



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisis Teknis Balok Laminasi Bambu Ori Dan Serat Ijuk Sebagai Alternatif Komponen Kapal Perikanan

Joel Greson Sinaga¹⁾, Ari Wibawa Budi Santosa¹⁾, Sarjito Jokosisworo¹⁾

¹⁾Teknologi Material dan Produksi Kapal

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
^{*)}e-mail :joelgresen11@gmail.com

Abstrak

Jumlah kayu yang tersedia semakin berkurang seiring dengan peningkatan kebutuhan kapal untuk bahan baku. Teknik laminasi dapat digunakan untuk membuat produk kayu yang lebih awet dan memiliki struktur dan sifat mekanik yang lebih kuat. Laminasi bambu ori dan serat ijuk salah satu metode untuk mengembangkan bahan agar memiliki struktur yang lebih baik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan tarik dan tekuk balok laminasi berpenguat bambu ori dan serat ijuk untuk digunakan sebagai alternatif komponen kapal kayu. Penelitian ini menganalisis perubahan nilai teknis berupa nilai uji tarik dan nilai uji tekuk balok laminasi dengan variasi persentase bahan 0% ijuk 100% bambu, 5% ijuk 95% bambu, 10% ijuk 90% bambu, 15% ijuk 85% bambu, 20% ijuk 80% bambu. Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa balok laminasi bambu ori dan serat ijuk memiliki rata-rata kadar air 8,9-9,17%, berat jenis rata-rata 0,7-0,76 gr/cm³, memiliki rata-rata kuat tarik sebesar 167,67-206,67 Mpa dan rata-rata kuat tekuk sebesar 80,36-88,92 Mpa. Dari penelitian ini juga dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin tinggi persentase bambu ori dalam balok laminasi, berbanding lurus dengan kenaikan kekuatan teknis balok laminasi. Berdasarkan standar BKI bahwa balok laminasi bambu ori dan serat ijuk memenuhi standar kelas kuat kayu BKI dan tergolong dalam kayu kelas kuat II.

Kata Kunci : Komposit, Balok Laminasi, Bambu Ori, Serat Ijuk, Uji Tarik, Uji Tekuk

1. PENDAHULUAN

Kekayaan Laut di Indonesia hanya dimanfaatkan oleh para nelayan di sekitar pesisir pantai. Sumber daya penangkapan ikan yang berkurang, termasuk kapal yang dapat mencapai ZEE (Zona Eksklusif Ekonomi) merupakan salah satu hambatan. Keterbatasan ini terjadi karena material yang digunakan untuk membangun kapal nelayan yang terbiasanya terbuat dari kayu sangat mahal dan semakin sulit didapat.

Meskipun kayu masih dapat diakses sebagai bahan utama pembuatan kapal perikanan, tidak salah untuk mempertimbangkan efisiensi dan penghematan penggunaan kayu. Tindakan ini dilakukan untuk berorientasi pada masa depan, karena tidak mustahil jika pada masa yang akan datang kebutuhan akan kayu sebagai bahan baku pembuatan kapal akan menjadi lebih sulit diperoleh baik dari segi kualitas maupun kuantitas daripada saat ini.

Komposit bertujuan untuk memenuhi kebutuhan industri perkapalan khususnya kapal perikanan, penelitian dan pengembangan teknologi pembuatan material komposit terus meningkat. Penelitian ini sangat beralasan karena ada banyak bahan penguat yang tersedia di alam. Bambu salah satu sumber daya alam yang melimpah di Indonesia, digunakan dalam berbagai aplikasi konstruksi dan industri. Menggunakan serat bambu dengan mempertimbangkan keunggulan dan keberlanjutan bahan tersebut adalah cara yang baik untuk mengurangi dampak lingkungan, meningkatkan ekonomi lokal, dan membuat produk yang berkualitas tinggi.

Penelitian sebelumnya mengenai *Determination of Properties of Bambusa Blumeana Using Full Compression Test and Layered Tensile Test For Finite Element Model Simulation Using Orthotropic Material Modeling*. Diperoleh kekuatan tarik 180 Mpa. Sedangkan

untuk kuat tekan tertinggi dengan rata-rata 76,84 Mpa.[1]

Physical and Mechanical Propertieess of The Bamboo Species Bambusa Blumena, diperoleh hasil nilai kekuatan karakteristik dari bambu ori (*Bambusa Blumeana*) kekuatan tekan dan tarik sejajar 20 Mpa dan 95 Mpa, kekuatan lentur 34,6 Mpa. Berdasarkan hasil ini, rekomendasi untuk hasil kekuatan yang diizinkan untuk desain struktural dibuat ISO 22156 (2004).[2]

Mechanical Properties of Laminated Bamboo Composite as a Sustainable Green Material for Fishing Vessel, hasil penelitian ini laminasi bambu dengan 7 lapis dengan orientasi serat 45° mendapatkan kuat lentur 282 Mpa setelah penambahan serat sintesis menyebabkan tren peningkatan sebesar 7,56% dan elastisitas tarik tertinggi terdapat pada spesimen 7 lapis sebesar 88 Mpa dengan penambahan serat sintesis kekuatan tarik pada spesimen lapis ke 7 meningkat 11,19%.[3]

