

Pengaruh Fraksi Volume terhadap Kekuatan Tarik Komposit Hibrid Serat Gambas (*Luffa cylindrica*) dan Fiberglass

Syahdila Yoga Pratama^{1*}, Deni Andriyansyah²

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi “Warga” Surakarta, Indonesia

Email: yogapratama0662@gmail.com^{1*}, deni.andriyansyah@sttw.ac.id²

Alamat: Solobaru, Jl. Raya Solo - Baki No.Km 2, Kwarasan, Kec. Grogol, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah 57552

*Korespondensi penulis

Abstract. This study aims to determine the effect of varying hybrid composite volume fractions of luffa (*Luffa cylindrica*) fiber and fiberglass on the tensile strength of the material. The composite matrix used was polyester resin, while the reinforcements consisted of luffa fibers treated with 5% KOH alkaline solution to improve adhesion with the matrix, and fiberglass as an additional strengthening material. The composition variations applied in this research were 90%:5%:5%, 85%:7.5%:7.5%, and 80%:10%:10% (polyester resin : luffa fiber : fiberglass). The fabrication process was carried out using the hand lay-up method, which is widely used for producing layered composites, followed by tensile testing according to standard mechanical testing procedures to evaluate tensile strength and elongation. The results showed that the addition of luffa fiber and fiberglass fractions had a significant influence on the mechanical properties of the composites. The 80%:10%:10% variation demonstrated the highest tensile strength value of 13.65 MPa and the highest elongation of 0.0105%, indicating better mechanical performance compared to other variations. These findings confirm that the hybridization of natural luffa fiber and synthetic fiberglass can work synergistically to improve the tensile strength of the composite. However, higher fiber fractions should be considered carefully, as they may affect the homogeneity of the mixture and the quality of interfacial bonding. Further research is recommended to optimize volume fractions, enhance fiber surface treatments, and evaluate additional mechanical properties such as impact strength and hardness, in order to explore the potential of hybrid composites as eco-friendly materials with promising mechanical performance.

Keywords: fiberglass, gambas fiber, hybrid composite, tensile strength, volume fraction.

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi fraksi volume komposit hibrid serat gambas (*Luffa cylindrica*) dan fiberglass terhadap kekuatan tarik material komposit. Bahan dasar yang digunakan adalah resin polyester sebagai matriks, serat gambas yang telah mengalami proses alkalisasi menggunakan larutan KOH 5% untuk meningkatkan sifat adhesi terhadap matriks, serta serat fiberglass sebagai penguat tambahan. Variasi komposisi yang digunakan dalam penelitian ini adalah 90%:5%:5%, 85%:7,5%:7,5%, dan 80%:10%:10% (resin polyester : serat gambas : fiberglass). Proses pembuatan komposit dilakukan dengan metode hand lay-up yang dikenal efektif untuk menghasilkan komposit berlapis, kemudian dilanjutkan dengan pengujian tarik menggunakan standar pengujian mekanik untuk mengetahui sifat kekuatan tarik dan regangan material. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan fraksi volume serat gambas dan fiberglass memberikan pengaruh signifikan terhadap sifat mekanik komposit. Pada variasi 80%:10%:10%, diperoleh hasil kekuatan tarik tertinggi sebesar 13,65 MPa dengan regangan maksimum 0,0105%, yang menunjukkan peningkatan kekuatan dibandingkan dengan variasi lainnya. Hal ini membuktikan bahwa kombinasi serat gambas dan fiberglass mampu bekerja secara sinergis dalam meningkatkan sifat mekanik komposit, khususnya kekuatan tarik. Namun, penggunaan fraksi serat yang lebih tinggi juga perlu diperhatikan karena dapat memengaruhi homogenitas campuran dan kualitas ikatan antar fasa. Penelitian ini merekomendasikan pengembangan lebih lanjut terkait optimasi fraksi volume, perlakuan kimia serat, serta pengujian sifat mekanik lain seperti uji impak dan kekerasan, sehingga komposit hibrid berbasis serat alam dan fiberglass berpotensi dikembangkan sebagai material alternatif ramah lingkungan dengan performa mekanik yang baik.

