



Karakterisasi Sifat Mekanik dan Mikrostruktur Komposit Berbasis Serat Kulit Lantung dan Eceng Gondok Menggunakan Resin Polyester Yukalac C-108

Vania Rizqy Nurussyifa¹, Angga Badrussalam², Tri Mulyanto³

^{1,2,3}Magister Teknik Mesin, Univeritas Gunadarma, Indonesia

Jl. Margonda Raya No. 100, Pondok Cina, Depok 16424

Korespondensi penulis: vania.asyifa133@gmail.com

Abstract. The demand for environmentally friendly materials has driven the development of natural fiber-based composites as an alternative to metals and synthetic fibers. This study aims to evaluate the mechanical properties and microstructure of Yukalac C-108 polyester resin-based composites reinforced with two types of natural fibers, namely rubber tree bark fiber (*Artocarpus elasticus*) and water hyacinth fiber (*Eichhornia crassipes*) with a fiber volume fraction of 10%. The composites were fabricated using the hand lay-up method, followed by Charpy impact testing and metallographic observation. The results showed that both types of composites had identical average impact values of 0.012385 J/mm². However, the microstructure of the lantung bark fiber composite exhibited more uniform fiber distribution and better bonding with the matrix, while the water hyacinth composite showed uneven fiber distribution and less optimal bonding. The fracture type in the lantung bark composite is ductile, while in the water hyacinth composite it is brittle. These findings indicate that although the impact values are the same, the microstructural characteristics and fracture behavior differ, suggesting that lantung bark fibers have better potential for use in non-structural applications based on natural composites.

Keywords: impact, lantung bark, metallography, natural composite, water hyacinth

Abstrak. Permintaan terhadap material ramah lingkungan mendorong pengembangan komposit berbasis serat alam sebagai alternatif pengganti logam dan serat sintetis. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sifat mekanik dan struktur mikro dari komposit berbasis resin poliester Yukalac C-108 yang diperkuat dengan dua jenis serat alami, yaitu serat kulit lantung (*Artocarpus elasticus*) dan serat eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dengan fraksi volume serat sebesar 10%. Komposit dibuat menggunakan metode hand lay-up, kemudian dilakukan uji impak Charpy dan pengamatan metalografi. Hasil menunjukkan bahwa kedua jenis komposit memiliki nilai impak rata-rata yang identik yaitu 0,012385 J/mm². Namun, struktur mikro komposit serat kulit lantung memperlihatkan penyebaran serat yang lebih merata dan ikatan yang lebih baik dengan matriks, sedangkan komposit eceng gondok menunjukkan distribusi serat yang tidak seragam dan ikatan yang kurang optimal. Jenis patahan pada komposit kulit lantung bersifat daktil, sementara pada eceng gondok bersifat getas. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun nilai impaknya sama, karakteristik struktur mikro dan perilaku patahan berbeda, sehingga serat kulit lantung memiliki potensi lebih baik untuk digunakan dalam aplikasi non-struktural berbasis komposit alam.

Kata kunci: eceng gondok, impak, komposit alami, kulit lantung, metalografi

LATAR BELAKANG

Material komposit umumnya tersusun dari dua unsur, yaitu serat sebagai bahan pengisi dan bahan pengikat serat yang terbentuk dalam skala makroskopis dan menyatu secara fisik (Jothibasu et al., 2020). Namun komposit berbahan serat sintesis harganya relatif mahal, serat sintesis juga mempunyai kelemahan yaitu sulit terdegradasi serta tidak dapat diperbaharui. Material yang ramah lingkungan saat ini menjadi perhatian khusus oleh negara-negara di dunia, sehingga dalam industri manufaktur, banyak jenis material pengganti logam, salah satunya adalah material komposit dengan material serat alam (*Natural Fiber*) (Elfaleh et al., 2023; Mukhammad, 2013; Noer, 2020).

Serat alam menjadi alternatif material sebagai pengganti serat sintesis, Serat alam dapat diperbarui dan terurai secara hayati (Kiratli, 2023). Penggunaan komposit berbasis serat alam semakin meningkat seiring kebutuhan industri terhadap material berkelanjutan dan berbiaya rendah. Karakteristik komposit dengan serat alam yang ringan, kuat dan tahan korosi menjadikannya kandidat yang unggul (Fu et al., 2023; Lu Atun Nisa et al., 2022).

