



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisis Kombinasi Laminasi Serat Bambu Apus dengan *Fiberglass* (*Chopped Strand Matt*) Menggunakan Teknik Anyaman Dicitak Lengkung (*Curve*) untuk Material Kulit Kapal

Mohd.Hafiz Bin Baharuddin¹⁾, Prof. Dr. Parlindungan Manik S,T. M,T¹⁾, Ir. Kiryanto M,T.¹⁾

Laboratorium Teknologi Material, Las, dan Produksi Kapal

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

e-mail : mohdhafiz@students.undip.ac.id parlindunganmanik@lecturer.undip.ac.id

kiryanto@lecturer.undip.ac.id

Abstrak

Kayu sebagai material pembuatan kapal memiliki keterbatasan dalam hal keberlanjutan sumber daya, berat, dan ketahanan terhadap lingkungan laut. Sebagai alternatif, bambu dipilih karena ketersediaannya yang melimpah, bobotnya yang ringan, dan sifat mekanis yang baik. Pada penelitian ini, serat bambu apus dikombinasikan dengan fiberglass (*Chopped Strand Matt*) untuk meningkatkan ketahanan terhadap air dan kekuatan struktural. Laminasi serat komposit ini diolah menggunakan teknik anyaman dan cetakan lengkung (*curve*) sebagai inovasi material untuk kulit kapal yang kuat dan tahan terhadap korosi. Kombinasi ini memiliki potensi besar untuk menjadi solusi ramah lingkungan dan berkelanjutan dalam industri perkapalan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan tekuk dan dampak komposit anyaman bambu apus dengan variasi lengkung. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan variasi lengkung $0^{\circ}, 8.74^{\circ}, 17.10^{\circ}, 24.77^{\circ}$ pada benda uji. Hasil pengujian menunjukkan bahwa komposit dengan lengkung $24,77^{\circ}$ memiliki kekuatan dampak sebesar 111.61 J/mm^2 dan kekuatan tekuk mencapai $382,50 \text{ MPa}$. Semakin lengkung spesimen maka diperoleh hasil yang lebih kuat, serta melebihi kebutuhan ambang batas kekuatan Biro Klasifikasi Indonesia.

Kata kunci : Bambu Apus, Lengkung, Anyaman Basket, Fiberglass

1. PENDAHULUAN

Kayu berperan sebagai bahan struktural utama dalam pembuatan kapal tradisional. Pada saat ini produksi kayu dari hutan Indonesia mengalami penurunan yang semakin signifikan, dan mengakibatkan keterbatasan kayu dan harga yang tidak menguntungkan secara ekonomis.

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kebutuhan kayu galangan di Kabupaten Batang, mengidentifikasi pemasok serta

alur pasokan kayu, dan menghitung ketersediaan kayu dari tahun 2014 hingga 2018. Kayu jenis bengkirai, rimba campur, dan laban digunakan untuk pembuatan kapal di bawah 30 GT, dengan total kebutuhan masing-masing sebesar $6.431,67 \text{ m}^3$ untuk bengkirai dan $1.561,98 \text{ m}^3$ untuk rimba campur [1].

Penelitian ini bertujuan untuk memperkuat kualitas serat bambu apus (*Gigantochloa Apus*) sebagai komposit dengan perlakuan larutan alkali NaOH dan Silan, yang kemudian diuji mekanik

sesuai standar SNI 03-3960-1994 dan SNI 03-3399-1994. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan tarik dan lentur bambu apus yang diperkuat dengan perlakuan berbeda mencapai nilai yang lebih tinggi, dengan bambu apus yang diperkuat tergolong dalam Kelas Kuat II dan III menurut Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) [2].

Mengeksplorasi pengembangan teknologi balok laminasi yang direkatkan dari kombinasi bambu apus dan kayu meranti sebagai alternatif bahan pembuatan kapal, serta mengukur kuat tarik sejajar serat, kuat tekan tegak lurus serat, dan pengaruh variasi material terhadap kelas kekuatan sesuai BKI. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laminasi ini dapat dikategorikan sebagai Kelas Kuat II menurut regulasi BKI dan variasi K30B70 terbukti sebagai pilihan paling optimal dengan analisis biaya yang menunjukkan peningkatan signifikan dibandingkan harga kayu meranti dan bambu apus [3].

