

Analisis Sifat Kuat Tarik Komposit Serat Kulit Kayu Waru dan Fiber Glass Bermatrik Polyester

Sutrisno*, Zaidan Ridho Azzamul Aziz, Sudarno

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Merdeka Madiun, Indonesia

*Koresponden email: sutrisno@unmer-madiun.ac.id

Diterima: 8 Mei 2026

Disetujui: 20 Mei 2026

Abstract

The use of natural fibers in the development of composite materials continues to see significant progress as an alternative to synthetic fibers. Waru bark fiber (*Hibiscus tiliaceus*) is one such natural fiber that is abundant in Indonesia, yet its use remains limited to the handicraft industry and rope manufacturing. This study aims to analyze the contribution of waru bark fibers and fiberglass to the mechanical properties of composite materials, particularly tensile strength. The research method involved varying the volume fractions of waru bark fibers (0%–20%) and fiberglass (20%–0%) with a constant polyester resin matrix composition of 80%. Test specimens were fabricated using the hand lay-up method and tested in accordance with ASTM D 638-01. Test results showed that the highest tensile strength was obtained in variation A (20% fiberglass, 0% waru fiber) at 135.25 MPa, while the lowest tensile strength was found in variation E (0% fiberglass, 20% waru fiber) at 30.03 MPa. Although the tensile strength of waru bark fiber is not yet on par with fiberglass, the research results indicate that waru bark fiber has good potential as an alternative reinforcing material in composite applications with low to moderate loads, while also supporting the development of environmentally friendly and sustainable materials.

Keywords: : *composite material, waru bark fiber, fiberglass, tensile strength, hand lay-up*

Abstrak

Pemanfaatan serat alam dalam pengembangan material komposit terus mengalami perkembangan signifikan sebagai alternatif pengganti serat sintetis. Serat kulit kayu waru (*Hibiscus tiliaceus*) merupakan salah satu serat alam yang keberadaannya melimpah di Indonesia, namun pemanfaatannya masih terbatas pada industri kerajinan tangan dan pembuatan tali. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kontribusi serat kulit kayu waru dan fiberglass terhadap sifat mekanik material komposit, khususnya kekuatan tarik. Metode penelitian menggunakan variasi fraksi volume serat kulit kayu waru (0%–20%) dan fiberglass (20%–0%) dengan komposisi matriks resin poliester konstan sebesar 80%. Spesimen uji dibuat menggunakan metode hand lay-up dan diuji mengikuti standar ASTM D 638-01. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada variasi A (20% fiberglass, 0% serat waru) sebesar 135,25 MPa, sedangkan kekuatan tarik terendah ditemukan pada variasi E (0% fiberglass, 20% serat waru) sebesar 30,03 MPa. Meskipun kekuatan tarik serat kulit kayu waru belum setara dengan fiberglass, hasil penelitian menunjukkan bahwa serat kulit kayu waru memiliki potensi yang baik sebagai material penguat alternatif dalam aplikasi komposit dengan beban rendah hingga sedang, sekaligus mendukung pengembangan material ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Kata Kunci: : *material komposit, serat kulit kayu waru, fiberglass, kuat tarik, hand lay-up*

1. Pendahuluan

Dalam beberapa dekade terakhir, perkembangan material komposit telah mengalami kemajuan pesat seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan material yang kuat namun ringan untuk berbagai aplikasi industri, seperti otomotif, kedirgantaraan, dan konstruksi. Material komposit berbasis polimer, terutama yang menggunakan matriks polyester, menjadi pilihan populer karena kemudahan pengolahan dan biaya produksinya yang relatif rendah. Namun, tantangan dalam pengembangan komposit ini adalah menemukan kombinasi material penguat yang tepat untuk meningkatkan sifat mekaniknya [1]. Serat alam seperti serat rami, serat nanas, serat kenaf, serat jute, serat kapas dan serat batang pohon pisang, banyak digunakan untuk aplikasi interior otomotif [2], [3].