Penelitian tentang komposit polimer berpenguat serat alam telah banyak dilakukan, tetapi belum ada penelitian yang menggunakan serat lantung sebagai bahan penguat. Pemanfaatan serat lantung ini masih terbatas sebagai bahan baku industri kerajinan tangan dan souvenir karena serat lantung mudah didapat, murah, serta memiliki kekuatan yang cukup baik. Serat lantung banyak ditemukan di wilayah hutan sepanjang dataran tinggi bukit barisan, Sumatera Pada era yang semakin maju ini, komposit mengalami perkembangan pesat (Hestiawan et al., 2022; Hestiawan & Fauzi, 2014; Siswanto & Syahbanu, 2017).

Eceng gondok adalah tanaman air yang cepat tumbuh dan sering menjadi masalah lingkungan karena penyebarannya yang tak terkendali. Namun, batang eceng gondok yang telah dikeringkan dapat menghasilkan serat alami yang ringan, fleksibel, dan mudah diolah. Serat ini memiliki tampilan yang halus dan sangat cocok untuk diaplikasikan dalam berbagai produk komposit. Selain mendukung pengelolaan limbah tanaman air, penggunaan serat eceng gondok dalam komposit juga memperkuat konsep inovasi hijau berbasis potensi lokal (Naubnome, 2020; Sasria, 2022).

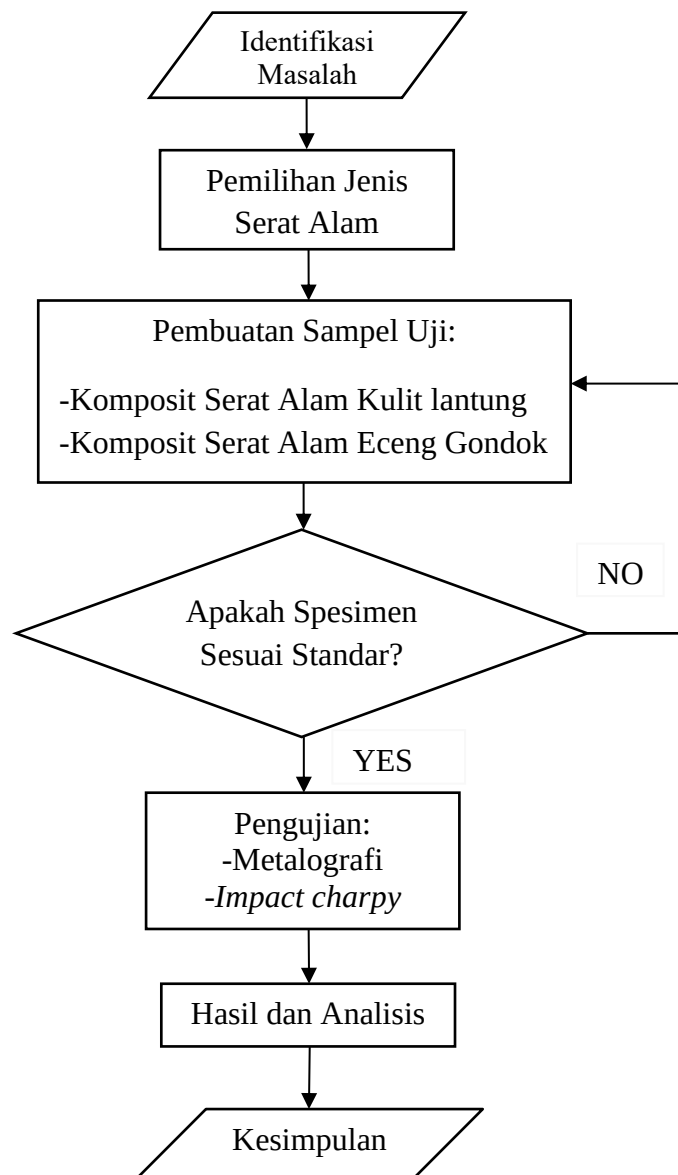
Tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan karena tegangan yang diberikan pada komposit pertama diterima oleh matriks dan

diteruskan ke serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum. Oleh karena itu, serat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matriks penyusun komposit (Hestiawan et al., 2022). Ketika dipadukan dengan resin Yukalac 108, resin polyester tak jenuh yang memiliki daya rekat dan ketahanan mekanik tinggi. Kedua serat ini dapat menghasilkan komposit yang kuat, kokoh, dan ramah lingkungan (Khan et al., 2018; Sadik & Amalia, 2023; Setio et al., 2020).