Penelitian ini mengkaji potensi bambu sebagai alternatif material pengganti baja pada konstruksi perkerasan kaku dengan menguji kemampuannya sebagai tulangan untuk menahan retak susut dan meningkatkan kapasitas beban. Hasil uji menunjukkan bahwa defleksi terbesar pada tulangan bambu sebesar 0,6 mm di bawah beban 9323 kg, sedangkan tegangan maksimum bambu mencapai 118,62 Kg/cm² (memanjang) dan 86,87 Kg/cm² (melintang), dengan modulus elastisitas (E) bambu sebesar 313810 Kg/cm² [4].

Kayu laminasi yang direkatkan, atau glulam, diperoleh dengan menumpuk sejumlah papan atau laminasi di atas satu sama lain dan merekatkannya untuk membentuk penampang balok sesuai bentuk yang diinginkan. Konstruksi kayu yang direkatkan telah digunakan sejak berabad-abad lalu, namun terobosan glulam terjadi pada tahun 1906 ketika Otto Hetzer memperoleh hak paten untuk pengikat Hetzer, yang meningkatkan kinerja material ini dibandingkan dengan kayu solid [5].

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik material polimer dengan menggunakan jenis serat alam, yaitu serat bambu yang memiliki kekuatan mekanik tinggi dan ketersediaan yang melimpah. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan signifikan pada kekuatan tarik, kekuatan lentur, dan kekuatan impak material polimer yang menggunakan serat

bambu, masing-masing dari 13,51 MPa menjadi 33,50 MPa, 24,25 MPa menjadi 44,5 MPa, dan 41 kJ/m² menjadi 69 kJ/m² [6].

Komposit polimer berkinerja tinggi yang baru sangat diperlukan untuk berbagai aplikasi industri. Dua jenis polisilseskuoksida tak jenuh, yaitu AcPhPOSSI dan AcPhPOSSII, berhasil dirancang dan disintesis, diikuti dengan pembuatan resin termoseting serta komposit yang didoping fiberglass melalui proses pengawetan termal dengan AcPhPOSS dan polimer glisilid azid. Hasilnya menunjukkan transparansi yang sangat baik, dengan nilai transparansi dan kabut masing-masing mencapai 84,0% dan 3,0%. Selain itu, tingkat pelepasan panas dan asap masing-masing berkurang sekitar 69% dan 50%. Kekuatannya dalam lentur serta modulus lentur tetap berada di atas 80 MPa dan 11.000 MPa setelah pengolahan air [7].

Penelitian ini tentang peningkatan perhatian terhadap bahan berbasis bio yang ramah lingkungan dan pemahaman yang lebih mendalam tentang sifat mekanik bambu laminasi telah mendorong pengembangan komposit bambu biaya rendah untuk struktur kapal yang menarik perhatian luas. Komposit bambu laminasi yang terdiri dari bambu Apus (*Gigantochloa apus*) dan serat Waru dengan orientasi lapisan yang berbeda diselidiki untuk mendapatkan karakteristik mekanisnya. orientasi lapisan pada sumbu (0°) dapat meningkatkan kekuatan material, di mana orientasi searah (0°) memiliki sifat mekanik yang lebih unggul dibandingkan dengan orientasi dua arah (45°/-45° dan 0°/90°) [8].

Mengeksplorasi penggunaan limbah bambu sebagai bahan penguat komposit untuk membuat model papan selancar. Proses produksi komposit dilakukan dengan metode vacuum bagging, yang mempercepat pengerjaan dibandingkan metode hand lay-up [9].

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan sifat mekanik yang optimal dari komposit berpenguat strip bambu petung (*Dendrocalamus asper*) melalui pengujian kekuatan tarik dengan alat uji tarik universal (*Testometric Brand*), dan sifat fisis melalui alat uji struktur mikro dengan Scanning Electron Microscope (SEM) akibat perendaman anyaman strip bambu petung dengan air payau. Hasil pengujian menunjukkan bahwa

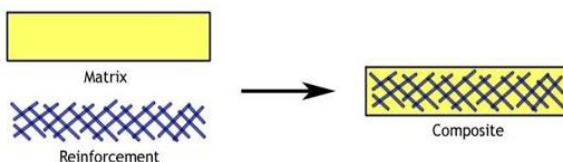
kekuatan tarik optimal komposit berpenguat serat bambu petung tanpa perendaman adalah 1 lapis (36,436 MPa), 2 lapis (45,840 MPa), dan 3 lapis (58,143 MPa). Peningkatan kekuatan tarik yang paling signifikan adalah pada perendaman 4 minggu dengan salinitas 20 ppm dan 1 lapis anyaman, yaitu meningkat (21,537%) [10].