Studi sebelumnya menunjukkan bahwa bambu ORI Banyuwangi laminasi memiliki karakteristik kuat tekan, tarik, dan lentur sejajar. Kuat tekan bambu Ori tanpa pengawetan adalah 44,86 Mpa, sementara kuat tarik sejajar serat bambu Ori Banyuwangi laminasi tanpa pengawetan adalah 59,95 Mpa, dan kuat lentur mencapai 85,45 Mpa. Berdasarkan pendekatan kelas kayu, bambu Ori laminasi termasuk pada kelas II dan tergolong kode mutu E25 sehingga dapat digunakan pada tiang gelar, kulit geladak, kulit gading, dan konstruksi di atas permukaan air pada kapal.[4]

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%.[5]

Penggunaan serat alami dapat digunakan sebagai bahan pengganti, bahan untuk kebutuhan industri atau tambahan untuk penguat komposit. Material yang ekonomis, mudah digunakan, kuat, dan tahan terhadap pengroposan dan korosi sangat dibutuhkan dalam industri kemaritiman, transportasi, dan perikanan. Dengan perkembangan industri dan teknologi baru, permintaan untuk bahan tersebut terus berkembang. Serat ijuk disusun serat sejajar (0°) dan fabrikasi dilakukan dengan metode *hand lay up* didapatkan bahwa kekuatan tarik mencapai 24,7 Mpa sedangkan untuk kekuatan bendungnya dengan fraksi serat dan matriks 40% : 60%

didapatkan hasil tertinggi tegangan tariknya sebesar 56,99 Mpa dan Nilai kekuatan *bending* 85 Mpa.[6]

Serat ijuk dapat tumbuh di ketinggian 400 hingga 1000 meter di atas permukaan laut, penggunaan serat pohon aren didukung oleh sifat serat pohon aren yang elastis, tahan air, keras, dan sulit dicerna oleh organisme perusak seperti rayap. Sifat mekanik dari serat pohon aren atau ijuk diantaranya *tensile strength 46,77 Mpa, tensile modulus 3,69 Gpa* dan memiliki *strain* serat 19,6%.[7]

Merujuk pada penelitian sebelumnya permasalahan yang timbul adalah bagaimanakah sifat komposit berpenguat bambu ori dan serat ijuk, dengan memvariasikan komposisi antara bambu ori dan serat ijuk. Berdasarkan penjelasan di atas, maka penulis akan melakukan penelitian mengenai “Analisis Teknis Balok Laminasi Bambu Ori dan Serat Ijuk Sebagai Alternatif Komponen Kapal Perikanan.

2. METODE

Pembuatan komposit melibatkan penggabungan dua atau lebih bahan dengan sifat fisik yang berbeda untuk menghasilkan karakteristik yang superior dibandingkan dengan bahan penyusunnya secara individual. Metode yang digunakan yaitu metode *hand lay up* merupakan metode paling sederhana. Resin Epoxy diaplikasikan secara pada serat penguat yang diletakkan di dalam cetakan. Metode ini digunakan karena memiliki keunggulan, yaitu biaya rendah, fleksibilitas tinggi dan proses yang mudah.

2.1. Komposit

Komposit adalah bahan yang dibuat dari dua atau lebih material yang memiliki sifat fisik atau kimia yang berbeda. Ketika digabungkan, material-material ini menghasilkan bahan dengan karakteristik yang lebih baik atau berbeda dari masing-masing material penyusunnya. Material komposit dirancang untuk mencapai kombinasi optimal dari sifat-sifat tertentu, seperti kekuatan, kekakuan, ketahanan terhadap korosi, dan yang tidak dapat dicapai oleh material individu. Komponen utama dalam material komposit adalah matriks dan penguat (*reinforcement*) matriks adalah bahan dasar yang mengikat material penguat dan menjaga posisi relatif satu sama lain, sedangkan penguat memberikan kekuatan dan kekakuan pada komposit. [8]

Penelitian ini berfokus pada pembuatan komposit balok laminasi yang terdiri dari bambu ori dan serat ijuk. Pada Gambar 1 Balok laminasi adalah solusi inovatif dalam rekayasa material yang memanfaatkan keunggulan berbagai material untuk menciptakan struktur dengan performa superior. Dengan kekuatan, kekakuan, dan ketahanan yang lebih baik, balok ini memiliki aplikasi luas dalam konstruksi dan transportasi khususnya pada kapal kayu perikanan memberikan fleksibilitas dan efisiensi material.[9]



Gambar 1. Balok Laminasi

2.2. Bambu Ori

Pada Gambar 1 Bambu Ori (*Bambusa Blumeana*) adalah jenis bambu yang memiliki duri pada buku batang dan rantingnya. Bambu jenis ini berwarna hijau dan panjangnya antara 15 dan 25 meter. Biasanya ditemukan di lereng bukit dan tepi sungai. Dengan *flexural strength* 84 Mpa dan *tensile strength* 160 Mpa.

