

BALOK LAMINASI KOMBINASI BAMBU PETUNG (*DENDROCLAMUS ASPER*) DAN BAMBU ATER (*GIGANTOCHLOA ATTER*) SEBAGAI BAHAN KONSTRUKSI ALTERNATIF

I Made Anom Yudistira Suardika^{1*}, I Nyoman Suta Widnyana², I Wayan Artana³

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hindu Indonesia

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hindu Indonesia, gussuta@yahoo.co.id

³Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hindu Indonesia, artana@unhi.ac.id

ABSTRAK

Salah satu bentuk inovasi pemanfaatan bambu sebagai bahan konstruksi pengganti kayu adalah balok laminasi atau yang dikenal sebagai *glulam glued laminated timber* adalah pembuatan papan/balok tiruan dengan metode laminasi yang menggunakan perekat untuk proses penyambungan bambu. Tujuan dari penelitian ini adalah : (1) mengetahui nilai kuat tekan laminasi bambu petung (*Dendroclamus asper*), bambu ater (*Gigantochloa atter*) dan laminasi kombinasi bambu petung dan ater, (2) mengetahui nilai kuat lentur laminasi bambu petung (*Dendroclamus asper*), bambu ater (*Gigantochloa atter*) dan laminasi kombinasi bambu petung dan ater, (3) untuk mengetahui kesetaraan balok laminasi dengan kayu dari hasil pengujian kuat lentur, (4) untuk mengetahui kesetaraan balok laminasi dengan kayu dari hasil pengujian kuat tekan. Berdasarkan klasifikasi kayu di Indonesia menurut Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PPKI) tahun 1961. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa : (1) Nilai rata-rata kuat tekan bambu petung adalah sebesar 14,44 MPa, rata-rata kuat tekan untuk bambu ater sebesar 12,96 Mpa, dan hasil kuat tekan balok kombinasi mendapatkan rata-rata sebesar 13,33 Mpa. (2) Nilai rata-rata kuat lentur sebesar 167,323 MPa untuk bambu petung, hasil kuat lentur untuk bambu ater mendapatkan rata-rata sebesar 139,043 Mpa, hasil kuat lentur balok kombinasi mendapatkan rata-rata sebesar 169,680 Mpa. (3) Dari hasil penelitian kuat lentur balok laminasi bambu petung setara dengan kayu kelas I, bambu ater setara dengan kayu kelas kuat II, kombinasi bambu petung dan bambu ater setara dengan kayu kelas I. (4) Dari hasil penelitian kuat tekan balok lamisani bambu petung setara dengan kayu kela I, bambu ater setara dengan kayu kela II, kombinasi bambu petung dan ater tergolong dalam golongan kayu kelas I.

Kata Kunci : Bambu laminasi, pengujian kuat tekan dan kuat lentur, kesetaraan kelas kuat balok laminasi dengan kayu.

ABSTRACT

*One form of innovation in the use of bamboo as a construction material to replace wood is laminated beams or what is known as glulam glued laminated timber, which is the manufacture of artificial boards/beams using a lamination method that uses adhesive for the process of joining bamboo. The aims of this study were: (1) to determine the compressive strength of laminated petung bamboo (*Dendroclamus asper*), ater bamboo (*Gigantochloa atter*) and the combined laminated petung and ater bamboo, (2) to determine the flexural strength of laminated petung bamboo (*Dendroclamus asper*), bamboo ater (*Gigantochloa atter*) and laminated combination of petung and ater bamboo, (3) to determine the equivalence of laminated beams with wood from the results of the flexural strength test, (4) to determine the equivalence of laminated beams with wood from the results of the compressive strength test. Based on the classification of wood in Indonesia according to the Indonesian Timber Construction Regulations (PPKI) 1961. The results of this study indicate that: (1) The average compressive strength of petung bamboo is 14.44 MPa, the average compressive strength for ater bamboo is 12.96 MPa, and the combined compressive strength results get an average of 13.33 MPa. (2) The average value of flexural strength is 167.323 MPa for petung bamboo, the flexural strength results for ater bamboo get an average of 139.043 MPa, the combined beam flexural strength results get an average of 169.680 MPa. (3) Based on the results of the study, the flexural strength of petung bamboo laminated beams was equivalent to class I wood, ater bamboo was equivalent to strong class II wood, the combination of petung bamboo and ater bamboo was equivalent to class I wood. (4) Based on the results of the compressive strength study of bamboo lamisani beams petung is equivalent to class I wood, ater bamboo is equivalent to class II wood, the combination of petung and ater bamboo is classified as class I wood.*

Keywords: Laminated bamboo, compressive strength and flexural strength testing, equivalent strength class of laminated beams with wood.