Serat alami, yang berasal dari tanaman, telah lama dikenal sebagai penguat potensial dalam komposit karena sifatnya yang ramah lingkungan, ringan, dan biodegradable. Salah satu serat alami yang menarik untuk dikaji adalah serat kulit kayu waru. Kulit kayu waru merupakan sumber serat yang melimpah di Indonesia, namun pemanfaatannya dalam industri komposit masih sangat terbatas. Serat kulit kayu waru

memiliki potensi untuk digunakan sebagai penguat dalam komposit, terutama dalam meningkatkan sifat mekanik seperti kekuatan tarik, tetapi penelitian mengenai hal ini masih minim [4]. Berbagai upaya untuk menjadikan serat menjadi lebih baik dan kuat juga banyak dilakukan oleh para peneliti, media yang digunakan juga bervariasi baik dari media alam maupun kimia [5], [6], [7].

Matriks polyester dipilih dalam penelitian ini karena sifatnya yang dapat berinteraksi baik dengan serat alam dan serat gelas, serta kemampuannya untuk menghasilkan komposit dengan kekuatan tarik yang cukup tinggi. Polyester juga merupakan material yang mudah diproses, memiliki stabilitas kimia yang baik, dan biaya produksinya yang relatif terjangkau [8], [9].

Komposit yang menggunakan serat kulit waru dan fiber glass dalam matriks polyester memiliki relevansi dengan upaya global untuk mengembangkan material yang lebih ramah lingkungan. Dalam konteks keberlanjutan, pemanfaatan serat alami yang melimpah dan biodegradable sangat penting untuk mengurangi ketergantungan pada bahan sintesis yang tidak dapat terurai dan berdampak negatif pada lingkungan. Dengan demikian, studi ini tidak hanya berkontribusi pada pengembangan ilmu material komposit, tetapi juga mendukung gerakan keberlanjutan dalam industri [10].

Serat sabut kelapa digunakan sebagai alternatif bahan campuran beton yang ekonomis dan ramah lingkungan. Tujuan dari penambahan sabut kelapa adalah untuk mengetahui pengaruhnya pada pengujian kuat tekan maupun kuat tarik belah beton beton SCC (Self Compacting Concrete) dengan persentase campuran 6%, 8%, dan 10%. Hasil pengujian kekuatan tarik beton normal senilai 6,29 MPa dimana dengan campuran serat sabut kelapa 6% mempunyai nilai 7,10 MPa mengalami kenaikan terhadap nilai beton normal sebesar 12,88 %, beton campuran serat sabut kelapa 8% dengan nilai 6,60 MPa naik 4,93 %, dan beton campuran sabut kelapa 10% dengan nilai 3,33 MPa turun 47,54% [11].

Pengembangan material komposit pada lingkungan produksi bersuhu tinggi. Pengembangan tersebut menggunakan serat alam dipadu dengan matriks/polyester. Pengujian dilakukan pada komposit berbasis serat karbon, aramid (sintetis), rami, dan jute (alam) dengan paparan suhu 80-150 °C selama 500 jam. Parameter yang diukur meliputi kekuatan tarik, modulus elastisitas, stabilitas dimensi, perubahan morfologi, dan serapan kelembaban. Hasil Penelitian menunjukkan komposit serat sintetis memiliki daya tahan superior dibandingkan serat alam. Komposit serat karbon mempertahankan 87% kekuatan tarik awal dengan penurunan modulus hanya 4,2%, sementara serat rami hanya mempertahankan 62% kekuatan dengan penurunan modulus 26%. Analisis mikroskopis mengungkapkan delaminasi signifikan pada komposit serat alam dengan *gap interface* 15-25 μm , dibandingkan 3-5 μm pada serat sintetis. Serat alam mengalami degradasi termal akibat dekomposisi lignin dan hemiselulosa, menyebabkan perubahan warna signifikan dan penyusutan dimensi 3,2%. Serapan kelembaban serat alam meningkat menjadi 8,5% pasca-paparan, mengindikasikan kerusakan struktur selular. Hasil Penelitian menyimpulkan bahwa komposit serat sintetis lebih cocok untuk aplikasi produksi bersuhu tinggi jangka panjang, namun serat alam tetap dapat dipertimbangkan untuk aplikasi suhu rendah dengan modifikasi kimia yang tepat [12].