Tabel 1. Sifat Mekanis Bambu Ori

Jenis Pengujia	Nilai
Kuat Tarik	165 Mpa
Kuat Tekuk	84.12 Mpa
Berat Jenis	0.744 kg/m ³
MoE	18,02

Sumber : (Heri Supomo, 2014)



Gambar 1. Bambu Ori (*bambusa blumeana*)

2.3. Serat Ijuk

Ketersediaan serat ijuk di alam masih melimpah dan masih kurang dimanfaatkan dengan baik. Gambar 2 menunjukkan alternatif penguat untuk bahan komposit, serat ijuk dapat digunakan, karena pohon aren dapat hidup di iklim tropis serat ijuk mudah ditemukan di Indonesia. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa penambahan serat ijuk memengaruhi kekuatan tarik material komposit yang terbuat dari serat ijuk dan bermatriks epoksi, dimana fraksi serat dan matriks 40% : 60% didapatkan hasil tertinggi tegangan tariknya sebesar 56,99 Mpa dan Nilai kekuatan bending 85 Mpa.[8]



Gambar 2. Serat Ijuk

2.4 Resin Epoxy

Material pendukung lainnya sering digunakan dalam pembuatan komposit, pada gambar 3 resin epoxy memiliki kekuatan dan kekerasan yang tinggi setelah pengeringan sempurna. Ini membuatnya ideal untuk berbagai aplikasi konstruksi, pembuatan kapal, dan produk-produk yang memerlukan ketahanan yang kuat.



Gambar 3. Resin Epoxy

2.5 Alat Uji

Pengujian tarik dan tekuk dilakukan menggunakan *Universal Testing Machine WE-1000B Chenda Tester*. Mesin uji universal digunakan untuk menguji ketahanan, kekuatan tekuk, kekuatan tarik, kekuatan tekan, kekuatan lentur, dan mengetahui struktur bahan suatu material sebuah produk. Gambar 4 memiliki fungsi, yaitu untuk memberikan gaya tekuk atau gaya tarik terhadap benda yang akan di uji.



Gambar 4. *Universal Testing Machine*

2.6 Prosedur Pembuatan

Langkah pertama dalam pembuatan spesimen adalah mempersiapkan bahan yang diperlukan, bambu ori, serat ijuk, resin epoxy, dan hardener. Bambu Ori dipotong sesuai panjang yang dibutuhkan untuk persentase perbandingan antara bambu ori dan serat ijuk. Setelah bambu mendapatkan ukuran yang diinginkan, lapisan serat ijuk dipotong sesuai ukuran yang akan dibuat laminasi. Pengeringan serat ijuk dan bambu dilakukan setelah bambu dan serat ijuk sudah terpotong agar mencapai kadar air yang diinginkan. Pengeringan dilakukan dengan menggunakan oven pada suhu 120°C agar kadar air mencapai 13% dengan waktu 2-5 jam. Pemeriksaan kadar air dilakukan menggunakan alat *moisture meter*. Setelah mendapatkan kadar air yang diinginkan berdasarkan ketentuan ISO 22157-1-2004, maka dilakukan penataan bilah dan perekatan menggunakan resin *epoxy* pada tiap lapisan dan antar bilah pada bambu seperti gambar 5, lalu bilah akan dikempa melalui penekanan untuk mendapatkan kerekatan yang sempurna. Pembentukan balok dilakukan setelah *pressing*

telah selesai, pembentukan balok akan disesuaikan dengan ukuran standar SNI 03-3399-1995 untuk uji tarik dan standar SNI 03-3959-1995.[10]

2.7 Lokasi Pengujian

Spesimen balok laminasi dibuat PT. Ibamboo Indonesia, Curahdami Bondowoso Jawa Timur. Lokasi pengujian dilakukan di Laboratorium Struktur dan Konstruksi Kapal, Departemen Teknik Perkapalan, Universitas Diponegoro.



Gambar 5. Proses Pembuatan Spesimen

2.8 Parameter Pengujian

2.8.1. Parameter Tetap

a. Uji Tarik

Pengujian tarik tegak lurus yang digunakan dalam penelitian adalah standar SNI 03-3399-1995 dalam dengan ukuran spesimen 460 mm x 25 mm x 25 mm. Uji tarik Pada Gambar 6 dilakukan untuk menentukan kekuatan tarik maksimum, menilai modulus elastisitas, mengukur regangan dan deformasi. [8]



Gambar 6. Pengujian Tarik

Berdasarkan pada pengujian tarik didapatkan sifat-sifat sebagai berikut :

1. Tegangan Tarik Maksimum (σ)

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

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

Dimana :

σ = tegangan tarik maksimum (Mpa)

P = beban maksimum (N)

A_0 = luas penampang mula-mula (mm²)

2. Regangan Maksimum (ϵ)

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

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

Dimana :

ϵ = Regangan maksimum (%)

ΔL = Pertambahan panjang (mm)

L_0 = Panjang mula-mula (mm)

3. Modulus Elastisitas (E)

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

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

b. Uji Tekuk

Mengukur kekuatan tekuk, modulus lentur, ketangguhan, dan kelenturan. Gambar 7 memberikan informasi yang komprehensif tentang performa material komposit dalam kondisi pembengkokan. Pengujian tekuk yang digunakan dalam penelitian ini dengan standar 760 mm x 50 mm x 50 mm. Dari pengujian tekuk didapatkan sifat-sifat sebagai berikut [8] :

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

Dimana :

σ = kuat tekuk (Mpa)

F = beban maksimum (N)

L = panjang tumpuan (mm)

b = lebar spesimen (mm)

d = tebal spesimen (mm)



Gambar 7. Pengujian Tekuk

2.8.2. Parameter Perubah

Parameter perubahn dalam penelitian ini adalah perbandingan presentase volume antara bambu ori dan serat ijuk.