Penelitian tentang Analisis kombinasi laminasi serat bambu apus dengan *fiberglass* (*chopped strand matt*) menggunakan teknik anyaman dicetak lengkung (*curve*) untuk material kulit kapal. menggunakan metode eksperimen sistem lapis serat bambu dan dilakukan tekanan kompaksi terhadap susunan serat. Adapun tujuan dalam penelitian ini yaitu mengetahui kekuatan impak dan tekuk pada bambu apus berpenguat epoksi variasi bentuk lengkung apakah dapat memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh standar BKI dan SNI.

2. METODOLOGI

2.1. Komposit

Komposit merupakan hasil rekayasa dari gabungan dua atau lebih material yang dikombinasikan secara sistematis untuk menghasilkan sifat-sifat yang diinginkan seperti yang ditunjukkan pada gambar 1 yaitu tentang susunan komposit, dengan memanfaatkan karakteristik masing-masing material dalam proporsi yang berbeda [11]. Kombinasi antara serat-serat kuat dan bahan perekat yang tahan terhadap gaya tarik, tekan, atau lentur dapat menghasilkan material yang memiliki kekuatan dan kekakuan yang lebih baik daripada bahan tunggal yang digunakan secara individual [12]. Komponen utama material komposit adalah matriks dan penguat. Bantuan yang paling umum adalah serat, yang menyediakan sebagian besar dari kekakuan dan kekuatan. Matriks mengikat serat bersama-sama memberikan beban antar serat dan komposit dengan beban eksternal serta penopang [13].



Gambar 1. Susunan komposit

2.2. Bambu apus

Bambu mampu bertahan lama, bahkan sampai 20 tahun bambu mampu bertahan, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2, juga tahan terhadap serangan serangga ataupun pelapukan [14]. Bambu apus yang biasanya digunakan untuk membangun sebuah bangunan bahan kerajinan dan lain sebagainya. karena tingkat kelenturan bambu ini sangat baik dan elastis. Adapaun spesimen uji yang digunakan dengan ukuran 55 x 10 x 10mm pada pengujian impak ASTM D-256 dan 130 x 13 x 10 pada pengujian tekuk ASTM D7264 dengan anyaman basket variasi lengkungan sebanyak 24 spesimen. menggunakan metode eksperimen.



Gambar 2. Bambu apus (*Gigantochloa apus*)

Jenis tanaman yang termasuk dalam keluarga rumput dan sering dijuluki sebagai "*The Giant Grass*" atau rumput raksasa iaitu bambu. Sebagai tumbuhan yang mampu tumbuh cepat. Bambu adalah jenis tanaman yang dapat tumbuh di Indonesia yang beriklim tropis. Bambu adalah salah satu tanaman yang seratnya dapat dijadikan bahan dasar komposit yang berbahan alami.

2.3. Fiberglass (CSM)

Fiberglass merupakan komposit yang terbuat dari serat kaca. Biasanya digunakan sebagai bahan dalam pembuatan kapal, serta pendekatan yang masuk akal namun sederhana, untuk menganalisis struktur lambung kapal *fiberglass*. Penelitian ini

menggunakan *fiberglass* sebagai penguat dari anyaman bambu. Penambahan alas *fiberglass* pada LBC (*Laminated Bamboo composite*) meningkatkan sifat mekanis, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3 [15].



