

Analisis Kekuatan Bending Komposit Lamina Serat Ijuk Anyam dan Serat Ijuk Acak bermatriks Polyester

Fatkhurrohman Fatkhurrohman*, Ismail Ismail, Ferriawan Yudhanto

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Jl. Semolowaru, No. 45 Surabaya

Program Studi Teknologi Rekayasa Otomotif, Program Vokasi, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jl. Brawijaya, Kasihan, Bantul, 55183 Indonesia

*Penulis korespondensi: fatkhurrohman@untag-sby.ac.id

Histori artikel: diserahkan 21 Agustus 2022, direviu 29 September 2022, direvisi 17 Oktober 2022

ABSTRACT

The current automotive industry uses composite materials as an alternative material to replace metal or plastic, due to the advantages of composite materials that have biodegradable properties and support environmental sustainability. Composite materials can be used as car body protectors, as a protector composite materials must withstand compressive loads. Referring to this, the research will be carried out through flexural testing. Study aim is to analyze variations of fiber volume fraction effect to the flexural strength. Method of making composite materials using hand layup then press mold, variations in fiber volume fraction 25%, 30%, 35%, 40%, and 45%. Flexural testing is carried out according to ASTM D-790. The morphology analysis was also carried out on the fractures of result of flexural test. Flexural testing results show that the highest flexural strength is founded in the fiber volume fraction 50% and the lowest flexural strength is founded in the fiber volume fraction 25%, 724.4 MPa and 435.8 MPa, respectively. A suitable composition in the fiber volume fraction of 40% can produce an optimal bond between the matrix and the fiber. Observing the morphology of the fracture and the cross-section of the fracture flexural testing results, it was found that there were fiber fractures with the characteristics of fiber pullout and delamination in each test specimen.

Keywords: Komposit lamina, serat ijuk, kekuatan bending, Polyester

DOI : <https://10.18196/jqt.v4i1.16593>

WEB : <https://journal.umy.ac.id/index.php/qt/article/view/16593>

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan terutama pada bidang rekayasa material terus mengalami perkembangan menuju arah penggunaan material yang terbarukan dan berkelanjutan (Khalid *et al.*, 2021). Material komposit mempunyai kemampuan yang mudah dibentuk sesuai dengan yang dibutuhkan, dengan menggabungkan kekuatan maupun keunggulan dari material-material penyusunnya. Hal itu memicu penggunaan komposit material sebagai bahan alternatif untuk menggantikan logam dalam produk-produk yang dihasilkan oleh perusahaan (Fatkhurrohman *et al.*, 2020). Salah satu industri yang sudah mulai banyak menggunakan material komposit yaitu industri otomotif (Yudhanto *et al.*, 2019; Zulkifli *et al.*, 2020). Material komposit sering digunakan sebagai

body pada mobil terutama pada bagian pelindung depan maupun belakang, hal ini dikarenakan keunggulan material komposit yaitu ringan yang mengakibatkan massa dari *body* mobil akan lebih ringan sehingga bahan bakar menjadi lebih efisien dan dapat mereduksi emisi udara.

Komposit yang menggunakan polimer merupakan komposit yang sering digunakan. Komposit dengan jenis ini menggunakan polimer sebagai matriks dan serat alam sebagai penguat. Penggunaan serat alam untuk penguat memiliki banyak manfaat diantaranya *biodegradable*, mudah didapat dan mudah terdegradasi oleh lingkungan (Rochardjo *et al.*, 2021; Yudha *et al.*, 2021)). Resin *unsaturated polyester* Yukalac 157 BTQN-EX digunakan sebagai matriks dan serat ijuk sebagai penguatnya. Resin polyester mempunyai karakteristik seperti mampu dibuat kaku serta fleksibel, dapat diwarnai, resisten terhadap air, resisten terhadap kimia dan

lingkungan. Resin polyester mampu tahan terhadap temperatur mencapai 79°C . Densitasnya $1,3\text{-}1,4\text{ kg/cm}^3$ (Fatkhurrohman dan Machmudi, 2022). Serat ijuk sangat mudah ditemukan di Indonesia karena pohon aren adalah jenis pohon yang dapat hidup dengan baik di wilayah tropis. Serat ijuk memiliki diameter rata-rata $0,5\text{mm}$, densitas $1,2\text{-}1,3\text{ g/cm}^3$, kekuatan Tarik $15,5\text{ MPa}$, temperatur dekomposisi $228\text{-}312^{\circ}\text{C}$ dan merupakan serat yang mempunyai sifat biodegradable (Sherwani et al., 2021).