Kekuatan material komposit dengan penguat serat alam, juga banyak dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain perbandingan antara serat dan matrik, juga dipengaruhi oleh kandungan serat alam tersebut (selulosa, hemiselulosa, dan lignin). Penelitian tentang material komposit dengan variasi serat dan matrik, juga berbagai perlakuan untuk memaksimalkan serat banyak dilakukan [6], [13]

Dengan melimpahnya serat kulit kayu waru yang tersedia di alam (khususnya tanah Jawa) [14], maka peneliti mencoba meneliti apakah serat alam tersebut dapat dimanfaatkan sebagai pengganti serat sintetis. Serat sintetis yang selama ini digunakan dalam industri mempunyai dampak yang tidak baik untuk lingkungan. Serat kulit kayu waru diambil dari kulit kayu waru, kulit waru diklelupas dari batang.



Gambar 1. a. Kayu waru, b. serat kulit kayu waru

Dengan melakukan pengujian yang komprehensif, diharapkan dapat diketahui sejauh mana kontribusi serat kulit waru dan fiber glass dalam meningkatkan kekuatan tarik komposit ini. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi potensi aplikasi dari komposit tersebut dalam industri, terutama dalam konteks pengembangan material yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini pembuatan spesimen dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Merdeka Madiun Jl. Serayu No 79 Madiun 63131. Adapun alat dan bahan penelitian yang digunakan untuk mendapatkan data pada penelitian ini.

Alat dan bahan yang digunakan antara lain :

Alat :

- Cetakan kaca,
- Timbangan digital,
- Kuas,
- Plastik mika,
- Gerinda tangan,
- Mesin uji tarik,
- Alat bantu lain : pisau, kikir, penggaris, spidol, amplas dan sarung tangan.

Bahan :

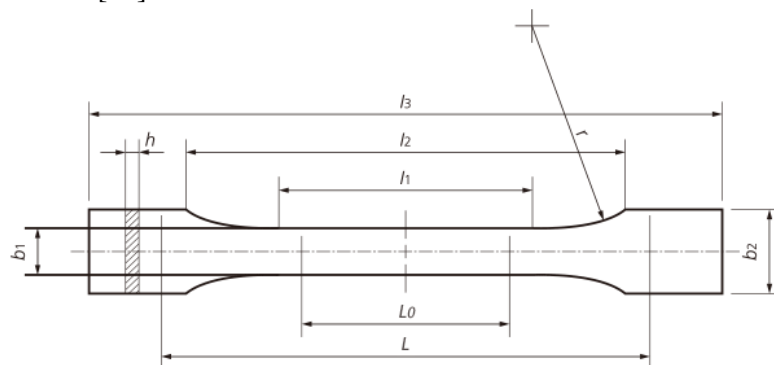
- Serat kulit waru,
- Fiber glass,
- Resin polyester,
- Katalis,
- Miror glaze/wax.

Variabel spesimen

Tabel 1. Komposisi varisai komposit

Nama Variasi	Serat kulit waru (%)	Fiber glass (%)	Resin Polyester (%)
A	0	20	80
B	5	15	80
C	10	10	80
D	15	5	80
E	20	0	80

Spesimen uji tarik ASTM [15]



Gambar 2. Spesimen uji tarik

Keterangan Gambar :

