



Analisis Teknis dan Ekonomis Laminasi Kayu Nangka dan Bambu Wulung Sebagai Material Kapal Kayu

Emilio Frans Lingga¹⁾, Ari Wibawa Budi Santosa¹⁾, Sarjito Jokosisworo¹⁾

¹⁾Laboratorium Material

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
^{*)}e-mail : emiliofranslingga@students.undip.ac.id

Abstrak

Kayu jati sebagai material utama dalam pembuatan kapal ikan di Indonesia mengalami kelangkaan yang menyebabkan nilai ekonomisnya naik, oleh karena itu dipilih alternatif lain yaitu kayu nangka sebagai alternatif pengganti dari kayu jati yang dilaminasi dengan bambu hitam untuk pengurangan penggunaan kayu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kadar air, kerapatan, kuat tarik, kuat tekuk dari laminasi kayu nangka dan bambu wulung akibat perbedaan persentase variasi komposisi dan arah serat sejajar 0°. Dalam penelitian ini dibuat balok laminasi untuk pengujian kuat tarik mengikuti standar SNI 03-3399-1994, sedangkan pengujian kuat tekuk mengikuti standar SNI 03-3958-1995. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengujian tarik memiliki kadar air kering udara rata-rata 10%, dengan berat jenis tertinggi 0,778 gr/cm³ pada spesimen tarik. Kekuatan tarik raw material kayu nangka adalah 118 MPa dan bambu wulung 254 MPa, sedangkan untuk laminasi bambu dan kayu rata-rata mencapai 237,33 MPa dan memiliki MOE 7079.67 MPa untuk variasi K30B70, yang merupakan varian paling optimal. Pengujian tekuk menunjukkan kadar air kering udara rata-rata 10%, dengan berat jenis 0,734 gr/cm³ pada spesimen tekuk. Kekuatan tekuk rata-rata mencapai 86,31 MPa untuk variasi K70B30, yang merupakan varian paling optimal. Harga spesimen yang paling rendah dan memiliki kekuatan paling tinggi adalah variasi K30B70 sebesar Rp.12.990.500 per m³ dan mengalami pengurangan harga 48% dari harga kayu jati per m³. Oleh karena itu sesuai dengan rules BKI kapal kayu 1996 laminasi bambu dapat digunakan sebagai material kapal ikan berbahan kayu. Direkomendasikan untuk pembuatan bagian – bagian kapal seperti gading, galang, kulit, papan geladak dan balok geladak dan papan.

Kata Kunci : Laminasi , Bambu Wulung, Kayu Nangka, Kuat Tarik, Kuat Tekan

1. PENDAHULUAN

Kayu menjadi pilihan utama sebagai bahan mentah dalam pembuatan kapal dan mengalami eksploitasi yang signifikan, terutama di Indonesia. Di negara ini, kapal penangkap ikan sendiri berkontribusi sekitar 10% hingga 15% terhadap kebutuhan total kayu, mencapai lebih dari 2,5 juta meter kubik setiap tahun[1].

Bahan utama dalam pembuatan kapal ikan tradisional di Indonesia adalah kayu Jati. Sayangnya, kelangkaan kayu Jati terjadi akibat dari penebangan liar yang tidak terkendali. Kerusakan hutan di Indonesia pada periode 2009- 2013 mencapai lebih dari 1,13 juta hektar setiap tahunnya.[2] Hal ini menyebabkan harga kayu Jati saat ini mengalami peningkatan secara perlahan hingga mencapai angka Rp 24.000.000,00 per

m³ pada tahun 2005. Sekarang harga kayu jati mencapai Rp. 45.000.000 per m³. Untuk mengatasi tantangan ini, pihak galangan kapal kayu kini terpaksa mengganti bahan utama dalam pembuatan struktur atas kapal kayu dengan menggunakan jenis kayu maupun material lain sebagai solusi alternatif [3].

Pada penelitian sebelumnya yang membahas tentang “Analisis Teknis dan Ekonomis Pembangunan Kapal Ikan Menggunakan Laminasi Hybrid Antara Bambu Ori dengan Kayu Sonokembang dengan Variasi Arah Serat” Laminasi hybrid dengan variasi arah serat sejajar menunjukkan nilai kuat tarik sebesar 114,636 MPa dan kuat tekuk sebesar 111,606 MPa. Nilai tersebut memenuhi standard yang tertulis di BKI. Volumetrik konstruksi Kapal Ikan 20 GT yang

menggunakan laminasi hybrid adalah sebesar 9,32 m³, dengan total biaya pembangunan sekitar Rp. 460.881.589,-. Sementara itu, untuk konstruksi kapal ikan dengan ukuran volumetrik yang sama, namun menggunakan Kayu Jati Solid sebesar 13,75 m³, membutuhkan biaya sekitar Rp. 776.676.472,-. Perbandingan kedua material tersebut menunjukkan selisih volumetrik sebesar 4,43 m³ atau sekitar 32,2%. Selain itu, terdapat selisih biaya sekitar Rp. 315.794.883,-. Oleh karena itu, penggunaan laminasi hybrid dalam konstruksi Kapal Ikan 20 GT tidak hanya memberikan alternatif dengan volumetrik yang lebih efisien tetapi juga dapat mengurangi biaya pembangunan sebesar jumlah tersebut[4].

Oleh karena itu dipilih kayu Nangka sebagai alternatif pengganti dari kayu jati yang nanti akan dilaminasi dengan bambu hitam untuk pengurangan penggunaan kayu. Menurut Anggraini, et al, kayu Nangka tergolong ke dalam kayu setengah keras, tahan terhadap serangan rayap, tahan terhadap pembusukan jamur dan bakteri, mudah dikerjakan dan akan mengkilap bila disemir[5]. Maka diharapkan dengan adanya penelitian ini akan berguna bagi pembaca sebagai pertimbangan untuk material kapal ikan.

