaruh perlakuan kimia, tanpa menelaah secara sistematis hubungan antara variasi fraksi volume serat dengan sifat mekanik, khususnya kekuatan tarik dan modulus elastisitas komposit. Hal ini menyebabkan belum diperolehnya data empiris yang komprehensif untuk menentukan komposisi optimum dalam aplikasi teknik. Kedua, terdapat kurangnya pendekatan berbasis potensi lokal dalam penelitian dan pengembangan material komposit alami. Di daerah penghasil nanas seperti Sumatera Utara, limbah daun nanas masih belum dimanfaatkan secara optimal, padahal ketersediaannya melimpah dan berpotensi menjadi sumber serat alami yang berkelanjutan [9]. Minimnya penelitian yang berorientasi pada pemberdayaan sumber daya lokal menyebabkan potensi ekonomi dan lingkungan dari pemanfaatan limbah pertanian tersebut belum tergali secara maksimal. Ketiga, masih terbatasnya kajian terhadap keterpaduan antara karakteristik fisik serat lokal dan parameter manufaktur komposit dalam konteks aplikasi teknik. Penelitian sebelumnya umumnya dilakukan pada skala laboratorium tanpa mempertimbangkan variabel manufaktur seperti orientasi serat, distribusi, dan pembentukan void yang dapat memengaruhi performa akhir komposit. Akibatnya, masih terdapat kesenjangan antara hasil eksperimental dan kebutuhan penerapan di lapangan, sehingga diperlukan

penelitian lanjutan untuk menghubungkan aspek karakteristik serat, proses fabrikasi, dan sifat mekanik komposit secara terpadu.

Oleh karena itu, penelitian ini menjadi penting untuk menjawab gap tersebut, melalui pendekatan eksperimental yang terfokus pada pembuatan dan pengujian material komposit berbasis resin epoksi yang diperkuat serat daun nanas dengan variasi fraksi volume. Hasil penelitian ini tidak hanya akan berkontribusi pada pengembangan ilmu di bidang material komposit alami, tetapi juga memiliki nilai praktis dalam mendukung pengelolaan limbah pertanian dan pengembangan industri bahan baku lokal untuk manufaktur berkelanjutan.

Beberapa penelitian serat alami lain seperti serat pisang, rami, dan kenaf juga telah menunjukkan peningkatan kekuatan mekanik komposit epoksi. Penelitian serat alam lain seperti serat pisang [10] melaporkan bahwa komposit epoksi-serat pisang mencapai kekuatan tarik maksimum 45 MPa pada fraksi volume 25%, sedangkan komposit berbasis serat kenaf mampu mencapai 52 MPa [11]. Namun, dibandingkan dengan serat-serat tersebut, serat daun nanas memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang lebih tinggi dan ketersediaan melimpah di Indonesia, sehingga menjadikannya alternatif potensial untuk penguatan komposit polimer berkelanjutan.

2. Metodologi

Metode penelitian ini adalah eksperimen dengan pendekatan kuantitatif, melibatkan proses pembuatan komposit dan pengujian tarik.

2.1. Studi Literatur

Mengumpulkan referensi terkait material komposit berbasis serat alam, pengaruh fraksi volume, orientasi serat, dan perlakuan alkali terhadap kekuatan tarik.

2.2. Persiapan dan perlakuan serat daun nanas

Serat daun nanas yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari limbah pertanian di wilayah Sumatera Utara, sehingga turut mendukung upaya pemanfaatan sumber daya alam terbarukan dan pengurangan limbah organik. Proses ekstraksi serat dilakukan secara manual menggunakan metode penggarukan, yaitu dengan cara menggosok permukaan daun nanas menggunakan alat berbahan logam untuk memisahkan serat alami dari jaringan non-serat seperti epidermis dan getah. Setelah proses ekstraksi, serat yang diperoleh kemudian dicuci dengan air bersih untuk menghilangkan sisa kotoran dan getah yang menempel.



Gambar 2. Proses Pencucian Serat Nanas

Selanjutnya, dilakukan proses perlakuan alkali (alkali *treatment*) dengan merendam serat dalam larutan natrium hidroksida (NaOH) 5% selama 2 jam pada suhu kamar. Perlakuan ini bertujuan untuk menghilangkan lignin, hemiselulosa, dan zat pengotor lainnya yang dapat menghambat adhesi antara serat dan matriks polimer. Setelah perendaman, serat dicuci kembali menggunakan air hingga mencapai pH netral untuk memastikan tidak ada sisa larutan alkali yang tertinggal. Serat kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari atau di dalam oven pada suhu sekitar 60 °C hingga kadar airnya berkurang dan siap digunakan sebagai bahan penguat (*reinforcement*) pada komposit berbasis resin epoksi.