Kata kunci: fiberglass, fraksi volume, kekuatan tarik, komposit hibrid, serat gambas.

1. LATAR BELAKANG

Seiring berjalannya waktu, dunia industri menunjukkan kemajuan pesat sehingga meningkatnya kebutuhan alternatif material yang ringan dan kuat dengan sifat mekanis sebanding dengan logam. Menurut (Muhammad, 2024) material komposit mempunyai kinerja yang sama dengan logam dan memiliki sifat mekanis spesifik yang tinggi, sehingga menjadi pertimbangan dalam penggunaannya dan dapat menjadi alternatif material konvensional. Komposit adalah campuran dari dua atau lebih bahan dasar material, sehingga komposit memiliki karakteristik serta sifat mekanik yang beda dari material aslinya (Alfarizi et al., 2022)

Material komposit terdiri dari serat yang berfungsi sebagai penguat serta matriks resin sebagai pengikat. Menurut (Ramadoni et al., 2022) terdapat dua macam serat yang digunakan untuk memperkuat material komposit, yaitu serat alami dan sintesis. Serat alami terbuat dari hewan, tumbuhan, ataupun mineral, sedangkan serat sintetis dibuat melalui proses kimia. Dalam penelitian ini menggunakan material penguat berupa serat alam yaitu serat gambas (*Luffa Cylindrica*) yang dikombinasikan dengan serat sintesis yaitu *fiberglass*.

Serat gambas berasal dari tanaman gambas atau oyong yang memiliki karakteristik kuat, ringan, mudah terurai secara alami dan memiliki daya serap baik. Strukturnya yang berongga, berpori, dan berserat memberinya kepadatan rendah dan kekuatan tinggi sehingga dapat digunakan sebagai penguat material komposit (Alhijazi et al., 2020). Serat gambas mengandung lignin 1-22%, hemiselulosa 14-30%, dan selulosa yang merupakan komponen paling dominan dengan kandungan utama 57-74% (Adeyanju et al., 2021). Lignin memberikan kekakuan dan melindungi serat, hemiselulosa untuk menyatukan antar selulosa, sementara selulosa komponen utama yang menghasilkan kekuatan mekanik pada serat. Namun kandungan tersebut dapat mempengaruhi kemampuan serat untuk terikat dengan matriks resin pada komposit, sehingga perlu dilakukan alkalisasi menggunakan KOH (Kalium Hidroksida). Menurut (Widodo et al., 2023) perlakuan ini bertujuan untuk meningkatkan selulosa serta mengurangi lignin dan hemiselulosa, agar memaksimalkan sifat mekanik dan kesesuaian serat dengan matriks pada pembuatan komposit.

Fiberglass merupakan bahan penguat material komposit yang termasuk kategori serat sintetis, dan digunakan di berbagai industri. Dalam bahasa Indonesia *fiberglass* disebut dengan serat kaca, terbuat dari kaca cair yang ditarik hingga menjadi serat halus berdiameter 0,005–0,01 mm. *Fiberglass* memiliki kekuatan mekanik yang kuat, kinerja mekanik yang tinggi, serta tahan gesekan (Zhang et al., 2024). *Fiberglass* juga tahan korosi, ringan, bersifat isolator, dan

relatif murah. Karena keunggulan ini, *fiberglass* digunakan untuk pembuatan pesawat, perahu, bodi atau interior mobil, serta berbagai aplikasi lain (Yurii, 2024).

Meskipun *fiberglass* memiliki banyak keunggulan, namun limbahnya bersifat non-biodegradabilitas karena bahanya yang sintetis dan daya tahannya (Rani et al., 2021). Untuk mengatasi tersebut, dikembangkan penelitian material komposit hibrid (*Hybrid Composite*) yang menggabungkan *fiberglass* dan serat alami untuk mengurangi dampak tersebut serta memanfaatkan kelebihan setiap jenis serat (Rochman & Irfai, 2020).