2. METODE DAN BAHAN

penelitian ini dilakukan uji untuk mengevaluasi dampak dari perbandingan antara kayu nangka dan bambu wulung dengan perekat epoxy. Uji mekanis yang dilakukan adalah uji tarik dan uji tekan, disamping itu akan dihitung pula massa jenis dari setiap spesimen.

2.1 Kayu Nangka

Pohon nangka memiliki manfaat kayu yang dapat dimanfaatkan setelah masa produktivitas buahnya berakhir, yaitu sekitar 20-30 tahun. Kayu ini memiliki ciri khas warna kuning keemasan seperti terlihat pada gambar 1. Dari segi ekonomi, kayu ini memiliki harga yang relatif terjangkau, berkisar antara Rp19.000.000 hingga Rp 21.000.000 per meter kubik. Kayu Nangka tergolong sebagai kayu dengan Kelas Kuat II-III dan Kelas Awet II- III. Dalam contoh penelitian, kayu nangka memiliki kekuatan tarik sebesar 118 MPa dan kekuatan lentur bending sebesar 57.765 Mpa [6].



Gambar 1 Kayu Nangka

2.2 Bambu Wulung

Bambu hitam, atau *Gigantochloa atroviolacea*, merupakan jenis bambu yang umumnya digunakan sebagai bahan untuk pembuatan alat musik, furnitur, dan perkakas rumah tangga. Bambu ini ditandai dengan rebungnya yang berwarna hijau kehitaman dan ujungnya yang berwarna jingga seperti terlihat pada gambar 2. Batangnya tumbuh lurus dan tegak dengan tinggi mencapai 15 meter, dan memiliki garis tengah sekitar 6-8 cm. Hasil dari pengujian menunjukkan, kadar air rata-rata 16,599%, kuat Tarik rata-rata 254 MPa, kuat tekan rata-rata 46 MPa, kuat geser rata-rata 7,789 MPa dan kuat lentur rata-rata 135,814 Mpa [7].



Gambar 2 Bambu Wulung

2.3 Resin epoxy

Resin epoxy seperti yang tertera pada gambar 3, atau poliepoksida, merupakan jenis resin yang sering diterapkan dalam berbagai sektor industri karena memiliki karakteristik dan keunggulan yang sangat diapresiasi. Beberapa ciri dan kelebihan utama dari resin epoxy mencakup kekuatan mekanis yang tinggi, kemampuan perekatan yang kuat pada berbagai jenis permukaan, ketahanan terhadap zat kimia, daya tahan terhadap suhu tinggi, sifat moldability yang baik, ketahanan terhadap air, dan kestabilan dimensi yang tinggi. Sifat-sifat ini membuat resin epoxy ideal untuk berbagai penggunaan, mulai dari konstruksi kapal hingga industri otomotif dan manufaktur komposit[8].



Gambar 3 Resin Epoxy

2.4 Uji Tarik

Uji tarik merupakan suatu metode pengujian yang digunakan untuk menentukan kekuatan tarik atau daya regang suatu bahan. Proses ini melibatkan pemberian gaya tarik pada sampel bahan hingga sampel tersebut mengalami putus. Selama pengujian berlangsung, gaya yang diberikan dan perubahan panjang sampel diukur secara terus-menerus untuk menilai sifat-sifat mekanik bahan tersebut, seperti kekuatan tarik, regangan puncak, dan modulus elastisitas. Hasil dari uji tarik memberikan informasi penting tentang respons material terhadap tegangan yang diterapkan dan dapat digunakan untuk menganalisis performa dan keandalan bahan dalam aplikasi tertentu[9].

2.4.1 Tegangan Tarik Maksimum

Tegangan maksimum yang bisa ditanggung material sebelum terjadinya patahan (fracture). Rumus tegangan tarik maksimum dapat dilihat pada rumu (1).

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

Keterangan :

σ = tegangan tarik maksimum (N/mm²)

P = beban maksimum (N)

A₀ = luas penampang mula-mula (mm²)

2.4.2 Regangan Maksimum

Regangan maksimum dapat menunjukkan pertambahan panjang dari suatu material sesudah terjadi patahan terhadap panjang awalnya. Rumus regangan maksimum dapat dilihat pada persamaan (2).

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

keterangan :

L_i = panjang sesudah patah (mm)

L₀ = panjang mula-mula (mm)

ϵ = regangan (%)

2.4.3 Modulus elastisitas

Modulus elastisitas adalah Ukuran kekauan suatu material dalam grafik tegangan-regangan. Modulus elastisitas tersebut dapat dihitung berdasarkan slope kemiringan garis elastic yang linear. Rumus modulus elastisitas dapat dilihat pada persamaan (3).

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

Keterangan :

E = modulus elastisitas (N/mm²)

σ = tegangan tarik maksimum (N/mm²)

ϵ = regangan (%)

2.5 Uji Tekuk

Pengujian tekuk bertujuan untuk menentukan nilai kekuatan akibat pembebanan dan kekenyalan suatu spesimen atau material. Proses ini melibatkan penempatan spesimen pada rumpuan mesin uji, diikuti dengan memberikan pembebanan pada bagian tengah spesimen tersebut[9]. Rumus pengujian tekuk dapat dilihat pada persamaan (4).