- 0% serat ijuk 100% bambu ori dengan kode spesimen I0B100.
- 5% serat ijuk 95% bambu ori dengan kode spesimen I5B95.
- 10% serat ijuk 90% bambu ori dengan kode spesimen I10B90.
- 15% serat ijuk bambu ori 85% dengan kode spesimen I15B85.
- 20% serat ijuk bambu ori 80% dengan kode spesimen I20B80.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kadar Air

Kadar air sebelum dilakukan pengujian harus sesuai dengan ketentuan ISO 22157-1-2004, yaitu dibawah 13%. Sedangkan dalam peraturan Biro Klasifikasi Indonesia yang diatur dalam Peraturan Kapal Kayu (Bag.3, Vol.VI) edisi 2023, ditentukan bahwa kada air kayu 15%. Pemeriksaan kadar air menggunakan alat *moisture meter*. Dari penelitian ini didapatkan data kadar air dari spesimen pada tabel berikut :

Tabel 1. Tabel Hasil Pengujian Kadar Air Spesimen Uji Tarik

No	Kadar Air Spesimen Uji Tarik (%)				
	I0B100	I5B95	I10B90	I15B85	I20B80
1	9,1	8,9	9,1	9,1	9,1
2	8,7	8,8	8,9	8,9	9,1
3	8,9	9,1	8,8	9,1	9,2
Rata-rata	8,90	8,93	8,93	9,03	9,13

Tabel 2. Tabel Hasil Pengujian Kadar Air Spesimen Uji Tekuk

Kadar Air Spesimen Uji Tekuk (%)					
No	I0B100	I5B95	I10B90	I15B85	I20B80
1	9,2	9,1	9,3	9,1	9,2
2	8,8	8,9	9,1	9,2	9,2
3	9,1	9	8,9	9,1	9,1
Rata-rata	9,03	9	9,1	9,13	9,17

Berdasarkan hasil pengujian kadar air yang terdapat pada tabel 1 dan 2, spesimen uji tarik dan tekuk telah memenuhi standar sesuai dengan ketentuan ISO 22157-1-2004, yaitu dibawah 13%. Spesimen ini juga telah memenuhi peraturan kapal kayu (Bag.3, Vol. VI) edisi 2023, dimana kadar air spesimen juga berada di bawah 15%.

3.2 Berat Jenis

Pengujian berat jenis bertujuan untuk mendapatkan informasi yang penting mengenai sifat fisik dari material balok laminasi. Berat jenis berhubungan erat dengan sifat mekanis lainnya seperti kekuatan, kekakuan, dan ketahanan terhadap kelelahan. Berat jenis diperoleh dengan membagikan berat spesimen dan volume spesimen. Dari pengujian ini didapatkan berat jenis spesimen pada tabel berikut :

Tabel 3. Hasil Pengujian Berat Jenis Spesimen Uji Tarik

Berat Jenis Spesimen Uji Tarik (gr/cm ³)					
No	I0B100	I5B95	I10B90	I15B85	I20B80
1	0,73	0,75	0,75	0,75	0,77
2	0,73	0,74	0,75	0,76	0,77
3	0,71	0,73	0,75	0,76	0,76
Rata-rata	0,72	0,74	0,75	0,76	0,76

Tabel 4. Hasil Pengujian Berat Jenis Spesimen Uji Tekuk

Berat Jenis Spesimen Uji Tekuk (gr/cm ³)					
No	I0B100	I5B95	I10B90	I15B85	I20B80
1	0,74	0,75	0,74	0,75	0,75
2	0,68	0,69	0,74	0,75	0,76
3	0,68	0,69	0,74	0,75	0,76
Rata-rata	0,70	0,71	0,74	0,75	0,76

Berdasarkan tabel 3 dan 4 menunjukkan spesimen uji tarik dan tekuk. Pada spesimen uji tarik I20B80 memiliki berat jenis paling tinggi 0,76 dan spesimen I0B100 memiliki berat jenis terendah 0,72. Sementara pada spesimen uji tekuk berat jenis tertinggi ada pada I20B80 0,753 dan berat jenis terendah I0B100 yaitu 0,70. Dari hasil pengujian

berat jenis, spesimen uji tarik dan uji tekuk tergolong pada pada kayu kelas II nilai berat jenisnya berada di antara 0,6-0,9.

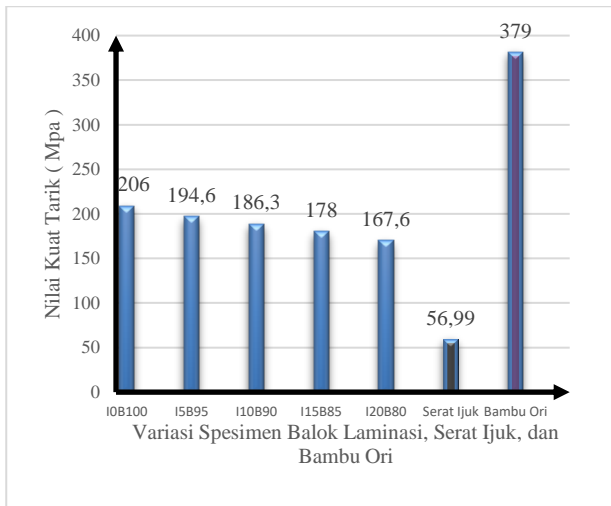
3.3 Uji Tarik

Spesimen uji tarik dibuat berdasarkan standar SNI 03-3399-1995 dengan ukuran spesimen 460 x 25 mm x 25 mm. Spesimen uji tarik dinamakan sesuai dengan variasi pada tabel dan terdapat 5 variasi dengan 3 kali pengulangan. Uji tarik ini penting dalam memahami sifat mekanis material balok laminasi. Mengevaluasi kekuatan, kekakuan, ketangguhan, dan perilaku deformasi material komposit. Informasi yang diperoleh dari uji tarik digunakan untuk memastikan kualitas material, mengembangkan material baru.

