



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisa Teknis Papan Laminasi Serat Bambu Petung Dengan Serat *Fiberglass Woven Roving* Untuk Material Kulit Kapal

Pani Prima Tambunan¹⁾, Hartono Yudo¹⁾, Parlindungan Manik¹⁾

Laboratorium Pengelasan

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

^{*)}e-mail : primatambunan01@gmail.com

Abstrak

Kemajuan teknologi dalam bidang industri mendorong pemenuhan kebutuhan akan material dengan karakteristik tertentu, berbagai material sudah diteliti guna mendapatkan material yang lebih baik, salah satunya material komposit. Komposit memiliki keunggulan yang mudah dibentuk, ringan dan kekuatan yang tinggi, keunggulan ini mendorong komposit sebagai bahan pengganti material logam konvensional pada berbagai produk. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan tarik, tekuk, impak dari material komposit berpenguat serat fiberglass dan serat bambu petung. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan pengujian tarik, tekuk dan impak terhadap material komposit. Hasil yang diperoleh untuk kekuatan tarik laminasi bambu petung dan serat fiberglass yang paling tinggi ada pada variasi susunan serat bambu 7 lapis dengan serat fiberglass 6 lapis dengan hasil kuat tarik rata-rata sebesar 207.12 Mpa. Pengujian tekuk pada variasi susunan 7 lapis dengan serat fiberglass 6 lapis diperoleh hasil kekuatan tekuk tertinggi yaitu sebesar 249.78 Mpa. Nilai pengujian impak juga berbanding lurus dengan nilai pengujian tarik dimana variasi susunan serat bambu 7 lapis dengan serat fiberglass 6 lapis memiliki kuat impak tertinggi yaitu sebesar 293.48 KJ/m². Komposit serat bambu petung dengan serat fiberglass dapat digunakan sebagai material kulit kapal karena telah memenuhi persyaratan minimum yang ditetapkan oleh BKI.

Kata Kunci : Komposit, serat bambu laminasi, uji tarik, uji tekuk, uji impak

1. PENDAHULUAN

Kapal kayu sebagai sarana transportasi laut pada umumnya memakai material kayu untuk bahan utama pembuatan kapal. Potensi kayu sebagai bahan baku utama dalam pembuatan kapal semakin sulit dan tidak ekonomis dikarenakan mulai langkanya beberapa jenis kayu. Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi mendorong industri perkapalan untuk mencari alternatif lain pengganti jenis kayu yang diperlukan untuk meningkatkan nilai ekonomis dari produksi kapal kayu.

Bahan komposit telah banyak digunakan sebagai pengganti logam dalam bidang kedirgantaraan, otomotif, sipil, dan industri lainnya karena sifat kekakuan dan kekuatan yang relatif tinggi

Salah satu alternatif pengganti kayu sebagai bahan dasar pembuatan kapal kayu adalah bambu. Bambu memiliki potensi yang signifikan dalam

pembuatan komposit karena dengan kekuatannya yang tinggi, sifatnya yang ramah lingkungan dan mudah dibentuk, pertumbuhannya cepat, dan jumlahnya yang banyak ditemukan [1].

Pemanfaatan serat bambu sebagai penguat pada material komposit telah meningkat pesat dan telah mengalami revolusi teknologi tinggi dalam beberapa tahun terakhir sebagai tanggapan atas meningkatnya permintaan untuk mengembangkan material yang dapat terurai, berkelanjutan, dan dapat didaur ulang [2].

Penelitian sebelumnya mengenai *Fabrication Of Epoxy Composite Materials Reinforced With Bamboo Fibers*, diperoleh hasil pada variasi penambahan bambu 10%, 20%, 30% yaitu kekuatan tarik meningkat dari 13,51 MPa menjadi 33,50 MPa (yaitu persentase peningkatan 150 %), kekuatan lentur meningkat dari 24,25 MPa menjadi 44,5 MPa yaitu peningkatan persentase sekitar 83 %, serta peningkatan

kekuatan impak dari 41 kJ/m² menjadi 69 kJ/m² yaitu peningkatan persentase sekitar 68% [3].

Penelitian sebelumnya mengenai *The Analysis of Size and Arrangement Effects of Petung Bamboo Split Fiber to the Matrix Interface Bond with Laminated Bamboo Split Fiber as Construction Materials for Wooden Vessels* kekuatan bambu diperoleh hasil uji Tarik sebesar 41.29 kg / cm (4,049 MPa), pada uji geser didapati hasil 39.98 kg/cm² (3.92 MPa), dan pada uji tekan 311.24 kg/cm² [4].

