

PENGARUH RASIO SERAT DAN FRAKSI VOLUME TERHADAP KINERJA KOMPOSIT SERAT BAMBU–KAPAS

Arif Rochman Fachrudin¹, Fina Andika Frida Astuti^{2*}, Mira Esculenta Martawati³,
Achmad Walid⁴, Khambali⁵

¹⁻⁵Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang

¹arifrochman.f@polinema.ac.id,

*Corresponding Autor: ²fina.andika@polinema.ac.id

ABSTRACT

Natural fiber-based composites are increasingly investigated as environmentally friendly alternative materials. Bamboo fiber is known for its favorable stress distribution due to its natural structure, while cotton fiber contributes to improved stiffness and fiber–matrix bonding. This study aims to evaluate the effect of volume fraction and the combination ratio of bamboo–cotton fibers on the compressive strength of composites. The fiber volume fractions used were 30%, 40%, 50%, and 60%, with combination ratios of 1:1, 1:2, and 2:1. Fabrication was carried out using the vacuum bag method to enhance homogeneity and minimize voids. Compressive testing was conducted according to ASTM D695 standards. The results indicate that increasing fiber volume fraction contributes to higher compressive strength, with a maximum value of 12.8578 MPa at a resin volume fraction of 50% and a bamboo-to-cotton ratio of 1:2. Bamboo fibers provided a dominant contribution to compressive strength, while cotton fibers enhanced stiffness and improved matrix bonding quality.

Keywords: Composite, Bamboo Fiber , Cotton Fiber, Vacuum Bag

ABSTRAK

Komposit berbasis serat alam semakin banyak diteliti sebagai material alternatif ramah lingkungan. Serat bambu dikenal memiliki distribusi tegangan yang baik karena struktur alaminya, sedangkan serat kapas berperan meningkatkan kekakuan serta ikatan antara serat dan matriks. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh fraksi volume dan rasio kombinasi serat bambu–kapas terhadap kekuatan tekan komposit. Variasi fraksi volume serat yang digunakan adalah 30%, 40%, 50%, dan 60%, dengan rasio kombinasi 1:1, 1:2, dan 2:1. Proses fabrikasi dilakukan menggunakan metode vacuum bag untuk meningkatkan homogenitas dan meminimalkan void. Pengujian tekan mengacu pada standar ASTM D695. Hasil menunjukkan peningkatan fraksi volume serat berkontribusi terhadap kenaikan kekuatan tekan, dengan nilai maksimum 12,8578 MPa pada fraksi volume resin 50% dan rasio bambu 1 : kapas 2. Serat bambu memberikan kontribusi dominan pada kekuatan tekan, sedangkan serat kapas meningkatkan kekakuan serta kualitas ikatan matriks.

Kata Kunci: Komposit, Serat Bambu, Serat Kapas, *Vacuum Bag*.

A. Pendahuluan

Komposit merupakan material rekayasa yang tersusun dari dua atau lebih fase berbeda, yaitu matriks dan penguat, yang digabungkan untuk menghasilkan sifat mekanik maupun fungsional yang lebih baik dibandingkan material tunggal. Perkembangan teknologi komposit telah banyak diaplikasikan pada bidang konstruksi, otomotif, hingga industri pesawat terbang karena keunggulannya dalam hal kekuatan spesifik, ketahanan, dan fleksibilitas desain.

Dalam beberapa dekade terakhir, komposit berbasis serat alam menjadi perhatian utama karena sifatnya yang ramah lingkungan, ringan, serta biaya produksi yang relatif rendah. Serat alam seperti bambu, kapas, rami, dan kenaf telah digunakan sebagai alternatif penguat komposit untuk menggantikan serat sintetis, dengan tujuan mengurangi dampak lingkungan sekaligus meningkatkan keberlanjutan material. Serat alami mempunyai sifat ringan, kemampuan terbarukan, kemampuan terurai secara biologis, rendah biaya, energi pembuatan yang rendah, ketersediaan yang melimpah,

kekuatan yang tinggi, dan elastisitas modulus yang tinggi (Chin et al., 2020).

Di antara berbagai jenis serat alam, bambu banyak mendapat perhatian peneliti karena ketersediaannya yang melimpah di Asia, Asia Tengah, dan Amerika Selatan. Namun, di sebagian besar negara Asia, bambu belum sepenuhnya dianggap sebagai material teknik alami (Chin et al., 2020; Muhammad et al., 2018). Di Indonesia, bambu tumbuh dengan baik tanpa memerlukan perawatan khusus (Muhammad et al., 2018; Rochim et al., 2020).

