

ANALISA KEKUATAN TARIK DAN KEKUATAN LENTUR BALOK LAMINASI KOMBINASI BAMBU PETUNG DAN BAMBU APUS UNTUK KOMPONEN KAPAL KAYU

Parlindungan Manik¹, Samuel¹, David Adhi Prasetyo¹

¹⁾Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Email: david.adhi524@gmail.com

ABSTRAK

Kapal kayu merupakan sarana transportasi tradisional yang hingga saat ini masih banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia dalam kehidupan sehari-hari, baik untuk sarana transportasi, niaga maupun sarana rekreasi. Disisi lain pemanfaatan bambu selama ini belum optimal walapun hasil beberapa penelitian menunjukkan bahwa bambu memiliki kekuatan dan keunggulan dibandingkan dengan material bangunan lainnya. Maka dilakukan penelitian tentang laminasi bambu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kadar air, kerapatan, kuat Tarik, *MOR*, modulus elastisitas dari laminasi bambu petung kombinasi bambu apus akibat perbedaan persentase variasi bahan (70% petung - 30% apus, 60% petung - 40% apus, 50% petung - 50% apus, 40% petung - 60% apus, 30% petung - 70% apus). Dalam penelitian ini dibuat balok laminasi bambu petung kombinasi bambu apus untuk uji kuat Tarik mengacu pada standar SNI 03-3399-1994 dan uji kuat lentur mengacu pada standar SNI 03-3960-1995. Hasil penelitian untuk untuk pengujian Tarik memiliki kadar air kering udara rata-rata 12,81 %, berat jenis terbesar 0,7294 gr/cm³ untuk spesimen tarik, kekuatan Tarik rata-rata sebesar 107,44 Mpa untuk kode T.7.3 (varian paling maksimal). Untuk laminasi bambu pengujian lentur memiliki nilai kadar air kering udara rata – rata sebesar 12,58%, berat jenis sebesar 0,7219 gr/cm³ untuk kode L.7.3 (varian paling maksimal), *modulus of reiture* sebesar 105,96 Mpa, modulus elastisitas 9060,8 Mpa.

Kata kunci :Laminasi Bambu,Modulus elastisitas,Kuat Tarik,Kuat Lentur

Abstract

*The wooden ship is a traditional transportation used by Indonesian until now in their daily life, this transportation is used as public transportation, trade transaction transportation even for tour vocation transportation. In the other side bamboo rarely used even there is many research prove that bamboo have more advantages than other material. So conducted research about bamboo lamination. This research purpose that to know about water content, density, tensile strength, *MOR*, modulus of elasticity from lamination *dendrocalamus asper* combine *gigantochloa apus* (70% *dendrocalamus asper* - 30% *gigantochloa apus*, 60% *dendrocalamus asper* - 40% *gigantochloa apus*, 50% *dendrocalamus asper* - 50% *gigantochloa apus*, 40% *dendrocalamus asper* - 60% *gigantochloa apus*, 30% *dendrocalamus asper* - 70% *gigantochloa apus*). in this research are made *dendrocalamus asper* bar combination with *gigantochloa apus* for tensile strength test refer to SNI 03-3399-1994 standard and flexural strength test refer to SNI 03-3960-1995. the result from this research of tensile strength test are 12.81% water conducted, density average 0.7294 gr/cm³ in code T.7.3 (the most maximum variant) tensile strength average 107.44 Mpa. For bamboo lamination test average is 12.58% water conducted. 0.7219 gr/cm³ density in L.7.3 code (the most maximum variant), 105.96 Mpa modulus of reiture, 9060.8 Mpa modulus of elasticity.*

Keyword :Bamboo lamination,Modulus of Elasticity, Tensile strength, Flexural strength

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di Negara Indonesia sangat berkembang pesat, terutama di bidang konstruksi, yaitu dengan ditemukannya material alternatif pengganti kayu sebagai bahan baku konstruksi, terutama dibidang perkapalan. Pada dunia perkapalan khususnya kapal kayu, dimana kapal kayu membutuhkan bahan baku dari kayu yang dewasa ini kayu sangat mahal dan sulit dicari.^[7]

Maka dari itu diperlukan inovasi untuk mengganti bahan baku kayu yang selama ini digunakan pada kapal kayu. Dari berbagai pengujian bahan di laboratorium, diketahui bahwa bambu mempunyai kekuatan tarik sangat tinggi, mendekati kuat tarik baja struktural. Selain itu bambu berbentuk pipa, sehingga momen lembamnya besar, tetapi ringan.^[7]

1.1. Perumusan Masalah

Berdasarkan pokok permasalahan yang terdapat pada latar belakang, maka penelitian ini diambil beberapa rumusan masalah sebagai berikut :

1. Menghitung kekuatan lentur dan kekuatan tarik dari masing masing komposisi paduan lamina.
2. Membandingkan bagaimana kombinasi komposisi lamina bambu petung dan bambu apus terhadap kekuatan lentur dan kekuatan tarik.