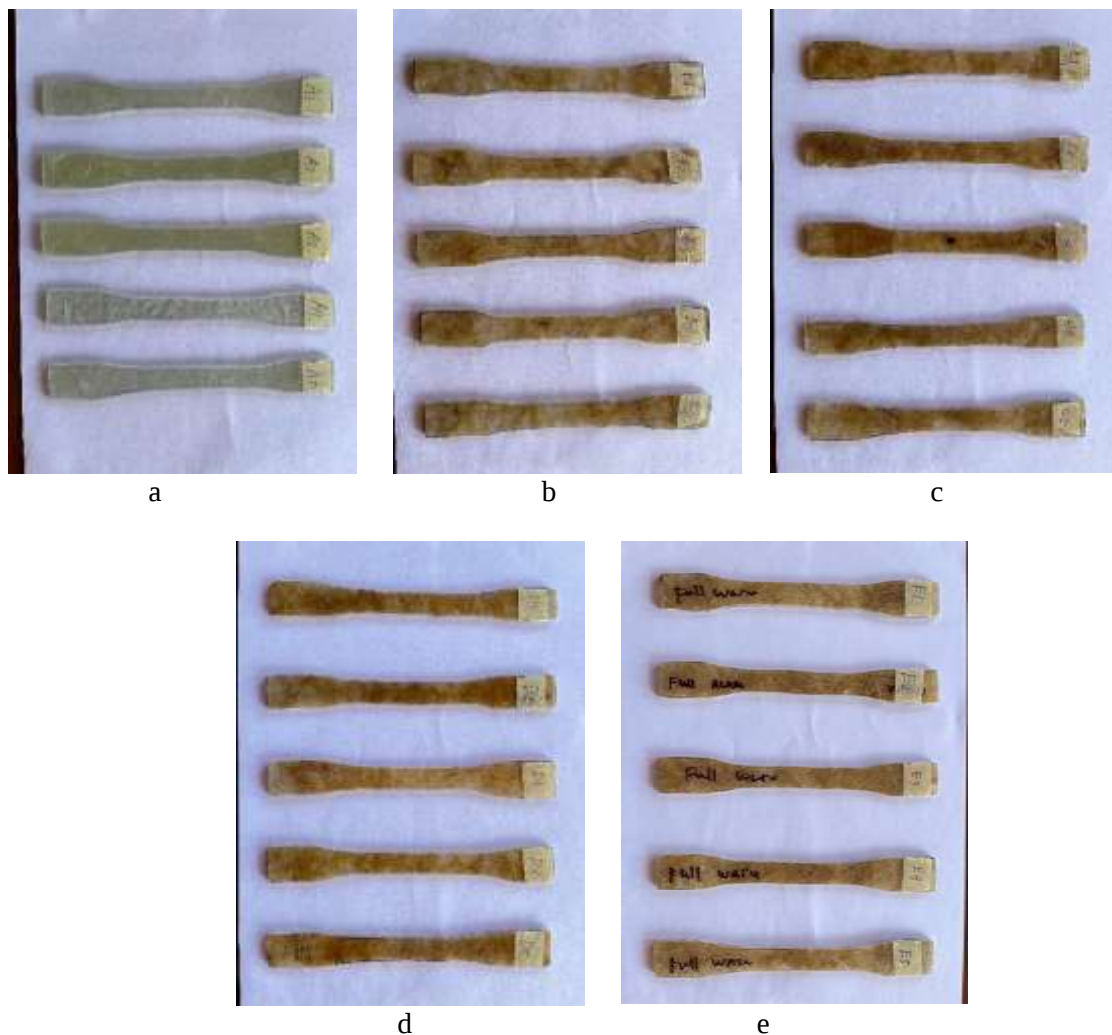
- Lo : Panjang bagian spesimen yang diukur perubahan panjangnya
- L : Jarak antar pencekam
- h : Tebal spesimen
- b1 : Lebar spesimen
- b2 : Lebar spesimen yang di cekam
- L3 : Panjang keseluruhan spesimen

Langkah-langkah pengujian :

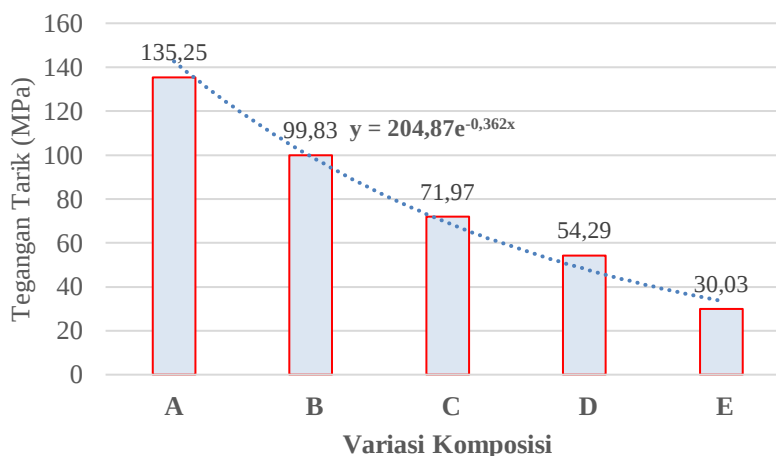
- Ukur Panjang spesimen uji dan beri garis batas uji pada spesimen sebelum di uji.
- Siapkan mesin uji tarik yang akan digunakan.
- Masukkan dan setting pada monitor computer yang sudah terpasang.
- Pasang spesimen tarik pada jig dan pastikan terjepit dengan benar.
- Pasang pada mesin uji tarik
- Jalankan mesin uji tarik
- Setelah spesimen patah, catat gaya tarik maksimum dan pertambahan panjangnya.
- Ambil hasil rekaman mesin pada printer dari proses penarikan.