Secara kimia, bambu mengandung sekitar 60% selulosa dan 32% lignin. Kandungan selulosa sepanjang ruas batang memberikan kekuatan tarik dan kekakuan yang tinggi, sementara ketiadaan lingkaran cincin seperti pada kayu menyebabkan distribusi tegangan lebih merata pada ruas-ruas bambu (Yap Thai Ming et al., 2017). Meski demikian, dibandingkan serat alam lain, bambu tergolong rapuh (Muhammad et al., 2018; Shankara Reddy et al., 2022). Bagian luar dan dalam bambu bersifat hidrofobik

karena adanya lapisan lilin dan silika yang berfungsi melindungi batang dari kekeringan dan serangan patogen (Nkeuwa et al., 2022). Dalam hal penyerapan air, serat bambu menyerap lebih sedikit dibandingkan serat alam lainnya (Hasan et al., 2023).

Kemampuan serat dalam menyerap resin merupakan faktor penting dalam pembentukan komposit. Oleh karena itu, serat kapas ditambahkan sebagai penguat tambahan. Serat kapas yang berasal dari famili Malvaceae mengandung hingga 90% selulosa dan memiliki sifat viskoelastik (Mahjoub et al., 2018). Struktur serat kapas berbentuk lonjong dan berongga dengan lumen di bagian dalam, menyerupai pipa terpilin. Bentuk ini membuat serat kapas bersifat fleksibel sekaligus hidrofilik, sehingga mampu menyerap air hingga 27 kali berat seratnya (Mulyawan et al., 2015; Shanaz Inaray, 2017).

Dari segi kekuatan, komposisi serat kapas yang tinggi dalam komposit dapat meningkatkan kekakuan. Dibandingkan serat sintetis, serat kapas memiliki densitas rendah namun kekuatan tarik lebih

baik, yang dipengaruhi oleh struktur selulosa kristal yang teratur (Abidnejad et al., 2025; Rahman et al., 2022). Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa kemampuan serat kapas dalam menyerap resin sangat tinggi, sehingga memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan kekuatan tekan komposit (Jamshaid et al., 2021).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini difokuskan untuk mengevaluasi pengaruh fraksi volume dan rasio kombinasi serat bambu–kapas terhadap kekuatan tekan komposit. Variasi fraksi volume dan rasio serat diharapkan mampu memberikan gambaran komprehensif mengenai kontribusi masing-masing serat terhadap sifat mekanik komposit. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memperkaya literatur mengenai komposit berbasis serat alam serta menjadi referensi dalam pengembangan material alternatif yang berkelanjutan.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental untuk mengetahui hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat yang

berkaitan dengan sifat mekanik komposit. Variabel bebas terdiri atas dua faktor, yaitu fraksi volume resin terhadap serat (60%, 50%, 40%) serta rasio kombinasi serat bambu–kapas (1:1, 1:2, 2:1).

Bahan yang digunakan meliputi resin polyester SHCP 269 BQTN sebagai matriks, katalis MEKP, serat bambu, serat kapas, wax, larutan aquadest, dan larutan NaOH 5%. Proses awal dilakukan dengan menyiapkan serat bambu melalui pemotongan batang yang menyisakan bagian node, kemudian lapisan luar dan dalam dibuang hingga tersisa bagian tengah. Serat bambu ditumbuk menggunakan palu, direndam dalam larutan NaOH 5% selama dua jam, lalu dibilas dengan aquadest hingga bersih. Serat kapas diproses dengan cara direndam dalam larutan NaOH 5% selama dua jam dan dibilas dengan aquadest. Serat bambu ditunjukkan pada Gambar 1 dan serat kapas ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Serat Bambu



Gambar 2. Serat kapas

Pembuatan spesimen dilakukan dengan memotong serat bambu dan kapas sesuai ukuran cetakan dengan orientasi horizontal. Serat kapas diletakkan terlebih dahulu di dasar cetakan, kemudian diikuti oleh serat bambu. Cetakan dimasukkan ke dalam plastik vacuum bag, lalu resin dan katalis dicampur dengan rasio 100:1 (resin : katalis) dan dituangkan ke dalam cetakan sesuai fraksi volume. Setelah didiamkan selama 10 menit agar resin terserap sempurna, vacuum bag ditutup menggunakan zipper dan udara dipompa keluar hingga permukaan cetakan merata.