1.2. Pembatasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan sebagai arahan serta acuan dalam penelitian ini agar sesuai dengan permasalahan serta tujuan yang diharapkan adalah :

1. Penelitian eksperimental akan dilakukan di laboratorium menggunakan *universal testing machine (UTM)*.
2. Parameter yang akan diteliti adalah letak lamina bambu petung pada *joint* balok bambu apus (lapisan atas dan bawah).
3. Ukuran bilah bambu ≤ 10 mm, pada bambu kulit tidak terhitung.
4. Komposisi lamina meliputi :
 - 70% petung dan 30% apus
 - 60% petung dan 40% apus
 - 50% petung dan 50% apus

- 40% petung dan 60% apus

- 30% petung dan 70% apus

5. Standarisasi berdasarkan Rules BKI Kapal Kayu 1996.

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang diatas maka maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui dan membandingkan kekuatan lentur dan tarik lamina bambu petung dan bambu apus dengan variasi.
2. Mencari lamina dengan nilai yang maksimal dengan melakukan uji eksperimental tarik kayu secara langsung di laboratorium.
3. Memenuhi syarat standarisasi berdasarkan Rules BKI Kapal Kayu 1996.
4. Membandingkan hasil dengan penelitian balok laminasi sebelumnya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Bambu Apus

Bambu apus termasuk dalam genus *Gigantochloa* yang memiliki rumpun yang rapat. Nama ilmiah bambu apus adalah *gigantochloa apus* Bl. Bambu apus dikenal juga sebagai bambu tali, awi tali, atau pring tali.

Morisco menyatakan bahwa bambu apus memiliki kekuatan lentur 502,3 – 1240,3 kg/cm², modulus elastisitas lentur 57.515 – 121.334 kg/cm², keteguhan tarik 1231 – 2859 kg/cm². Sifat mekanis bambu apus tanpa buku lebih besar dibandingkan dengan bambu apus dengan bukunya.^[9]



Gambar 2.1 Bambu Apus

2.2. Bambu Petung

Bambu dengan botani *Dendrocalamus asper* dikenal di Indonesia dengan nama bambu Petung. Diberbagai daerah, bambu yang termasuk jenis ini dikenal dengan nama: buluh Petong, buluh Swanggi, bambu Batueng, Betong, bulu Lotung, awi Bitung dan awo

Petung. Warna kulit batang hijau kekuning-kuningan. Batang dapat mencapai panjang 10 meter sampai 14 meter, panjang ruas berkisar 40 cm sampai 60 cm dengan diameter 6 cm sampai 15 cm, tebal dinding 10 mm sampai 15 mm.[9]



Gambar 2.2 Bambu Petung

2.3. Polyvinyl Acetate (PVAc)

Perekat *polyvinyl acetate* tidak memerlukan kempa panas. Dalam penggunaan secara luas dapat menghasilkan keteguhan rekat yang baik, dengan biaya yang relatif rendah. Keuntungan utama dari *polyvinyl acetate* melebihi perekat *urea formaldehida*, karena kemampuannya menghasilkan ikatan rekat yang cepat pada suhu kamar. Keuntungan lainnya yaitu dapat menghindari kempa panas yang memerlukan biaya tinggi.



Gambar 2.3 Polyvinyl Acetate (PVAc)

2.4. Karakteristik Kapal Kayu

Dalam bangunan kapal kayu pada dasarnya material konstruksi utamanya dapat digolongkan dalam kesamaan bentuk seperti lurus, lengkung dan kesamaan konstruksi seperti halnya bentuk papan dan balok.

Gading (*frame*), penguat (*rib*), lunas (*keel*), dan balok geladak (*deck beam*) adalah material konstruksi utama kapal kayu yang dapat dibuat dengan teknologi laminasi. Alasan penggunaan teknologi laminasi pada material konstruksi tersebut adalah kemudahan dalam membentuk material konstruksi utama kapal tersebut sangat dimungkinkan

2.5. Teknologi Perekatan Kayu

Tahap-tahap pengerasan perekat dan pembentukan garis perekat adalah :

- 1) *Flow*
- 2) *Transfer*
- 3) *Penetration*
- 4) *Wetting*
- 5) *Solidification*

2.6. Uji Lentur

Perhitungan Kuat Lentur dari benda uji dihitung dengan rumus :

1. Kuat Lentur

$$f_b = \frac{3PL}{2bh^2} \text{ (MPa)}$$

Keterangan : P = beban uji maksimum

L = jarak tumpuan

b = lebar benda uji

h = tinggi benda uji

f_b = kuat lentur

2. *Modulus of Elasticity* (MOE) dan *Modulus of Rapture* (MOR)

$$E = MOE = \frac{PL^3}{4ybh^3} \quad MOR = \frac{3PL}{2bh^2}$$

Dimana :

MOE : modulus elastisitas kayu (Mpa atau N/mm²)

MOR : modulus of reprise kayu (Mpa atau N/mm²)

P: beban maksimum (N).

L: jarak antar kedua tumpuan (mm).

y: lendutan dari benda uji (mm).

h : tinggi benda uji

b: lebar benda uji

2.7. Uji Tarik Sejajar Serat

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui respon mekanik bahan terhadap pembebahan tarik satu arah (*uniaksial*). Sampel atau benda uji ditarik dengan beban *continue* sambil diukur pertambahan panjangnya. Data yang didapat berupa perubahan panjang dan perubahan beban.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Materi Penelitian

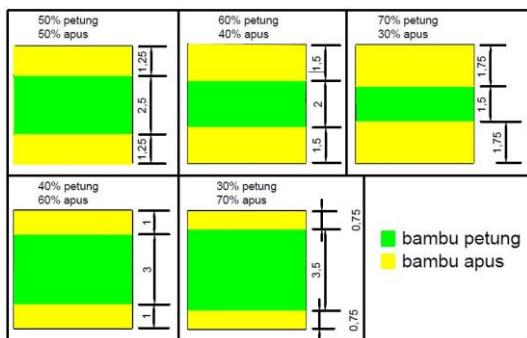
Meliputi data- data yang bersifat primer dan sekunder serta teori dan referensi yang menjadi dasar dalam penelitian ini.