Penelitian ini dilakukan dengan menggabungkan serat alami dan serat sintetis, yaitu serat gambas (*Luffa Cylindrica*) yang telah diberi perlakuan alkalisasi menggunakan KOH (Kalium Hidroksida) dan *fiberglass*, serta menggunakan resin *polyester* sebagai matriks pengikat dan perekat untuk mengkaji pengaruh fraksi volume komposit hibrid terhadap kekuatan tarik.

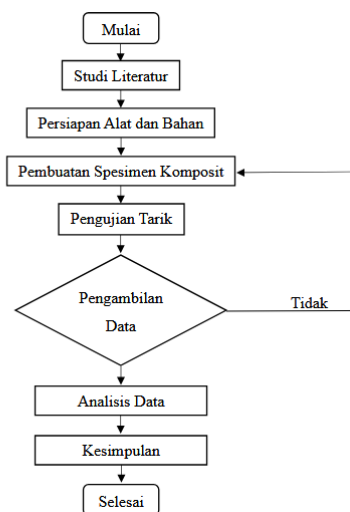
2. METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Berikut ini adalah alat yang digunakan pada proses penelitian antara lain: Mesin uji tarik *hidraulic universal testing machine* WEW-300D, lensa makro, timbangan digital, cetakan spesimen, guting, oven, pelumas, amplas, jangka sorong, *stopwatch*, toples. Sedangkan bahan yang digunakan pada proses penelitian yaitu: serat gambas (*Luffa Cylindrica*), *fiberglass* (E-glass), resin *polyester*, katalis, KOH (Kalium Hidroksida).

B. Diagram blok

Dibawah ini adalah gambar diagram blok yang menjelaskan alur penelitian:



Gambar 1. Diagram blok.

C. Proses Pembuatan Spesimen komposit

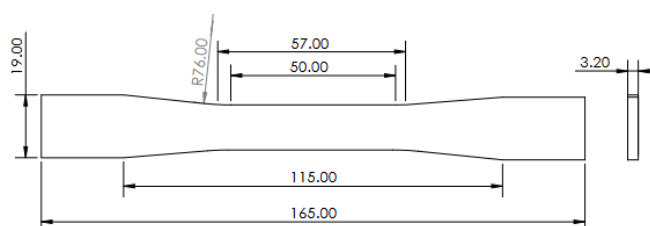
Berikut ini merupakan proses pembuatan spesimen yang menggunakan metode *hand lay-up*:

- Serat gambas direndam dengan persentase cairan alkalisasi KOH 5% (5 gram untuk setiap 1000 ml air) dengan lama waktu 2 jam. Setelah proses alkalisasi selesai, serat gambas dibilas menggunakan air biasa, lalu serat gambas dikeringkan dengan menggunakan oven dengan suhu 70° selama 2 jam.
- Serat gambas dan fiberglass dipotong menggunakan gunting dengan panjang ± 2 -3 cm.
- Tahap selanjutnya adalah menimbang serat gambas dan fiberglass dengan menggunakan timbangan digital yang telah dikalibrasi terlebih dahulu, untuk menghitung densitas serat dan menghitung fraksi volume.
- Setelah menghitung fraksi volume, cetakan spesimen di siapkan dan bersihkan serta di olesi dengan menggunakan pelumas. Resin dan katalis dicampurkan dengan perbandingan 9:1. Tuangkan resin, serta susun serat gambas dan fiberglass kedalam cetakan yang berukuran P= 21 cm, L= 10,2 cm, T= 4 cm dengan oreantasi serat secara acak, sesuai dengan fraksi volume yang telah dihitung dengan variasi komposisi yang dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Variasi komposisi.

No	Resin (%)	Serat gambas (%)	Fiber glass (%)
1	90	5	5
2	85	7,5	7,5
3	80	10	10

- Spesimen didiamkan hingga mengeras didalam cetakan dengan suhu ruangan. Setelah mengeras spesimen dilepas dari cetakan, dan dipotong sesuai ukuran standar uji tarik pada Gambar 2. Setelah dipotong diberikan tahap *finishing* dengan merapikan permukaan spesimen menggunakan amplas.



Gambar 2. Uji tarik ASTM D-638-03.