Pembuatan komposit dilakukan dengan mengatur fraksi volume resin–serat serta rasio kombinasi serat bambu–kapas. Variasi fraksi volume yang digunakan adalah:

- 60% resin : 40% serat
- 50% resin : 50% serat
- 40% resin : 60% serat

Pada setiap variasi fraksi volume tersebut, serat bambu dan kapas dikombinasikan dengan rasio:

- 1:1 (bambu : kapas)
- 1:2 (bambu : kapas)
- 2:1 (bambu : kapas)

Spesimen yang telah mengeras kemudian dipotong sesuai ASTM D695 untuk uji tekan (Sumathy Raj et al., 2021). Pengujian tekan dilakukan menggunakan alat uji tekan Tarnogrocki, sehingga diperoleh data kekuatan tekan maksimum dari setiap variasi fraksi volume dan rasio kombinasi serat. Spesimen uji tekan ditunjukkan pada Gambar 3 dan alat uji tekan Tarnogrocki ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 3 Spesimen Uji Tekan



Gambar 4. Alat uji tekan Tarnogrocki

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

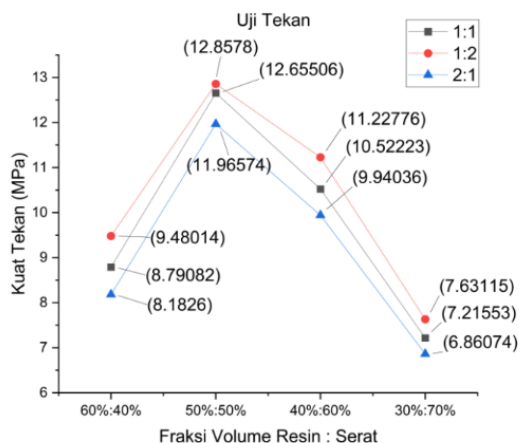
Hasil pengujian kekuatan tekan komposit Serat Bambu-kapas pada berbagai variasi fraksi volume dan rasio kombinasi serat bambu–kapas menunjukkan adanya perbedaan nilai kekuatan tekan pada setiap spesimen yang diuji. Perbedaan tersebut mengindikasikan bahwa komposisi serat berpengaruh terhadap kemampuan komposit dalam menahan beban tekan. Data hasil pengujian kekuatan tekan disajikan pada Tabel 1 dan divisualisasikan dalam Gambar 5.

Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa nilai kekuatan tekan komposit mengalami perubahan pada setiap variasi fraksi volume dan rasio kombinasi serat. Untuk mempermudah analisis tren perubahan tersebut, data hasil pengujian kemudian disajikan dalam bentuk grafik sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.

Tabel 1 Hasil Uji Tekan

Fraksi Volume Resin : Serat	Perbandingan Massa Serat Bambu : Serat Kapas	Kekuatan tekan (MPa)
60 % : 40%	1:1	8.790823982
	1:2	9.48014136
	2:1	8.182602765
50%:50%	1:1	12.6550561
	1:2	12.85779652
	2:1	11.96573873
40%:60%	1:1	10.52222704
	2:1	11.22776366
	1:2	9.940362081

Pengaruh Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Tekan



Gambar 5 Hubungan Fraksi Volume Resin-Serat terhadap Kekuatan Tekan

Gambar 5 menunjukkan bahwa peningkatan fraksi serat cenderung meningkatkan kekuatan tekan komposit, dengan nilai maksimum sebesar 12,857 MPa. Peningkatan ini menunjukkan bahwa penambahan serat mampu memperbaiki distribusi beban pada material sehingga

kemampuan komposit dalam menahan beban tekan menjadi lebih baik. Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Gong (Gong et al., 2024) yang menyatakan bahwa peningkatan fraksi serat dapat meningkatkan ketahanan komposit terhadap beban tekan. Sebaliknya, Karthik (2023) melaporkan bahwa penurunan kandungan serat mengurangi efektivitas transfer beban dari matriks ke serat sehingga menurunkan sifat mekanik komposit.