Studi ini bertujuan mengeksplorasi sifat mekanis dan mikrostruktur komposit berbasis resin poliester dengan penguat serat kulit lantung dibandingkan dengan serat eceng gondok. Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pemanfaatan biomaterial lokal sebagai alternatif serat sintetis yang mahal dan tidak ramah lingkungan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental laboratorium dengan tujuan mengavaluasi sifat mekanik dan struktur mikro dari komposit kulit lantung (*Artocarpus elasticus*) dan serat eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) berbasis resin poliester Yukalac C-108. Komposit dibuat dengan menggunakan metode *hand lay-up* yang merupakan salah satu teknik manufaktur komposit yang umum digunakan. Dalam penelitian, metode *hand lay-up* digunakan karena kemudahannya untuk laboratorium, fleksibilitas dalam orientasi serat, dan kebutuhan minimal alat. Langkah umumnya mencakup persiapan cetakan (pelapisan release agent), penempatan serat dengan pola tertentu, pengaplikasian resin secara bertahap, penggunaan roller untuk mengeluarkan udara, dan curing pada suhu ruang tanpa tekanan eksternal. Metode ini terbukti efektif dalam menghasilkan komposit skala kecil-hasil laboratorium, walaupun void mikro mungkin masih muncul (Andreawan & Arif Irfai, 2019; Irawan et al., 2024; Kurniawan et al., 2022; Rizaldi & Drastiawati, 2023). Alur penelitian ditulis dalam bentuk diagram alir seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian.

Sampel yang digunakan terdiri dari dua jenis: (1) komposit dengan penguat serat kulit lantung dan (2) komposit dengan penguat serat eceng gondok. Masing-masing jenis serat digunakan dalam fraksi volume serat sebesar 10%, dengan konfigurasi serat acak (*random orientation*). Seluruh spesimen dibuat dalam ukuran standar pengujian ASTM E23 (55 mm × 10 mm × 10 mm) (Donaldson, 2001).

Dalam pembuatan sampel uji berikut bahan-bahan utama yang digunakan:

1. Serat lantung

Gambar 2 menunjukan serat dari pohon lantung (*artocarpus elasticus*) yang akan diproses untuk pengembangan material modern yaitu menjadi biokomposit.



Gambar 2. Serat Lantung

2. Serat Eceng Gondok

Gambar 3. Merupakan serat dari tanaman air eceng gondok yang telah dikeringkan sebelum diambil seratnya.



Gambar 3. Serat Eceng Gondok

3. Resin poliester yukalac c-108 dan katalis

Proses pembuatan komposit diawali dengan menyiapkan cetakan kayu berukuran 15,2 cm × 9,8 cm × 1 cm. Resin dan katalis dicampur dalam perbandingan 10:1, yaitu 1% katalis dari massa resin, hingga tercampur merata. Pencetakan dilakukan menggunakan metode *hand lay-up*. Cetakan terlebih dahulu dilapisi minyak/wax agar resin tidak lengket, kemudian campuran resin dioleskan secara merata. Serat diletakkan secara bergantian dengan lapisan resin hingga seluruh cetakan terisi. Setelah itu, cetakan ditutup plastik bening dan diberi pemberat agar komposit padat dan merata.

Setelah kering dan mengeras, komposit dilepas dari cetakan dan dipotong sesuai dimensi standar ASTM untuk uji impak dan metalografi. Permukaan spesimen kemudian diampelas hingga halus untuk persiapan pengujian.