- f) Setelah spesimen selesai tahap *finishing*, spesimen diuji menggunakan alat uji tarik dan foto makro. Data hasil pengujian tarik kemudian dihitung menggunakan rumus berikut untuk memperoleh nilai tegangan dan regangan:

Rumus tegangan:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Keterangan:

σ = Tegangan tarik (N/mm²) atau (MPa)

F = Gaya tarik (N)

A = Luas penampang (mm²)

Rumus regangan:

$$\varepsilon = \frac{L - L_0}{L_0}$$

Keterangan:

ε = Regangan (%)

L = Panjang akhir (mm)

L₀ = Panjang awal (mm)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian tarik

Berikut merupakan sepesimen setelah melalui proses pengujian tarik menggunakan mesin *hidraulic universal testing machine* WEW-300D. Pada spesimen 20 A dan B merupakan variasi 80%:10%:10%, spesimen 15 A dan B variasi 85%:7,5%:7,5%, serta spesimen 10 A dan B adalah variasi 90%:5%:5%.



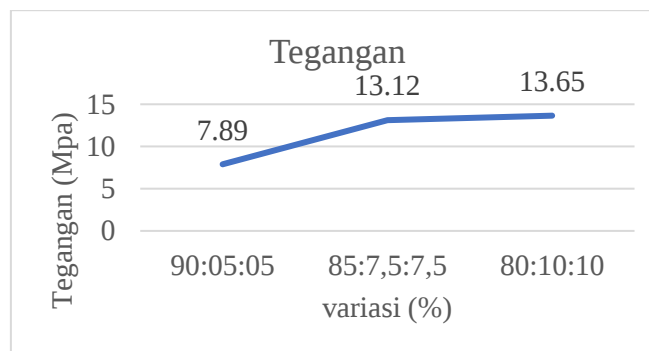
Gambar 3. Spesimen setelah dilakukan proses pengujian.

Hasil pengujian tarik yang telah dilakukan menunjukkan data yang mencakup perbandingan sifat mekanik uji tarik dari berbagai spesimen komposit antara serat gambas dan *fiberglass*, yang ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 2. Data nilai tegangan (σ), regangan (ϵ).

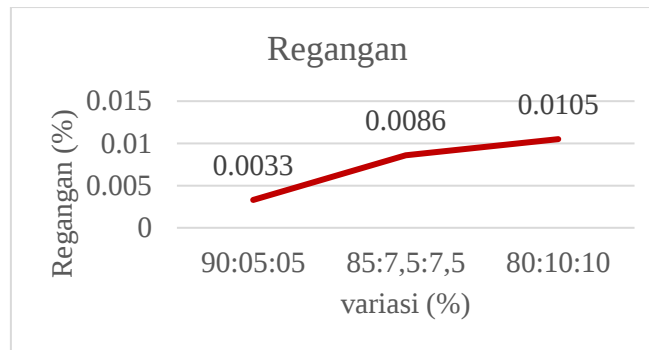
Variasi (%)	Spesimen	Kekuatan tarik (σ)	Rata-Rata σ (Mpa)	Regangan (ϵ)	Rata-rata ϵ (%)
90:05:05	A	9.33	7.89	0.0030	0.0033
	B	6.45		0.0036	
85:7,5:7,5	A	12.75	13.12	0.0091	0.0086
	B	13.49		0.0082	
80:10:10	A	14.57	13.65	0.0100	0.0105
	B	12.72		0.0109	

Berdasarkan hasil pengujian tarik yang terdapat pada Tabel 2. Data nilai tersebut selanjutnya ditampilkan dalam bentuk grafik sebagai berikut:



Gambar 4. Grafik tegangan (σ).

Grafik tersebut menunjukkan adanya peningkatan nilai tegangan tarik, dimana pada variasi 90%:05%:05% memiliki hasil tegangan tarik yang paling rendah dengan nilai 7,89 Mpa, yang kemudian bertambah menjadi 13,12 Mpa yang terdapat pada variasi 85%:7,5%:7,5%, sedangkan hasil tegangan tarik yang paling tinggi terdapat pada variasi 80%:10%:10% dengan nilai 13,65 Mpa, yang menunjukkan bahwa peningkatan fraksi volume berpengaruh terhadap nilai tegangan tarik pada komposit hibrid serat gambas dan fiberglass, karena matriks menerima lebih banyak dukungan dari serat, yang membuat matriks menjadi lebih tahan terhadap patahan (Ramadoni et al., 2022). Tren sama ditemukan pada penelitian yang dilakukan oleh (Rahmawaty et al., 2021) yang menunjukkan bertambahnya fraksi volume serat sintesis berpengaruh terhadap hasil kekuatan tarik.