3.3 Tegangan Tarik

Tabel 5. Hasil Pengujian Tegangan Tarik

Variasi	No	Lebar (mm)	Tebal (mm)	P Max (Kn)	σ Max	Rata-rata (Mpa)
I0B100	1	25	25	31,2	209	206,67
	2	25	25	30,9	206	
	3	25	25	30,8	205	
I5B95	1	25	25	29,3	195	194,67
	2	25	25	29	192	
	3	25	25	29,5	197	
I10B90	1	25	25	28,4	189	186,33
	2	25	25	28,1	186	
	3	25	25	27,9	184	
I15B85	1	25	25	26,9	179	178
	2	25	25	26,5	175	
	3	25	25	27	180	
I20B80	1	25	25	24,4	170	167,67
	2	25	25	24,2	168	
	3	25	25	23,9	165	
Bambu Ori	1	25	25	23,2	135	135
	2	25	25	23,2	135	
	3	25	25	23,2	135	



Grafik 1. Grafik Tegangan Tarik

Berdasarkan hasil pengujian tarik yang terdapat pada tabel 5, spesimen dengan variasi IOB100 memiliki rata-rata tegangan tarik paling tinggi sebesar 206,67 Mpa. Sementara untuk spesimen I5B95 memiliki tegangan tarik rata-rata 194,67, lebih rendah 5,80% dari spesimen IOB100. Untuk spesimen I10B90 memiliki tegangan tarik rata-rata 186,33 Mpa, lebih rendah 4,28% dari variasi I5B95. Untuk spesimen I15B85 memiliki tegangan tarik rata-rata 178 Mpa, lebih rendah 4,47% dari variasi I10B90. Untuk spesimen I20B80 memiliki rata-rata tegangan tarik 167,67 Mpa, lebih rendah 5,80% dari variasi I15B85.

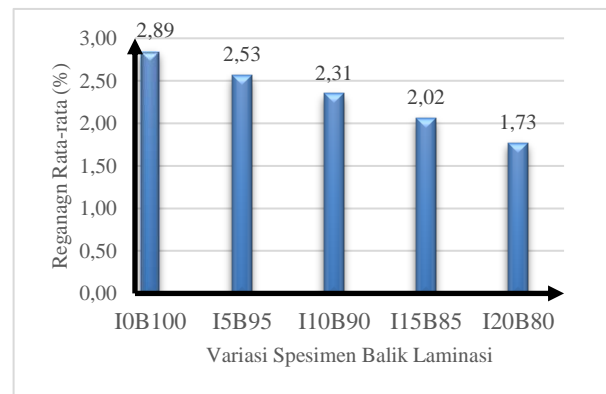
Berdasarkan hasil pengujian tegangan tarik di atas dapat di ambil kesimpulan bahwa jika persentase volume ijuk dalam spesimen lebih tinggi, tegangan tariknya lebih rendah, dan sebaliknya, jika persentase volume bambu lebih tinggi, tegangan tariknya lebih besar. Ini karena tegangan tarik serat ijuk lebih rendah daripada variasi lain, sehingga ketika persentase volume spesimen bertambah banyak, spesimen akan memiliki tegangan tarik yang lebih rendah. Dengan penambahan serat ijuk 5% setiap variasi. Terjadi penurunan tegangan tarik sebesar 4,28% – 5,80%. Kesimpulan yang dapat ditarik adalah mencampur serat ijuk dan bambu ori dalam laminasi balok menghasilkan penurunan kekuatan tarik dibandingkan dengan spesimen IOB100.

3.4 Regangan Tarik

Tabel 6. Hasil Regangan Tarik

Variasi	No	ΔL (mm)	$e(\%)$	Rata-rata
IOB100	1	14	3,0435	2,89
	2	13	2,8261	
	3	13	2,8261	
I5B95	1	11	2,3913	2,53
	2	12	2,6087	
	3	12	2,6087	
I10B90	1	11	2,3913	2,31
	2	10	2,1739	
	3	11	2,3913	
I15B85	1	9	1,9565	2,02
	2	10	2,1739	
	3	9	1,9565	
I20B80	1	8	1,7391	1,73
	2	9	1,9565	
	3	7	1,5217	
Bambu Ori	1	6	1,3043	1,23
	2	6	1,3043	
	3	5	1,087	

Berdasarkan hasil pengujian regangan tarik yang terdapat pada tabel 6, , spesimen dengan variasi IOB100 memiliki rata-rata regangan tarik sebesar 2,89%. Sementara untuk spesimen I5B95 memiliki regangan tarik rata-rata 2,53% lebih rendah 0,36% dari spesimen IOB100. Untuk spesimen I10B90 memiliki rata-rata regangan tarik 2,31% atau lebih rendah 0,22% dari spesimen I5B95. Sementara spesimen I15B85 memiliki rata-rata regangan tarik 2,02% lebih rendah 0,29% dari variasi I10B90. Untuk spesimen I20B80 memiliki rata-rata regangan tarik 1,73% lebih rendah 0,29% dari variasi I15B85.