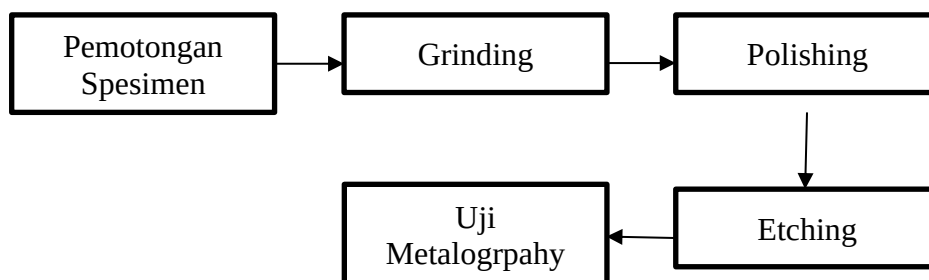
Pengujian

Dalam penelitian ini dilakukan uji Impak dan Metalografi. Uji Metalografi dilakukan untuk mengambil foto mikro komposit agar mengetahui penyebaran reinforcement (Fallis, 2013).



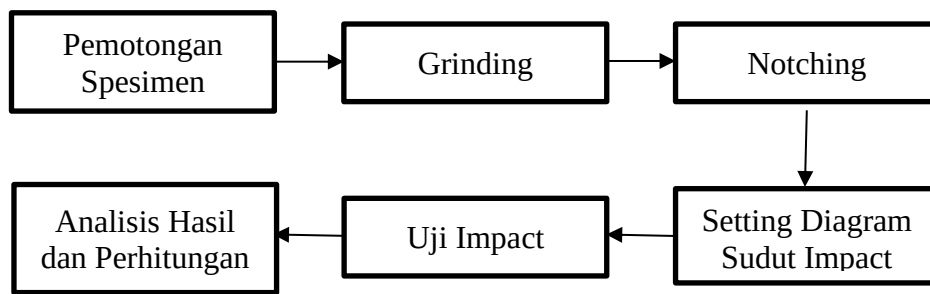
Gambar 4. Alat Uji Metalografi (To, n.d.)

Gambar 4. Menunjukkan alat yang digunakan untuk pengujian metalografi ini, kemudian untuk tahapan pengujian dapat dilihat pada bagan gambar 5.



Gambar 5. Bagan Uji Metalografi

Gambar 6. Menunjukkan bagan proses pengujian impak. Uji Impak digunakan untuk mengetahui sifat mekanis dari komposit serat alam kulit lantung dan eceng gondok, uji impak komposit serat lantung dan eceng gondok dengan susunan serat acak (Firdaus, 2024; Rizaldi & Drastiawati, 2023).



Gambar 6. Bagan Uji Impak

Proses pengujian diawali dengan menyiapkan sampel serat alam sesuai standar yang berlaku. Peralatan uji yang digunakan harus dikalibrasi dengan benar sesuai standar untuk menjamin hasil pengujian yang akurat. Selama pengujian, sampel ditempatkan di peralatan yang telah ditentukan sesuai standar pengujian, standar pengujian yang digunakan adalah ASTM E23.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Sampel

Spesimen komposit dibuat dengan cara hand lay-up menggunakan cetakan berukuran 15,2 cm × 9,8 cm × 1 cm. Setelah dibentuk, spesimen dipotong sesuai standar ASTM E23 menjadi ukuran 55 mm × 10 mm × 10 mm. Untuk memperkuat spesimen, digunakan dua jenis serat alami, yaitu serat kulit lantung (gambar 7) dan serat eceng gondok (gambar 8), masing-masing dengan kadar volume serat 10%. Bahan cair yang digunakan adalah resin poliester yang dicampur dengan katalis MEPOXE dalam perbandingan 100:1.



Gambar 7. Spesimen Kulit Lantung



Gambar 8. Spesimen Eceng Gondok

Tabel 1. Nilai Komposisi Bahan

Kode Spesimen	Reinforcement	Fraksi Volume (%)	Volume Cetakan (cm ³)	Volume Serat (cm ³)	Massa Serat (g)	Volume Matriks (cm ³)	Massa Matriks (g)	Massa Katalis (g)
L1	Kulit Lantung	10	148.9	14.89	7.44	134	30.1	3.01
L2	Kulit Lantung	10	148.9	14.89	7.44	134	30.1	3.01
E1	Eceng gondok	10	148.9	14.89	16.379	134	159.12	1.56
E2	Eceng gondok	10	148.9	14.89	16.379	134	159.12	1.56

Tabel 1. Menunjukkan komposisi bahan yang digunakan pada setiap spesimen komposit dengan variasi jenis serat penguat, yaitu serat kulit lantung dan serat eceng gondok. Semua spesimen memiliki fraksi volume serat yang sama, yaitu 10% dari total volume cetakan yang berukuran 148,9 cm³. Dengan demikian, volume serat pada semua spesimen tetap sama, yaitu 14,89 cm³, sedangkan volume matriks adalah 134 cm³.