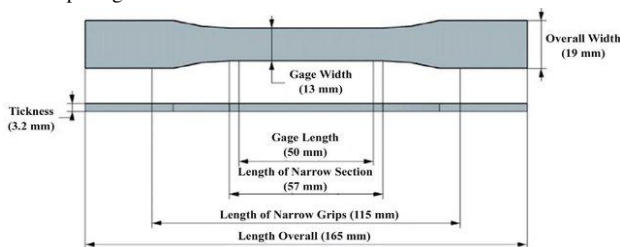
2.3. Pencampuran resin dan serat

Variasi fraksi volume serat yang digunakan dalam penelitian ini ditetapkan sebesar 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% dari total volume komposit. Penentuan variasi ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh proporsi serat terhadap sifat mekanik komposit yang dihasilkan, khususnya kekuatan tarikannya. Serat daun nanas yang telah melalui proses perlakuan alkali dan pengeringan dipotong sesuai panjang yang dibutuhkan, kemudian dicampurkan secara merata dengan resin epoksi sebagai matriks dan *hardener*. Resin epoksi yang digunakan adalah tipe Epoxy 1080 dengan *hardener* tipe Versamid 140, menggunakan rasio pencampuran resin:hardener = 2:1 (berdasarkan berat).

Proses pencampuran dilakukan secara perlahan untuk memastikan distribusi serat yang merata dan mencegah terbentuknya gelembung udara (*void*) dalam matriks. Setelah campuran homogen diperoleh, material dituangkan ke dalam cetakan baja atau akrilik yang telah dilapisi agen pelepas (*release agent*) agar komposit mudah dilepaskan setelah proses curing. Komposit kemudian dibiarkan mengeras (*curing*) pada suhu ruang selama 24 jam, dan dilanjutkan dengan post-curing di dalam oven pada suhu sekitar 60 °C selama 2 jam guna memastikan reaksi polimerisasi berlangsung sempurna. Setelah itu, spesimen komposit dilepaskan dari cetakan dan dipotong sesuai standar uji mekanik ASTM D638 untuk pengujian tarik.

2.4. Pencetakan Komposit (Moulding)

Spesimen uji tarik dicetak sesuai standar ASTM D638 Type I, dengan dimensi panjang total 165 mm, panjang pengukur 50 mm, lebar bagian tengah 13 mm, dan tebal 3,2 mm. Campuran serat dan resin dituangkan ke dalam cetakan standar ASTM D638, cetakan tersebut secara detail dapat kita lihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. ASTM D638 [12]



Gambar 4. Proses Pencetakan Spesimen ASTM D638

2.5. Pengujian Tarik Komposit

Pengujian kekuatan tarik dilakukan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) sesuai standar ASTM. Data yang dicatat meliputi kekuatan tarik maksimum, regangan saat putus, dan modulus elastisitas untuk mengevaluasi performa mekanik dari komposit yang dihasilkan.



Gambar 5. Universal Testing Machine

2.6. Analisis dan Interpretasi Data

Untuk menentukan fraksi volume serat nanas ditentukan dalam persamaan berikut.[13]

$$v_f = \frac{\frac{w_f}{\rho_f}}{\frac{w_f}{\rho_f} + \frac{w_m}{\rho_m}} \quad (1)$$

Dimana:

V_f = fraksi volume serat

W_f = massa serat (gram)

W_m = massa matriks (resin) (gram)

ρ_f = densitas serat (g/cm^3)

ρ_m = densitas matriks (g/cm^3)

Parameter pertama yang diukur pada penelitian ini adalah kekuatan tarik maksimum benda uji, dengan gaya maksimum yang dapat ditahan oleh spesimen per satuan luas penampang awal.

$$\sigma = F/A \quad (2)$$

Dimana:

σ = tegangan tarik maksimum (MPa)

F = gaya maksimum (N)

A = luas penampang

Parameter berikutnya yang akan diukur adalah Modulus Elastisitas, cara ini untuk melihat kemampuan material untuk kembali ke bentuk

semula setelah beban dilepaskan (elastisitas). Dihitung dari kemiringan kurva tegangan-regangan di daerah elastis. penampang awal (mm^2).