Penelitian sebelumnya yang membahas tentang laminasi komposit yang diperkuat bambu apus dengan bambu petung dengan variasi susunan bilah horizontal dan bata, diperoleh nilai kuat tarik sejajar tertinggi terdapat pada laminasi bambu petung dengan variasi susunan horizontal yaitu sebesar 236,61 Mpa (2412,72 kg/cm³), sedangkan kekuatan tekan terbesar terdapat pada laminasi bambu petung susunan bata sebesar 62,68 MPa (639,15 kg/cm²) [5].

Penelitian sebelumnya mengenai Analisis Kekuatan Kapal Bambu Laminasi Dan Pengaruhnya Terhadap Ukuran Konstruksi Dan Biaya Produksi diperoleh hasil yaitu biaya produksi kapal berbahan bambu laminasi lebih ekonomis dibanding kapal kayu jati. Selisih biaya produksi terkecil Rp 178.191.571,00 pada kapal 20 GT dan terbesar Rp 383.428.715,00 pada kapal 60 GT [6].

Penelitian terdahulu mengenai *Development of E-Glass Woven Fabric / Polyester Resin Polymer Matrix Composite and Study of Mechanical*, pada variasi volume serat fiberglass woven roving 60 %, 65 %, 70 % diperoleh hasil uji tarik meningkat dari 287 Mpa, 306 Mpa dan 306 Mpa, sementara hasil uji impak untuk variasi volume fiberglass 60 % diperoleh hasil 147 kJ/m², untuk fraksi volume serat 65 % sebesar 148 kJ/m², dan fraksi volume serat 70 % sebesar 151 kJ/m² [7].

Penelitian sebelumnya mengenai *Mechanical Characterization of Glass Fiber (Woven Roving/ Chopped Strand Mat E-Glass Fiber) Reinforced Polyester Composites* dengan variasi volume serat woven roving 50 % dan resin polyester 50 % diperoleh hasil uji tekuk sebesar 216,44 Mpa, sementara pada variasi volume serat chopped strand mat 50 % dan resin polyester 50 % diperoleh hasil uji tekuk sebesar 219.6 Mpa [8].

Penelitian sebelumnya tentang komposit bambu petung sudah masuk pada persyaratan BKI dimana pada kuat tekan sudah memenuhi kekuatan kapal Kelas III sehingga dapat digunakan pada kulit gading, kulit, geladak, tiang, galar, dan konstruksi di atas permukaan air pada kapal [9].

Merujuk pada penelitian sebelumnya permasalahan yang timbul adalah bagaimanakah sifat komposit berpenguat serat bambu dan fiberglass, dengan memvariasikan jumlah susunan serat. Berdasarkan penjelasan di atas, maka penulis akan melakukan penelitian mengenai “Analisa Teknis Papan Laminasi Serat Bambu Petung Dengan Serat Fiberglass Woven Roving Untuk Material Kulit Kapal”. dengan tujuan untuk mengetahui kekuatan tarik, tekuk, dan impak.

2. METODE DAN BAHAN

2.1 Bambu petung

Bambu petung (*Dendrocalamus asper*) seperti pada gambar 1. tumbuh lebih baik di tempat yang memiliki ketinggian lebih dari 20 m di atas permukaan laut. Bambu petung mempunyai karakteristik tertentu, yaitu bagian pangkal buluh ditutupi bulu coklat kehitaman yang membeledu, panjang ruas 40 – 50 cm dengan tebal dinding mencapai 15mm, pada cabang terdapat dibagian tengah buluh, setiap ruas terdiri dari 4 – 7 cabang dengan salah satu cabang lebih besar dibanding dengan cabang lainnya, pada daun berbentuk abaksial dan sedikit berbulu, kuping pelepah daun kecil membulat dengan tinggi 1 – 2 mm [10].



Gambar 1. Bambu Petung (*Dendrocalamus asper*)

2.2 Serat Woven Roving

Serat woven roving seperti pada gambar 2. merupakan serat halus yang memiliki warna putih dengan susunan beraturan seperti pada karung. Serat gelas telah banyak digunakan sebagai bahan pengganti di mobil dan dirgantara karena karakteristiknya yang ringan dan sifat mekanik yang lebih baik.