Perbedaan utama terletak pada massa serat yang digunakan. Spesimen dengan kode L1 dan L2 yang menggunakan serat kulit lantung memiliki massa serat sebesar 7,44 gram, sedangkan spesimen E1 dan E2 yang menggunakan serat eceng gondok memiliki massa serat yang lebih besar, yaitu 16,379 gram. Hal ini menunjukkan bahwa serat eceng gondok memiliki densitas yang lebih tinggi dibandingkan serat kulit lantung pada volume yang sama.

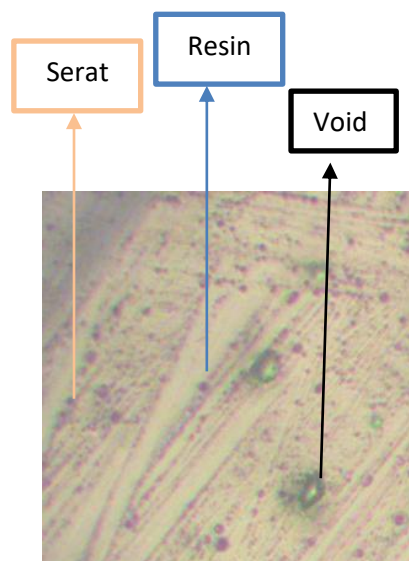
Selain itu, massa matriks resin yang digunakan pada spesimen L1 dan L2 adalah 30,1 gram, sedangkan pada spesimen E1 dan E2 massa matriks lebih besar, yaitu mencapai 159,12 gram. Massa katalis yang ditambahkan mengikuti proporsi tertentu terhadap massa matriks, yaitu sebesar 10% dari massa resin. Dengan demikian, diperoleh massa katalis sebesar 3,01 gram untuk spesimen L1 dan L2 serta 1,56 gram untuk spesimen E1 dan E2.

Secara keseluruhan, tabel ini menjelaskan perbandingan massa dan volume antara dua jenis serat penguat yang digunakan, serta cara komposisi bahan dirancang untuk memastikan fraksi volume serat tetap konsisten pada setiap spesimen.

Hasil Uji Metalografi

1. Sampel Kulit Lantung

Gambar 9 berikut merupakan gambar struktur mikro dari komposit serat kulit lantung.

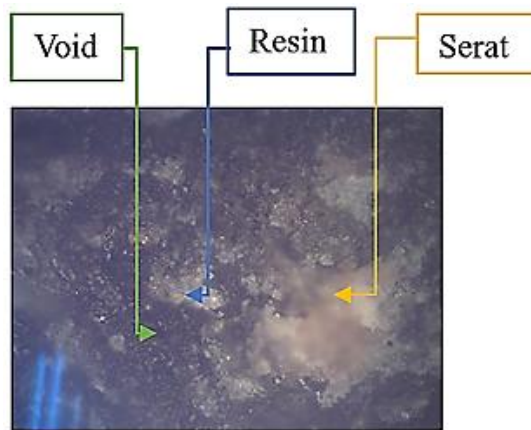


Gambar 9. Struktur Mikro Kulit Lantung

Dapat dilihat analisis struktur penyusun pada sampel kulit lantung. Penyebaran serat pada gambar ini tampak cukup merata. Serat kulit lantung (panah kuning) tertanam dengan baik di dalam matriks resin, membentuk jaringan struktur yang rapat. Hal ini menunjukkan bahwa proses impregnasi resin berlangsung efektif, memungkinkan resin polyester (panah biru) menembus dan menyelimuti serat dengan baik. Kondisi ini penting karena penyebaran serat yang merata dan menyilang akan membantu mendistribusikan beban secara seragam saat terjadi tumbukan atau gaya tarik, serta meminimalkan titik lemah lokal. Penyebaran resin juga cukup homogen dan tidak menunjukkan akumulasi berlebihan di satu area.