Kekuatan tekan yang lebih tinggi juga dipengaruhi oleh karakteristik serat bambu yang memiliki kekakuan alami dan mampu berperan sebagai elemen penguat utama dalam komposit (Chin et al., 2020). Menurut (Qiao et al., 2022), transfer beban yang efektif dari matriks ke serat terjadi melalui ikatan antarmuka yang

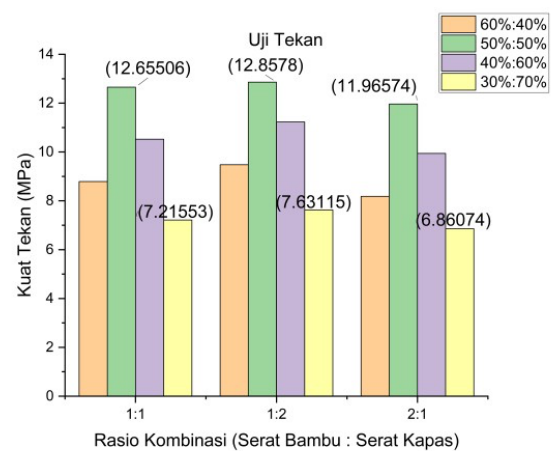
baik, sehingga serat dapat menahan sebagian besar beban yang bekerja, sementara matriks berfungsi menjaga orientasi dan kestabilan serat. Selain itu, interaksi serat dan matriks yang optimal dapat meningkatkan ketangguhan material serta menghambat propagasi retak (Shetty et al., 2024). Peningkatan fraksi serat juga berkontribusi terhadap kemampuan disipasi energi yang lebih baik, sehingga mendukung peningkatan sifat mekanik komposit (Chandrasekaran et al., 2022).

Namun, pada kondisi tertentu, peningkatan fraksi serat yang terlalu tinggi dapat menyebabkan berkurangnya jumlah resin yang tersedia untuk membasahi serat secara sempurna. Kondisi ini berpotensi menimbulkan void dan ketidakhomogenan struktur komposit yang pada akhirnya dapat menurunkan kekuatan mekaniknya.

Pengaruh Rasio Kombinasi Serat Terhadap Kekuatan Tekan

Untuk Rasio kombinasi serat bambu dan kapas merupakan salah satu faktor yang memengaruhi kemampuan komposit dalam menahan beban tekan. Perbedaan proporsi kedua jenis serat dapat

menghasilkan karakteristik mekanik yang berbeda karena masing-masing serat memiliki sifat dan kontribusi penguatan yang berbeda. Hubungan antara rasio kombinasi serat bambu– kapas dan kekuatan tekan komposit ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Hubungan Kombinasi (Serat bambu dan Serat Kapas) terhadap Kekuatan Tekan Komposit

Gambar 6 menunjukkan bahwa peningkatan proporsi serat kapas pada rasio kombinasi tertentu menghasilkan nilai kekuatan tekan yang lebih tinggi dibandingkan komposisi yang didominasi serat bambu. Kondisi ini mengindikasikan bahwa serat kapas memberikan kontribusi yang lebih besar terhadap peningkatan kekuatan tekan komposit. Karakteristik tersebut berkaitan dengan sifat hidrofilik dan struktur lumen serat kapas yang

memungkinkan resin terdistribusi dan terikat lebih merata pada permukaan serat (Prabhu et al., 2022; Mulyawan et al., 2015). Distribusi resin yang lebih baik menghasilkan ikatan antarmuka serat-matriks yang lebih kuat sehingga meningkatkan kemampuan komposit dalam menahan beban tekan.

Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Chandrasekaran et al. (2022) yang melaporkan bahwa penambahan serat kapas mampu meningkatkan kekuatan tekan komposit. Selain itu, Abidnejad et al. (2025) menyatakan bahwa tingginya tingkat kristalinitas selulosa pada serat kapas berkontribusi terhadap peningkatan kekakuan dan ketahanan mekanik komposit. Sebaliknya, komposit dengan proporsi serat bambu yang lebih tinggi cenderung menunjukkan penurunan kekuatan tekan. Fenomena ini diduga disebabkan oleh rendahnya kemampuan serat bambu dalam berinteraksi dengan matriks, sehingga proses impregnasi resin menjadi kurang optimal (Hasan et al., 2023). Muhammad et al. (2018) juga menjelaskan bahwa karakteristik permukaan serat bambu yang relatif

hidrofobik dapat menghambat pembentukan ikatan antarmuka yang kuat antara serat dan matriks, sehingga efektivitas transfer beban menurun dan berdampak pada penurunan kekuatan tekan komposit.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa variasi fraksi volume dan rasio kombinasi serat bambu–kapas berpengaruh terhadap kekuatan tekan komposit. Nilai kekuatan tekan tertinggi sebesar 12,8578 MPa diperoleh pada komposit dengan fraksi serat 50% dan rasio serat bambu:kapas sebesar 1:2. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan proporsi serat kapas memberikan kontribusi yang lebih baik terhadap kemampuan komposit dalam menahan beban tekan dibandingkan komposisi yang didominasi serat bambu.