Gambar 2. Serat Woven Roving

2.3 Resin Epoxy

Perekat *epoxy* sering digunakan dalam pembuatan komposit karena memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan perekat yang lainnya seperti massa jenis rendah dan kekuatan tarik yang relatif tinggi. Perekat *epoxy* ini berbentuk cair.

2.4 Prosedur Pembuatan

Bambu petung dipotong sesuai panjang yang dibutuhkan, kemudian bambu di rendam di dalam air agar proses pelunakan semakin mudah. Bambu yang telah direndam dilunakkan dengan cara ditumbuk sehingga menjadi serat, kemudian bambu yang telah menjadi serat dilakukan proses pengeringan untuk mendapatkan kadar air yang diinginkan. Berdasarkan pada gambar 3. Serat yang sudah memenuhi syarat kadar air ditata sesuai dengan variasi spesimen yang telah ditentukan. Setelah proses penataan serat bambu selesai, langkah selanjutnya adalah merekatkan resin epoxy pada tiap lapisan bambu dan fiberglass, untuk kemudian dikempa melalui penekanan vertikal dan horizontal agar lapisan antar serat dapat menyatu kuat. Pembentukan papan spesimen dilakukan setelah proses *pressing* selesai, kemudian spesimen uji dipotong sesuai dengan ukuran standar pengujian yang telah ditentukan.



Gambar 3. Proses pembuatan spesimen

2.5 Lokasi Pengujian

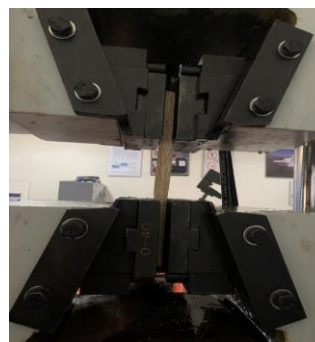
Spesimen bambu laminasi dibuat di morisco bambu, Daerah Istimewa Yogyakarta. Pengujian dilakukan di Laboratorium Struktur dan Konstruksi Departemen S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro.

2.6 Parameter Pengujian

2.6.1 Parameter Tetap

a. Uji Tarik

Pengujian tarik tegak lurus yang digunakan dalam penelitian ini adalah standar ASTM D-3039 dengan ukuran spesimen 250 mm x 25 x 10 mm. Uji tarik dilakukan guna melengkapi informasi dan rancangan dasar kekuatan pada material



Gambar 4. Proses Pengujian Tarik

Berdasarkan pada pengujian tarik didapatkan sifat-sifat sebagai berikut :

1. Tegangan tarik maksimum (σ)

Tegangan maksimum yang bisa ditanggung material sebelum terjadinya patahan (*fracture*).

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad (1)$$

dimana, σ merupakan Tegangan tarik maksimum (MPa, N/mm²), P merupakan Beban Maksimum (N), dan A_0 merupakan Luas penampang Mula-mula (mm²).

2. Regangan maksimum (e)

Regangan maksimum dapat menunjukkan pertambahan panjang dari suatu material sesudah terjadi perpatahan terhadap panjang awalnya.

$$e = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana, L_i ialah Panjang sesudah patah (mm), L_0 merupakan Panjang mula-mula (mm), e adalah Regangan (%)

3. Modulus Elastisitas (E)

Ukuran kekakuan suatu material dalam grafik tegangan-regangan. Modulus elastisitas tersebut dapat dihitung berdasarkan slope kemiringan garis elastik yang linier.

$$E = \frac{\sigma}{e} \quad (3)$$

b. Uji Tekuk

Berdasarkan gambar 4.0 standar pengujian yang digunakan dalam pengujian tekuk sejajar adalah ASTM D-7264 dengan ukuran spesimen 130mm x 13mm x 10mm. Dari pengujian tarik didapatkan sifat-sifat sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{3FL}{2bd^2} \quad (4)$$

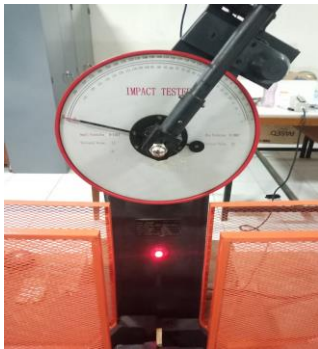
- σ = kuat tekuk (Mpa)
- F = beban maksimum (N)
- L = panjang tumpuan (mm)
- b = lebar spesimen (mm)
- d = tebal spesimen (mm)



Gambar 4. Proses Pengujian Tekuk

c. Uji Impak

Berdasarkan gambar 5. pengujian impak digunakan untuk mengetahui material tersebut bersifat rapuh. Standar pengujian yang digunakan dalam pengujian Impak adalah ASTM D-256 dengan ukuran spesimen 55 mm x 25 mm x 10 mm.