3.2. Data – Data Penelitian

a. Data Primer

Material bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah:

- Bambu Petung
- Bambu Apus
- Perekat PVAc



Gambar 3.1 Susunan spesimen lamina
b. Data Sekunder

Data – data sekunder diperoleh dari literatur buku, jurnal, internet dan data yang didapat pada penelitian yang sebelumnya.

3.3. Teori dan Referensi dari Penelitian

Teori dasar dan referensi-referensi yang dijadikan dasar mengolah dan membahas data-data penelitian antara lain :

1. Karakteristik bambu apus dan bambu petung
2. Teori balok laminasi (glulam)
3. Teknologi perekatan
4. Teori pengujian lentur dan tarik

3.4. Pembuatan Spesimen

- a. Penebangan Bambu
 - b. Pemotongan Bambu (Sesuai Ukuran Spesimen)
 - c. Pengeleman dan *Pressing*
 - d. Pengeringan laminat
- proses pengeringan dilakukan dengan cara dijemur dibawah sinar matahari.

3.5. Membandingkan Hasil Pengujian Variasi Laminat

Dari hasil pengujian dan analisa syarat teknis kapal kayu pembanding maka akan dilakukan pengolahan data sehingga menghasilkan pendekatan syarat teknis bahan bambu laminasi.

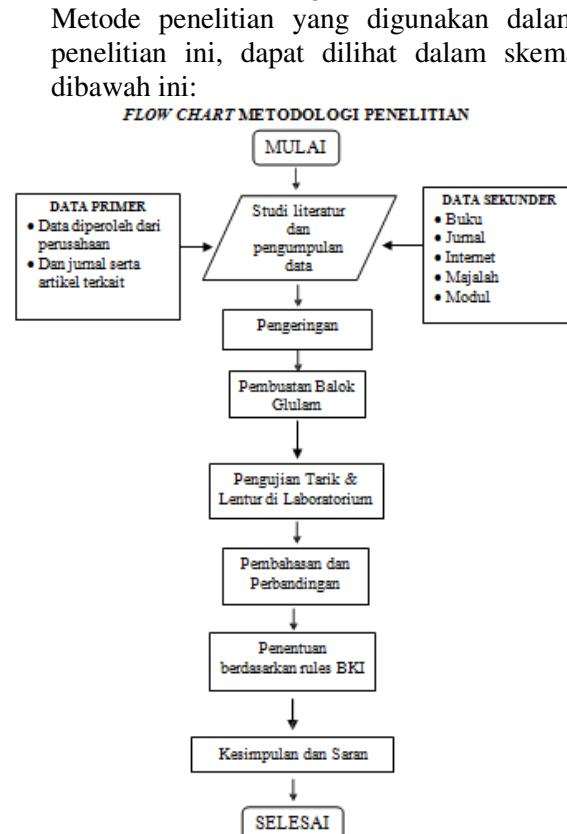
3.6. Analisa Teknis Struktur Laminasi Pada Kapal Tradisional

Menentukan struktur kapal kayu laminasi dengan acuan hasil pembandingan hasil pengujian dan persyaratan teknis kapal kayu.

3.7. Kesimpulan

Pada akhirnya hasil yang akan diperoleh adalah agar laminasi yang dibuat teranalisa dengan baik melalui pengujian yang digunakan serta hasil dari studi pengembangan ini adalah untuk menyelesaikan penelitian ini.

1. Flow Chart Metodologi Penelitian



Gambar 3.5. Flow Chart

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Sifat Fisik

Pengujian balok laminasi ini dilakukan di Laboratorium Konstruksi dan Bahan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Prosedur serta langkah pengujian bahan sesuai dengan ketentuan SNI (Standar Nasional Indonesia).

4.2. Kadar Air

Dari hasil pengujian yang dilakukan, berdasarkan prosedur ISO 22157-I-2004 dengan benda uji berukuran 460 x 25 x 25 mm. Kadar air bambu dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini.

$$Mc = \frac{m - mo}{mo} \times 100 \%$$

Dengan :

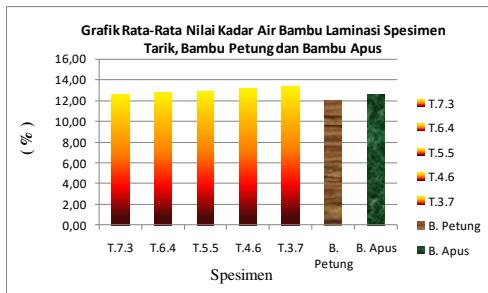
Mc : kadar air (%)

m : massa benda uji sebelum kering (gram)

mo : massa benda uji setelah kering (gram)