3. Hasil dan Pembahasan

Spesimen uji tarik diuji kekuatannya dengan diuji tarik dengan menggunakan alat ujitarik. Spesimen uji tarik ditunjukkan pada **Gambar 3**. Hasil pengujian kuat tarik komposit serat kulit waru dan fiber glass bermatrik resin polyester didapatkan data tegangan tarik sebagai berikut. Hasil pengujian menunjukkan bahwa spesimen komposit mendapat nilai tertinggi variasai A dengan nilai 135,25 MPa dan spesimen komposit mendapat nilai terendah pada variasi E dengan nilai 30,03 MPa.



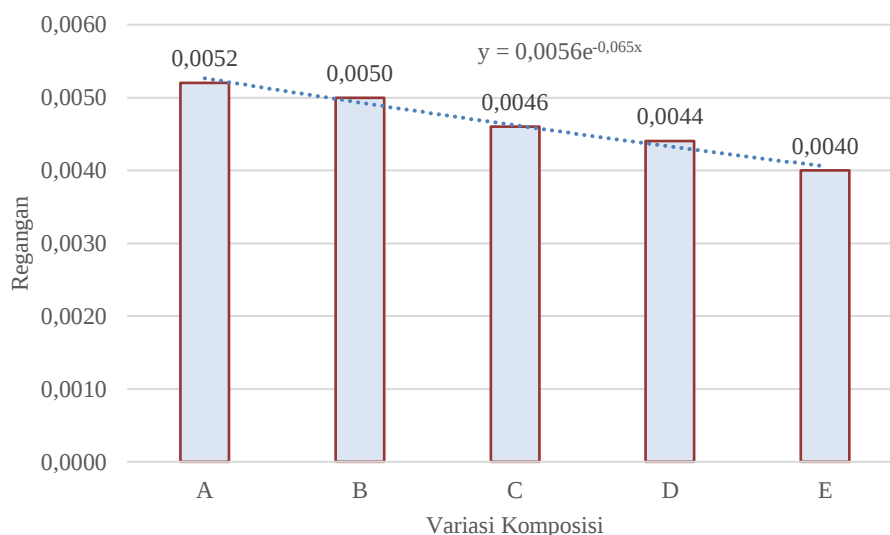
Gambar 3. Spesimen uji tarik : Serat kulit waru : fiberglass a (0% : 20%), b (5%:15%), c (10% : 20%), d (15% : 5%), e (20 %: 0%)



Gambar 4. Hasil pengujian tarik

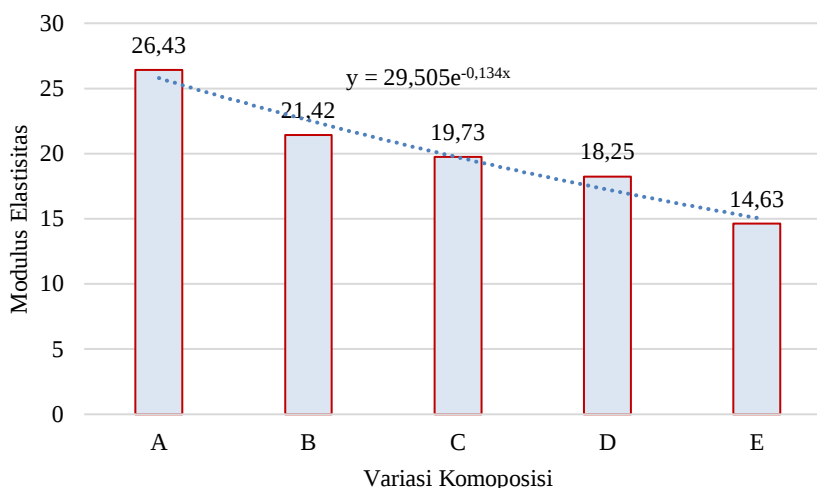
Hal ini dikarenakan kekuatan tegangan fiber glass lebih besar dari pada serat kulit kayu waru, sehingga semakin besar persentase penambahan serat tebu disetiap variasi mengurangi kekuatan tarik. Pernyataan ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh yang menyatakan bahwa nilai kekuatan tarik fiber glass memiliki nilai yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan komposit serat alam [16]. Meskipun nilai uji tarik serat kulit waru lebih rendah daripada fiberglass, serat kulit waru memiliki beberapa keunggulan lain, yaitu ketersediaan bahan baku yang mudah didapat, biaya produksi yang lebih rendah, dan dampak lingkungan yang lebih kecil dibandingkan fiberglass yang merupakan serat sintetis.