Gambar 3. Serat *fiberglass*

2.4. Epoksi dan hardener

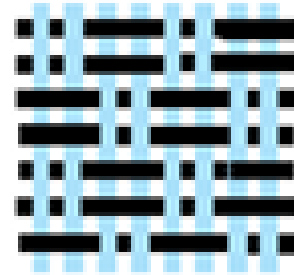
Resin epoksi adalah jenis perekat yang berbentuk cair dan terdiri dari dua komponen, yaitu resin (*epoxy*) dan pengeras (*hardener*), seperti yang ditunjukkan pada gambar 4. Manufaktur komposit dengan metode *bladder compression moulding* serta mempelajari pengaruh variasi waktu kering terhadap sifat mekanis produk komposit yang dihasilkan pada tekanan 7 Bar dan temperatur 120°C dan pada temperatur ruangan. Epoksi telah menjadi bahan matriks polimer utama selama beberapa dekade karena ketangguhannya yang sangat baik, dan sifat penyerapan air yang rendah, siklus pemerosesan yang sederhana, dan kemampuan suhu yang lebih tinggi [16].



Gambar 4. Epoksi resin dan hardener

2.5. Anyaman Basket

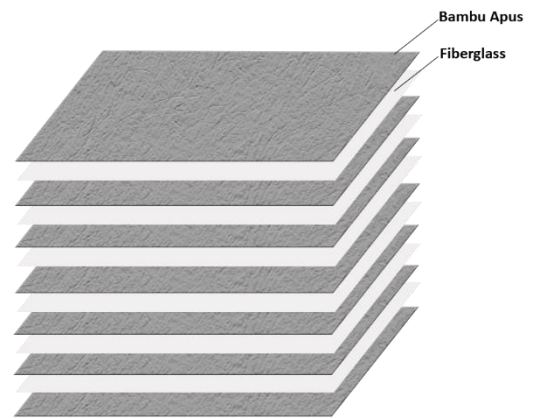
Anyaman adalah teknik pembuatan material atau objek yang dilakukan dengan cara menyilangkan 2 bilah bambu secara horizontal dan vertikal. Demikian bahan-bahan seperti serat alami (bambu, rotan, pandan), serat sintetis atau logam secara teratur, sehingga membentuk pola tertentu, seperti dilihat pada gambar 5 anyaman basket [17].



Gambar 5. Anyaman basket

2.6. Konfigurasi lapisan

Konfigurasi lapisan bambu dan fiberglass dalam material komposit dilakukan dengan menyusun lapisan serat bambu dan fiberglass secara bergantian. Seperti ditunjukkan pada gambar 6 yaitu konfigurasi lapisan. Serat bambu, yang ringan dan kuat, ditempatkan sebagai lapisan penguat utama, sedangkan fiberglass berfungsi sebagai pelindung yang menambah ketahanan terhadap air, korosi, dan dampak lingkungan lainnya.



Gambar 6. Konfigurasi lapisan

2.7. Prosedur pembuatan bahan uji

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini ialah bambu apus, *fiberglass* dan epoksi. Adapun langkah pembuatan spesimen sebagai berikut. Memotong bambu 50cm dari permukaan tanaman. Kemudian potong bambu dalam bentuk iratan yaitu 400mm x 20mm x 0.5mm menggunakan pisau irat. Setelah jadi bilah bambu, kemudian diawetkan dengan cara merendamnya dalam larutan pengawet yang mengandung 2,5% natrium tetrabutirat. Setelah itu bambu yang jadi bilah dikeringkan untuk mendapat kadar air yang diinginkan. Kemudian bilah bambu akan dilakukan anyaman basket. Langkah selanjutnya, ketika siap bilah bambu dianyam dilakukan proses perekatan dengan Susunan layer yaitu anyaman bilah bambu – epoksi – *fiberglass* akan dilakukan secara berkala hingga anyaman bambu 7 lapis. Dalam kondisi ini spesimen dibuat diatas cetakan. Setelah selesai proses layer kemudian ditempa menggunakan pemberat pasir pada cetakan baja agar lapisan merekat dan menyatu dengan kuat. kemudian spesimen didiamkan selama 24jam. Setelah itu lanjut ketahap pemotongan spesimen sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Dapat dilihat pada gambar 7 pembuatan spesimen.