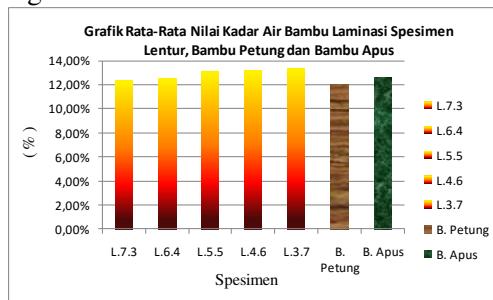
Gambar 4.1. Pengukuran Berat Spesimen



Gambar 4.3. Rata – Rata kadar Air Laminasi Bambu variasi untuk pengujian Tarik, Kadar Air Bambu Petung dan Bambu Apus

Maka diperoleh nilai kadar air dari bambu laminasi kombinasi bambu petung dengan bambu apus adalah diantara 12,22% – 13,84%. Dari data gambar 4.3 nilai kadar air laminasi bambu petung dengan bambu apus untuk pengujian tarik untuk spesimen dengan kode T.7.3 diperoleh nilai penyusutan kadar air rata-rata sebesar 12,56 %, untuk kode T.6.4 diperoleh nilai penyusutan kadar air rata-rata sebesar 12,80 %, untuk kode T.5.5 diperoleh nilai penyusutan kadar air rata-rata sebesar 12,91 %, untuk kode T.4.6 diperoleh nilai penyusutan kadar air rata-rata sebesar 13,14 %, untuk kode T.3.7 diperoleh nilai penyusutan kadar air rata-rata sebesar 13,34 % dengan nilai rata – rata kadar air akibat pengaruh persentase variasi

keseluruhan sebesar 12,82 %. Hal ini menunjukkan bahwasanya penyusutan kadar air pada laminasi kombinasi bambu petung dengan bambu apus akibat perbedaan persentase bahan memiliki penyusutan kadar air yang relatif sama dikarenakan proses pengeringan menggunakan kering udara.



Gambar 4.4. Grafik Rata – Rata kadar Air Laminasi Bambu Petung dengan Bambu Apus pengujian Lentur

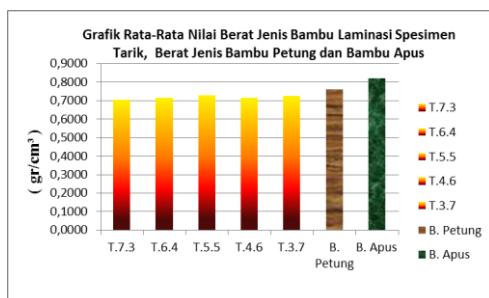
Maka diperoleh nilai kadar air dari bambu laminasi kombinasi bambu petung dengan bambu apus adalah diantara 12,16 % – 14,05 %. Dari data gambar 4.4 nilai kadar air laminasi bambu petung dengan bambu apus untuk pengujian Tarik untuk spesimen dengan kode L.7.3 diperoleh nilai penyusutan kadar air rata-rata sebesar 12,36 %, untuk kode L.6.4 diperoleh nilai penyusutan kadar air rata-rata sebesar 12,56 %, untuk kode L.5.5 diperoleh nilai penyusutan kadar air rata-rata sebesar 13,06 %, untuk kode L.4.6 diperoleh nilai penyusutan kadar air rata-rata sebesar 13,18 %, untuk kode L.3.7 diperoleh nilai penyusutan kadar air rata-rata sebesar 13,30 %.

4.3. Berat Jenis

Pada Biro Klasifikasi Indonesia Kapal Kayu menetapkan standart Kelas kapal kayu 0,60 gr/cm³ – 0,90 gr/cm³ masuk dalam Kelas Kuat II. Sedangkan Priyanto (1996:46) menyebutkan untuk kerapatan kayu antara 0,55 gr/cm³ – 0,72 gr/cm³, digolongkan kedalam kayu berat. Menurut (PKKI-1961), kerapatan bambu petung ini dapat diklasifikasikan kedalam kelas kuat II dengan nilai kerapatan antara 0,60 gr/cm³ – 0,90 gr/cm³.

Dari data grafik 4.3 nilai berat jenis laminasi bambu petung dengan bambu apus untuk pengujian Lentur akibat perbedaan persentase bahan untuk specimen kode L.7.3

diperoleh nilai rata - rata berat jenis sebesar $0,7548 \text{ gr/cm}^3$, untuk L.6.4 diperoleh nilai rata - rata berat jenis sebesar $0,7575 \text{ gr/cm}^3$, untuk L.5.5 diperoleh nilai rata - rata berat jenis sebesar $0,7168 \text{ gr/cm}^3$, untuk L.4.6 diperoleh nilai rata - rata berat jenis sebesar $0,7152 \text{ gr/cm}^3$, untuk L.3.7 diperoleh nilai rata - rata berat jenis sebesar $0,7136 \text{ gr/cm}^3$. Hal ini menunjukan bahwasanya berat jenis pada laminasi kombinasi bambu petung dengan bambu apus akibat perbedaan persentase bahan memiliki berat jenis yang cenderung sama dikarenakan proses pengeringan kering udara.



Gambar 4.5. Grafik Rata – Rata Nilai Berat Jenis Laminasi Bambu Petung dengan Bambu Apus Untuk Pengujian Tarik

4.4. Pengujian Tarik

Pengujian tarik adalah pengujian yang dilakukan dengan menggunakan alat uji tarik “*Universal Testing Machine*”. Pengujian kuat Tarik ini dilakukan di Lab Bahan dan Konstruksi jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai kekuatan tarik rata – rata dari balok laminasi kombinasi bambu petung dengan bambu apus. Ukuran benda uji atau spesimen yang digunakan yakni panjang 460 mm, lebar 10 mm dan tebal 25 mm dengan jumlah 25 buah spesimen.