Grafik 2. Regangan Tarik

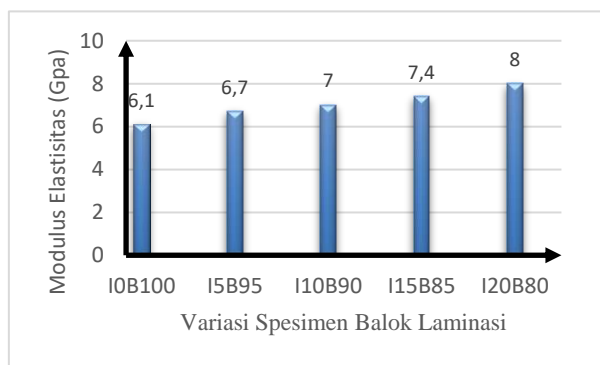
Berdasarkan hasil pengujian regangan tarik pada grafik 2 dapat diambil kesimpulan bahwa semakin tinggi persentase volume serat ijuk dalam

spesimen, maka semakin rendah nilai regangan tariknya. Dan sebaliknya, semakin tinggi persentase volume bambu maka semakin tinggi juga regangan tariknya. Dengan penambahan serat ijuk sebesar 5% setiap variasinya, terjadi penurunan regangan tarik 2,89%-0,29%.

3.5 Modulus Elastisitas

Tabel 7. Hasil Modulus Elastisitas

Variasi	No	Yield Strength	Regangan (e)	E (Mpa)	E Rata-rata (Gpa)
I0B100	1	209	3,04	6012,81	6,1
	2	206	2,82	6227,66	
	3	205	2,82	6192,28	
I5B95	1	195	2,39	6816,38	6,7
	2	192	2,6	6631,66	
	3	197	2,6	6706,83	
I10B90	1	189	2,39	6987,45	7,0
	2	186	2,17	7188,94	
	3	184	2,39	6945,61	
I15B85	1	179	1,95	7435,90	7,4
	2	175	2,17	7373,27	
	3	180	1,95	7538,46	
I20B80	1	170	1,73	8092,49	8,0
	2	168	1,95	7948,72	
	3	165	1,52	8157,89	



Grafik 3. Grafik Modulus Elastisitas

Berdasarkan hasil perhitungan modulus elastisitas dengan membagikan antara tegangan maksimum dan regangan yang terdapat pada tabel 7, spesimen dengan variasi I0B100 memiliki modulus elastisitas rata-rata sebesar 6,1 Gpa. Sementara untuk spesimen I5B100 memiliki rata-rata modulus elastisitas 6,7 Gpa, atau naik sebesar 9,8 % dari spesimen I0B100. Untuk spesimen I10B90 memiliki rata-rata modulus elastisitas 7,0 Gpa, naik 4,47% dari spesimen I5B95. Sementara spesimen dengan variasi I15B85 memiliki rata-rata modulus elastisitas 7,4 Gpa, naik sebesar 5,71% dari spesimen I10B90. Untuk spesimen I20B80 memiliki rata-rata modulus elastisitas 8,0 Gpa,

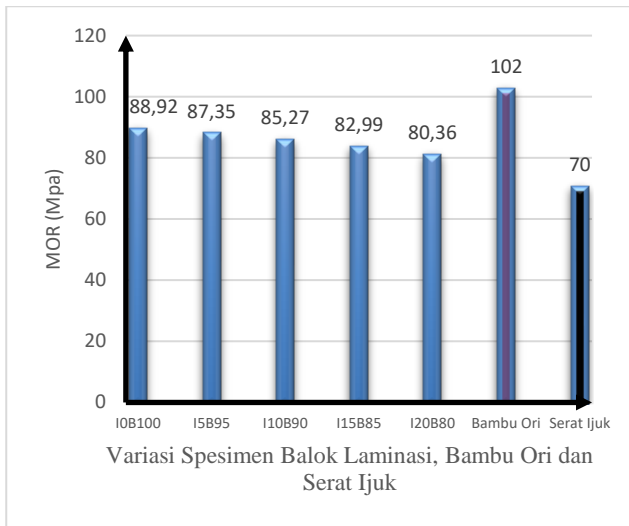
naik sebesar 8,10% dari spesimen I15B85. Dari hasil perhitungan modulus elastisitas pada tabel 4.9 dapat diambil kesimpulan seiring dengan pertambahan jumlah persentase bambu ori dan ijuk maka semakin tinggi nilai modulus elastisitasnya. Dengan penambahan serat ijuk 5% pada setiap variasi, terjadi peningkatan modulus elastisitas sebesar 4,47% - 9,8%.

3.4 Uji Tekuk

Spesimen uji tekuk dibuat berdasarkan standar SNI 03-3959-1995 dengan ukuran spesimen 760 mm x 50 mm x 50 mm. Spesimen uji tekuk dinamakan dengan variasi yang ada dan terdapat 5 variasi dengan 3 kali pengulangan. Uji tekuk digunakan untuk mengukur kekuatan material akibat pembebanan. Penelitian ini dilakukan dengan uji bending tiga titik (*Three Point Bending*).