Gambar 7. Pembuatan spesimen

2.8. Parameter Pengujian

2.7.1. Parameter Tetap

a. Uji Impak

Pengujian impact digunakan untuk mengetahui kekuatan spesimen yang akan diuji dengan cara

ditumbuk secara mendadak kearah spesimen untuk mengetahui keuletannya. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 8 pengujian impact. Pada penelitian ini standar yang digunakan ialah ISO 179-1 dengan ukuran spesimen 80 mm x 10 mm x 10mm. Kekuatan uji impact dihitung dengan persamaan 1:

$$\frac{W}{b \times h} \quad (1)$$

Dimana W adalah energi yang terserap benda uji dengan satuan (J), b adalah lebar benda uji dengan satuan (mm), dan h adalah tebal benda uji dengan satuan (mm).



Gambar 8. Proses pengujian uji impact

b. Uji Tekuk

Pengujian tekuk digunakan untuk mengetahui tingkat kelenturan sebuah spesimen dengan cara menindih tengah titik spesimen dengan perlahan hingga patah. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 9 pengujian tekuk. Adapun pada penelitian ini menggunakan standar ialah ASTM D-7264 dengan ukuran spesimen 130mm x 13mm x 10mm. Tegangan maksimum dapat dihitung menggunakan persamaan 2:

$$\sigma = \frac{3FL}{2bd^2} \quad (2)$$

Dimana σ adalah kekuatan tekuk dengan satuan (MPa), F adalah gaya dengan satuan (N), L adalah panjang span dengan satuan (mm), b adalah lebar

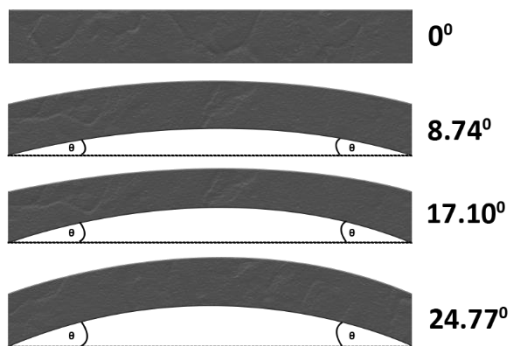
spesimen uji dengan satuan (mm), d adalah tebal spesimen uji dengan satuan (mm).



Gambar 9. Proses pengujian tekuk

2.7.2 Parameter Peubah

Dalam penelitian ini, variasi cetakan lengkung pada anyaman basket dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh sudut lengkung pada sifat mekanis dan struktural komposit yang dihasilkan. Anyaman basket (2-2) adalah pola anyaman di mana dua helai serat bambu secara berulang ditunen secara horizontal dan vertikal, sehingga menghasilkan kekuatan yang merata di setiap arah.



Gambar 10. Variasi sudut spesimen

Variasi sudut cetakan lengkung ini dibuat dalam empat jenis spesimen, masing-masing dengan sudut lengkung yang berbeda, yaitu:

Spesimen 0° (tanpa lengkung): Spesimen ini menggunakan cetakan datar tanpa sudut lengkung. Variasi ini berfungsi sebagai kontrol untuk mengukur sifat dasar dari komposit anyaman tanpa adanya efek lengkung. Spesimen ini memungkinkan analisis perbedaan

karakteristik material ketika dibandingkan dengan spesimen yang memiliki sudut lengkung.

Spesimen 8.74° : Cetakan pada spesimen ini memiliki sudut lengkung sebesar 8.74° . Lengkungan ringan ini meniru kondisi dimana material hanya mengalami sedikit tekukan. Penelitian pada sudut ini memungkinkan pengukuran bagaimana perubahan kecil dalam lengkung mempengaruhi kelenturan, dan ketahanan terhadap deformasi.

Spesimen 17.10° : Pada spesimen ini, sudut lengkungnya meningkat menjadi 17.10° , menambahkan tingkat ketegangan yang lebih tinggi pada serat bambu dan fiberglass saat proses pencetakan. Dengan adanya lengkung lebih besar, spesimen ini akan membantu melihat efek peningkatan lengkung terhadap distribusi beban dan fleksibilitas material komposit.

Spesimen 24.77° : Spesimen dengan sudut lengkung 24.77° memberikan variasi lengkung tertinggi dalam penelitian ini. Sudut ini menciptakan kondisi yang lebih ekstrem untuk menguji ketahanan anyaman bambu-fiberglass terhadap deformasi yang lebih signifikan. Variasi ini diharapkan menunjukkan batas kelenturan dan kekuatan yang bisa dicapai oleh material tanpa mengalami kerusakan.