Gambar 4.6. Pengujian Tarik

Tabel 4.3. Data Ukuran Spesimen Laminasi Bambu Petung dengan Bambu Apus dengan perbedaan persentase bahan pengujian Tarik

Variasi Laminasi	Spesimen	P _{max} (N)	σ_{\max} (Mpa)	Rata - rata (Mpa)	σ	σ	$\Delta\ell$	ϵ Rata - rata	E Rata-Rata (MPa)	
					(mm)	(Mpa)	(mm)			
T.7.3	1	26449,95	105,80	107,44	3,0	0,030	3,0	0,030	3465,93	
	2	26799,76	107,20		3,0	0,030				
	3	27253,12	109,01		3,0	0,030				
	4	27031,58	108,13		3,0	0,030				
	5	26770,21	107,00		3,5	0,035				
T.6.4	1	25023,50	100,09	100,92	3,0	0,030	2,5	0,025	3364,06	
	2	25771,60	103,09		3,0	0,030				
	3	25184,86	100,74		3,5	0,035				
	4	25151,90	100,61		3,0	0,030				
	5	25020,56	100,08		3,0	0,030				
T.5.5	1	24673,90	98,70	97,75	2,5	0,025	3,0	0,030	3491,05	
	2	24541,47	98,17		2,5	0,025				
	3	24498,41	97,99		3,0	0,030				
	4	24364,44	97,46		2,5	0,025				
	5	24108,58	96,43		3,0	0,030				
T.4.6	1	23976,39	95,91	96,20	2,5	0,025	2,5	0,025	3754,95	
	2	23975,66	95,90		2,5	0,025				
	3	24050,07	96,20		96,13	2,8	2,0	0,028		
	4	24190,98	96,76		96,13	2,5				
	5	23965,39	95,86		96,13	2,5				
T.3.7	1	23334,21	93,34	93,14	2,5	0,025	2,6	0,026	4085,13	
	2	23000,52	92,00		93,14	2,0				
	3	22844,84	91,38		93,14	2,0				
	4	23534,41	94,14		93,14	2,3				
	5	23712,36	94,85		93,14	2,0				

Keterangan :

- $\Delta\ell$ = Pertambahan panjang
- ϵ = Elongation / Regangan
- P_{\max} = Besar gaya pengujian
- σ_{\max} = Tegangan tarik maksimum
- σ_t = Kuat Tarik
- E = Young Modulus

Dari penelitian sebelumnya [9] menjelaskan bawasanya kekuatan Tarik dengan buku yang dikeringkan udara untuk bambu petung sebesar 116 Mpa dan pada bambu apus sebesar 55 Mpa. Pada grafik rata-rata kuat Tarik laminasi kombinasi bambu petung dengan bambu apus dengan perbedaan variasi bahan diatas menunjukan bahwa kekuatan tarik rata –

rata pada laminasi kombinasi bambu petung dengan bambu apus dengan perbedaan persentase bahan dengan kode spesimen T.7.3 rata-rata sebesar 107,44 Mpa, persentase kode T.6.4 rata-rata sebesar 100,92 Mpa, kode T.5.5 rata-rata sebesar 96,31 Mpa, kode T.4.6 rata-rata sebesar 95,25 Mpa dan kode T.3.7 rata-rata sebesar 93,14 Mpa. Hal ini menunjukan bahwa laminasi kombinasi bambu petung dengan bambu apus akibat perbedaan persentase bahan dengan kode T.7.3 memiliki kekuatan tarik yang paling besar dibandingkan dengan persentase bahan lainnya. Hal ini juga menunjukan bahwasanya pengaruh persentase bahan yang tepat berpengaruh pada besarnya kekuatan pada laminasi kombinasi bambu petung dengan bambu apus kombinasi kering udara.



Gambar 4.7. Spesimen setelah di uji Tarik

4.5. Pengujian Lentur

Pengujian lentur ini dilakukan sesuai dengan ketentuan SNI 03-3959-1995 tentang Metode Pengujian Kuat Lentur Kayu di Laboratorium. Ukuran benda uji atau spesimen yang digunakan yakni panjang 760 mm, lebar 50 mm dan tebal 50 mm dengan jumlah 25 buah spesimen