Secara keseluruhan, kombinasi fraksi volume dan rasio serat yang tepat berperan penting dalam meningkatkan performa mekanik komposit. Pada penelitian ini, komposisi dengan fraksi serat 50% dan rasio serat bambu:kapas 1:2 merupakan kombinasi yang

menghasilkan kekuatan tekan optimum. Hasil tersebut menunjukkan bahwa komposit hibrida serat bambu– kapas berpotensi dikembangkan sebagai material alternatif yang ramah lingkungan untuk aplikasi yang memerlukan ketahanan terhadap beban tekan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidnejad, R., Baniasadi, H., Fazeli, M., Lipponen, S., Kontturi, E., Rojas, O. J., & Mattos, B. D. (2025). High-Fiber Content Composites Produced From Mixed Textile Waste: Balancing Cotton and Polyester Fibers for Improved Composite Performance. *International Journal of Biological Macromolecules*, 292. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.139227>
- Aruchamy, K., Pavayee Subramani, S., Palaniappan, S. K., Sethuraman, B., & Velu Kaliyannan, G. (2020). Study on Mechanical Characteristics of Woven Cotton/Bamboo Hybrid Reinforced Composite Laminates. *Journal of Materials Research and Technology*, 9(1), 718–726. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2019.11.013>
- Chandrasekaran, K., Shanmugam, P., & Senthilkumar, P. (2022). Mechanical and Thermal Properties of Cotton-Bamboo Fabric/Glass Fiber Epoxy Composites. *Polimery/Polymers*, 67(11–12), 567–574. <https://doi.org/10.14314/polimery.2022.11.4>
- Chin, S. C., Tee, K. F., Tong, F. S., Ong, H. R., & Gimbut, J. (2020). Thermal and Mechanical Properties of Bamboo Fiber Reinforced Composites. *Materials Today Communications*, 23. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2019.100876>
- Erwin, M., Sya'roni, H., & Ningsih, T. H. (2021). Pengaruh Fraksi Volume Komposit Bambu Terhadap Kekuatan Tekan Dengan Metode Hand Lay-up dan Vacuum Bag. *JTM*, 9(3), 69– 74.
- Fiberglass (A/Asia) Sales Pty Ltd. (2021). Polyester Laminating Resin.
- FRP Services & Company. (2021). General Purpose Polyester Laminating Resin Extra Low Styrene Emission. www.frp-services.com
- Gong, J., Saeed, N., Huang, X., Tian, W., Li, L., & Song, J. (2024). Influences of Fiber Volume Content on the Mechanical Properties of 2D Plain Carbon-Fiber Woven Composite Materials. *Polymers*, 16(1). <https://doi.org/10.3390/polym16010108>
- Hasan, K. M. F., Hasan, K. N. Al, Ahmed, T., György, S. T., Pervez, M. N., Bejő, L., Sándor, B., & Alpár, T. (2023). Sustainable Bamboo Fiber Reinforced Polymeric Composites for Structural Applications: A mini Review of Recent Advances and Future