2.9. Lokasi Penelitian

Lokasi pembuatan spesimen dilaksanakan di laboratorium Teknik Perkapalan, Kota Semarang. Uji tekuk dan impak dilakukan di Laboratorium Teknologi Material dan Produksi Kapal, Fakultas Teknik Perkapalan, Universitas Diponegoro, Semarang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

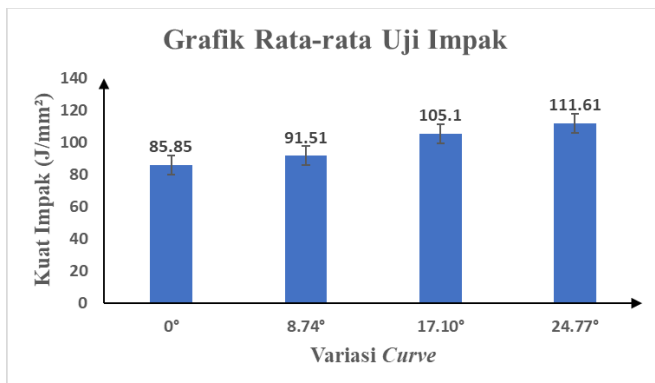
3.1. Hasil Uji Impak

Hasil pengujian impak yang telah dilakukan seperti yang ditunjukkan pada tabel 1.

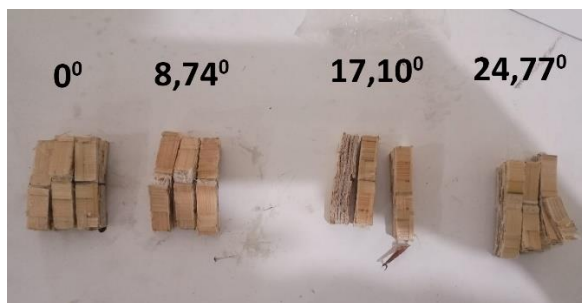
Tabel 1. Data Uji Impak

Variasi sudut 0°, 8.74°, 17.10°, 24.77°	Rata- rata b (mm)	Rata- rata d (mm)	Energi (J)	Kuat Impak (J/mm ²)
ABF-I0	10.48	10	9	85.85
ABF-I1	10.15	10	9,6	91.51
ABF-I2	10.56	10	10,6	105.10
ABF-I3	11.05	10	12.3	111.61

Data tabel 1 menunjukkan bahwa Rata-rata harga impact terbesar terdapat pada spesimen dengan perlakuan anyaman basket 24.77° yaitu sebesar 111.61 J/mm² sedangkan untuk rata-rata harga impact paling kecil terdapat pada anyaman basket 0° yaitu sebesar 85.85 J/mm². Dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 11. Grafik kuat impact



Gambar 12. Patahan uji impact

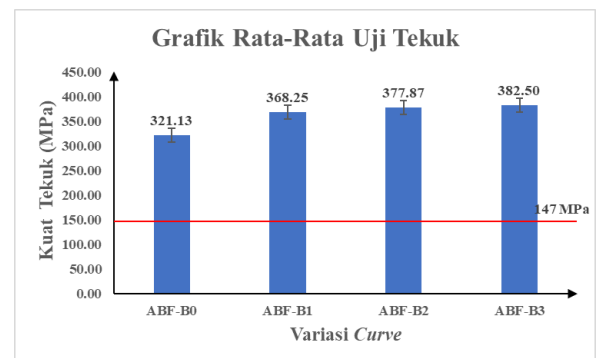
3.2. Hasil Uji Tekuk

Hasil pengujian tekuk telah dilakukan dengan (*Three Point Tekuk*), seperti yang ditunjukkan pada tabel 2, dapat dirata ratakan sebagai berikut:

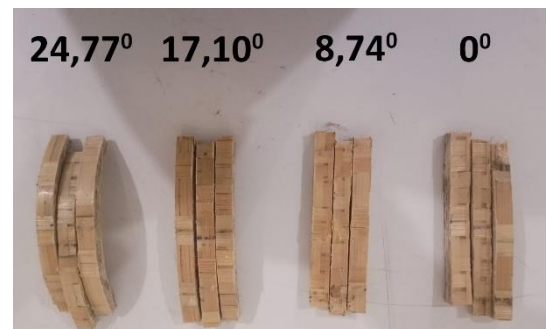
Tabel 2. Data Uji Tekuk

Variasi sudut 0°, 8.74°, 17.10°, 24.77°	Rata- rata L (mm)	Rata- rata b (mm)	Rata- rata d (mm)	Rata- rata F (kN)	Kuat Tekuk (MPa)
ABF-I0	130	13	10	8.56	321.13
ABF-I1	130	13	10	9.82	368.25
ABF-I2	130	13	10	10.02	377.87
ABF-I3	130	13	10	10.05	382.50

Data tabel 2 menunjukkan bahwa rata-rata hasil pengujian tekuk terbesar terdapat pada spesimen dengan perlakuan anyaman basket 24.77° yaitu sebesar 382.50 MPa sedangkan untuk rata-rata tekuk paling kecil terdapat pada anyaman basket 0° yaitu sebesar 321.13 MPa. Dapat dilihat pada grafik gambar 11.



Gambar 13. Grafik kuat tekuk



Gambar 14. Patahan uji tekuk

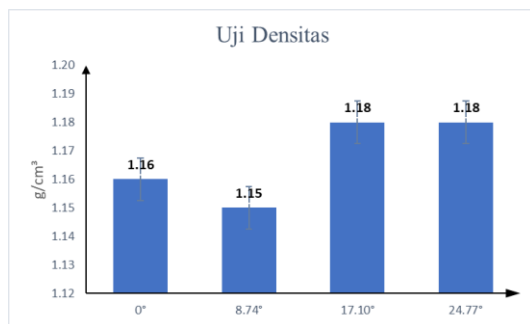
3.3. Hasil Uji Densitas

Hasil pengujian densitas telah ditunjukkan pada tabel 3, dapat dirata-ratakan sebagai berikut:

Tabel 3. Data Uji Densitas

Anyaman	Sudut	Volume (gr/cm ³)	Massa (gr/cm ³)	Massa Jenis (gr/cm ³)
Basket	0°	16.9	19.5	1.16
	8.74°	16.9	19.4	1.15
	17.10°	16.9	19.9	1.18
	24.77°	16.9	20	1.18

Densitas pada sudut 0° menunjukkan memperoleh massa jenis sebesar 1.16 gr/cm³, pada sudut 8.74° sebesar 1.15 gr/cm³, pada sudut 17.10° sebesar 1.18 gr/cm³ kemudian pada sudut 24.77° sebesar 1.18 gr/cm³. Hal ini menunjukkan telah terpenuhi sesuai standar yang ditetapkan.



Gambar 13. Grafik Uji Densitas

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan pada spesimen variasi lengkungan dengan pengujian impact dan tekuk dapat disimpulkan sebagai berikut:

Kuat impact pada 0° menunjukkan kekuatan sebesar 85.85kJ/m², pada sudut 8.74° dengan

kekuatan sebesar 91.51 kJ/m², pada sudut 17.10° dengan kekuatan sebesar 105.10 kJ/m², pada sudut 24.77° dengan kekuatan sebesar 111.61 kJ/m². Kekuatan impact mengalami peningkatan semakin besar sudut pada spesimen maka semakin kuat.

Kuat tekuk pada 0° menunjukkan kekuatan sebesar 321.13 MPa, pada sudut 8.74° dengan kekuatan sebesar 368.25 MPa, pada sudut 17.10° dengan kekuatan sebesar 377.87 MPa, pada sudut 24.77° dengan kekuatan sebesar 382.50 MPa. Kekuatan tekuk mengalami peningkatan semakin besar sudut pada spesimen maka semakin kuat.

Densitas pada sudut 00 menunjukkan memperoleh massa jenis sebesar 1.16 gr/cm³, pada sudut 8.740 sebesar 1.15 gr/cm³, pada sudut 17.100 sebesar 1.18 gr/cm³ kemudian pada sudut 24.770 sebesar 1.18 gr/cm³. Hal ini menunjukkan telah terpenuhi sesuai standar yang ditetapkan.