PENDAHULUAN

Bahan baku kayu merupakan salah satu bahan dasar yang dimanfaatkan oleh masyarakat dalam kehidupan sehari-hari untuk bahan konstruksi, bahan furniture, kerajinan dan sebagainya. Saat ini semakin sulit untuk memperoleh kayu dalam ukuran besar dan berkualitas karena semakin berkurangnya pasokan kayu di hutan alam. Sementara kebutuhan kayu di Indonesia serta penggunaannya dalam dunia konstruksi terus mengalami peningkatan. Dampaknya industri perkayuan mengalami kesulitan memperoleh bahan baku untuk menunjang proses produksinya. Menurut Kementerian Kehutanan (2012) penggunaan kayu oleh industri primer pada 2005 sekitar 37,9 juta m³ dan pada tahun 2014 meningkat menjadi 60,3 juta m³ (Wulandari, 2022).

Untuk mengatasi masalah tersebut maka perlu suatu inovasi untuk memanfaatkan bahan yang ada di alam seperti bambu untuk bahan konstruksi pengganti kayu. Salah satu bentuk inovasi pemanfaatan bambu sebagai bahan konstruksi pengganti kayu adalah balok laminasi atau yang dikenal sebagai *glulam glued laminated timber* adalah pembuatan papan/balok tiruan dengan metode laminasi yang menggunakan perekat untuk proses penyambungan bambu.

Bambu merupakan salah satu bahan yang sejak jaman dahulu telah banyak digunakan oleh manusia sebagai bahan konstruksi. Masalah yang terjadi dalam pemanfaatan bambu sebagai bahan konstruksi adalah keterbatasan bentuk dan dimensi. Bambu yang digunakan sebagai bahan konstruksi harus memiliki dimensi yang tebal serta lebar. Bambu adalah jenis tanaman rumput-rumputan. Bambu tumbuh menyerupai pohon berkayu, batangnya berbentuk buluh berrongga. Tanaman bambu memiliki cabang-cabang, ranting dan daun buluh yang menonjol. Ketika bambu dipanen, bambu akan tumbuh kembali dengan cepat tanpa mengganggu ekosistem. Kabupaten Bangli tepatnya di Desa Kayubih merupakan daerah yang terkenal sebagai penghasil bambu terbesar di Bali. Sebagai daerah penghasil bambu terbesar di Bali maka tidak mengherankan Kabupaten Bangli dikenal sebagai gudangnya perajin bambu. Karena kurangnya inovasi maka produk seni yang dihasilkan masih monoton sehingga kalah saing dengan hasil kerajinan dari daerah lain. Ketika material yang tersedia di alam mengalami pengurangan sehingga pembuatan balok laminasi dari kayu menjadi terhambat maka diperlukan suatu material lainnya sebagai pengganti. Maka dilakukan penelitian balok laminasi dari bambu sebagai pengganti kayu. Adapun bambu yang digunakan ialah bambu petung (*Dendroclamus Asper*) dan bambu ater (*Gigantochloa Atter*). Alasan pemilihan ini dikarenakan bambu jenis tersebut memiliki sifat keawetan alami yang tinggi dan memiliki tebal daging dan diameter besar, sehingga hasil bambu laminasi akan memiliki sifat keawetan yang awet dan baik digunakan sebagai bahan

bangunan seperti rumah dan jembatan. Dengan adanya penelitian “ Balok Laminasi Kombinasi Bambu Petung (*Dendroclamus Asper*) dan Bambu Ater (*Gigantochloa Atter*) Sebagai Bahan Konstruksi Alternatif ” diharapkan nantinya dapat meningkatkan nilai guna dari bambu dan dapat mengetahui apakah bambu tersebut layak dijadikan bahan konstruksi struktural maupun non struktural.