Penggabungan antara matriks resin polyester dengan serat ijuk sebagai material komposit sudah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Kajian yang dilakukan oleh Elkazaz et al., (2020) tentang pengaruh dari fraksi volume serat (V_f) pada kekuatan komposit yang diperkuat dengan serat *e-glass* dengan *polyurethane* dengan arah orientasi acak. Didapatkan bahwa V_f memberikan dampak pada kekuatan komposit yang dibuat. Kusmono et al., (2020) melakukan penelitian menggunakan *woven fan palm* (WFP) dan polyester untuk mengetahui pengaruh perlakuan kimia pada WFP komposit terhadap penyerapan air, kekuatan mekanis dan termal. Didapatkan bahwa kekuatan impact setelah pengeringan dari proses immersion tidak mengalami perubahan yang signifikan. Kajian yang dilakukan oleh Samlawi et al., (2018) melakukan penelitian membuat komposit dari resin polyester berpenguat serat ijuk dengan variasi fraksi massa serat dengan massa resin. Serat ijuk disusun 0 derajat (vertical) dan fabrikasi dilakukan menggunakan metode *hand layup*. Didapatkan bahwa kekuatan impact terbesar pada fraksi massa serat vs massa resin $50\%:50\%$ sebesar $198,75\text{ J/cm}^2$, sedangkan kekuatan Tarik sebesar $27,09\text{ MPa}$. Kajian yang dilakukan oleh Fatkhurrohman and Zunairoh (2018) melakukan penelitian guna menganalisis dampak dari V_f pada kekuatan komposit berupa kekuatan tarik, di penelitian ini serat disusun dengan sudut 90 derajat (horizontal) dan fabrikasi material komposit dilakukan dengan metode *hand layup*. Penelitian ini menghasilkan kekuatan Tarik paling optimal di V_f 40% dengan nilai $24,7\text{ MPa}$. Menurut Singh and Gupta (2022) arah orientasi dari serat pada material komposit dapat memberikan dampak pada kekuatan tarik, geser, bending dan kekerasan material komposit yang dihasilkan.

Penelitian akan penggunaan variasi pada fraksi volume serat yang dikombinasikan dengan arah orientasi serat anyam dan acak belum pernah dilakukan, padahal melihat kekuatan dari serat ijuk berdasarkan penelitian terdahulu dapat dimungkinkan meningkatkan kekuatan mekanik

material komposit polyester berpenguat serat ijuk. Peneliti melakukan penelitian dengan skema tersebut dan melakukan pengujian bending karena mengingat aplikasi dari material komposit ini nantinya digunakan sebagai pelindung depan atau belakang *body* mobil.

Penelitian dilakukan dengan tujuan menganalisa kekuatan bending komposit lamina polyester yang diperkuat dengan serat ijuk dengan memvariasikan fraksi volume serat dalam matriks (V_f) yaitu; 25% , 30% , 35% , 40% , dan 45% (Fatkhurrohman dan Machmudi, 2022). Penyusunan orientasi serat ijuk dalam material komposit disusun secara anyam dan acak.

METODE

Bahan

Material yang digunakan pada penelitian ini yaitu: sebagai matrik menggunakan unsaturated polyester Yukalac 157 BTQN-EX yang nantinya ditambahkan katalisator guna mempercepat proses pembentukan dan curing. Katalisator yang digunakan yaitu Methyl Ethyl Keton Peroxide (MEKPO). Penguat pada penelitian ini menggunakan serat ijuk yang didapatkan dari pohon aren.