Gambar 5. Proses Pengujian Impak

Pengujian impak akan diperoleh sifat sifat material sebagai berikut:

$$\text{Harga Impak(HI)} = \frac{W}{A_0}$$

dimana HI merupakan Harga Impak (J/mm²), dan A merupakan Luas penampang (mm²).

2.6.2 Parameter Perubahan

Penelitian ini menggunakan tiga variasi berdasarkan jumlah susunan lapisan laminasi serat bambu dan serat fiberglass.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kadar Air

Kadar air dalam sebuah material kayu diatur dalam ketentuan ISO 22157-1-2004, dalam aturannya kadar air yang memenuhi standar harus dibawah 12%. Untuk menentukan kadar air dalam penelitian ini digunakan alat moisture meter.

Spesimen dengan dengan variasi serat bambu 3 lapis dan serat fiberglass 2 lapis diperoleh kadar air sebesar 7.9% - 8%. dari hasil ini diketahui bahwa spesimen telah sesuai dengan standar ISO 22157-1-2004 yang mengharuskan kadar air dibawah 12%.

Spesimen dengan variasi serat bambu 5 lapis dan serat fiberglass 4 lapis diperoleh kadar air sebesar 8%- 8.2% dari hasil ini diketahui bahwa spesimen telah sesuai dengan standar ISO 22157-1-2004.

Spesimen dengan dengan variasi serat bambu 7 lapis dan serat fiberglass 6 lapis diperoleh kadar air sebesar 8.3-8.4% dari hasil ini diketahui bahwa spesimen telah sesuai dengan standar ISO 22157-1-2004.

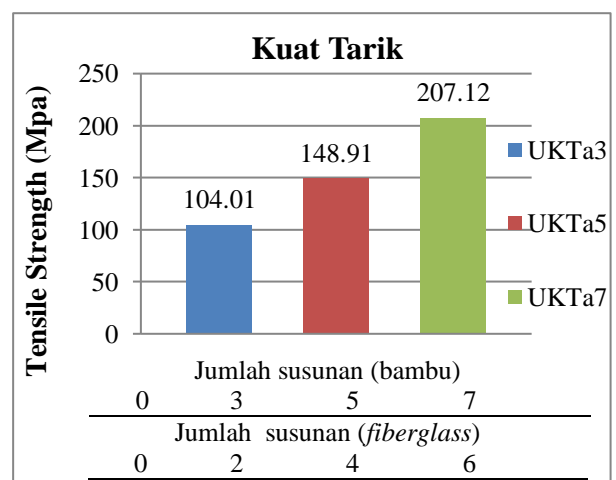
3.2 Uji Tarik

Spesimen dinamakan sesuai dengan pengujian dan variasi yang ada. UKTa untuk spesimen dengan pengujian tarik, UKTe untuk spesimen dengan pengujian tekuk dan UKI untuk spesimen dengan pengujian impak. Angka 3 untuk spesimen dengan jumlah serat bambu 3 lapis dan serat fiberglass 2 lapis, angka 5 untuk spesimen dengan jumlah serat bambu 5 lapis dan serat fiberglass 4 lapis, dan angka 7 untuk spesimen dengan jumlah serat bambu 7 lapis dan serat fiberglass 6 lapis.