Tujuan

Mengacu pada rumusan masalah di atas, tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui kuat tekan balok laminasi bambu petung , bambu ater dan balok laminasi kombinasi bambu petung dan ater.
2. Untuk mengetahui kuat lentur balok laminasi bambu petung , bambu ater dan balok laminasi kombinasi bambu petung dan ater.
3. Untuk mengetahui nilai optimal kuat tekan dan kuat lentur dari masing-masing variasi balok laminasi.
4. Untuk mengetahui kesetaraan balok laminasi dengan kayu.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Dimana metode eksperimen disini menunjukkan sebab akibat pengantian kayu dengan balok laminasi bambu sebagai bahan konstruksi dan membandingkan hasil yang diperoleh. Dalam penelitian akan mencoba eksperimen bambu dengan menggunakan bambu petung dan bambu ater. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengujian bahan dasar berbentuk balok laminasi, pengujian kuat tekan balok laminasi, dan pengujian kuat lentur balok laminasi. Pengujian akan dilakukan ketika balok laminasi tersebut telah berumur 7 hari.

Pelaksanaan Penelitian

Untuk pembuatan dan pengujian benda uji dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik, Universitas Hindu Indonesia, Jalan Sanggalangit Tembawu, Penatih, Denpasar. Sedangkan untuk pengambilan bambu dilakukan di Desa Apuan, Kecamatan Penebel, Kabupaten Tabanan, Bali.

Teknik dan Pengumpulan Data

Adapun pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan metode kajian pustaka dan penelitian di laboratorium. Metode kajian pustaka digunakan untuk mencari referensi mengenai balok laminasi bambu. Sedangkan metode penelitian di laboratorium lebih kepada praktik secara langsung di lapangan dengan menggunakan benda uji berbentuk balok persegi panjang (5cm x 5cm x 20cm) untuk pengujian kuat tekan, dan (5cm x 5 cm x 76cm) untuk pengujian kuat

lentur. Benda uji tersebut meliputi bambu petung dan bambu ater sebagai pengganti kayu dan lem perekat berbahan dasar air.

Jenis Pengujian

Pengujian Pendahuluan

Pengujian pendahuluan dilaksanakan dengan menguji kadar air dan kerapatan. Uji kadar air yang dilakukan adalah uji kadar air oven. Benda uji sebesar 5cm x 5cm x 5cm disiapkan, kemudian ditimbang menggunakan timbangan digital. Kemudian benda uji dioven dengan suhu oven sebesar $\pm 103^{\circ}\text{C}$, jika belum memenuhi syarat dilakukan pengulangan sekali lagi. Uji kerapatan dilakukan menggunakan benda uji yang sama dengan uji kadar air.

Pengujian Kuat Lentur

Pengujian kuat lentur dilakukan menggunakan SNI 03-3975-1995. Benda uji berbentuk balok persegi panjang (5cm x 5cm x 76cm) dan jarak antar tumpuan adalah 35 cm.

Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan menggunakan SNI 03-3958-1995. Benda uji berbentuk balok persegi panjang (5cm x 5cm x 20cm) yang menggunakan metode yaitu tegak lurus secara vertikal.

Tahapan Penelitian

Adapun tahapan penelitian ini dimulai dari mengidentifikasi masalah. Permasalahan yang diambil adalah permasalahan mengenai bambu yang kurang nilai kegunaannya serta permasalahan kayu yang stoknya semakin menipis dapat mempengaruhi pembangunan konstruksi. Permasalahan penelitian ini akan coba diselesaikan dengan penelitian di laboratorium dan study pustaka.

Kemudian dilanjutkan dengan persiapan alat dan bahan-bahan. Alat-alat yang digunakan merupakan alat-alat yang terdapat pada Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Hindu Indonesia. Sedangkan untuk bahan-bahan atau material akan menggunakan material yang ada di alam dan di pasaran.

Jika persiapan alat dan bahan telah selesai maka akan dilanjutkan dengan pembuatan benda uji sesuai dengan pengujian yang akan dilakukan. Tidak luput juga untuk mendapatkan hasil yang maksimal benda uji tersebut harus dirawat sedemikian rupa.

Setelah 7 hari akan dilakukan pengujian benda uji tersebut dengan menggunakan alat uji di Laboratorium Fakultas Teknik, Universitas Hindu Indonesia. Hasil dari pengujian tersebut akan dilakukan analisis data dan pembahasan. Terakhir hasil tersebut akan dibuatkan kesimpulan dan saran.