Persiapan Matrik dan Serat

Persiapan matrik dilakukan dengan mencampurkan polyester Yukalac 157 BQTN-EX dengan katalisator MEKPO, rasio pencampuran yang digunakan sebesar 1% katalis dari volume resin yang digunakan. Dilanjutkan dengan pengadukan menggunakan *hot plate magnetic stirrer* selama 1 jam pada temperatur 60°C . setelah proses pengadukan, larutan matrik didiamkan terlebih dahulu selama $45\text{-}60$ menit sampai gelembung yang terbentuk akibat proses pengadukan telah hilang. Barulah matrik siap untuk digunakan pembuatan material komposit.

Persiapan serat ijuk dilakukan dengan mengambil serat dari pohon aren, kemudian dibersihkan menggunakan parang untuk menghilangkan lidinya. Kemudian serat yang masih berantakan dirapikan menggunakan sikat baja. Kemudian dilakukan pemilihan serat yang mempunyai diameter seragam. Serat yang diameternya sudah seragam kemudian dicuci dengan air hingga bersih kemudian dikeringkan pada temperatur kamar selama 48 jam didalam ruangan. Kemudian serat dikeringkan kembali menggunakan oven pada temperatur 90°C

selama 15 menit. Barulah serat siap dipakai untuk pembuatan material komposit.

$$V_f = \frac{W_f / \rho_f}{V_c} \times 100\% \quad (1)$$

Dengan:

W_f = fraksi berat serat (g)

W_m fraksi matrik (g)

ρ_f = densitas serat (g/cm³)

ρ_m = densitas matriks (g/cm³)

V_f = fraksi volume serat (cm³)

V_m = fraksi volume matrik (cm³)

V_c = fraksi volume komposit (cm³)

Setelah matrik dan penguat sudah siap, dilakukan perhitungan menggunakan persamaan 1 untuk mengetahui massa pada setiap variasi fraksi volume serat. Kemudian dilakukan fabrikasi material komposit dengan metode *press mold*.

Fabrikasi Komposit

Fabrikasi komposit dilakukan menggunakan metode hand layup dengan susunan matrik-serat ijuk anyam-matrik-serat ijuk acak-matrik seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 1. Setelah proses *hand lay-up* serat selesai dilanjutkan dengan proses *press mold* selama 24 jam pada temperatur kamar seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

Fabrikasi material komposit dilakukan pada V_f 25%, 30%, 35%, 40%, dan 45%. Komposit yang sudah jadi kemudian dilepas dari cetakan, produk material komposit yang dihasilkan berbentuk lembaran seperti yang ditunjukkan oleh gambar 3a kemudian dilakukan *post curing* pada temperatur 60°C selama 30 menit, bertujuan agar proses pengeringan pada material komposit sempurna baik dibagian permukaan maupun dibagian dalam. Selanjutnya material komposit dipotong sesuai dengan dimensi standart pengujian bending ASTM D-790 seperti yang ditunjukkan pada gambar 3b spesimen yang telah dipotong kemudian siap dilakukan pengujian bending.



GAMBAR 1. Skema posisi susunan serat dan matrik

Pengujian dan Karakterisasi

Pengujian bending dilakukan menggunakan *Universal Testing Machine* tipe WDW-500E/600E. Untuk mengetahui morfologi jenis patahan yang terjadi setelah pengujian dilakukan dengan foto makro menggunakan kamera digital dengan 16MP (f/1.7 26 mm).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Fraksi Volume Serat terhadap Kekuatan Bending

Fraksi volume serat (V_f) merupakan jumlah kandungan serat didalam material komposit, artinya serat yang dijadikan sebagai *reinforcement* dalam material komposit memiliki massa yang dapat dihitung menggunakan persamaan 1. Berdasarkan hasil perhitungan dengan persamaan 1, didapatkan massa serat ijuk di setiap variasi fraksi volume serat seperti yang disajikan pada Tabel 1.