$$E = \sigma / \epsilon \quad (3)$$

Dimana:

E = Modulus elastisitas (MPa)

σ = Tegangan tarik (MPa)

ϵ = Regangan

Selanjutnya yang akan dilihat adalah regangan, cara ini untuk melihat perubahan relatif panjang spesimen akibat gaya tarik.

$$\epsilon = \Delta L / (L_0) \quad (4)$$

Dimana:

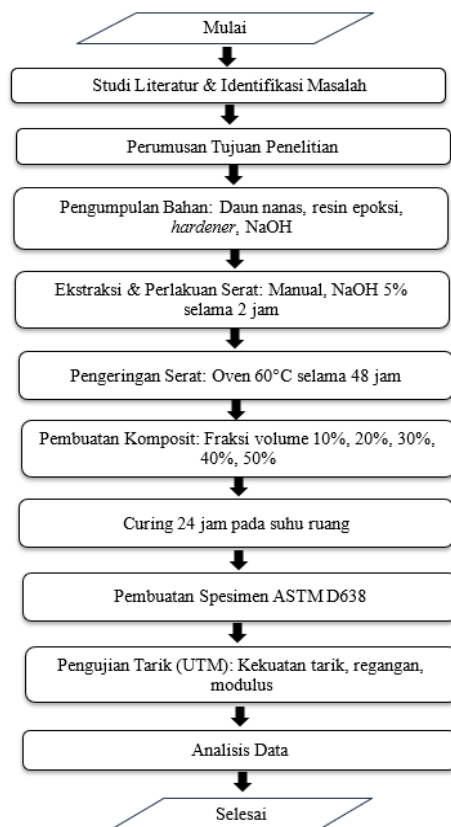
ϵ = Regangan (tanpa dimensi)

ΔL = Pertambahan Panjang (mm)

L_0 = Panjang awal pengukur (mm)

Data hasil uji tarik dianalisis secara statistik menggunakan Microsoft Excel atau Minitab untuk melihat pengaruh fraksi volume serat terhadap kekuatan tarik komposit. Dari hasil analisis tersebut, ditentukan fraksi volume serat yang memberikan kekuatan tarik optimum.

2.7. Rancangan Penelitian



Gambar 6. Rancangan Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Data Hasil Pengujian Tarik

Tabel 1 menyajikan hasil rata-rata pengujian tarik komposit epoksi yang diperkuat serat daun nanas untuk variasi fraksi volume serat (Vf) sebesar 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%. Setiap data merupakan nilai rata-rata dari tiga kali pengujian ($n = 3$). Parameter yang diamati meliputi kekuatan tarik (σ), regangan saat patah (ϵ), dan modulus elastisitas (E).

Tabel 1. Hasil uji tarik komposit epoksi-serat daun nanas

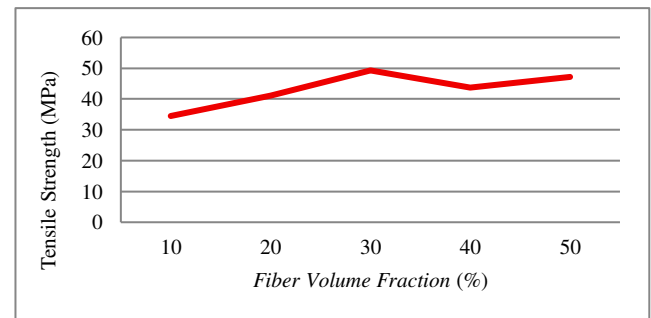
Fraksi volume serat (%)	Kekuatan tarik σ (MPa)	Regangan ϵ (%)	Modulus Young E (GPa)	$\pm$ SD (MPa)
10	34.5	2.40	1.44	1.2
20	41.2	2.70	1.53	1.1
30	49.3	3.10	1.59	1.0
40	43.7	2.90	1.51	1.5
50	47.1	3.00	1.57	1.3

Dari tabel tersebut terlihat adanya variasi nilai kekuatan tarik dan modulus elastisitas terhadap perubahan fraksi volume serat. Secara umum, penambahan serat meningkatkan kemampuan komposit dalam menahan beban tarik hingga mencapai nilai optimum pada fraksi volume tertentu.