3.2.1 Tegangan Tarik

Tabel 1. Hasil Tegangan Tarik

Variasi	No	P Max (KN)	σ Max (Mpa)	Rata-rata
UKTa3	1	24.77	96.25	104.01
	2	24.80	98.22	
	3	26.81	104.26	
	4	31.09	117.31	
UKTa5	1	36.31	142.39	148.91
	2	38.22	149.29	
	3	40.11	151.24	
	4	40.98	152.73	
UKTa7	1	56.10	192.74	207.12
	2	55.83	194.19	
	3	62.70	208.79	
	4	72.02	232.77	



Gambar 5. Grafik Tegangan Tarik

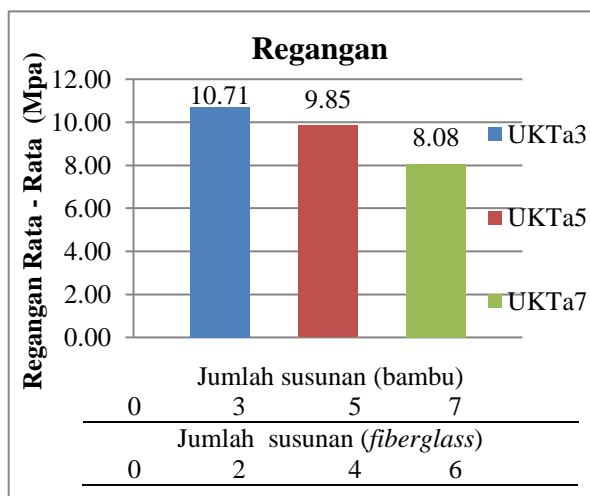
Data Tabel 1 menunjukkan bahwa spesimen dengan variasi serat bambu 7 lapis dengan dan fiberglass 6 lapis (UKTa7) memiliki rata-rata kuat tarik tertinggi dengan nilai sebesar 207.12 Mpa, spesimen dengan variasi 5 lapis bambu dengan 4 lapis serat fiberglass (UKTa5) memiliki kuat tarik rata-rata sebesar 148.91 Mpa, sedangkan rata-rata kuat tarik terendah ada pada spesimen dengan variasi serat bambu 3 lapis dan serat fiberglass 2 lapis (UKTa3) dengan nilai sebesar 104.01 Mpa

Berdasarkan pada gambar 5. Nilai tegangan tarik meningkat pada tiap penambahan jumlah susunan serat bambu dan serat fiberglass.

3.2.2 Regangan Tarik

Tabel 2. Hasil Regangan Tarik

Variasi	No	Δl (mm)	e (%)	Regangan Rata-Rata (%)
UKTa3	1	26.30	10.52	10.71
	2	26.30	10.52	
	3	27.20	10.88	
	4	27.25	10.90	
UKTa5	1	24.50	9.80	9.85
	2	24.45	9.78	
	3	24.55	9.82	
	4	25.00	10.00	
UKTa7	1	20.00	8.00	8.08
	2	20.20	8.08	
	3	20.25	8.10	
	4	20.30	8.12	



Gambar 6. Grafik Regangan

Dari dari tabel 2 menunjukkan bahwa spesimen dengan variasi serat bambu 3 lapis dengan dan fiberglass 2 lapis (UKTa3) memiliki rata-rata regangan tarik tertinggi dengan nilai sebesar 10.71%, kemudian spesimen dengan variasi serat bambu 5 lapis dengan serat fiberglass

6 lapis atau (UKTa5) memiliki rata-rata regangan tarik sebesar 9.85%, sedangkan rata-rata regangan tarik terendah ada pada spesimen dengan variasi serat bambu 7 lapis dengan serat fiberglass 6 lapis (UKTa7) dengan nilai sebesar 8.08%.

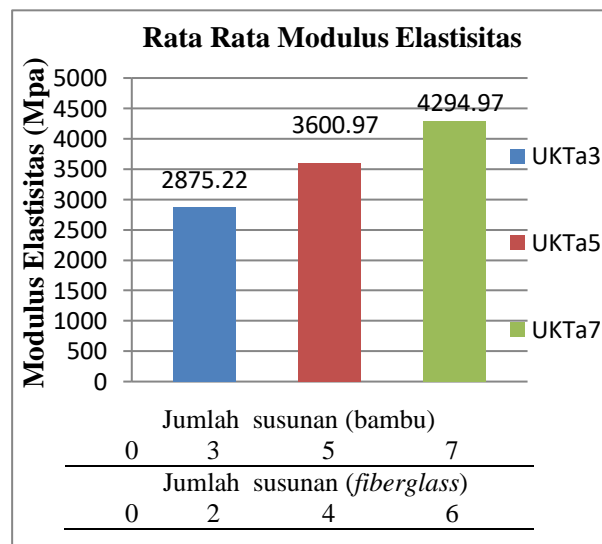
Berdasarkan pada gambar 6. Nilai regangan tarik menurun pada tiap penambahan jumlah serat bambu dan serat fiberglass.