Pada **Gambar 5** menunjukkan bahwa nilai regangan spesimen komposit variasi A dengan nilai 0,0052 dan spesimen komposit mendapat nilai terkecil variasi E dengan nilai 0,004. Hal ini menunjukkan bahwa kontribusi serat kulit waru memberi nilai yang baik. Penurunan nilai regangan dari variasi A ke Variasi E, tidak terlalu drastis, artinya bahwa serat kulit kayu waru mempunyai sifat yang meyerupai fiber glass.



Gambar 5. Hasil pengujian regangan

Kekakuan material tentunya ditentukan oleh material penyusun. Material komposit yang unsur penyusun utama yaitu polyester, serat glass, dan serat waru. Serat waru mempunyai dampak yang baik untuk menjadikan material mejadi lebih ulet dan kaku. **Gambar 6** menunjukkan bahwa nilai modulus elastisitas tertinggi variasai A dengan nilai 26,43 MPa dan spesimen komposit mendapat nilai terkecil variasi B dengan nilai 14,63 MPa. Walaupun nilai modulus elastisitas terjadi pada variasi A, namun serat kulit kayu waru menambah atau memberi kontribusi yang baik.



Gambar 6. Modulus Elastisitas

Hal ini dikarenakan modulus elastisitas fiber glass lebih besar dari pada serat kulit waru, sehingga semakin besar persentase penambahan serat kulit waru disetiap variasi mengurangi modulus elastisitas. Semakin tinggi tegangan dan semakin rendah regangan suatu material komposit maka menghasilkan modulus elastisitas yang tinggi, begitu pula sebaliknya.

4. Kesimpulan

Semakin besar persentase serat kulit waru, maka semakin kecil juga nilai kekuatan tarik komposit dengan matriks polyester. Meskipun nilai uji tarik serat kulit waru lebih rendah daripada fiberglass, serat kulit waru memiliki beberapa keunggulan lain, yaitu ketersediaan bahan baku yang mudah didapat, biaya produksi yang lebih rendah, dan dampak lingkungan yang lebih kecil dibandingkan fiberglass yang merupakan serat sintetis. Semakin besar persentase fiber glass, maka semakin besar pula nilai kekuatan tarik komposit dengan matriks polyester. Nilai tegangan tarik tertinggi 135,25 MPa dan spesimen komposit mendapat nilai terendah 30,03 MPa, nilai regangan maksimal 0,0052 dan terkecil 0,004, dan modulus elastisitas 26,43 MPa dan terendah 14,63 MPa. Walaupun demikian serat kulit kayu waru memberikan kontribusi yang tidak jauh berbeda dengan fiber glass. Selain itu serat kulit waru merupakan serat alam yang dapat diperbaharui dan ketersediaannya cukup melimpah.

5. Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Merdeka Madiun atas pembinaan dan bantuan pembiayaan dalam penelitian ini, sehingga penulis dapat menulis hasil penelitian.