Peralatan Pengujian

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat yang terdapat pada Laboratorium Fakultas Teknik, Universitas Hindu Indonesia yaitu :

1. Gergaji
Gergaji adalah perkakas berupa besi tipis bergigi tajam yang digunakan untuk memotong atau membelah kayu atau benda lainnya.
2. Klem/catok
Klem/catok berfungsi untuk mempertahankan posisi objek kerja saat proses pengeleman, mempertahankan pengukuran, menahan benda kerja yang akan disatukan.
3. Serut kayu
Serut kayu berfungsi untuk membentuk kayu dengan menggunakan tenaga otot untuk mendorong bilah pemotong melewati permukaan kayu.
4. Amplas
Amplas digunakan untuk membuat permukaan benda uji menjadi lebih halus.
5. Timbangan
Timbangan digunakan untuk melakukan pengukuran massa benda uji
6. Oven
Oven digunakan untuk pemanasan, pemanggangan atau pengeringan benda uji
7. Lem Perekat
Untuk merekatkan benda uji agar menyatu satu dengan yang lainnya.
8. *Universal Testing Machine*
Mesin UTM digunakan untuk menguji kuat lentur
9. *Compression Testing Machine*
Mesin CTM digunakan untuk menguji kuat tekan
10. Stopwatch
Stopwatch digunakan untuk mencatat waktu.

Langkah pengujian

Pelaksanaan uji lentur

Pengujian lentur menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) . Pemodelan uji lentur ini didasarkan pada SNI 03-3975-1995. Standar yang digunakan dalam pengujian ini menggunakan SNI untuk pengujian kayu, dikarenakan belum adanya standar nasional yang mengatur pengujian lentur untuk balok laminasi. Langkah-langkah untuk pengujian lentur adalah sebagai berikut :

1. Benda yang akan kita uji harus memenuhi ukuran 5cm x 5cm x 76cm dan kadar air maksimum nya adalah 15 %
2. Benda yang akan di uji diletakkan diatas dua tumpuan yang memungkinkan bergerak horizontal dengan jarak 70 cm
3. Bantalan penekan diletakkan di bagian tengah bentangan benda uji
4. Bantalan beban harus diberi beban dengan kecepatan 2,5 mm per menit. Proses itu dilakukan sampai beban tersebut patah.



Gambar 3.1 Set Up Uji Lentur

Sumber : Nuraini, (2009) Keterangan :

- a. Tumpuan UTM
- b. Loading frame (IWF)
- c. Tumpuan rol-rol
- d. Benda uji
- e. Load separator
- f. Load

Pelaksanaan Uji Tekan

Pada pengujian tekan, loading frame yang digunakan adalah balok solid dari bambu untuk menambah ketinggian agar bisa dibebani oleh Compression Testing Machine. Menggunakan standar pengujian tekan pada kayu SNI 03-3958-1995. Langkah pengujian antara lain :

1. Benda yang akan kita uji harus memenuhi ukuran 5cm x 5cm x 20cm dan kadar air maksimum nya adalah 10-20 %
2. Lakukan pengukuran dimensi kayu. Lakukan 3 kali pengukuran untuk mendapatkan ukuran yang akurat
3. Letakkan benda uji pada mesin uji tekan kayu
4. Berikan pembebanan dengan kecepatan sekitar 0,6 mm/menit
5. Catat beban maksimum yang terjadi dan lama pembebanan
6. Gambar sketsa benda uji setelah dilakukan pembebanan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Sifat Fisik

Pengujian balok laminasi ini dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Hindu Indonesia. Prosedur serta langkah pengujian bahan sesuai dengan ketentuan standar SNI (Standar Nasional Indonesia).

Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air dengan benda uji sebesar 5cm x 5cm x 5cm dengan suhu oven sebesar ± 103°C dengan hasil pengujian tersaji pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Hasil pengujian kadar air

Kode benda uji		W _b (gr)	W _a (gr)	Kadar Air %
PT	1	101	91	10,9 %
	2	101	91	10,9 %
	3	102	92	10,8 %
AT	1	88	80	10 %
	2	96	86	11 %
	3	107	96	11,4 %
KOMBI	1	91	82	10,9 %
	2	96	86	10,4 %
	3	107	76	13,1 %



Gambar 4.1 Pengujian kadar air

Dari tabel 4.1 dan gambar 4.2 kadar air pada balok bambu petung berkisar antara 10,8 % sampai 10,9 %, kadar air pada balok bambu ater berkisar antara 10 % hingga 11,4 %, kadar air balok kombinasi petung dan ater berkisara antara 10,4 % hingga 13,1 % sehingga balok laminasi pada pengujian ini memenuhi syarat sebagai material struktural berdasarkan SNI yang berkisar 10% - 20 %. Selisih kadar air yang tinggi disebabkan karena bilah bambu yang diuji kadar airnya, dilakukan penjemuran sehingga kadar air lebih kecil.