2. Sampel Eceng Gondok

Gambar 10 berikut merupakan gambar struktur mikro dari komposit serat eceng gondok



Gambar 10. Struktur Mikro Ecengh Gondok

Gambar 10 mikrostruktur dari komposit serat eceng gondok menunjukkan penyebaran serat yang kurang merata. Serat eceng gondok (panah biru) terlihat tersebar secara sporadis, tidak saling bersilangan, dan tidak menyatu erat dengan matriks resin. Di sisi lain, resin polyester (panah kuning) tampak terkonsentrasi di beberapa bagian, menciptakan zona resin berlebih (*resin-rich zone*). Kondisi ini menunjukkan bahwa selama proses pencetakan, serat tidak sepenuhnya terimpregnasi oleh resin, atau penyusunan serat tidak terkontrol dengan baik. Penyebaran resin yang tidak merata dan serat yang terisolasi akan menyebabkan terjadinya konsentrasi tegangan saat beban dikenakan, meningkatkan risiko terjadinya retakan dan kegagalan material. Selain itu, distribusi resin yang tidak homogen juga dapat menjadi indikasi adanya *void* mikro atau gelembung udara yang terperangkap selama proses pencampuran.

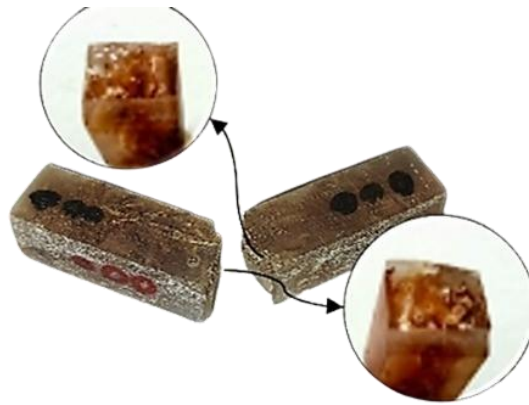
Hasil Uji Impak

Tabel 2. Rata-rata Hasil Uji Impak

NO	Volume Serat (%)	Rata-rata HI (J/mm^2)
1	10% Serat Kulit Lantung	0.012385
2	10% Serat Eceng Gondok	0.012385

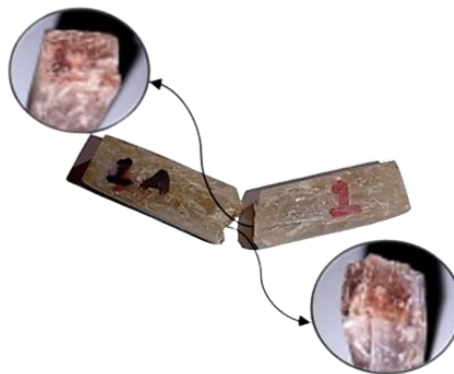
Dari tabel 2 diatas menunjukkan rata-rata harga impact (J/mm^2) dari komposit serat alam. Serat lantung dan eceng gondok memiliki rata-rata nilai impak yang sama yaitu $0.012385 J/mm^2$

Analisis bentuk patahan



Gambar 11. Bentuk Patahan Spesimen Serat Lantung

Gambar spesimen komposit serat kulit lantung menunjukkan pola patahan yang termasuk dalam kategori patahan daktil. Hal ini ditunjukkan oleh permukaan patahan yang tidak rata, bertekstur kasar, serta adanya serat yang tertarik keluar dari matriks (*fiber pull-out*). Ciri tersebut mengindikasikan bahwa sebelum mengalami kegagalan total, material terlebih dahulu mengalami deformasi plastis yang menyerap energi benturan secara bertahap. Jenis patahan ini mencerminkan karakteristik material yang ulet, sejalan dengan hasil pengujian impak. Struktur serat yang saling terikat dan terdistribusi merata dalam matriks turut memperkuat ketahanan material terhadap beban dinamis.