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

Keterangan :

= Kuat Tekuk (Mpa, N/mm²)

F = Beban maksimum (N)

L = panjang tumpuan (mm)

b = lebar spesimen (mm)

d = tebal spesimen (mm)

2.6 Fraksi volume

Nilai fraksi volume antara penguat dan matriks memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan komposit. Rumus fraksi volume dapat dilihat pada persamaan (5).

$$V_F = \frac{V_f}{V_c} 100\% \quad (5)$$

Keterangan :

V_f = volume serat

V_c = volume komposit keseluruhan

2.7 Massa Jenis

Berat jenis atau massa jenis mengacu pada besarnya massa suatu zat per satuan volume tertentu. Prinsip umumnya adalah bahwa semakin rapat partikel penyusun dari suatu material, massa jenisnya akan semakin tinggi, dan ini sering disebut sebagai kerapatan tinggi. Sebaliknya, jika partikel penyusunnya lebih renggang, massa jenisnya akan lebih rendah, dan ini disebut sebagai kerapatan rendah. Dengan kata lain, berat jenis mencerminkan sejauh mana suatu zat atau material dapat mengisi dan mendefinisikan ruang dalam suatu volume tertentu. Rumus Kerapatan dasar dapat dilihat pada persamaan (6).

$$\rho = \frac{B_k}{V_b} \quad (6)$$

Keterangan :

ρ = massa jenis (g/cm^3)

B_k = berat kering (g)

V_b = Volume basah (cm^3)

2.8 Kadar Air

Sifat mekanik suatu komposit sangat dipengaruhi oleh berat jenis. Perhitungan berat jenis dapat dilihat pada persamaan (7).

$$K_{AS} = \frac{B_b - B_k}{B_k} \times 100\% \quad (7)$$

Keterangan :

K_{AS} = kadar air

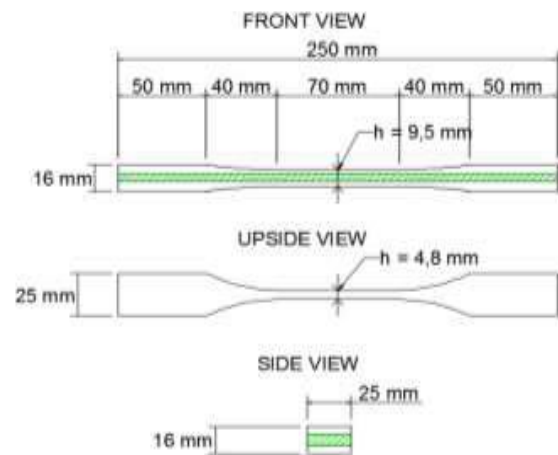
B_b = berat basah air (g)

B_k = berat kering (g)

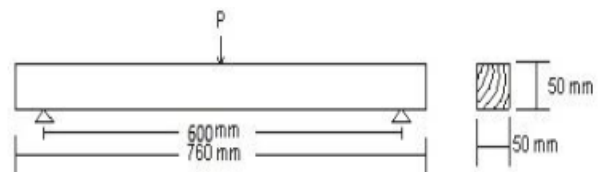
2.9 Proses Penelitian

penelitian ini, dilakukan uji untuk mengevaluasi dampak dari perbandingan antara kayu nangka dan bambu wulung yang digabungkan dalam pembuatan komposit papan laminasi. Bahan

untuk spesimen uji akan menggunakan kayu Nangka dan bambu wulung (hitam). Sementara itu, pengujian spesimen akan dilaksanakan di laboratorium Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro. Jumlah spesimen yang diperlukan dalam penelitian ini adalah 40 spesimen uji, dengan kondisi yang seragam, dan setiap spesimen uji akan diulang sebanyak 4 kali. Dalam penelitian ini terdapat parameter penelitian tetap dan berubah. Untuk parameter tetap yaitu standar pengujian SNI 03-3399-1994 untuk pengujian tarik sejajar serat seperti terlihat pada gambar 4, standar pengujian SNI 03-3959-1995 untuk pengujian tekuk seperti yang terlihat pada gambar 6, spesifikasi kayu nangka, spesifikasi bambu wulung, spesifikasi resin epoxy dan hardener, Rasio perbandingan resin epoxy dan hardener 2:1, Jumlah spesimen sebanyak 4 per variasi.

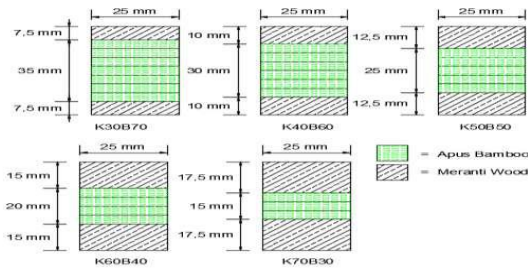


Gambar 4 spesimen uji Tarik Sejajar serat SNI 03-3399-1994



Gambar 5 Standar Spesimen untuk uji tekuk SNI 03-3959-1995

Parameter peubah dari penelitian ini yaitu perbandingan komposisi antara kayu nangka dan bambu wulung. Ukuran komposisi spesimen dijelaskan pada gambar 6, yaitu 70% kayu nangka 30% bambu wulung, 60% kayu nangka 40% bambu wulung, 50% kayu nangka 50% bambu wulung, 40% kayu nangka 60% bambu wulung, 30% kayu nangka 70% bambu wulung, dijelaskan pula untuk kode spesimennya pada tabel 1 untuk spesimen uji tarik dan tabel 2 untuk uji tekuk.