Gambar 4.8. Proses Pengujian lentur

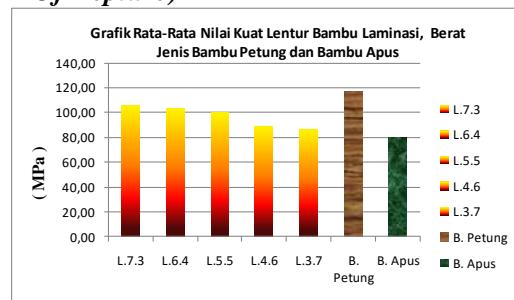
Tabel 4.6. Data Hasil Pengujian Lentur

Variasi Laminasi	Spesimen	P max (N)	MOE (Mpa)	MOE Rata - rata (Mpa)	MOR (Mpa)	MOR Rata - rata (Mpa)
L.7.3	1	14600,8	9230,3		105,1	
	2	14739,3	9034,5		106,1	
	3	14674,6	8805,4	9060,8	105,7	105,96
	4	14800,4	9392,4		106,6	
	5	14766,4	8841,2		106,3	
L.6.4	1	14203,45	9097,5		102,3	
	2	14197,25	8873,4		102,2	
	3	14237,39	8980,0	9216,1	102,5	103,74
	4	14681,58	9551,8		105,7	
	5	14721,86	9578,0		106,0	
L.5.5	1	14005,0	9524,0		100,8	
	2	13718,9	8706,1		98,8	
	3	13657,2	8829,7	8999,0	98,3	99,65
	4	13983,7	9005,6		100,7	
	5	13833,2	8929,5		99,6	
L.4.6	1	12326,88	7716,0		88,8	
	2	12717,12	8070,4		91,6	
	3	12912,24	8548,7	8407,4	93,0	93,36
	4	13447,36	9026,0		96,8	
	5	13429,83	8675,9		96,7	
L.3.7	1	11656,39	7198,2		83,9	
	2	11631,75	7555,7		83,7	
	3	11014,04	6904,7	7132,3	79,3	82,10
	4	11004,35	6983,4		79,2	
	5	11706,58	7019,3		84,3	

Keterangan :

MOE = *Modulus Of Elastic*
 MOR = *Modulus Of Repture* (Kuat Lentur)
 P_{max} = Besar gaya pengujian
 σ_{max} = Tegangan tarik maksimum

4.6. Kuat Lentur Pengujian Lentur (*Modulus Of Repture*)

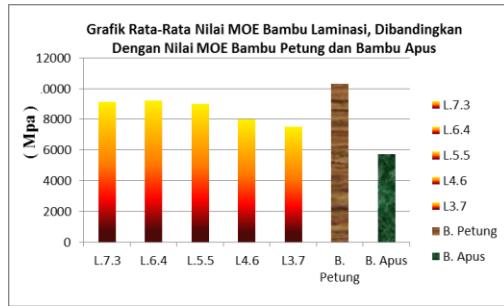


Gambar 4.9. Grafik Rata – Rata Nilai Kuat Lentur Laminasi Bambu Petung dengan Bambu Apus Bervariasi.

Pengujian dilakukan setelah kering udara sebesar 10 % - 20 % memiliki kekuatan lentur rata – rata untuk bambu petung yang memiliki buku sebesar 117 Mpa, sedangkan untuk bambu apus yang memiliki buku memiliki kekuatan lentur rata – rata sebesar 80 Mpa [9]. Bambu petung dengan bambu apus dengan perbedaan persentase variasi bahan dengan kode L.7.3 rata-rata sebesar 107,06 Mpa, kode L.6.4

rata-rata sebesar 103,74 Mpa, kode L.5.5 rata-rata sebesar 99,96 Mpa, kode L.4.6 rata-rata sebesar 89,04 Mpa dan kode L.3.7 rata-rata sebesar 86,42 Mpa. Hal ini menunjukan bahwa laminasi kombinasi bambu petung dengan bambu apus dengan kode spesimen L.7.3 memiliki kekuatan lentur rata-rata yang paling besar dibandingkan dengan variasi lainnya.

4.7. Nilai Modulus Elastisitas



Gambar 4.10. Grafik Rata – Rata Nilai *Modulus Of Elastisitic* Laminasi Bambu Petung dengan Bambu Apus Kombinasi Bervariasi.

Pengujian dilakukan setelah kering udara sebesar 10 % - 20 % memiliki nilai modulus elastisitas rata – rata untuk bambu petung yang memiliki buku sebesar 10329 Mpa, sedangkan untuk bambu apus yang memiliki buku memiliki nilai MOE rata – rata sebesar 5751 Mpa [9]. Pada grafik rata-rata nilai modulus elastisitas laminasi kombinasi bambu petung dengan bambu apus dengan perbedaan variasi bahan diatas menunjukan bahwa kekuatan tarik rata – rata pada laminasi kombinasi bambu petung dengan bambu apus dengan perbedaan persentase variasi bahan dengan kode L.7.3 rata-rata sebesar 9060,8 Mpa, kode L.6.4 rata-rata sebesar 9216,1 Mpa, kode L.5.5 rata-rata sebesar 9028,9 Mpa, kode L.4.6 rata-rata sebesar 8022,9 Mpa dan kode L.3.7 rata-rata sebesar 7509,2 Mpa. Hal ini menunjukan bahwa laminasi kombinasi bambu petung dengan bambu apus dengan kode spesimen L.7.3 memiliki nilai modulus elastisitas rata-rata yang paling besar dibandingkan dengan variasi lainnya. Hal ini juga menunjukan bahwasanya pengaruh persentase variasi bahan yang tepat berpengaruh pada besarnya nilai modulus elastisitas pada

laminasi kombinasi bambu petung dengan bambu apus.