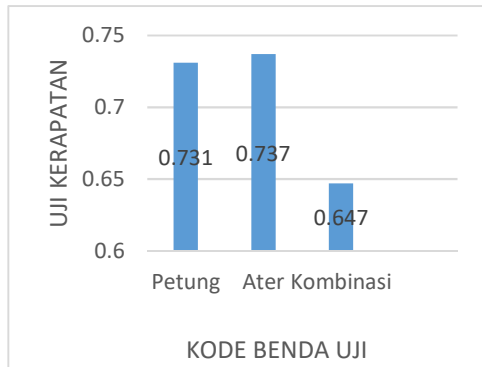
Nilai Kerapatan Benda Uji

Hasil pengujian kerapatan balok bambu laminasi tersaji pada tabel 4.3

Tabel 4.2 Hasil pengujian kerapatan

Kode benda uji	V _w (cm ³)	m _w (gr)	Kerapatan	Rata-rata
PT 1	124,848	91	0,728	0,731
PT 2	124,8	91	0,729	
PT 3	124,8	92	0,737	
AT 1	110,25	80	0,725	0,737
AT 2	119,6	86	0,719	
AT 3	124,852	96	0,769	
KOMBI 1	124,8	82	0,657	0,647
KOMBI 2	127,088	86	0,676	
KOMBI 3	124,8	76	0,609	

Hasil pengujian kerapatan balok laminasi bambu tersaji dalam diagram batang pada gambar 4.2



Gambar 4.2 Diagram Batang Uji Kerapatan

Berdasarkan penelitian kerapatan di laboratorium diperoleh hasil nilai kerapatan balok laminasi bambu petung rata-rata sebesar 0,731 g/cm³, bambu ater rata-rata sebesar 0,737 g/cm³, bambu kombinasi rata-rata sebesar 0,647 g/cm³. Jika disetarakan dengan kayu maka bambu termasuk kayu berat karena memiliki kerapatan lebih dari 0,72 gr/cm³. Sedangkan kayu laminasi kombinasi termasuk kayu sedang karena disebabkan adanya perbedaan ketebalan kedua jenis bambu tersebut.

Pengujian kuat lentur

Metode pengujian kuat lentur balok laminasi di laboratorium Fakultas Teknik Universitas Hindu Indonesia. Ukuran benda uji atau spesimen yang digunakan adalah (5x 5 x 76) cm dengan tebal 5cm dengan jumlah masing-masing 3 buah spesimen.



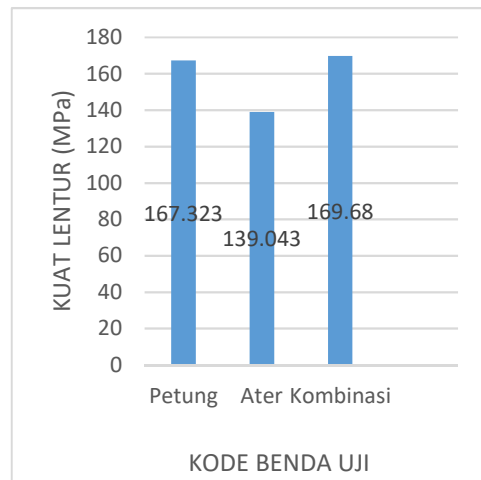
Gambar 4.3 Proses pengujian lentur

Adapun hasil perhitungan kuat lentur seluruh benda uji balok laminasi disajikan pada tabel 4.13

Tabel 4.3 Kuat lentur balok laminasi

Kode Benda Uji	M (Nmm)	σ (MPa)	Rata-rata
PT	1	10.500	167,323
	2	12.000	
	3	13.000	
AT	1	12.000	139,043
	2	7.000	
	3	10.500	
	1	17.000	197,960

KOMBI	2	10.000	141,400	169,680
	3	12.000	169,680	



Gambar 4.4 Diagram batang kuat lentur balok laminasi

Pengujian dilakukan setelah kering udara sebesar 10%-20% memiliki kekuatan lentur rata-rata untuk bambu petung sebesar 167,323 Mpa. Untuk bambu ater memiliki kekuatan lentur rata-rata 139,043 Mpa sedangkan untuk bambu kombinasi memiliki rata-rata kuat lentur sebesar 169,680 Mpa. Kombinasi nilainya lebih besar dibandingkan dengan yang tidak dikombinasikan karena variasi serat dimana serat bambu petung lebih besar dan serat bambu ater lebih kecil.