Setiap nilai yang disajikan merupakan rata-rata dari tiga spesimen uji ($n = 3$). Nilai *standard deviation* untuk setiap kelompok fraksi volume berada pada kisaran $\pm 1,2$ – $2,1$ MPa, yang menunjukkan variasi hasil uji masih dalam batas yang dapat diterima untuk pengujian manual berbasis hand lay-up. Analisis statistik menggunakan uji ANOVA satu arah ($\alpha = 0,05$) menunjukkan bahwa variasi fraksi volume serat memberikan pengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik komposit ($p < 0,05$).

3.2 Hubungan Fraksi Volume Serat terhadap Kekuatan Tarik

Gambar 7 menunjukkan hubungan antara fraksi volume serat daun nanas dengan kekuatan tarik komposit epoksi. Terlihat bahwa peningkatan fraksi volume serat dari 10% hingga 30% menghasilkan peningkatan kekuatan tarik yang signifikan dari 34,5 MPa menjadi 49,3 MPa. Hal ini disebabkan oleh bertambahnya jumlah serat yang berfungsi sebagai elemen penahan beban serta meningkatnya ikatan antarmuka (*interfacial bonding*) antara serat dan matriks akibat perlakuan alkali NaOH 5%.



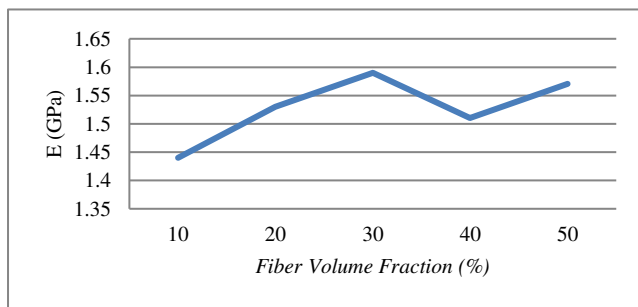
Gambar 7. Hubungan fraksi volume serat terhadap kekuatan tarik

Perlakuan alkali terbukti efektif dalam menghilangkan *lignin*, *hemiselulosa*, dan kotoran pada permukaan serat, sehingga meningkatkan kekasaran dan memperbesar area kontak dengan matriks epoksi. Kondisi ini mendukung transfer tegangan yang lebih baik dari matriks ke serat saat spesimen diberi beban tarik.

Namun, pada fraksi volume yang lebih tinggi ($V_f = 40\%$ dan 50%), kekuatan tarik mengalami penurunan menjadi 43,7 MPa dan 47,1 MPa. Fenomena ini dikaitkan dengan munculnya void, penumpukan (aglomerasi) serat, serta distribusi serat yang tidak merata di dalam matriks. Ketidakefektifan tersebut menghambat *impregnasi* resin ke seluruh permukaan serat dan menurunkan efisiensi transfer beban. Dengan demikian, fraksi volume serat optimum diperoleh pada 30%, di mana keseimbangan antara jumlah serat dan kemampuan ikatan matriks masih terjaga.

3.3. Hubungan Fraksi Volume Serat terhadap Modulus Elastisitas

Gambar 8 menggambarkan pengaruh variasi fraksi volume serat terhadap modulus elastisitas (E) komposit. Secara umum, peningkatan fraksi volume serat hingga 30% menghasilkan peningkatan modulus elastisitas dari 1,44 GPa menjadi 1,59 GPa, yang menunjukkan bahwa material menjadi lebih kaku dan tahan terhadap deformasi elastis.



Gambar 8. Fraksi Volume Serat dan Modulus Elastisitas

Peningkatan ini menunjukkan bahwa serat daun nanas, dengan struktur selulosa yang dominan dan ikatan hidrogen yang kuat, berperan sebagai penguat yang efektif dalam menahan regangan elastis. Namun, pada $V_f > 30\%$, nilai modulus sedikit menurun akibat distribusi serat yang tidak homogen dan munculnya void mikro yang mengganggu kontinuitas matriks. Hal ini menyebabkan penurunan efisiensi penyaluran tegangan antar fase.

Fenomena ini sejalan dengan teori *rule of mixture*, di mana peningkatan kekakuan hanya terjadi apabila ikatan antar fase baik dan orientasi serat terdistribusi secara seragam. Bila serat berlebihan dan tidak terlapisi resin dengan sempurna, maka bagian tersebut menjadi titik lemah yang menurunkan sifat elastis komposit.