Gambar 4.11. spesimen setelah di uji lentur

4.8. Perbandingan Hasil Pengujian Dengan Syarat Bahan Kapal Kayu Dari Biro Klasifikasi Indonesia (BKI)

Menurut BKI dalam Buku Peraturan Klasifikasi Dan Konstruksi Kapal Laut (Kapal Kayu) dijelaskan bahwa untuk konstruksi yang penting dalam kapal kayu harus menggunakan kayu dengan mutu minimum Kelas Kuat II Dan Kelas Awet II. Dan untuk kayu lapis harus direkat dengan lem yang disetujui, tahan air serta telah diuji dan distempel oleh BKI, atau dibuat sesuai standar yang diakui dan harus mempunyai kuat tarik minimum 430 kg/cm² pada arah memanjang dan 320 kg/cm² pada arah melintang [2]

Tabel 4.6. Klasifikasi Kelas Kuat Kayu berdasarkan Biro Klasifikasi Indonesia Kapal Kayu 1996

Kelas kuat	Berat jenis kering udara	Keteguhan Lengkung Maksimum/MOR	Kekuatan Tekan Sejajar
		Dalam MPa	
I	$\geq 0,90$	$\geq 107,87$	$\geq 63,74$
II	0,90 – 0,60	107,87 – 71,10	63,74 – 41,68
III	0,60 – 0,40	71,10 – 49,03	41,68 – 29,42
IV	0,40 – 0,30	49,03 – 35,30	29,42 – 21,08
V	$\leq 0,30$	$\leq 35,30$	$\leq 21,08$

Untuk membuat komponen – komponen pada kapal kayu secara umum dapat menggunakan kayu seperti kayu Rengas. Maka Biro Klasifikasi Indonesia menetapkan bahan tersebut *minimum* harus termasuk Kelas Kuat II dan Kelas Awet II. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan terhadap laminasi bambu petung dengan bambu apus kombinasi dengan perbedaan persentase bahan untuk pengujian Tarik memiliki berat jenis akibat perbedaan persentase bahan berkisar antara rata – rata 0,7033 gr/cm³ – 0,7294 gr/cm³. Sedangkan hasil pengujian laminasi bambu untuk pengujian

lentur memiliki berat jenis rara-rata diantara $0,6848 \text{ gr/cm}^3$ – $0,7219 \text{ gr/cm}^3$. Berdasarkan peraturan BKI 1996 Vol. VI tentang kapal kayu laminasi bambu petung dengan bambu apus akibat perbedaan persentase bahan masuk kedalam Kelas Kuat II.

Hasil pengujian dari laminasi bambu petung dengan bambu apus akibat perbedaan persentase bahan untuk pengujian lentur memiliki kuat lentur (*modulus of rupture*) rata – rata antara 86,42 Mpa – 105,96 Mpa atau dikonversikan kedalam satuan kg/cm^2 menjadi $867,37 \text{ kg/cm}^2$ - $1066,83 \text{ kg/cm}^2$. Berdasarkan peraturan BKI 1996 Vol. VI tentang kapal kayu laminasi bambu petung dengan bambu apus akibat perbedaan persentase bahan masuk kedalam kelas kuat II. Menurut Peraturan BKI tentang klasifikasi dan konstruksi kapal kayu, bahwa kapal kayu dapat menggunakan kayu yang mempunyai kerapatan yang lebih rendah atau lebih tinggi tetapi diikuti dengan penambahan atau pengurangan dimensi sampai 30 %.

Tabel 4.7. Rekomendasi Laminasi Bambu Untuk Komponen Menurut Biro Klasifikasi Indonesia Kapal Kayu 1996

Pemakaian	Kelas Awet	Kelas Kuat	Berat Jenis
Gading	✓	✓	✓
Galar	✓	✓	✓
Geladak	–	✓	✓
Kulit	✓	✓	✓
Tiang Layar	–	✓	✓
Rangka - rangka	–	✓	✓
senta	–	✓	–
Lunas	–	–	–
Balok Geladak	✓	✓	✓
Papan Geladak	✓	✓	✓
Lingga	–	✓	✓
Dudukan Mesin	–	–	–
Pondasi Mesin	–	✓	–
Rumah Geladak	–	✓	✓
Konstruksi Diatas Garis Air	–	✓	✓
Bantalan Poros Baling - Baling	–	–	–
Balok Konstruksi Diatas Garis Air	–	✓	✓
Papan	✓	✓	✓

4.9. Perbandingan Dengan Penelitian Laminasi Sebelumnya

Dari hasil yang didapat setelah melakukan pengujian eksperimental dilaboratorium, maka dapat dibandingkan dengan hasil pengujian balok laminasi penelitian sebelumnya. Untuk pembanding analisa kekuatan tarik dan kekuatan

lentur balok laminasi bambu yang dilakukan oleh Morisco, menunjukkan bahwasannya nilai kuat tarik bambu petung kombinasi bambu apus hampir sama dibandingkan balok laminasi bambu penelitian sebelumnya.[9]

Tabel 4.7. Perbandingan hasil dengan penelitian laminasi sebelumnya

Nilai Kuat	petung- apus	petung- glugu
Kuat Tarik (Mpa)	107,44	101,68
Kuat Lentur (MPa)	105,95	95,44
MOE (Mpa)	9060,8	8506
Kadar Air (%)	12,47	12,13
Berat Jenis (gr/cm^3)	0,7548	0,7456