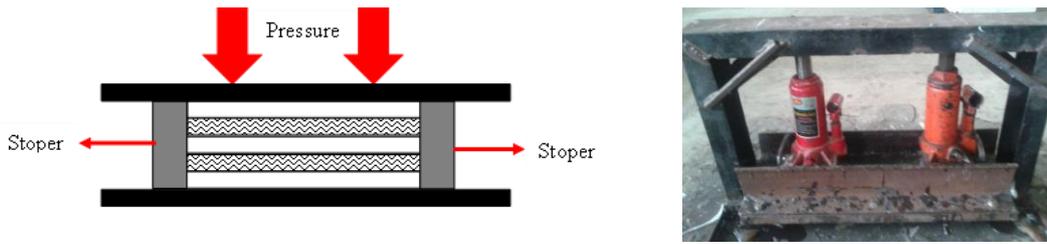
Tabel 1. Massa serat ijuk setiap variasi V_f

No.	Fraksi volume serat (%)	Massa SPF (gram)
1.	25	34,1
2.	30	51,1
3.	35	68,2
4.	40	85,2
5.	45	102,2

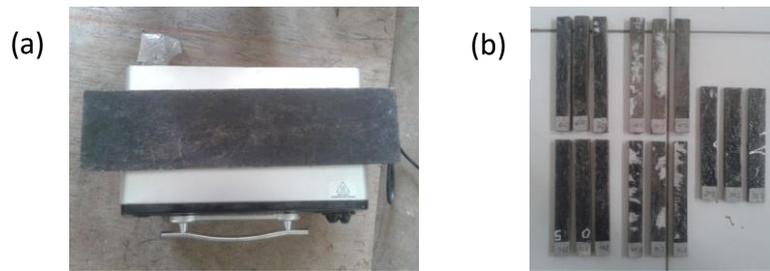
Pada setiap variasi fraksi volume serat dibuat 5 spesimen yang mana dari 5 spesimen tersebut nantinya akan diambil nilai rata-rata. Total spesimen yang dibuat pada penelitian ini sebanyak 25 spesimen.

$$\sigma_f = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (2)$$

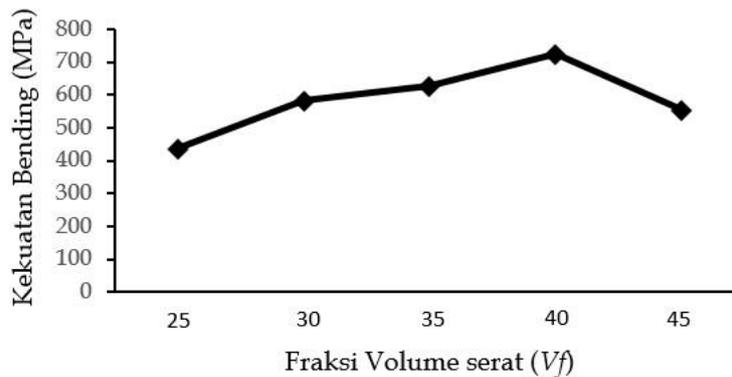
Dengan σ_f = tegangan flexural (MPa); P = gaya tekan (N); L = Rentang penyangga (mm), b = Lebar spesimen (mm); d = ketebalan spesimen (mm).



GAMBAR 2. Ilustrasi dan mekanisme proses *press mold*



GAMBAR 3. Material komposit (a) Panel komposit; (b) Spesimen uji bending



GAMBAR 4. Grafik kekuatan bending vs V_f

Data hasil pengujian bending kemudian dihitung menggunakan persamaan 2 dan disajikan dalam Gambar 4, berupa grafik hubungan antara kekuatan bending vs fraksi volume serat V_f yaitu mulai dari 25%, 30%, 35%, 40%, dan 45% masing-masing sebesar 435,8; 581,7; 626,7; 724,4 dan 553,7 MPa. Kekuatan bending mengalami peningkatan dari fraksi volume serat 25% sampai dengan 40%, namun fraksi volume diatas 40% kuat bending mengalami penurunan. Kekuatan bending tertinggi terjadi di V_f 40% yaitu sebesar 724,4 MPa dan kekuatan bending paling rendah terjadi di V_f 25% yaitu 435,8 MPa. Nilai kekuatan bending tersebut lebih baik jika dibandingkan nilai kekuatan bending yang didapatkan oleh peneliti lain seperti yang dilakukan oleh Singh and Gupta (2022), yang menggunakan serat rami menghasilkan kekuatan bending sebesar 549,5 MPa. Sivakumar et al., (2021), menggunakan serat palmira yang disusun secara acak menghasilkan kekuatan bending sebesar 64 MPa. Girmurugan et al., (2022), menggunakan

serat ampas tebu yang dicampur dengan serbuk tamarin menghasilkan kekuatan bending sebesar 36,5 MPa.