Gambar 12. Bentuk Patahan Pada Spesimen Eceng Gondok

Gambar spesimen komposit serat eceng gondok menunjukkan jenis patahan yang tergolong sebagai patahan getas. Hal ini ditandai oleh permukaan patahan yang tampak halus, lurus, dan bersih tanpa adanya serat yang tertarik keluar dari matriks. Ciri khas ini menunjukkan bahwa material mengalami kegagalan secara tiba-tiba tanpa mengalami deformasi plastis yang berarti. Tidak tampak adanya penyerapan energi melalui regangan atau perambatan retak bertahap, melainkan putus langsung pada satu titik. Struktur serat yang tersusun memanjang dan tidak saling mengikat kuat dengan matriks resin memperkuat indikasi bahwa ikatan antarfase kurang optimal, sehingga menghasilkan patahan yang cepat dan kaku.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa komposit berbasis resin poliester dengan penguat serat kulit lantung dan serat eceng gondok memiliki nilai impak rata-rata yang sama, yaitu sebesar $0,012385 \text{ J/mm}^2$. Meskipun demikian, analisis struktur mikro menunjukkan bahwa penyebaran serat pada komposit kulit lantung lebih merata dan menunjukkan ikatan yang lebih kuat dengan matriks dibandingkan komposit eceng gondok. Hal ini tercermin dari jenis patahan yang terjadi, di mana komposit kulit lantung menunjukkan patahan daktil, sementara komposit eceng gondok mengalami patahan getas. Temuan ini menjawab rumusan masalah dan mencapai tujuan penelitian, yaitu membandingkan performa mekanis dan struktur mikro antara kedua jenis komposit serat alam.

Penelitian ini membuktikan bahwa serat kulit lantung memiliki potensi yang signifikan sebagai penguat komposit alami yang unggul, khususnya dalam meningkatkan daya tahan terhadap benturan. Namun, penelitian ini masih terbatas pada satu jenis fraksi volume serat dan belum melibatkan variasi susunan atau perlakuan kimia pada serat. Oleh karena itu, untuk pengembangan lebih lanjut disarankan agar dilakukan pengujian dengan variasi susunan serat (woven, random, dan continuous), peningkatan fraksi volume, serta perlakuan kimia seperti alkalisasi atau penambahan nanopartikel untuk meningkatkan sifat antarmuka serat dan matriks. Selain itu, uji mekanik tambahan seperti uji tarik dan uji lentur juga diperlukan guna memperluas pemahaman terhadap performa keseluruhan komposit ini dalam aplikasi struktural.

DAFTAR REFERENSI

- Andreawan, A., & Arif Irfai, M. (2019). Pengaruh Arah Orientasi Serat Ijuk Dan Serat E-Glass Terhadap Kekuatan Geser Komposit Hybrid Dengan Resin Polyester. *Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya*, 07, 119–121. <https://jurnalmahasiswa.unesa.ac.id/index.php/jtm-unesa/article/view/30291>
- Donaldson, D. B. M. and S. L. (2001). The Materials Information Company. *Technology*, 2, 3470. <http://books.google.com.hk/books?id=eC-Zt1J4oCgC>
- Elfaleh, I., Abbassi, F., Habibi, M., Ahmad, F., Guedri, M., Nasri, M., & Garnier, C. (2023). A comprehensive review of natural fibers and their composites: An eco-friendly alternative to conventional materials. *Results in Engineering*, 19(June), 101271. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101271>
- Fallis, A. . (2013). ASM Handbook, Volume 8, Mechanical Testing and Evaluation. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Firdaus, M. (2024). Pembuatan Papan Komposit Berbasis Serat Pelepah Pinang (Filler) Dan Bahan Plastik Matriks Polypropylene (Pp). *Skripsi, Teknik Material Universitas Malikussaleh*. <https://rama.unimal.ac.id/id/eprint/858/>
- Fu, S., Wu, H., Zhu, K., Zhao, Z., & Liang, Z. (2023). The Unique Morphology of Coconut Petiole Fibers Facilitates the Fabrication of Plant Composites with High Impact Performance. *Polymers*, 15(9). <https://doi.org/10.3390/polym15092200>
- Hestiawan, H., Ariawan, D., Amri, K., Nuramal, A., Afrizal, A., & Sudibyo, S. (2022). Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Serat Lantung (Artocarpus Elasticus). *Jurnal Rekayasa Mesin*, 13(3), 819–826. <https://doi.org/10.21776/jrm.v13i3.1220>
- Hestiawan, H., & Fauzi, A. (2014). Studi Pengaruh Fraksi Volume dan Susunan Serat Terhadap Kekuatan Tarik dan Bending Komposit Resin Berpenguat Serat Rotan (Calamus Trachycoleus). *Jurnal Mechanical*, 5(1), 3–6.
- Irawan, R., Napitupulu, R., Suzen, Z. S., Negeri, P. M., & Belitung, B. (2024). *Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur Pengaruh Perendaman Cairan NaOH dan Volume Serat Terhadap Pengujian Impak Serat Gambas*. 16(01).
- Jothibas, S., Mohanamurugan, S., Vijay, R., Lenin Singaravelu, D., Vinod, A., & Sanjay, M. R. (2020). Investigation on the mechanical behavior of areca sheath fibers/jute fibers/glass fabrics reinforced hybrid composite for light weight applications.