Gambar 6 Komposisi Laminasi Komposit

Tabel 1 Komposisi Spesimen Uji Tarik

Kode Spesimen	Komposisi spesimen Tarik	Jumlah spesimen
UTS-1 (K70B30)	70% kayu nangka 30% bambu wulung	4
UTS-2 (K60B40)	60% kayu nangka 40% bambu wulung	4
UTS-3 (K50B50)	50% kayu nangka 50% bambu wulung	4
UTS-4 (K40B60)	40% kayu nangka 60% bambu wulung	4
UTS-5 (K30B70)	70% kayu nangka 30% bambu wulung	4

Tabel 2 Komposisi Spesimen Uji Tekuk

Kode Spesimen	komposisi spesimen Tekuk	Jumlah spesimen
UBN-1 (K70B30)	70% kayu nangka 30% bambu wulung	4
UBN-2 (K60B40)	60% kayu nangka 40% bambu wulung	4
UBN-3 (K50B50)	50% kayu nangka 50% bambu wulung	4
UBN-4 (K60B40)	40% kayu nangka 60% bambu wulung	4
UBN-5 (K70B30)	30% kayu nangka 70% bambu wulung	4

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang terkumpul, melalui pengujian secara langsung akan dilakukan analisis untuk mendapatkan temuan dan pembahasan. Berikut merupakan hasil dari pembahasan yang telah dilakukan.

3.1 Pengujian Tarik

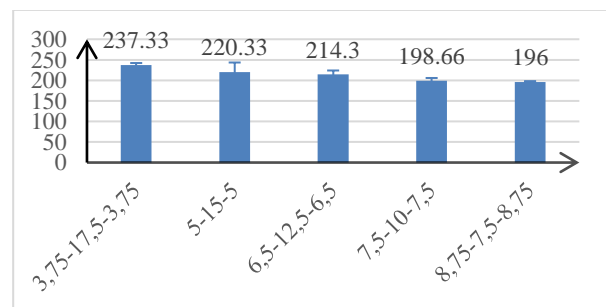
Pada pengujian ini akan menggunakan mesin universal testing machine (UTM), pada setiap specimen yang diuji akan diperoleh hasil beban maksimum (P). Hasil uji berupa kekuatan tarik, regangan dan modulus elastisitas.

Untuk mendapatkan besar kuat tarik dari setiap specimen akan digunakan rumus tegangan maksimum dimana $\sigma = (P)/A_0$. Seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 3 Hasil Pengujian Kekuatan Tarik

Variasi	No	Lebar (mm)	Tebal (mm)	P Max (N)	σ Max (MPa)	Deviasi	σ Max	Rata-rata (MPa)
3,75-17,5-3,75	A	25	25	24.8	206	14.18	233	237.33
	B	25	25	28.1	233			
	C	25	25	28.2	235			
	D	25	25	29.3	244			
5-15-5	A	25	25	29.8	277	31.65	246	220.33
	B	25	25	27.1	246			
	C	25	25	22.9	190			
	D	25	25	27.0	225			
6,5-12,5-6,5	A	25	25	23.5	195	13.88	201	214.30
	B	25	25	24.2	201			
	C	25	25	26.2	218			
	D	25	25	27	224			
7,5-10-7,5	A	25	25	22.8	189	31.64	206	198.67
	B	25	25	24.7	206			
	C	25	25	15.3	127			
	D	25	25	24.2	201			
8,75-7,5-8,75	A	25	25	28.6	238	27.68	177	196.00
	B	25	25	21.3	177			
	C	25	25	21.7	181			
	D	25	25	27.7	230			
Nangka	A	25	25	14.3	118	1.87	115	118.00
	B	25	25	14.1	115			
	C	25	25	14.6	120			
	D	25	25	13.2	110			
Wulung								254

Data tabel 3 menunjukkan bahwa tegangan tarik K30B70 merupakan yang paling tinggi yaitu 237.33 MPa lalu disusul K40B60 dengan 220.33 MPa hingga tegangan tarik yang paling rendah yaitu K70B30 dengan 196 MPa



Gambar 7 Grafik Rata-Rata Tegangan Tarik

Hasil yang dapat dilihat dari gambar 7 yaitu persentasi komposisi bambu yang lebih besar memiliki nilai tegangan tarik yang lebih besar dibandingkan persentasi kayu yang lebih besar hal ini disebabkan struktur kayu angka memiliki kekuatan tarik yang lebih lemah dibandingkan dengan struktur bambu wulung, dengan nilai tegangan tarik tertinggi ada pada variasi K30B70 dengan nilai 237.33 MPa dan nilai tegangan tarik paling rendah ada pada variasi K70B30 dengan nilai 196 MPa. Gambar 8 memperlihatkan bentuk spesimen setelah dilakukannya uji tarik.



Gambar 8 Spesimen setelah di uji Tarik

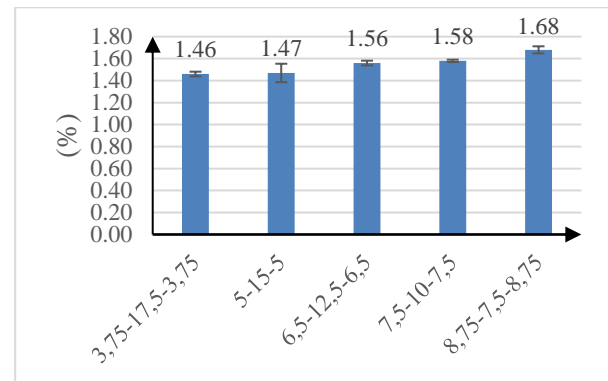
3.1.2 Regangan Tarik

Regangan tarik adalah persentase perubahan panjang specimen sebelum dilakukan pengujian dengan specimen sesudah dilakukan pengujian tarik.