3.2.3 Modulus Elastisitas

Apabila regangan menentukan kelenturan, maka modulus elastisitas menunjukkan kekakuan sebuah material. Semakin besar nilai modulus elastisitas, maka material tersebut semakin kaku. Modulus elastisitas dapat dihitung setelah mengetahui nilai tegangan luluh dan regangan luluh.

Tabel 3. Hasil Modulus Elastisitas

Variasi	No	σ (Mpa)	Regangan e (%)	E Rata - rata
UKTa3	1	35.94	1.28	2875.22
	2	36.83	1.28	
	3	36.24	1.25	
	4	35.28	1.21	
UKTa5	1	41.49	1.19	3600.97
	2	42.97	1.20	
	3	41.48	1.16	
	4	44.57	1.19	
UKTa7	1	38.48	0.95	4294.97
	2	38.96	0.95	
	3	37.30	0.85	
	4	36.20	0.78	



Gambar 7. Grafik Modulus Elastisitas

Data Tabel 3 menunjukkan bahwa modulus elastisitas tertinggi ada pada spesimen dengan serat bambu 7 lapis dan serat fiberglass 6 lapis (UKTa7) dengan rata-rata modulus elastisitas 4294.97 Mpa, rata – rata modulus elastisitas dengan variasi 5 lapis bambu dengan 4 lapis bambu (UKTa5) sebesar 3600.97 Mpa, sedangkan rata-rata modulus elastisitas terendah ada pada spesimen dengan variasi serat bambu 3 lapis dan serat fiberglass 2 lapis (UKTa3) dengan nilai sebesar 2875.22 Mpa. Nilai modulus elastisitas seperti pada gambar 7. mengalami kenaikan pada tiap penambahan jumlah serat bambu dan fiberglass

3.3 Uji Tekuk

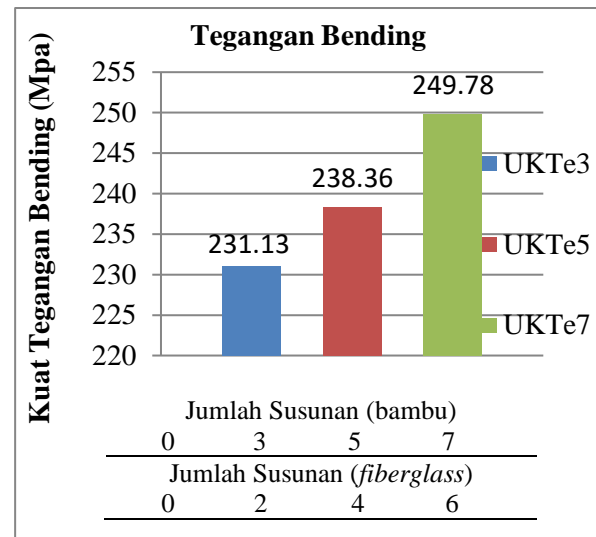
Uji bending digunakan untuk mengukur kekuatan material akibat pembebanan. Penelitian ini dilakukan dengan uji bending tiga titik (Three Point Bending).

Tabel 4. Hasil pengujian Tekuk

Variasi	No	P Max (N)	Tegangan Bending (Mpa)	Rata-rata (Mpa)
UKTe3	1	10840	227.06	231.13
	2	10290	226.02	
	3	10190	235.78	
	4	10060	235.65	
UKTe5	1	10360	241.76	238.36
	2	10810	239.77	
	3	10740	238.22	
	4	10330	233.69	
UKTe7	1	11630	250.63	249.78
	2	11130	238.96	
	3	11290	256.39	
	4	10970	253.15	

Data Tabel 4 menunjukkan hasil uji bending pada pada spesimen serat bambu 7 lapis dengan serat fiberglass 6 lapis (UKTe7) diperoleh hasil sebesar 249.78 Mpa, spesimen dengan variasi serat fiberglass 5 lapis bambu dengan 4 lapis fiberglass (UKTe5) diperoleh hasil sebesar 238.36 Mpa sedangkan hasil tegangan bending terendah diperoleh oleh spesimen dengan variasi 3 lapis bambu dengan 2 lapis fiberglass (UKTe3) dengan hasil sebesar 231.13 Mpa.