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa dari penelitian ini, yang mengacu kepada hasil eksperimen dengan hasil pengujian tarik dan pengujian lentur maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Nilai rata – rata kuat lentur yang dihasilkan berkisar dari 86,10 Mpa – 105,96 Mpa. Nilai rata – rata tertinggi pada kode L.7.3 sebesar 105,96 Mpa, dan nilai MOE sebesar 9060,8 Mpa. Pebanding nilai kuat lentur bambu petung sebesar 117 Mpa dan bambu apus sebesar 80 Mpa. Nilai rata – rata kuat Tarik yang dihasilkan berkisar dari 93,14 Mpa – 107,44 Mpa. Nilai rata – rata tertinggi pada kode T.7.3 sebesar 107,44 Mpa. Pebanding nilai kuat Tarik bambu petung sebesar 116 Mpa dan bambu apus sebesar 55 Mpa kering udara
- Dari hasil pengujian yang dilakukan bahwa pengaruh persentase variasi bahan mempengaruhi besar kecilnya kekuatan tarik dan kekuatan lentur karena makin banyak persentase bambu petungnya, semakin kuat pula nilai kekuatannya.
- Nilai rata – rata kuat lentur yang dihasilkan berkisar dari 86,10 Mpa – 105,96 Mpa. Dalam penelitian ini tergolong kedalam Kelas Kuat II sesuai Kelas Kuat Kayu Biro Klasifikasi Indonesia Kapal Kayu. Rata – rata berat jenis yang dihasilkan untuk pengujian tarik berkisar $0,7033 \text{ gr/cm}^3$ - $0,7294 \text{ gr/cm}^3$, sedangkan berat jenis untuk pengujian lentur yang dihasilkan berkisar

- 0,7048 gr/cm³ - 0,7219 gr/cm³. Dalam penelitian ini berat jenis untuk pengujian tergolong dalam Kelas Kuat II sesuai Kelas Kuat Kayu Biro Klasifikasi Indonesia Kapal Kayu. Mengacu pada Kelas Kuat Kayu Biro Klasifikasi Indonesia 1996 laminasi bambu direkomendasikan untuk pembuatan bagian – bagian kapal seperti gading, galar, kulit, papan geladak dan balok geladak dan papan.
- Nilai kuat tarik dan kuat lentur laminasi bambu petung dan bambu apus hampir sama dibandingkan laminasi penelitian sebelumnya.

Saran

Penelitian yang disusun penulis ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan yang disebabkan oleh keterbatasan peralatan, dana, dan waktu, sehingga untuk penelitian. Adapun saran penulis untuk penelitian lebih lanjut (*future research*) antara lain :

- Adanya penelitian untuk menganalisa secara teknik bambu laminasi untuk mendapatkan kekuatan tarik dan kekuatan lentur dengan dimensi dan susunan yang sama tetapi menggunakan perekat selain perekat PVAc.
- Untuk pembuatan spesimen uji ini masih dilakukan secara *hand made* yang sangat bergantung pada kemampuan pekerja dan peralatan yang sederhana. Disarankan untuk pembuatan spesimen uji sebaiknya dilakukan oleh orang yang sudah ahli dibidang laminasi bambu dan dengan peralatan yang lebih modern sehingga diperoleh spesimen uji yang benar – benar baik.
- Pada penelitian ini hanya mengkaji orientasi pengaruh persentase bahan lamina, sehingga disarankan pada penelitian selanjutnya agar memperhitungkan mengenai variasi suhu kempa dan lama waktu pengempaan.

Daftar Pustaka

- Abdurachman, Hadjib N. 2005. Kekuatan dan kekakuan balok lamina dari dua jenis kayu kurang dikenal. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 2 (1) : 16-24. Bogor.
- Biro Klasifikasi Indonesia, 1996. Buku Peraturan Klasifikasi dan Konstruksi Kapal Laut, Peraturan Kapal Kayu, Bina Hati. Jakarta.
- Berlian, N. dan Rahayu, E. 1995. Jenis Dan Prospek Bisnis Bambu. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Bodig, J and BA. Jayne. 1982. Mechanics of Wood and Wood Composites Van Nostrand Reinhold Company. New York.
- [CWC] Canadian Wood Council. 2000. *Wood reference handbook. a guide to the architectural use of wood in building construction*. ed ke-4. ottwa: Canadian Wood Council.
- International Organization for Standardization (ISO), 1975. Bambu-Determination of physical and mechanical properties, ISO 22157-1. ISO Central Secretariat, Geneva, Switzerland.
- Janssen, J.J.A, 1981, *Bamboo in Building Structures*, Ph.D. Thesis, University of Technology og Eindhoven, Netherland
- Moody RC, Hernandez R, Liu JY (1999) Glued structural members. In: *Wood Handbook, Wood as an Engineering Material*. WI: USDA Forest Service, Forest Products Laboratory. Madison.
- Morisco, 1999, *Rekayasa Bambu*, Nafiri Offset, Yogyakarta.
- Prayitno, T.A., 1996. *Perekatan Kayu*, Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Serrano, E. 2003. Mechanical performance and modelling of glulam. didalam: thelandersson S, Larsen hj, editor. *timber engineering*. west Sussex: Jhon Wiley and Sons, ltd. hlm 67-79.
- Standar Nasional Indonesia (SNI), 1995. Metode Pengujian Kuat Tekan Kayu di Laboratorium, SNI 03-3958-1995, Indonesia.
- Standar Nasional Indonesia (SNI), 1994. Metode Pengujian Kuat Tekan Kayu di Laboratorium, SNI 03-3399-1994, Indonesia.
- Suryana, Jajang. 2011. Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis Vol. 9.
- Widjaja, E. A., 1995. *Plant resources of South-east Asia*, no. 7: Bambus. Prosea, Bogor, Indonesia.