Tabel 4 Regangan tarik

Variasi	No	L0(mm)	L1(mm)	ΔL	Rata (mm)	Regangan ε	ε Rata rata(%)
3,75-17,5-3,75	A	440	446.50	6.50	6.45	1.48ra	1.46
	B	440	446.50	6.50			
	C	440	446.30	6.30			
	D	440	446.50	6.50			
5-15-5	A	440	446.40	6.40	6.45	1.48	1.47
	B	440	446.50	6.50			
	C	440	446.00	6.00			
	D	440	446.90	6.90			
6,5-12,5-6,5	A	440	446.60	6.60	6.8	1.55	1.56
	B	440	446.80	6.80			
	C	440	447.00	7.00			
	D	440	446.80	6.80			
7,5-10-7,5	A	440	447.00	7.00	6.9	1.57	1.58
	B	440	446.90	6.90			
	C	440	446.70	6.70			
	D	440	447.00	7.00			
8,75-7,5-8,75	A	440	447.40	7.40	7.4	1.73	1.68
	B	440	447.60	7.60			
	C	440	447.30	7.30			
	D	440	447.30	7.30			
Nangka	A	440	447.50	7.50	7.6	1.70	1.73
	B	440	447.90	7.90			
	C	440	447.40	7.40			
	D	440	447.60	7.60			

Dari tabel 4 terlihat bahwa setiap variasi yang telah diuji tarik akan mengalami perpanjangan. Peningkatan panjang ini bisa digunakan untuk menentukan regangan tarik dengan menggunakan rumus $\epsilon = \Delta L \times 100\%$.



Gambar 9 Grafik Regangan

Gambar 9 menunjukkan specimen K70B30 memiliki regangan paling besar yaitu 0.5454 % disusul variasi K60B40 dengan 0.431 % dan variasi dengan regangan paling kecil adalah K30B70 yaitu 0.329 %.

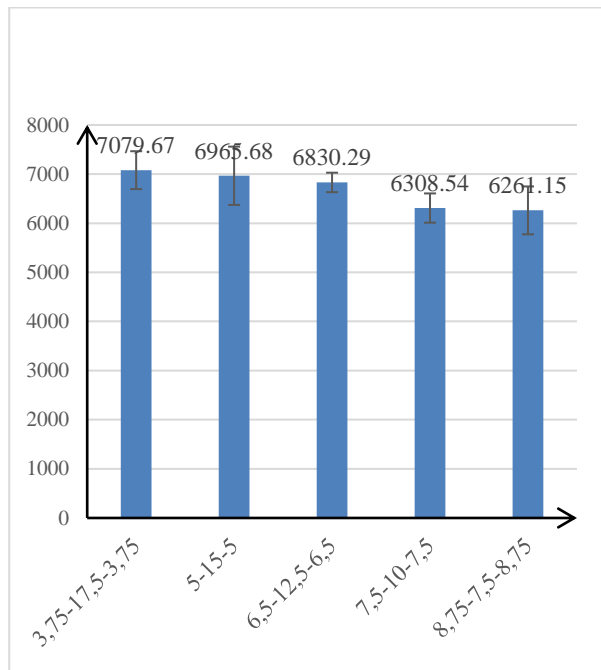
3.1.3 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas atau sering disebut modulus young adalah ukuran yang menunjukkan kekakuan suatu benda, semakin besar nilai modulus elastisitas semakin kaku pula benda yang diuji. Untuk mengetahui modulus elastisitas perlu diketahui terlebih dahulu nilai tegangan luluh dan regangan luluhnya.

Tabel 5 Modulus Elastisitas

Variasi	No	Tegangan	Regangan	E (MPa)	Rata
3,75-17,5-3,75	A	100.00	1.48	6662.05	7079.67
	B	98.42			
	C	100.00			
	D	112.17			
5-15-5	A	100.00	1.48	6820.00	6965.68
	B	100.75			
	C	105.89			
	D	98.98			
6,5-12,5-6,5	A	103.33	1.55	7252.45	6830.29
	B	112.08			
	C	101.83			
	D	105.67			
7,5-10-7,5	A	100.92	1.59	6343.33	6308.54
	B	101.17			
	C	110.92			
	D	97.54			
8,75-7,5-8,75	A	103.83	1.73	5992.11	6261.15
	B	103.50			
	C	105.54			
	D	106.68			
Nangka	A	102.67	1.70	6023.31	6173.16
	B	109.13			
	C	107.94			
	D	111.20			
Wulung					9879.55

MOE yaitu singkatan dari modulus elastisitas dicari setelah regangan dan tegangannya diketahui yaitu dengan rumus $E = \frac{\sigma}{\epsilon}$ yaitu tegangan dibagi dengan regangan. Pada tabel 5 dapat kita lihat bahwa MOE yang paling besar dimiliki oleh variasi K30B70.



Gambar 10 Grafik Rata-Rata Modulus Elastisitas

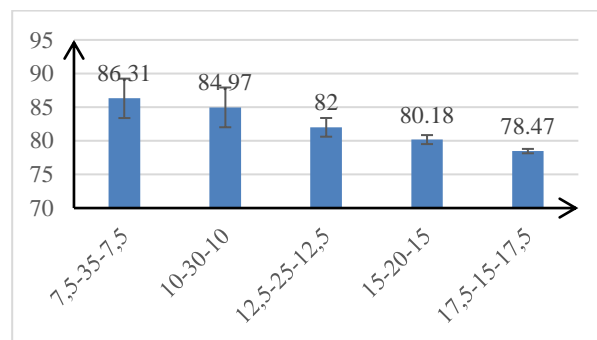
Gambar 10 menunjukkan K30B70 memiliki MOE tertinggi dan K70B30 yang paling rendah. Modulus elastisitas dipengaruhi oleh tingkat regangan yang dialami oleh spesimen. Biasanya, spesimen dengan regangan tinggi cenderung memiliki modulus elastisitas yang lebih rendah.