Nilai tegangan bending seperti pada gambar 8. mengalami kenaikan pada tiap penambahan jumlah serat bambu dan fiberglass



Gambar 8. Grafik Tegangan Bending

3.4 Uji Impak

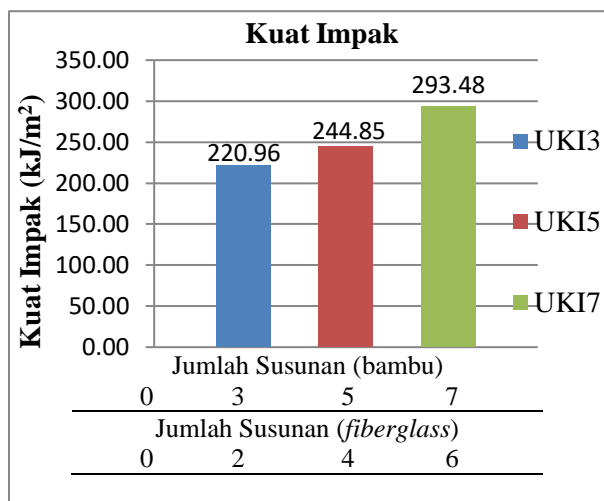
Pengujian impak digunakan dalam menentukan kecenderungan material untuk rapuh atau uletnya suatu material. Pengujian ini menggambarkan material menerima beban tidak selamanya terjadi secara perlahan-lahan melainkan datang secara tiba-tiba.

Tabel 5. Data Hasil Uji Impak

Variasi	Energi (J)	Kuat Impak (kJ/m ²)	Rata-rata Kuat Impak (kJ/m ²)
UKI3	23.2	219.76	220.96
	23.3	220.70	
	22.9	220.11	
	23.0	223.26	
UKI5	26.0	243.90	244.85
	26.2	244.59	
	25.8	245.57	
	25.9	245.33	
UKI7	32.0	294.58	293.48
	31.5	291.58	
	31.0	293.63	
	31.2	294.12	

Berdasarkan Tabel 5. menunjukkan hasil uji impak pada spesimen serat bambu 7 lapis bambu dengan serat fiberglass 6 lapis dengan kode UKI7 memiliki hasil rata-rata kuat impak tertinggi sebesar 293.48 kJ/m², kemudian untuk spesimen dengan variasi serat fiberglass 5 lapis bambu dengan 4 lapis fiberglass dengan kode UKI5 diperoleh hasil kuat impak sebesar 244.16 kJ/m², sedangkan untuk hasil kuat impak terendah diperoleh oleh spesimen dengan variasi 3 lapis

bambu dengan 2 lapis fiberglass dengan kode UKI3 sebesar 220.19 kJ/m².



Gambar 9. Grafik Kuat Impak

Berdasarkan pada gambar 9. Nilai tegangan tarik meningkat pada tiap penambahan jumlah susunan serat bambu dan serat fiberglass.

3.5 Perbandingan Hasil dengan Standar BKI

Menurut peraturan BKI Vol 5 *rules for fiberglass reinforced plastic ship section* 1.C.4.1.1 diketahui bahwa kapal yang diisi oleh serat penguat harus memiliki standar kekuatan tarik minimal 98 N/mm² dan kekuatan bending 150 N/mm² [11].

Jumlah lapisan pada komposit serat bambu petung dan serat fiberglass woven roving memberikan pengaruh yang besar terhadap peningkatan kekuatan tarik dan dampak, sedangkan untuk tegangan tekuk tidak terlalu memberikan peningkatan yang besar.

Berdasarkan pada pengujian tarik yang dilakukan jika mengacu pada standar BKI *rules for fiberglass reinforced plastic ship* maka semua variasi memenuhi standar BKI dengan rata – rata kuat tarik tertinggi sebesar 207,12 Mpa yaitu pada variasi 7 lapis bambu dan 6 lapis fiberglass.

Berdasarkan hasil dari pengujian tekuk yang telah dilakukan maka semua variasi memenuhi standar minimal yang ditetapkan BKI.