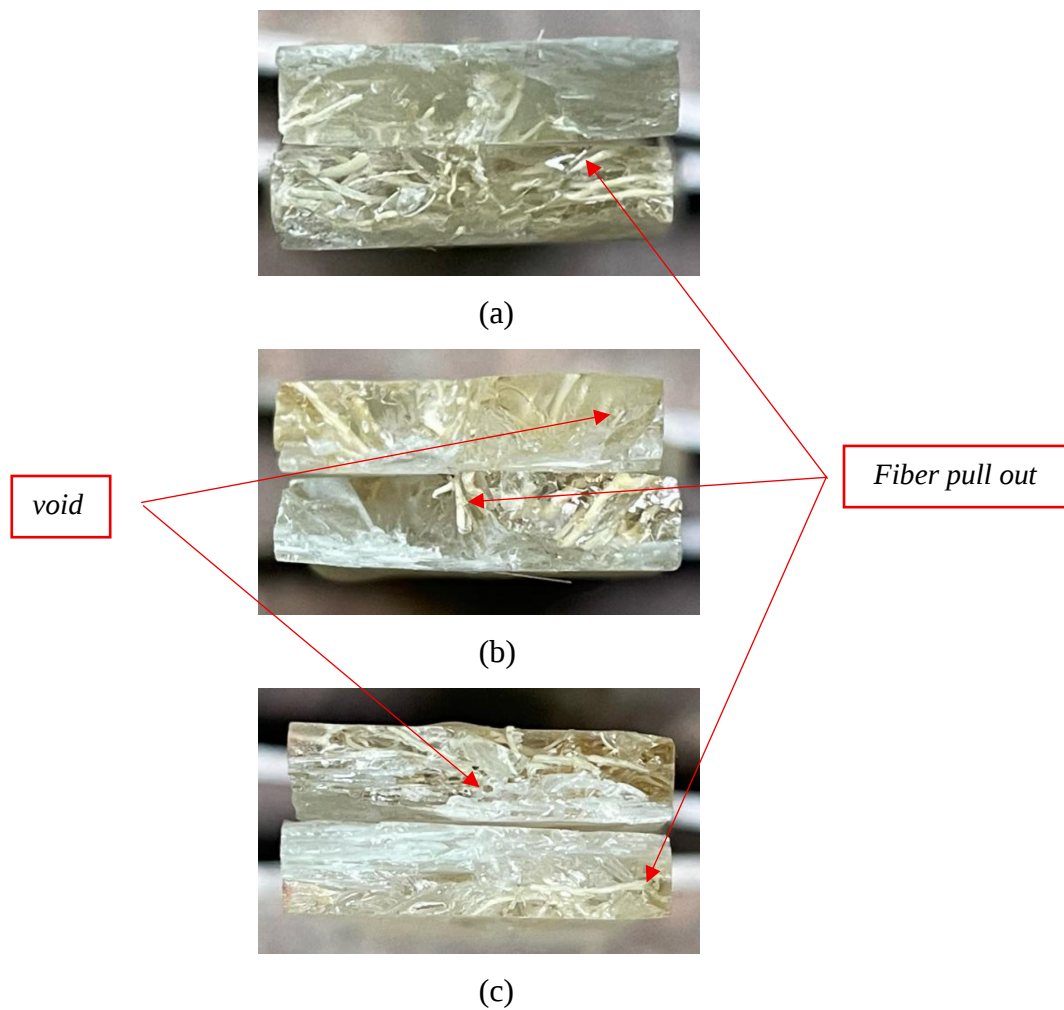


Gambar 5. Grafik regangan (ϵ).