3.2 Uji Bending

Untuk mencari tegangan bending dapat menggunakan rumus $\sigma = \frac{3FL}{2bd^2}$ dimana, F yaitu beban maksimum, L panjang tumpuan, b lebar spesimen dan d tebal spesimen.

Tabel 6 hasil uji bending

Variasi	No	P(KN)	Kuat Tekuk (MPa)	Rata-rata (MPa)
7,5-35-7,5	A	19.25	87.04	86.31
	B	16.88		
	C	20.81	89.48	
	D	17.96	82.41	
10-30-10	A	18.71	84.76	84.97
	B	16.05	81.46	
	C	17.19		
	D	19.51	88.69	
12,5-25-12,5	A	16.78	81.16	82.00
	B	16.69	80.88	
	C	15.17		
	D	17.70	83.96	
15-20-15	A	16,08	79.12	79.79
	B	15,85		
	C	16,63	80.70	
	D	16,11	79.54	
17,5-15-17,5	A	15,81	78.93	78.47
	B	15,59	78.29	
	C	16,05	78.20	
	D	18,02		
Nangka	A	14,05	56.84	57.76
	B	5,35		
	C	14,47	59.92	
	D	13,95	56.53	
Wulung				137.76



Gambar 11 Rata-Rata Hasil Uji Bending

Semakin banyak komposisi kayu maka semakin besar pula nilai uji tekuknya hal ini dijelaskan pada Gambar 11. Uji bending ini dipengaruhi oleh variasi persentase komposisi dari setiap specimen, kuat tekan kayu Nangka lebih kuat dari pada kuat tekan dari bambu wulung, oleh karena itu semakin banyak komposisi kayu maka akan semakin tinggi nilai dari kuat tekan specimen.

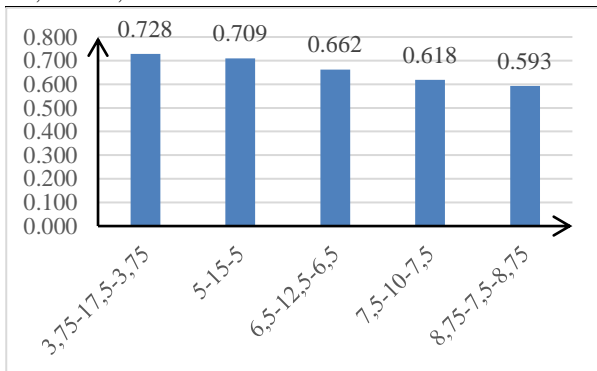
3.3 Massa Jenis

Berdasarkan standar dari Biro Klasifikasi Indonesia Kapal Kayu, kayu dengan massa jenis antara 0.60 gr/cm³ hingga 0.90 gr/cm³ termasuk dalam Kelas Kuat II. Namun, menurut Priyanto (1996:46), kayu dengan massa jenis antara 0.55 gr/cm³ hingga 0.72 gr/cm³ diklasifikasikan sebagai kayu berat. Sementara itu, menurut PKKI-1961, bambu petung dengan massa jenis dalam kisaran

0.60 gr/cm³ hingga 0.90 gr/cm³ juga diklasifikasikan sebagai Kelas Kuat II.

Tabel 3.5 massa jenis uji tarik

Variasi	A	B	C	D	rata
7,5-35-7,5	0.710	0.749	0.762	0.716	0.734
10-30-10	0.704	0.695	0.725	0.621	0.686
12,5-25-12,5	0.624	0.665	0.715	0.661	0.666
15-20-15	0.627	0.649	0.625	0.594	0.623
17,5-15-17,	0.582	0.586	0.595	0.589	0.588

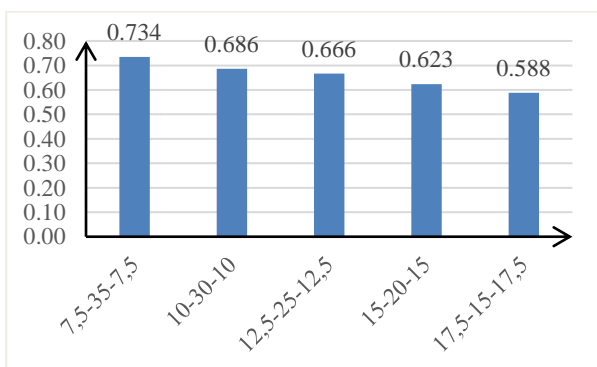


Gambar 3. 6 Grafik rata-rata massa jenis uji tarik

Dari data Tabel 4.5 nilai massa jenis specimen laminasi kayu Nangka dan bambu wulung dengan variasi persentase komposisi, untuk K30B70 diperoleh 0.666 gr/cm³, K40B6 diperoleh 0.733 gr/cm³, K50B50 diperoleh 0.712 gr/cm³, K60B40 diperoleh 0.697 gr/cm³, K70B30 0.778 gr/cm³.