4 KESIMPULAN

Pengujian yang telah dilakukan pada laminasi serat bambu petung dengan serat fiberglass diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

Kekuatan tarik laminasi bambu petung dan serat fiberglass yang paling tinggi ada pada variasi susunan serat bambu 7 lapis dengan serat fiberglass 6 lapis dengan hasil kuat tarik sebesar 207.12 Mpa, pada regangan tarik hasil yang diperoleh berbanding terbalik dengan nilai dari

kekuatan tarik, dimana variasi susunan serat bambu 3 lapis dengan serat fiberglass 2 lapis memiliki nilai regangan tertinggi sebesar 10.71 %. Nilai terbesar yang diperoleh pada modulus elastisitas sebanding dengan dengan nilai terbesar tegangan tarik dimana susunan serat bambu 7 lapis dan serat fiberglass 6 lapis memiliki nilai modulus elastisitas sebesar 4294.97 Mpa.

Nilai pengujian tegangan tekuk berbanding lurus dengan nilai pengujian tarik dimana variasi susunan serat bambu 7 lapis dengan serat fiberglass 6 lapis memiliki kuat tekuk tertinggi yaitu sebesar 249.78 Mpa.

Nilai Pengujian dampak juga berbanding lurus dengan nilai pengujian tarik dimana variasi susunan serat bambu 7 lapis dengan serat fiberglass 6 lapis memiliki kuat dampak tertinggi yaitu sebesar 293.48 kJ/m².

Komposit Serat bambu petung dengan serat fiberglass dapat digunakan sebagai material kulit kapal karena telah memenuhi persyaratan minimum yang ditetapkan oleh BKI.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. P. S. Abdul Khalil, *dll.*, “The Use Of Bamboo Fibres As Reinforcements In Composites,” *Biofiber Reinf. Compos. Mater.*, pp. 488–524, 2015.
- [2] H. P. S. Abdul Khalil, I. U. H. Bhat, M. Jawaid, A. Zaidon, D. Hermawan, and Y. S. Hadi, “Bamboo Fibre Reinforced Biocomposites: A review,” *Mater. Des.*, vol. 42, no. July, pp. 353–368, 2012.
- [3] M. K. Hussain, S. H. Abbas, Y. M. Younis, M. A. Rahman, and T. Jamil, “Fabrication of epoxy composite material reinforced with bamboo fibers,” *J. Appl. Eng. Sci.*, vol. 19, no. 1, pp. 119–124, 2021.
- [4] P. Manik, S. Jokosisworo, G. Rindo, and M. H. Mahardika, “The Analysis of Size and Arrangement Effects of Petung Bamboo Split Fiber to the Matrix Interface Bond with Laminated Bamboo Split Fiber as Construction Materials for Wooden Vessels,” *Int. J. Innov. Technol. Explor. Eng.*, vol. 9, no. 3, pp. 3432–3438, 2020.
- [5] Kamal, P. Manik, Samuel “Analisa Pengaruh Suhu Kempa Dan Waktu Kempa Terhadap Kualitas Balok Laminasi Bambu Petung Untuk Komponen Konstruksi Kapal Kayu,” *J. Tek. Perkapalan*, vol. 5, no. 4, pp. 381–386, 2017.
- [6] H. Supomo and A. Purnomo, “Analisis Kekuatan Kapal Bambu Laminasi dan Pengaruhnya Terhadap Ukuran Konstruksi dan Biaya Produksi,” *J. Teknik Pomits* vol.

- 2, no. 1, pp. 1–5, 2014.
- [7] S. Mohan Kumar, K. Raghavendra Ravikiran, and H. K. Govindaraju, “Development of E-Glass Woven Fabric / Polyester Resin Polymer Matrix Composite and Study of Mechanical Properties,” *Mater. Today Proc.*, vol. 5, no. 5, pp. 13367–13374, 2018.
- [8] V. V. Bhaskar and K. Srinivas, “Mechanical characterization of glass fiber (woven roving/chopped strand mat E-glass fiber) reinforced polyester composites,” *AIP Conf. Proc.*, vol. 1859, 2017.
- [9] G. Rindo, P. Manik, S. Jokosisworo, C. Putri, and P. Wilhelmina, “Effect Analysis Of The Direction Of Fiber Arrangement On Interfaces Of Laminated Bamboo Fiber As A Construction Material For Wood Vessel Hulls,” *AIP Conf. Proc.*, vol. 2262, 2020.
- [10] Widjaja, E.A., Ervianti, D., dan Kusumaningtyas, H. (2020). *Buku Saku Identifikasi Bambu*. Jakarta: Direktorat Inventarisasi dan Pemantauan Sumber Daya Hutan.
- [11] Biro Klasifikasi Indonesia, “Rules For The Classification And Construction Part 3. Special Ships,” vol. V, 2016.