Berdasarkan Gambar 5, fraksi volume serat ijuk memberikan pengaruh pada kekuatan bending material komposit. Pengaruh tersebut didapatkan dari meningkatnya kekuatan bending material komposit dari fraksi volume serat 25% sampai dengan 40%. Peningkatan tersebut akibat adanya *post curing* yang berhasil menurunkan adanya voids dalam matriks resin. Penurunan pada fraksi volume serat 45% disebabkan oleh massa serat yang digunakan untuk penguat jumlahnya terlalu banyak, disisi lain massa matriks semakin berkurang sehingga matriks tidak mampu membasahi seluruh permukaan serat ijuk dengan sempurna, hal ini sangat dapat memicu terbentuknya adanya *void* di dalam material komposit serat ijuk sehingga kekuatan bendingnya menurun.

Analisis Morphology Patahan Hasil Pengujian Bending

Berdasarkan foto makro pada gambar 5, terlihat patahan yang terjadi pada semua specimen berupa patahan serabut. Hal ini dapat diindikasikan bahwa *interface* antara matrik dengan penguat masih belum begitu kuat. Kekuatan *interface* antara matriks dan serat bisa ditingkatkan dengan

melakukan perlakuan terlebih dahulu terhadap serat ijuk sebelum dibuat menjadi material komposit. Perlakuan bisa dilakukan dengan melakukan perendaman serat ijuk pada larutan alkali yang bertujuan untuk menghilangkan kadar lignin yang ada pada serat ijuk. Sehingga *interface* antara matrik dan serat dapat meningkat.



GAMBAR 5. Foto makro patahan dan penampang patahan hasil pengujian bending

Berdasarkan pada foto makro penampang patahan yang ditunjukkan oleh Gambar 5, menunjukkan bahwa terjadi *delamination* dan *fiber pull out*. Pada *delamination* terlihat matrik pecah menjadi bagian-bagian kecil, hal ini dimungkinkan karena campuran antara resin dengan *hardener* masih kurang seimbang sehingga menyebabkan matrik menjadi lebih getas. Kemungkinan lain yang menyebabkan terjadinya *delamination* adalah

terjadinya penggumpalan serat didalam material komposit sehingga beban tidak terdistribusi secara merata ke matriks hal ini banyak terjadi pada fraksi volume serat 45%. Selain *delamination*, muncul juga hasil patahan berupa *fiber pullout*. *Fiber pullout* terjadi dimungkinkan karena transfer beban oleh serat ke matriks tidak sempurna. Ketika beban yang diberikan masih bisa diterima oleh serat namun matrik sudah tidak mampu menerima

sehingga matrik mengalami patah namun serat masih bisa menahannya sehingga serat tertarik keluar dan muncullah *fiber pullout*.