Tabel 8. Hasil Pengujian Kuat Tekuk

Variasi	No	P Max (kN)	Mpa	Rata-Rata (Mpa)
I0B100	1	19,57	89,22	88,92
	2	19,50	88,92	
	3	19,43	88,62	
I5B95	1	19,17	87,40	87,35
	2	19,20	87,55	
	3	19,10	87,10	
I10B90	1	18,73	85,12	85,27
	2	18,73	85,42	
	3	18,70	85,27	
I15B85	1	18,23	83,14	82,99
	2	18,17	82,84	
	3	18,20	82,99	
I20B80	1	17,67	80,56	80,36
	2	17,63	80,41	
	3	17,57	80,10	
Serat Ijuk	1	16	70	70
	2	16	70	
	3	16	70	
Bambu Ori	1	22,2	102	168,26
	2	22,2	102	
	3	22,2	102	



Grafik 4. Grafik Nilai Kuat Tekuk

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekuk yang terdapat pada tabel 8, spesimen dengan variasi I0B100 memiliki kuat tekuk tertinggi sebesar 88,92 Mpa. Sementara untuk spesimen I5B95 memiliki rata-rata kuat tekuk sebesar 87,35 Mpa, lebih rendah 1,76% dari spesimen I0B100. Untuk spesimen I10B90 memiliki rata kuat tekuk sebesar 85,27 Mpa, lebih rendah 2,38% dari spesimen I5B95. Sementara untuk spesimen I15B85 memiliki rata-rata kuat tarik sebesar 82,99 Mpa, lebih rendah 2,67% dari spesimen I10B90. Untuk Spesimen I20B80 memiliki rata-rata kuat tekuk sebesar 80,36 Mpa, lebih rendah 3,16% dari spesimen I15B85.

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekuk pada tabel 8 dapat diambil kesimpulan bahwa semakin tinggi persentase volume serat ijuk dalam spesimen, maka semakin rendah kekuatan tekuknya. Dan sebaliknya, semakin tinggi persentase volume bambu maka semakin tinggi juga kekuatan tekuknya. Hal ini dikarenakan karena serat ijuk memiliki kekuatan tekuk lebih rendah dibandingkan variasi lain, sehingga persentase volumenya bertambah banyak dalam spesimen balok, maka spesimen tersebut akan mengalami penurunan kekuatan tekuk. Dengan penambahan 5% serat ijuk dalam setiap variasi terjadi penurunan kekuatan tekuk sebesar 1,76% - 3,16%.

3.6 Perbandingan Hasil Pengujian Dengan Syarat Bahan Kapal Kayu BKI

Berdasarkan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) dalam Peraturan Kayu (Bag.3,Vol.VI) edisi 2023 ditetapkan bahwa syarat minimum untuk mutu kayu yang digunakan pada bagian konstruksi harus minimum mutu kelas kayu kuat III. Selain itu kadar air untuk konstruksi kapal maksimal sebesar 15%.

Pada penelitian ini telah memenuhi standar karena kadar airnya berada diantara 8,9-9,16%.

Kayu lapis laminasi balok harus direkatkan dengan lem yang telah disetujui, tahan air serta telah diuji dan distempel oleh BKI, atau dibuat sesuai standar yang diakui dan harus mempunyai kuat tarik minimum sebesar 430 kg/cm² atau 46,16 Mpa pada arah memanjang dan 320 kg/cm² atau 31,38 Mpa pada arah melintang. Spesimen pada penelitian ini sudah memenuhi standar BKI karena memiliki kekuatan tarik 167,67-206,67 Mpa dimana jauh berada diatas standar yang sudah ditetapkan.

Tabel 9. Kelas Kuat Kayu

Kelas Kuat	Berat jenis kering udara (gr/cm ³)	Kukuh Lentur (Mpa)	Kukuh Tekan (Mpa)
I	≥0,90	≥ 107,87	≥ 63,74
II	0,60-0,90	71,10-107,87	41,68-63,74
III	0,40-0,60	49,03-71,10	29,42-41,68
IV	0,30-0,40	35,30-49,03	21,08-29,42
V	≤0,30	≤ 35,30	≤ 21,08

Berdasarkan tabel 9 kelas kayu diatas, maka spesimen dengan variasi I0B100, I5B95, I10B90, I15B85, I20B80 dan Bambu Ori tergolong ke dalam kelas kuat II. Dari hasil pengujian berat jenis, spesimen uji tarik dan uji tekuk pada kayu kelas II karena nilai berat jenisnya 8,9-9,17 gr/cm³, hal ini memenuhi syarat mutu yang ditetapkan oleh BKI, yaitu kayu Kelas III dengan cacat minimal harus digunakan untuk konstruksi penting. Berdasarkan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) dalam peraturan Kayu (Bag. 3, Vol. VI) edisi 2023 ditetapkan untuk konstruksi bagian kulit luar, balok geladak, lutut balok, penumpu geladak, galar balok, dudukan mesin. BKI menetapkan standar kayu dengan berat jenis minimal 560 kg/m³ atau 0,56 gr/cm³ atau kukuh lentur (MOR) minimum 685 kg/m² atau 67,17 Mpa. Sehingga semua variasi spesimen yaitu I0B100, I5B95, I10B90, I15B85, I20B80 dan bambu ori yang dimana memiliki berat jenis 8,9-9,17 gr/cm³ dan memiliki kukuh lentur mutlak 80,36 – 88,922 Mpa dapat digunakan pada bagian konstruksi tersebut.