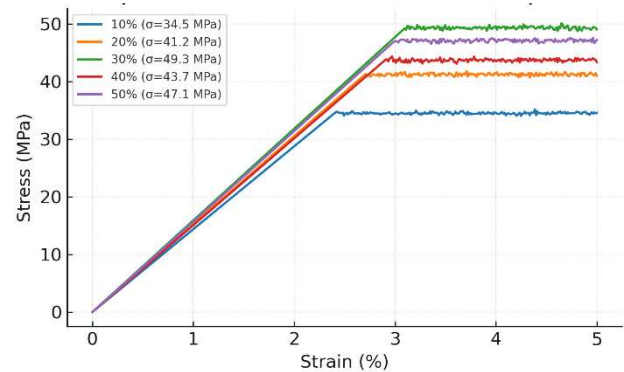
3.4. Regangan Patah dan Mekanisme Kegagalan

Nilai regangan patah (ϵ) menunjukkan peningkatan seiring bertambahnya fraksi volume serat hingga 30%, mencapai 3,10%, sebelum menurun sedikit pada fraksi volume lebih tinggi. Peningkatan ini menunjukkan bahwa interaksi antarmuka serat-matriks cukup baik pada komposisi optimum, sehingga material mampu menahan deformasi lebih besar sebelum patah.

Pada fraksi tinggi (40–50%), penurunan regangan patah menunjukkan perilaku yang lebih getas, kemungkinan akibat terbentuknya zona konsentrasi tegangan di sekitar void atau daerah aglomerasi serat. Mekanisme kegagalan umumnya diawali dengan delaminasi pada antarmuka serat-matriks, diikuti dengan penarikan serat (fiber pull-out) dan patahnya serat secara lokal.

3.5 Kurva Tegangan–Regangan

Gambar 9 menunjukkan kurva tegangan–regangan representatif untuk masing-masing variasi fraksi volume serat. Terlihat bahwa kemiringan kurva (gradien awal) meningkat hingga $V_f = 30\%$, yang menandakan peningkatan modulus elastisitas. Setelah melewati batas ini, kurva menunjukkan perilaku yang lebih datar dan patah lebih dini, menandakan penurunan kemampuan material dalam menyerap energi sebelum gagal.



Gambar 9. Kurva Tegangan–Regangan Representatif untuk Setiap Fraksi Volume Serat

Kombinasi antara peningkatan kekuatan tarik dan modulus hingga 30% menunjukkan bahwa pada fraksi ini, transfer beban dari matriks ke serat terjadi secara optimal. Sementara itu, pada fraksi volume lebih tinggi, akumulasi serat menyebabkan jalur transfer beban terganggu, sehingga terjadi kegagalan prematur.

Hasil penelitian ini mengonfirmasi bahwa peningkatan fraksi volume serat dapat memperbaiki sifat tarik komposit hingga batas optimum. Perlakuan alkali NaOH 5% terbukti meningkatkan kualitas ikatan antarmuka melalui penghilangan lignin dan hemiselulosa, yang berkontribusi terhadap peningkatan kekuatan tarik dan modulus elastisitas.

Namun demikian, peningkatan serat berlebih justru menimbulkan efek negatif akibat distribusi tidak homogen, keterbatasan *impregnasi* resin, dan pembentukan void. Fenomena ini sejalan dengan temuan penelitian serupa oleh Ramesh et al., 2023 dan Nabilla, 2024, yang melaporkan bahwa kandungan serat optimum pada komposit serat alam umumnya berkisar antara 25–35%.

Berdasarkan hasil yang diperoleh, komposit serat daun nanas menunjukkan performa yang kompetitif dibandingkan serat alami lain seperti pisang dan kenaf, dengan kekuatan tarik optimum mencapai 49,3 MPa pada fraksi volume 30%. Hal ini menunjukkan potensi penerapan material ini untuk komponen non-struktural otomotif, panel interior, dan produk rekayasa berkelanjutan.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa fraksi volume serat daun nanas (*Ananas comosus*) memiliki pengaruh yang nyata terhadap sifat mekanik komposit epoksi, khususnya terhadap kekuatan tarik (σ), regangan (ϵ), dan modulus elastisitas (E). Peningkatan fraksi volume serat dari 10% hingga 30% menghasilkan peningkatan bertahap pada kekuatan tarik dan modulus elastisitas. Nilai kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada

fraksi volume serat 30%, yaitu 49,3 MPa, dengan regangan 3,10% dan modulus elastisitas 1,59 GPa. Kondisi ini menunjukkan bahwa pada kadar serat tersebut, ikatan antara serat dan matriks berada pada kondisi optimal, ditunjang oleh perlakuan alkali NaOH 5% yang meningkatkan kekasaran permukaan serat dan memperkuat adhesi dengan matriks epoksi. Namun, ketika fraksi volume serat dinaikkan hingga 40% dan 50%, terjadi penurunan sifat mekanik, di mana kekuatan tarik menurun menjadi 43,7 MPa dan 47,1 MPa, sementara modulus elastisitas menurun menjadi 1,51 GPa dan 1,57 GPa. Penurunan ini disebabkan oleh terbentuknya *void*, aglomerasi serat, serta ketidakmerataan distribusi serat, yang menghambat impregnasi resin dan menurunkan efisiensi transfer beban antara serat dan matriks.

5. Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Medan atas pendanaan yang diberikan melalui Kontrak : B/346/PL5/PT/01.05/2025 yang berasal dari dana DIPA POLMED tahun 2025.

Referensi

- [1] D. E. N. Siagian and M. H. S. Putra, "Serat Alam Sebagai Bahan Komposit Ramah Lingkungan," *CIVeng J. Tek. Sipil dan Lingkung.*, vol. 5, no. 1, pp. 55–60, 2024.
- [2] A. B.-Y. Umar, "Fabrication and Characterization of Hybrid Oil Palm/Kenaf Core Fiber-Reinforced Poly (Lactic Acid) Biocomposites," 2017.
- [3] R. Karolina, W. Tandika, A. Hasibuan, M. A. Putra, and D. Fahreza, "Pineapple leaf fiber (PALF) waste as an alternative fiber in making concrete," in *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing, 2022, p. 12061.
- [4] Iqlima, "5 Daerah Penghasil Nanas Terbesar di Sumatera Utara," p. 1, 2023. [Online]. Available: https://www.jatimnetwork.com/ragam/439787404/5-daerah-penghasil-nanas-terbesar-di-sumatera-utara-jangan-kaget-juaranya-bukan-humbang-hasundutan-tapi?utm_source=chatgpt.com
- [5] Ismail, "Siapa Sangka Ternyata Lampung Jadi Penguasa Nanas Tertinggi di Sumatera," *timenews*, p. 1, 2024. [Online]. Available: https://www.timenews.co.id/nasional/99514179669/siapa-sangka-ternyata-lampung-jadi-penguasa-nanas-tertinggi-di-sumatera?utm_source=chatgpt.com
- [6] V. K. Yadav, N. Verma, S. K. Kardam, and M. Pullela, "Pineapple Leaf Fiber in Polymer Composites: Structure, Characterization, and Applications," *Mater. Chem. Phys. Sustain. Energy*, p. 100011, 2025.
- [7] L. Ravindran, M. S. Sreekala, and S. Thomas, "Novel processing parameters for the extraction of cellulose nanofibres (CNF) from environmentally benign pineapple leaf fibres (PALF): Structure-property relationships," *Int. J. Biol. Macromol.*, vol. 131, pp. 858–870, 2019.
- [8] R. Jeyapragash, V. Srinivasan, and S. Sathiyamurthy, "Mechanical properties of natural fiber/particulate reinforced epoxy composites—A review of the literature," *Mater. Today Proc.*, vol. 22, pp. 1223–1227, 2020.
- [9] N. R. Nabilla, "UJI EFEKTIVITAS ANTIBAKTERI KOMBINASI EKOENZIM DAN EKSTRAK PANDAN WANGI (*Pandanus amaryllifolius*) TERHADAP DAYA HAMBAT *Staphylococcus epidermidis*." UIN RADEN INTAN LAMPUNG, 2024.
- [10] N. Herlina and E. Syafri, *Nanoselulosa Dari Tanaman Sembukan*. Deepublish, 2023.
- [11] A. S. Pramudiyanto, "PENGARUH VARIASI FRAKSI VOLUME SERAT ALAM TERHADAP KEKUATAN MEKANIK DAN KONDUKTIVITAS TERMAL KOMPOSIT RAMAH LINGKUNGAN BERBASIS RESIN EPOKSI," *TATAL*, vol. 3, no. 01, 2024.
- [12] K. Hibbert, G. Warner, C. Brown, O. Ajide, G. Owolabi, and A. Azimi, "The effects of build parameters and strain rate on the mechanical properties of FDM 3D-Printed acrylonitrile Butadiene Styrene," *Open J. Org. Polym. Mater.*, vol. 9, no. 1, pp. 1–27, 2019.
- [13] W. D. Callister Jr and D. G. Rethwisch, *Materials science and engineering: an introduction*. John wiley & sons, 2020.