- Journal of Industrial Textiles*, 49(8), 1036–1060.
<https://doi.org/10.1177/1528083718804207>
- Khan, T., Hameed Sultan, M. T. Bin, & Ariffin, A. H. (2018). The challenges of natural fiber in manufacturing, material selection, and technology application: A review. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 37(11), 770–779.
<https://doi.org/10.1177/0731684418756762>
- Kiratli, S. (2023). Araştırma Makalesi Advanced Biocomposites: Processing, Characterization and Applications. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 3(3), 192–197. <https://as-proceeding.com/index.php/ijanser>
- Kurniawan, N. A., Setiawan, F., & Sofyan, E. (2022). Pengujian Tarik Komposit Spesimen Campuran Serat Pisang Alur Diagonal Dan Pasir Besi Dengan Matrik Resin Polyester Dengan Metode Hand Lay-Up. *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, 8(2), 281–288. <https://doi.org/10.56521/teknika.v8i2.657>
- Lu Atun Nisa, L., Aritonang, S., Manawan, M. TE, & Sudiro, T. (2022). Study of Potential Development of Natural Reinforced Composite Materials for Application As Body Armor. *Jurnal Teknologi Daya Gerak*, 5(1), 71–82.
- Mukhammad, A. (2013). Potensi Serat Batang (Bast Fibers) Sebagai Penguat Biokomposit Untuk Aplikasi Otomotif. *Traksi*, 13(2), 38–51.
- Naubnome, V. (2020). Analisis sifat mekanik serat eceng gondok poliester untuk pembuatan bodi pada gokart. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 15(2), 47–49.
- Noer, A. (2020). Biokomposit dari Limbah Organik. In *LPPM UNHAS Tebuireng Jombang* (Vol. 5, Issue 3).
- Rizaldi, F. A., & Drastiawati, N. S. (2023). Analisa Pengaruh Perendaman Naoh Dan Fraksi Volume Dengan Resin Polyester Terhadap Kekuatan Tarik Dan Bending Pada Komposit Serat Sabut Kelapa. *Jtm*, 11(3), 27–34.
- Sadik, R., & Amalia, R. (2023). Production and Characterization of Silencer Composite Materials From Natural Fiber Using Hand Lay-Up Methods. *Teknik*, 44(2), 130–138. <https://doi.org/10.14710/teknik.v44i2.52931>
- Sasria, N. (2022). Composite Manufacturing of Coir Fiber-Reinforced Polyester as a Motorcycle Helmet Material. *JMPM (Jurnal Material Dan Proses Manufaktur)*, 6(1), 48–56. <https://doi.org/10.18196/jmpm.v6i1.13756>

- Setio, P. B. N., Saputro, D. R. S., & Winarno, B. (2020). *Klasifikasi dengan Pohon Keputusan Berbasis Algoritme C4.5*. 3.
- Siswanto, E., & Syahbanu, I. (2017). Karakterisasi Sifat Mekanik Kulit Batang Lantung (*Artocarpus elasticus*) Terlapis Pati Talas (*Colocasia Esculenta* (L .) Schott). *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 7(1), 27–35.
- To, M. (n.d.). *BX53M*.