Tabel 3.6. massa jenis uji tekan

Variasi	A	B	C	D	rata
7,5-35-7,5	0.710	0.749	0.762	0.716	0.734
10-30-10	0.704	0.695	0.725	0.621	0.686
12,5-25-12,5	0.624	0.665	0.715	0.661	0.666
15-20-15	0.627	0.649	0.625	0.594	0.623
17,5-15-17,	0.582	0.586	0.595	0.589	0.588



Gambar 3. 7 Grafik rata-rata massa jenis uji tekan



Gambar 3.8 spesimen uji tekan

3.4 Syarat Bahan Kapal Kayu Dari Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) Dibandingkan dengan Hasil Penelitian

Menurut Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) volume VI Tahun 1996, dalam konteks kapal kayu, terdapat persyaratan minimum untuk kualitas kayu yang digunakan pada bagian penting konstruksi. Kayu tersebut harus minimal memiliki kelas kekuatan III dan kelas ketahanan III. Untuk kayu lapis, perekat yang digunakan harus disetujui, tahan air, telah diuji, dan dicap oleh BKI, atau dibuat sesuai dengan standar yang diakui, serta harus memiliki kekuatan tarik minimal 430 kg/cm² pada arah memanjang dan 320 [17].

Tabel 3.7. Klasifikasi Kelas Kuat Kayu berdasarkan Biro Klasifikasi Indonesia Kapal Kayu 1996

Strength class	Dry Density g/cm ³	Compressiv e strength parallel to Y-axis kg/cm ²	Kekuatan tekan sejajar kg/cm ²
I	≥0,90	≥1100	≥650
II	0.60 - 0.90	725 - 1100	425 - 650
III	0.40 - 0.60	500 - 725	300 - 425
IV	0.30 - 0.40	360 - 500	215 - 300
V	≤0,30	≤360	≤215

Berdasarkan hasil pengujian massa jenis dari papan laminasi dari kayu nangka dan bambu wulung, massa jenis diperoleh antara 0.665 gr/cm³

sampai dengan 0.778 gr/cm³ oleh karena itu maka termasuk kedalam kelas II.

Untuk hasil uji tekan dari laminasi kayu Nangka dan bambu wulung ini memiliki nilai 48.47 MPa sampai dengan 56.31 MPa atau jika dikonversi menjadi 494,25 kg /cm² sampai dengan 574,20 kg /cm². oleh karena itu papan laminasi kayu Nangka dan bambu wulung masuk ke kelas kuat II.

Untuk hasil pengujian tarik dari laminasi kayu nangka dan bambu wulung didapatkan 196 MPa sampai dengan 237.33 MPa atau jika dikonversi maka menjadi 1998,64 kg /cm² sampai dengan 2420,09 kg /cm², yang dimana syarat minimum nilai kuat Tarik memanjang adalah 430 kg /cm².

Dari penelitian ini diperoleh hasil dari massa jenis dan kuat tekan bahwa papan laminasi kayu nangka dan bambu nangka sudah sesuai dengan standart BKI. Oleh karena itu bagian kapal yang dapat menggunakan material ini adalah:

- lutut balok
- Penumpu geladak
- papan geladak
- konstruksi diatas garis air
- Gading – gading
- Balok geladak
- Kulit luar
- Dudukan mesin
- Balok galar

3.5 Analisis Ekonomi

Analisa ekonomi dilakukan dengan membandingkan harga material per m³ pada setiap variasi dan bambu utuh serta kayu utuh.

Tabel 3.8. Harga perspesimen

material	cost(IDR per m3)
K30B70	12.990.500
K40B60	13.849.000
K50B50	14.707.500
K60B40	15.566.000
K70B30	16.424.500
Bambu wulung	10.415.000
Kayu nangka	19.000.000
kayu jati	45.000.000

Pada tabel 4.8 dapat dilihat perbedaan yang signifikan antara kayu jati dan yang lainnya. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan harga yang dibutuhkan ketika menggunakan kayu jati dengan setelah menggunakan gabungan kayu nangka dan bambu. Perbedaan paling jauh yaitu dengan variasi K30B70 yaitu sebanyak 71.2% dan yang paling dekat yaitu dengan variasi K70B30 sebesar 63.6%.

4 KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan dan analisis penelitian ini, yang merujuk pada hasil eksperimen dengan pengujian tarik dan tekan, berikut kesimpulan yang dapat ditarik:

1. Rata-rata kuat tekuk yang diperoleh berkisar antara 78,47 MPa hingga 86,31 MPa, dengan nilai tertinggi pada variasi K30B70 (kayu 30% dan bambu 70%) mencapai 86,31 MPa. Rata-rata kuat tarik yang dicapai berkisar antara 196,00 MPa hingga 237,33 MPa, dengan nilai puncak pada variasi K30B70 (kayu 30% dan bambu 70%) sebesar 273,33 MPa. Berat jenis untuk pengujian tergolong dalam Kelas Kuat II, oleh karena itu laminasi bambu dapat digunakan sebagai material kapal ikan berbahan kayu. direkomendasikan untuk pembuatan bagian – bagian kapal seperti gading, galar, kulit, papan geladak dan balok geladak dan papan.
2. Variasi persentase balok laminasi dari bambu wulung dan kayu nangka berpengaruh signifikan terhadap kekuatan mekanik balok laminasi semakin banyak persentase bambu maka akan semakin tinggi pula nilai dari uji tekuk dan tariknya, karena bambu memiliki kekuatan tarik dan tekuk yang lebih kuat dibandingkan dengan kayu nangka.
3. Terjadi pengurangan harga yang signifikan antara kayu jati dengan material laminasi komposit. Perbedaan paling jauh yaitu dengan variasi K30B70 (kayu 30% dan bambu 70%) berkurang sebanyak 48%, dan variasi yang memiliki perbedaan harga paling dekat yaitu dengan variasi K70B30 (kayu 70% dan bambu 30%) berkurang sebanyak 34,3%. Oleh karena itu variasi yang memiliki nilai ekonomis paling murah yaitu variasi K30B70 dan variasi yang paling mahal yaitu variasi K70B30.