Gambar grafik diatas menunjukkan bahwa adanya peningkatan hasil nilai regangan, dimana variasi 90%:05%:05% memiliki hasil regangan yang paling rendah yaitu 0,0033 %, sedangkan variasi 80%:10%:10% memiliki hasil regangan yang paling tinggi yaitu 0,0105 %, untuk variasi 85%:7,5%:7,5% memiliki nilai 0,0086 % yang berada diantara variasi 90%:05%:05% dan variasi 80%:10%:10%. Peningkatan pada grafik regangan tersebut menunjukkan bahwa penambahan fraksi volume pada komposit hibrid serat gambas dan *fiberglass* memiliki kemampuan untuk meningkatkan fleksibilitas dan ketahanan terhadap perubahan bentuk. Tren sama ditemukan pada penelitian yang dilakukan oleh (Endriatno, 2015) yang menunjukkan bertambahnya fraksi volume serat alami berpengaruh terhadap hasil regangan tarik.

B. Pengujian makro

Berikut merupakan hasil foto makro dari spesimen patahan uji tarik digunakan untuk melihat retakan serta hubungan antara serat dan metriks pada komposit:



Gambar 6. Hasil foto makro patahan uji tarik: (a) 90%:5%:5%, (b) 85%:7,5%:7,5%, (c) 80%:10%:10%.

Pada variasi patahan 90%:5%:5% terdapat kegagalan fiber pull-out, yaitu serat yang tertarik keluar dari matriks tanpa mengalami fracture. Hal tersebut menunjukkan bahwa ikatan antar elemen penyusun kurang baik, sehingga mengakibatkan distribusi beban tidak merata serta serat tidak berfungsi secara optimal.

Pada variasi patahan 85%:7,5%:7,5% terdapat kegagalan fiber pull-out dan void. Void adalah ruang kosong akibat adanya udara yang terjebak saat proses pencampuran, sehingga spesimen tersebut menunjukkan bahwa pencampuran belum seluruhnya merata, namun hubungan antar elemen penyusun pada spesimen tersebut mulai menunjukkan adanya peningkatan.

Sedangkan variasi patahan 80%:10%:10% juga terdapat kegagalan void dan fiber pull-out, tetapi permukaan patahan spesimen tersebut terlihat lebih rata. Hal ini menunjukkan bahwa beban tarik juga semakin banyak dialihkan ke serat, namun hubungan

antar elemen penyusun masih belum sepenuhnya kuat. Tren sama ditemukan pada penelitian yang dilakukan oleh (Sutrisno et al., 2022) yang menunjukkan spesimen komposit banyak ditemukan kegagalan void dan fiber pull-out.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan pada penelitian pengaruh fraksi volume terhadap kekuatan tarik dan foto makro komposit hibrid serat gambas (*luffa cylindrica*) dan *fiberglass*, adalah: (a). Penambahan fraksi volume pada komposit hibrid serat gambas dan *fiberglass* dapat meningkatkan nilai tegangan (σ) dan regangan (ϵ). Pada variasi 80%:10%:10% mempunyai hasil tegangan tarik (σ) yang paling tinggi sebesar 13,65 Mpa dan mempunyai hasil regangan tarik (ϵ) yang paling tinggi sebesar 0,0105 Gpa. Sehingga pada variasi tersebut menunjukan campuran paling baik antara volume serat gambas yang mempunyai sifat elastis dan ringan serta *fiberglass* yang memiliki kekuatan tarik tinggi. (b). Patahan spesimen uji tarik terdapat kegagalan yaitu adanya *fiber pull-out* dan *void*. Hal tersebut menunjukan bahwa hubungan antara serat dan resin masih menjadi kelemahan utama pada struktur komposit. kegagalan *void* menunjukkan saat meningkatkan volume serat harus dilakukan dengan proses pencampuran serta manufaktur yang lebih optimal.