KESIMPULAN

Pembahasan tentang analisa hasil pengujian bending serta morfologi patahan terhadap material komposit lamina polyester berpenguat serat ijuk menghasilkan fraksi volume serat optimal pada V_f 40% yaitu menghasilkan kuat bending 724,4 MPa. Kekuatan bending terendah diperoleh di V_f 25% yaitu 435,8 MPa. Hasil kuat bending turun menjadi 553,7 MPa saat V_f 45%, hal ini ditunjukkan dari hasil bentuk penampang patahan pada hasil pengujian bending yang menunjukkan adanya *delamination* dan *fiber pullout* pada fraksi volume serat yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM INTERNATIONAL. 2002. Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials. D790. *Annual Book of ASTM Standards*, i, pp. 1–12.
- Elkazaz, E., Crosby, W.A., Ollick, A.M. and Elhadary, M. 2020. Effect of fiber volume fraction on the mechanical properties of randomly oriented glass fiber reinforced polyurethane elastomer with crosshead speeds. *Alexandria Engineering Journal*, 59(1), pp. 209–216.
- Fatkhurrohman, Budi Rochardjo, H.S., Kusumaatmaja, A. and Yudhanto, F. 2020. Extraction and effect of vibration duration in ultrasonic process of cellulose nanocrystal (CNC) from ramie fiber. *AIP Conference Proceedings*, 2262(September).
- Fatkhurrohman, F. and Machmudi, M. 2022. Analysis of the impact strength on laminated polyester composites reinforced sugar palm fiber (SPF) with fiber orientation: random and woven. *Jurnal Polimesin*, 20(2), pp. 208–212.
- Fatkhurrohman and Zunairoh. 2018. Effect of fiber volume fraction to tensile strength in composites polyester reinforced Sugar Palm Fiber (SPF). *Journal of Advances in Technology and Engineering Research*, 4(6), pp. 222–229.
- Girimurugan, R., Shilaja, C., Mayakannan, S., Rajesh, S., and Aravinth, B. 2022. Experimental investigations on flexural and compressive properties of epoxy resin matrix sugarcane fiber and tamarind seed powder reinforced bio-composites. *Materials Today: Proceedings*, 66-3, p. 822-828.
- Kusmono, Hestiawan, H., and Jamasri. 2020. The water absorption , mechanical and thermal properties of chemically treated woven fan palm. *Journal Integrative Medicine Research*, 9(3), pp. 4410–4420.
- Khalid, M.Y., Al Rashid, A., Arif, Z.U., Ahmed, W., Arshad, H. and Zaidi, A.A. 2021. Natural fiber reinforced composites: Sustainable materials for emerging applications. *Results in Engineering*, 11(July), p. 100263.
- Rochardjo, H.S.B., Fatkhurrohman, Kusumaatmaja, A. and Yudhanto, F. 2021. Fabrication of Nanofiltration Membrane based on Polyvinyl Alcohol Nanofibers Reinforced with Cellulose Nanocrystal using Electrospinning Techniques. *International Journal of Technology*, 12(2), pp. 329–338.
- Samlawi, A. K., Arifin, Y. F., and Permana, P. Y. 2018. Pembuatan dan karakterisasi material komposit serat ijuk (arenga pinnata) sebagai bahan baku cover body sepeda motor. *SEMNAS ULM*, pp. 1–6.
- Singh, S., and Gupta, P. K. 2022. Effect of fiber orientation on mechanical properties of jute/carbon/glass hybrid composite. *Materials Today: Proceedings*, 2214-7853.
- Sivakumar, S., Vignesh, V., Vijay A. I., Venkatesan, G., Rabi, B. R. M., and Khan, M. B. 2021. xperimental investigation on tensile and flexural properties of randomly oriented treated palmyra fibre reinforced polyester composites. *Materials Today: Proceedings*, 46-17, p. 7556-7560.
- Sherwani, S.F.K., Zainudin, E.S., Sapuan, S.M., Leman, Z. and Abdan, K. 2021. Mechanical properties of sugar palm (Arenga pinnata wurmb. merr)/glass fiber-reinforced poly(lactic acid) hybrid composites for potential use in motorcycle components. *Polymers*, 13(18).
- Yudha, V., Yudhanto, F., Rochardjo, H. S. B., & Hariyanto, S. D. (2021). Cellulose Microfibers from Salacca Midrib Fiber Isolated by the Mechanical Treatment. *Jurnal Selulosa*, 11(01), 1-8.
- Yudhanto, F., Dhewanto, S.A. and Yakti, S.W. 2019. Karakterisasi Bahan Kampas Rem Sepeda Motor Dari Komposit Serbuk Kayu Jati. *Jurnal Quantum: Teknika*, 1(1), pp. 19–27.
- Zulkifli, Dharmawan, I.B. and Anhar, W. 2020. Analisa pengaruh perlakuan kimia pada serat terhadap kekuatan impak charpy komposit serat sabut kelapa bermatriks epoxy Effect of

chemical treatment of composite coir fiber with epoxy matrix on the Charpy impact strength. *Jurnal Polimesin*, 18(1), pp. 47–52.