- Prospects. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering, 8. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2023.100362>
- Jamshaid, H., Mishra, R., Zeeshan, M., Zahid, B., Basra, S. A., Tichy, M., & Muller, M. (2021). Mechanical performance of knitted hollow composites from recycled cotton and glass fibers for packaging applications. *Polymers*, 13(14). <https://doi.org/10.3390/polym13142381>
- Kaleg S, Budiman A.C, Hapid A, Muharam A, Sudirja, Ariawan D, & Diharjo K. (2022). View of Evaluations of Aluminum Tri-Hydroxide and Pristine Montmorillonite in Glass Fiber Reinforced Polymer for Vehicle Components. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering (IJAME)*, 19(1), 9379–9390.
- Karthik, A., James D, J. D., Vijayan, V., Ahmad, Z., Rajkumar, S., Sharma, S., Sharma, K. P., Singh, R., Li, C., & Eldin, S. M. (2023). Study on the physicomechanical, fracture- deformation, interface-adhesion, and water-absorption properties of twill fabric cotton-bamboo/epoxy composites. *Journal of Materials Research and Technology*, 24, 8429– 8442. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.05.102>
- Mahjoub, W., Harzallah, O., Gourlot, J. P., & Drean, J. Y. (n.d.). Single and bundle cotton fibers testing; Friction component. In 18 th AUTEX World Textile Conference.
- Muhammad, A., Rahman, M. R., Hamdan, S., & Sanaullah, K. (2018). Recent Developments in Bamboo Fiber-Based Composites: A Review. In *Polymer Bulletin* (Vol. 76, Issue 5). Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/s00289-018-2493-9>
- Mulyawan, A. S., Sana, A. W., & Kaelani Balai, Z. (2015). Identifikasi Sifat Fisik dan Sifat Termal Serat-Serat Selulosa Untuk Pembuatan Komposit. *Arena Tekstil*, 30(2), 75–82.
- Nkeuwa, W. N., Zhang, J., Semple, K. E., Chen, M., Xia, Y., & Dai, C. (2022). Bamboo-Based Composites: A Review on Fundamentals and Processes of Bamboo Bonding. *Composites Part B: Engineering*, 235. <https://doi.org/10.1016/j.composite.sb.2022.109776>
- Olodu, D. D., & Ihenyen, O. (2021). Fibre Volume Fraction and Impact Strength Analysis of Reinforced Polyester Composites. *European Mechanical Science*, 5(2), 80–85. <https://doi.org/10.26701/ems.850970>
- Prabhu, P., Karthikeyan, B., Vannan, R. R. R. M., & Balaji, A. (2022). Mechanical, Thermal and Morphological Analysis of Hybrid Natural and Glass Fiber-Reinforced Hybrid Resin Nanocomposites. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 14(4), 4941–4955. <https://doi.org/10.1007/s13399-022-02632-9>

- Qiao, J., Zhang, Q., Wu, C., Wu, G., & Li, L. (2022). Effects of Fiber Volume Fraction and Length on the Mechanical Properties of Milled Glass Fiber/Polyurea Composites. *Polymers*, 14(15). <https://doi.org/10.3390/polym14153080>
- Rahman, A., Chowdhury, M. A., Hossain, N., Shuvho, M. B. A., Kowser, M. A., Rahman, M. R., Chani, M. T. S., Kuok, K. K., & Rahman, M. M. (2022). Improvement of Mechanical, Thermal, and Physical Behaviors of Jute/Cotton Biocomposites Reinforced by Spent Tea Leaf Particles. *Journal of Composites Science*, 6(5). <https://doi.org/10.3390/jcs6050145>
- Rochim, A., Latifah, K., & Supriyadi, B. (2020). Characterization of Compression and Tensile Properties of Bamboo Jawa (*Gigantochloa Atter*) and Bamboo Apus (*Gigantochloa Apus*) for Application as Soil Reinforcement. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 498(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/498/1/012040>
- Shanaz Inaray, P. (2017). Pengaruh Penambahan Serat Kapas (*Gossypium sp.*) Terhadap Kekuatan Tekan Resin Komposit Flowable.
- Shankara Reddy, R., Kumshikar, R. R., & Ravikumar, T. (2022). Experimental study of the effect of impact energy on open face helmet fabricated using woven bamboo and jute fiber reinforced with epoxy composites. *International Journal of Advanced Technology and Engineering Exploration*, 9(95), 1571–1580. <https://doi.org/10.19101/IJATEE.2021.875131>
- Shetty, S., Salins, S. S., & Sachidananda, H. K. (2024). Design and characterization of natural fiber reinforced cotton-epoxy composites. *Discover Applied Sciences*, 6(12). <https://doi.org/10.1007/s42452-024-06402-2>
- Sumathy Raj, S., Anton Michailovich, K., Subramanian, K., Sathiamoorthy, S., & Thanneerpanthalpalayam Kandasamy, K. (2021). Philosophy of Selecting ASTM Standards for Mechanical Characterization of Polymers and Polymer Composites. *Mater. Plast*, 58(3), 247–256. <https://doi.org/10.37358/Mat.Plust.1964>
- Syaputra Pratama, D., Saputra Lubis, R., Setiawan, F., & Sofyan, E. (2023). Uji Impact Material Komposit Campuran Serat Bambu dan Pasir Besi Menggunakan Metode Hand Lay Up. *Journal of Applied Mechanical Engineering and Renewable Energy (JAMERE)*, 3(1), 28–33. <https://journal.isas.or.id/index.php/JAMERE>
- Yap Thai Ming, C., King Jye, W., & Ahmad Israr Ahmad, H. (2017). Mechanical Properties of Bamboo and Bamboo Composites: A Review. *Journal of Advanced*

Research in Materials Science, 35,
7–26.
www.akademiabaru.com/arms.html