DAFTAR REFERENSI

- Adeyanju, C. A., Oggunniyi, S., Ighalo, J. O., Adeniyi, A. G., & Abdulkareem, S. A. (2021). A review on Luffa fibres and their polymer composites. *Journal of Materials Science*, 56(4), 2797–2813. Springer. <https://doi.org/10.1007/s10853-020-05432-6>
- Alfarizi, M., Rollastin, B., & Sukanto, S. (2022). Studi eksperimen pengaruh kekuatan material komposit HGM, epoxy dan serat daun nanas terhadap kekuatan tarik dan impak. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan*, 2(1), 174–180. <https://doi.org/10.32528/jp.v7i2.11474>
- Alhijazi, M., Safaei, B., Zeeshan, Q., Asmael, M., Eyvazian, A., & Qin, Z. (2020). Recent developments in Luffa natural fiber composites: Review. *Sustainability*, 12(18), 7683. MDPI. <https://doi.org/10.3390/su12187683>
- Endriatno, N. (2015). Analisa pengaruh variasi fraksi volume terhadap densitas dan kekuatan tarik serat pelepah pisang-epoksi. *Dinamika: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 6(2). <https://doi.org/10.33772/djitm.v5i2.258>
- Muhammad, F. (2024). *Pembuatan papan komposit berbasis serat pelepah pinang (filler) dan bahan plastik matriks polypropylene (PP)*. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh.
- Mustakim, H. A. M. (2024). *Studi kekuatan bending dan struktur mikro bahan komposit bermatriks resin polyester dengan pengisi serat gambas dan fiberglass*. Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Ponorogo.

- P V, R., & Shenoy, M. A. (2024). Pharmacological and phytochemical activity of *Luffa cylindrica* – A review. *International Journal of Research and Review*, 11(7), 369–377. <https://doi.org/10.52403/ijrr.20240738>
- Rahmawaty, S. A., Parmita, A., & Dwi, A. (2021). Analisa kekuatan tarik dan tekuk pada komposit fiberglass-polyester berpenguat serat gelas dengan variasi fraksi volume serat. *JTM-ITI (Jurnal Teknik Mesin ITI)*, 5(3), 146–155. <https://doi.org/10.31543/jtm.v5i3.685>
- Ramadoni, R., Nugraha, M., Pramudya, A. F. G., Program Studi Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, M., Negeri Sriwijaya, P., & Teknik Mesin, J. (2022). Pengaruh fraksi volume dan orientasi serat pada komposit hibrid berpenguat serat gambas serta eceng gondok terhadap kekuatan bending. *Jurnal Teknik Mesin*, 15(2), 84–89. <https://ejournal2.pnp.ac.id/index.php/jtm> <https://doi.org/10.30630/jtm.15.2.891>
- Rani, M., Choudhary, P., Krishnan, V., & Zafar, S. (2021). A review on recycling and reuse methods for carbon fiber/glass fiber composites waste from wind turbine blades. *Composites Part B: Engineering*, 215, 108768. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2021.108768>
- Rochman, D. F., & Irfai, M. A. (2020). Pengaruh konsentrasi larutan KOH terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro komposit hibrid serat rami dan serat bambu. *Jurnal Teknik Mesin*, 8(2), 111–118.
- Sutrisno, T. A., Astana Widi, I. K., & Rochim, M. I. (2022). Analisa kekuatan tarik dan foto makro patahan komposit serat eceng gondok berpenguat ZnO. *Jurnal Flywheel*, 13(2), 35–40. <https://doi.org/10.36040/flywheel.v13i2.5561>
- Widodo, E., Akbar, A., & Putra, B. I. (2023). The effect of alkalization on the mechanical properties of Sansevieria fiber bio-composit. *Academia Open*, 8(2), 7237. <https://doi.org/10.21070/acopen.8.2023.7237>
- Yurii, N. (2024). Mechanical properties of glass fiber and carbon fiber reinforced composites. *International Journal of Advanced Research*. <https://doi.org/10.21474/IJAR01/19668>
- Zhang, Y., Lu, S., Zhao, Z., Zhang, X., Lv, H., Yang, Z., Sun, W., Xie, M., & Mu, D. (2024). In-situ curing poly (N, N'-Methylenebisacrylamide)-based composite electrolyte reinforced with high-strength glass fiber skeleton for solid state lithium ion batteries. *Chemical Engineering Journal*, 487, 150474. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2024.150474>