6. Daftar Pustaka

- [1] Setiawan, Adhi, et al. "Pengaruh treatment alkali terhadap karakteristik fiber sabut kelapa sawit dan pelepah pisang sebagai bahan komposit polimer." *Journal of Research and Technology* 5.2 (2019): 117-128.
- [2] V. Yadav, S. Singh, N. Chaudhary, M. Pal, S. Sharma, and A. Kumar, "Dry sliding wear characteristics of natural fibre reinforced poly-lactic acid composites for engineering applications : Fabrication , properties and characterizations," *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 23, pp. 1189–1203, 2023, doi: 10.1016/j.jmrt.2023.01.006.
- [3] A. Rodriguez-uribe, N. Harder, M. Misra, and A. K. Mohanty, "Composites Part C : Open Access Biocomposites from poly (butylene succinate-co-butylene adipate) biodegradable plastic and hop natural fiber : Studies on the effect of compatibilizer on performance of the composites m," *Compos. Part C Open Access*, vol. 12, no. October, p. 100408, 2023, doi: 10.1016/j.jcomc.2023.100408.
- [4] R. D. Widodo, F. A. N. Susetyo, R. Rusiyanto, K. Kriswanto, and F. B. Darsono, "Kekuatan Tarik Dan Bending Komposit Berpenguat Serat Arengga Pinnata Bermatriks Epoksi Berbasis Fraksi Volume Dan Orientasi Serat," *Media Mesin Maj. Tek. Mesin*, vol. 23, no. 1, pp. 1–12, 2022, doi: 10.23917/mesin.v23i1.15791.

- [5] S. Sutrisno, R. Soenoko, Y. S. Irawan, and T. D. Widodo, "Effect of Coconut Fiber Treatment With Limestone Water Media on the Fiber Surface, Wettability, and Interface Shear Strength," *Eastern-European J. Enterp. Technol.*, vol. 1, pp. 48–56, 2021, doi: 10.15587/1729-4061.2021.217730.
- [6] P. Yamini, S. Rokkala, S. Rishika, P. M. Rani, and R. A. Kumar, "Materials Today : Proceedings Mechanical properties of natural fiber reinforced composite structure," *Mater. Today Proc.*, no. xxxx, 2023, doi: 10.1016/j.matpr.2023.04.547.
- [7] S. Babu *et al.*, "Materials Today : Proceedings Investigation into the mechanical characteristics of natural fiber- reinforced polymer composites : Effects of flax and e-glass reinforcement and stacking configuration," *Mater. Today Proc.*, no. xxxx, 2023, doi: 10.1016/j.matpr.2023.07.020.
- [8] Elfaleh, Issam, et al. "A comprehensive review of natural fibers and their composites: An eco-friendly alternative to conventional materials." *Results in engineering* 19 (2023): 101271.
- [9] Tjahjanti, Prantasi Harmi. "Buku ajar pengetahuan bahan teknik." *Umsida Press* (2019): 1-119.
- [10] A. Fadhillah, S. Setiyabudi, and A. Purnowidodo, "Karakteristik Komposit Serat Kulit Pohon Waru (*Hibiscus Tiliaceus*) Berdasarkan Jenis Resin Sintetis terhadap Kekuatan Tarik dan Patahan Komposit," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 8, no. 2, pp. 101–108, 2017, doi: 10.21776/ub.jrm.2017.008.02.7.
- [11] S. Permana and Y. F. Shaffan, "Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa Pada Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton Self Compacting Concrete," *J. Konstr.*, vol. 23, no. 2, pp. 587–594, 2025, doi: 10.33364/konstruksi/v.23-2.1535.
- [12] S. N. N. Sabikah, M. Irfan Syahputra, and Lindi Cistia Praba, "Analisis Perbandingan Daya Tahan Komposit Serat Alam dan Serat Sintetis pada Lingkungan Produksi Bersuhu Tinggi," *Jurnal Ris. Rumpun Ilmu Tek.*, vol. 5, no. 1, pp. 455–463, 2026, doi: 10.55606/jurritek.v5i1.7559.
- [13] M. Arif *et al.*, "Materials Today : Proceedings Effect of fibre volume on the natural frequencies of laminated composite plate," *Mater. Today Proc.*, vol. 75, pp. 133–139, 2023, doi: 10.1016/j.matpr.2022.10.245.
- [14] Hasrul, Hasrul. *Analisis Produksi Kopi Melalui Sistem Agroforestry di Desa Basseang Kabupaten Pinrang*. Diss. IAIN Parepare, 2025.
- [15] ASTM Subcommittee D20. 10 on Mechanical Properties. "Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics." American Society for Testing and Materials, 1998.
- [16] Waskitho, Wicaksono Aji, and Sukamto Sukamto. "Analisis Kekuatan Komposit Serat Tebu Terhadap Uji Tarik Dan Uji Impak." *Jurnal Mekanika dan Sistem Termal* 4.1 (2021): 13-18.