4.2. Saran

Pada penelitian ini masih memiliki kekurangan karena beberapa hal yaitu keterbatasan peralatan, dana, sehingga penulis memiliki saran untuk penelitian yang akan dilakukan selanjutnya (future research) antara lain :

1. Melakukan penelitian untuk menganalisis secara teknik bambu laminasi guna mendapatkan kekuatan tarik dan kekuatan tekan dengan dimensi dan susunan yang

- sama dengan menggunakan perekat lain yaitu selain epoxy..
2. Pada pembuatan specimen masih dibuat dengan metode hand made dan peralatan seadanya, untuk penelitian selanjutnya diharapkan penelitian dilakukan dengan orang atau jasa yang ahli serta peralatan yang lebih akurat dan canggih.
 3. Penelitian ini hanya meneliti orientasi pengaruh persentase bahan laminasi. Oleh karena itu, disarankan agar penelitian selanjutnya mengkaji aspek-aspek lain yang relevan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Purba, S. Nanggara, M. Ratriyono, and I. Apriani, *Global forest resources assessment 2010: options and recommendations for a global remote sensing survey of forests*. Bogor: Forest Watch Indonesia, 2010.
- [2] C. Purba and S. Nanggara, *Potret Keadaan Hutan Indonesia Periode 2009 - 2013*. Bogor: Forest Watch Indonesia, 2013.
- [3] M. K. Aksan and Ariyanti, "Keawetan Alami Kayu Nangka (*Artocarpus heterophyllus*) terhadap Serangan Marine Borers Di Kabupaten Donggala," *J. War. Rimba*, vol. 9, no. 2017, pp. 228–234, 2021.
- [4] W. Sudjatha and Z. Hadiati, *Nangka (Artocarpus heterophyllus Lamk)*. Jakarta: Menegristek, 2017.
- [5] T. Bangun, *Sekilas keunggulan bambu (Aksi Menanam Bambu Balikpapan 2014-2017)*. kalimantan: P3Ekalimantan.Menlhk.Go.Id, 2017.
- [6] R. D. Permana and H. Supomo, "Analisis Teknis dan Ekonomis Pembangunan Kapal Ikan Menggunakan Laminasi Hybrid Antara Bambu Ori dengan Kayu Sonokembang dengan Variasi Arah Serat," *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 1, 2018, doi: 10.12962/j23373539.v7i1.29724.
- [7] P. Manik, H. Yudo, and A. Berlian, "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," *Int. J. Civ. Eng. Technol.*, vol. 9, no. 7, pp. 1800–1811, 2018.
- [8] T. Prantasi, *Buku Ajar Teori dan Aplikasi Material KOMposit dan Polimer*. sidoarjo: Umsida Press, 2019.
- [9] A. Rakhmawati, "Bambu Wulung Sebagai Bahan Struktural," *J. Univ. Tidar*, vol. 8, p. 48, 2003.
- [10] A. Daryus, *Diktat Kuliah Ilmu Material Teknik*. jakarta: buku teknik, 2013.
- [11] Suarsana, *Pengetahuan Material Teknik*. Denpasar: buku teknik, 2017.
- [12] P. Manik, T. Tuswan, F. Aldo, O. Rahardjo, and S. Misbahudin, "Mechanical Properties Evaluation of Laminated Composites of Petung Bamboo (*Dendrocalamus asper*) and Coconut Coir Fiber as Ship Construction Components," *Sci. J. Marit. Res.*, vol. 37, pp. 75–85, 2023.
- [13] P. Manik, A. Firdhaus, Tuswan, Kiryanto, and B. M. Ichsan, "Analysis of the tensile and bending strengths of the joints of 'gigantochloa apus' bamboo composite laminated boards with epoxy resin matrix," *J. Mech. Behav. Mater.*, vol. 32, no. 1, 2023, doi: 10.1515/jmbm-2022-0276.
- [14] S. I. Wahidi, H. Supomo, and Zuba, "Analisis Teknis dan Ekonomis Produksi Kapal Ikan dengan Lunas, Gading, dan Balok Geladak Berbahan Bambu Laminasi Sebagai Material Alternatif Pengganti Kayu," *J. Tek. ITS*, vol. 2, no. 1, pp. 2–5, 2013.
- [15] J. Diniarto, "Analisis Struktur Material Laminasi Untuk Lambung Kapal Kayu Tradisional," *J. Tek. Perkapalan UI*, vol. 20, p. 46, 2011.
- [16] R. Firmansyah, "Laminasi Kayu Mahoni Dan Kayu Jati Sebagai Bahan Alternatif," *J. Jalasena*, vol. 4, no. 2, pp. 96–101, 2023.
- [17] Kamal, P. Manik, and Samuel, "Analisa Teknis dan Ekonomis Penggunaan Bambu Laminasi Apus dan Petung sebagai Material Alternatif Pembuatan Komponen Kapal Kayu," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 5, no. 2, pp. 381–386, 2017.
- [18] A. Prabowo and H. Supomo, "Analisis Teknis dan Ekonomis Ketebalan Bilah Laminasi Bambu Sebagai Material Lambung Kapal," *J. Tek. Pomits*, vol. 2, no. 1, pp. 2–5, 2013.
- [19] P. Tambunan, H. Yudo, and P. Manik, "Analisa Teknis Papan Laminasi Serat Bambu Petung Dengan Serat Fiberglass Woven Roving Untuk Material Kulit Kapal," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 10, no. 2, pp. 21–28, 2022.
- [20] B. K. Indonesia, "Peraturan Kapal Kayu," vol. VI, 2023, [Online]. Available: www.bki.co.id.