Sementara pada bagian umum konstruksi seperti lunas, haluan, linggi buritan, wrang, gading-gading dan balok buritan kayu yang digunakan harus memiliki berat jenis 700 kg/m³ atau 0,7 gr/cm³ atau kuat lentur mutlak minimum 856 kg/cm² atau 83 Mpa. Sehingga variasi spesimen yaitu I0B100, I5B95, I10B90, I15B85 yang dimana memiliki

nilai berat jenis 8,9 – 9,17 gr/cm³ dan memiliki kukuh lentur mutlak 80,36 – 88,92 Mpa sehingga laminasi balok dalam penelitian ini dapat digunakan pada bagian konstruksi tersebut.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian balok laminasi bambu ori dan serat ijuk, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Kesimpulan yang bisa diambil dari hasil pengujian tekuk bahwa semakin tinggi persentase volume serat ijuk dalam spesimen, maka semakin rendah kekuatan tekuknya. Dan sebaliknya, semakin tinggi persentase volume bambu Ori maka semakin tinggi juga kekuatan tekuknya. Hal ini dikarenakan serat ijuk memiliki kekuatan mekanis yang lebih rendah dibandingkan variasi lain, sehingga persentase volumenya bertambah banyak dalam spesimen balok laminasi, maka spesimen tersebut akan mengalami penurunan kekuatan mekanis. Dengan penambahann 5% serat ijuk pada setiap variasinya terjadi penurunan tegangan tarik sebesar 4,28% – 5,80% dan penurunan Modulus of Rupture sebesar 1,76% - 3,16%.
2. Balok laminasi bambu ori dan serat ijuk digolongkan kedalam kelas kuat kayu II. Balok laminasi bambu ori dan serat ijuk dapat digunakan sebagai alternatif konstruksi kapal, seperti kulit luar, balok geladak, lutut balok, penumpu geladak, galar balok, dudukan mesin, lunas, haluan, linggi buritan, wrang, gading-gading dan balok buritan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan penuh ucapan syukur, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat Nya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan. Penulis mengakui bahwa penelitian ini berhasil tidak terlepas dari bantuan yang diberikan banyak pihak . Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua yang telah memberikan bantuan dalam penyusunan penelitian ini. Secara khusus, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada orang tua yang telah mendukung penulis dengan penuh kasih sayang selama proses pendidikan, serta kepada teman-teman seperjuangan S1 Teknik Perkapalan 2020.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ma. D. E. Candelaria and J. Y. Hernandez, Jr., "Determination of the properties of bambusa blumena using full-culm compressio tests and layered tensile tests for finite element model simulation using orthotropic material modeling," *ASEAN Engineering Journal*, vol. 9, no. 1, pp. 54–71, Jun. 2019, doi: 10.11113/aej.v9.15508.
- [2] C. Salzer, H. Wallbaum, M. Alipon, and L. Felipe Lopez, "Bamboo housing properties," 2018.
- [3] P. Manik, S. Samuel, T. Tuswan, S. Jokosisworo, and R. K. Nadapdap, "Mechanical properties of laminated bamboo composite as a sustainable green material for fishing vessel: Correlation of layer configuration in various mechanical tests," *J Mech Behav Mater*, vol. 31, no. 1, pp. 673–690, Jan. 2022, doi: 10.1515/jmbm-2022-0075.
- [4] Mirza Ghulam Rifqi, M. Shofi'ul Amin, Riza Rahimi Bachtiar, Dadang Dwi Pranowo, and Hakim Sobirin, "karakteristik bambu ori banyuwangi laminasi susunan lurus berdasarkan kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur," *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, vol. 11, no. 1, pp. 6–14, May 2022, doi: 10.22225/pd.11.1.4081.6-14.
- [5] M. K. Hussain, S. H. Abbas, Y. M. Younis, M. A. Rahman, and T. Jamil, "Fabrication of epoxy composite material reinforced with bamboo fibers," *Journal of Applied Engineering Science*, vol. 19, no. 1, pp. 119–124, 2021, doi: 10.5937/jaes0-26549.
- [6] R. Doni Widodo, F. Adi Noor Susetyo, and F. Budi Darsono, "kekuatan tarik dan bending komposit berpenguat serat arengga pinnata bermatriks epoksi berbasis fraksi volume dan orientasi serat," *Jurnal Media Mesin*, vol. 23, no. 1.
- [7] A. Tsalits Alfain, D. Tri, H. Ningsih, and P. Studi, "pengaruh fraksi volume komposit serat pohon aren terhadap pengujian bending," *Agustus*, vol. 2, no. 1, pp. 57–66, 2023, [Online]. Available: <http://jurnal.poliwangi.ac.id/index.php/jinggo/>

- [8] A. K. Samlawi, Y. Firmana Arifin, and P. Y. Permana, "serat ijuk (arenga pinnata) sebagai bahan baku cover body sepeda motor," 2017.
- [9] P. Manik, S. Samuel, and M. Ariq Fikri Kamil, "analisis kekuatan lentur dan kekuatan tekan balok laminasi bambu petung (dendrocalamus asper) dan serat kelapa sebagai komponen konstruksi kapal analysis of bending strength and compressive strength of laminated beams of bamboo petung (dendrocalamus asper) and coconut fiber as ship construction components, 2022"
- [10] "Bambu laminasi sebagai material alternatif pembuatan komponen kapal, 2019."