Pengujian densitas dan kekuatan impact dan tekuk komposit menunjukkan peningkatan seiring bertambahnya sudut lengkung. Variasi sudut lengkung mempengaruhi kekuatan material secara signifikan. Sudut lengkung 24.77° memberikan hasil terbaik baik dalam pengujian impact maupun tekuk. Hasil ini menegaskan bahwa sudut lengkung yang lebih besar memberikan kekuatan mekanik yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Karyanto & Nurani, T. W. Kajian pasokan dan kebutuhan kayu untuk pembuatan kapal di Kabupaten Batang Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan Tangkap*, 5.2. 2020.
- [2] P. Manik, A. Suprihanto, S. Sulardjaka, & S. Nugroho. *Technical analysis of increasing the quality of apus bamboo fiber (Gigantochloa apus) with alkali and silane treatments as alternative composites material for ship skin manufacturing. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2262, No. 1). AIP Publishing. September. 2020.*
- [3] P. Manik, H. Yudo, & B. Arswendo, "Technical and economical analysis of the use

- of glued laminated from combination of apus bamboo and meranti wood as an alternative material component in timber shipbuilding*". *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 9(7), 1800-1811. 2018.
- [4] E. Darma., A. S. Gunarti, S. Nuryati, E. Yulius, & N. Paryati,. Evaluasi Penggunaan Bambu sebagai Tulangan pada Struktur Perkerasan Kaku (Rigid Pavement) Jalan Raya. *CR JOURNAL (CREATIVE RESEARCH FOR WEST JAVA DEVELOPMENT)*, 3(01), 1-12. 2017.
- [5] E. Serrano,. *Mechanical Performance and Modelling. Timber engineering*, 67. 2003.
- [6] M. K. Hussain, Abbas, S. H., Younis, Y. M., Rahman, M. A., & T. Jamel,. (2021). *FABRICATION OF EPOXY COMPOSITES REINFORCED WITH BAMBOO FIBERS. Journal of Applied Engineering Science*, 19(1), 119-124.
- [7] W. Zhang, X. Zhang, Z. Qin, Y. Wu, W. Zhang,R.Yang. *High-transparency polysilsesquioxane/glycidyl-azide-polymer resin and its fiberglass-reinforced composites with excellent fire resistance, mechanical properties, and water resistance. Composites Part B: Engineering*, 219, 108913.. 15 August. 2021.
- [8] Tuswan., P. Manik., Samuel., A. Suprihanto., S. Sulardjaka., S. Nugroho., & B. F. Pakpahan. *Correlation between lamina directions and the mechanical characteristics of laminated bamboo composite for ship Structure. Curved And Layered Structures*, 20220186. October. 2023.
- [9] F. Lutfi,. "Pembuatan Model Papan Selancar Komposit Serat Bambu Menggunakan Metode Vacuum Bagging". 2018.
- [10] F. R. Bethony., C. Johan., M. Pineng., & S. Suluh,. *Analysis Of Mechanical And Physical Properties Of Composite Materials Of Reinforced Epoxy Reinforced Woven Bamboo Strips (Dendrocalamus Asper). Analysis Of Mechanical And Physical Properties Of Composite Materials Of Reinforced Epoxy Reinforced Woven Bamboo Strips (Dendrocalamus Asper)*, 17(15), 1513-1519. (2022).
- [11] L. H. V., Vlack,. *Ilmu Dan Teknologi Bahan*, Edisi Kelima, Erlangga, Jakarta: Japrie, S. 1994.
- [12] F. L., Matthews. R. D. Rawlings. "*Composite Material Engineering And Science, Imperial College Of Science, Technology And Medicine*", London, UK. 1993.
- [13] E. J., Barbero. *Composite Material Design*. 2017.
- [14] A.B., Widodo. *Karakteristik Bambu Laminasi Sebagai Bahan Pembangunan Kapal Perikanan*. Ambon. 2018.
- [15] A. R. Bunsell. *Handbook Of Properties Of Textile And Technical Fibres*. 2005.
- [16] R. F. Gibson. *Principles Of Composite Material Mechanics*. 2016.
- [17] W. J., Stronge,. *Structures And Construction In Historic Building Conservation*. 2018.