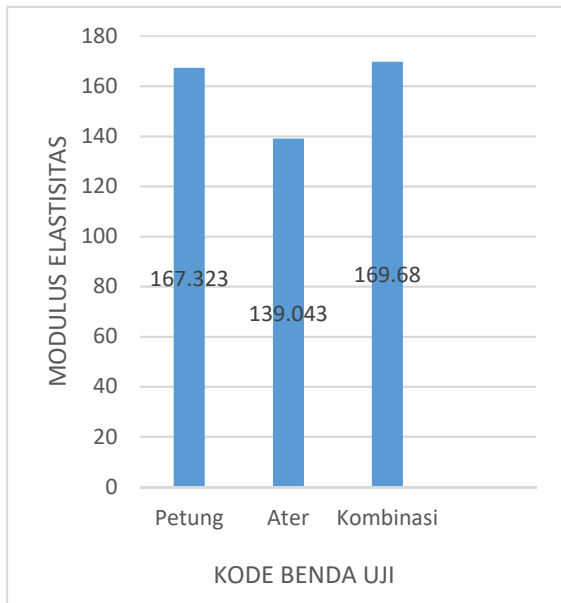
MOE

Berikut ini perhitungan modulus elastisitas untuk benda uji disajikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 MOE &= \frac{P'a}{4.b.h^3.\Delta} \quad (3L^2-4a^2) \\
 &= \frac{10.500.233,33}{4.50.50^3} \quad 3.760^2-4.233,33^2 \\
 &= 148,470 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.5 MOE balok laminasi kombinasi bambu

Kode Benda Uji	P' (N)	Δ 'mm	MOE	MOE rata-rata (Mpa)
PT	1	10.500	10,5	167.323
	2	12.000	12	
	3	13.000	13	
AT	1	12.000	12	139.043
	2	7.000	7	
	3	10.500	10,5	
KOMBI	1	17.000	14	169.680
	2	10.000	10	
	3	12.000	12	



Gambar 4.5 Diagram batang MOE balok laminasi

Dari gambar 4.5 dapat dilihat bahwa MOE rata-rata maksimum adalah terjadi pada balok laminasi kombinasi dengan presentase sebesar 197,960 Mpa, sedangkan MOE rata-rata minimum terjadi pada bambu ater dengan presentase sebesar 98,980 Mpa. Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya kombinasi tetap memiliki nilai yang lebih besar dikarenakan variasi serat kombinasi yang berbeda dalam hal ini tidak memiliki pengaruh terhadap nilai MOE.

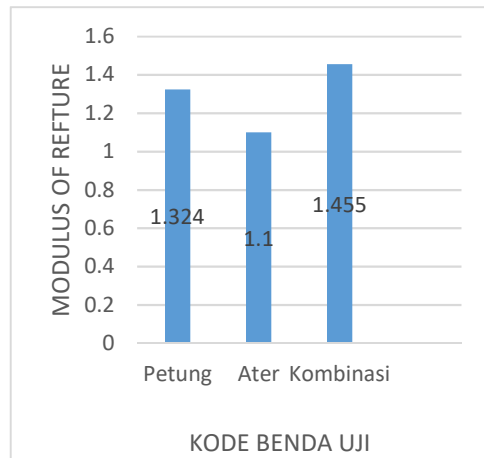
MOR

Berikut ini perhitungan Modulus of rupture untuk benda uji disajikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 MOR &= \frac{3 P a}{bh^2} \\
 &= \frac{3 \times 10.500 \times 233,33}{50 \times 50^2} \\
 &= 1,175 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.6 MOR balok laminasi kombinasi bambu

Kode Benda Uji	P' (N)	MOR (Mpa)
PT	1	10.500
	2	12.000
	3	13.000
AT	1	12.000
	2	7.000
	3	10.500
KOMBI	1	17.000
	2	10.000
	3	12.000



Gambar 4.6 Diagram batang MOR balok laminasi

Dari gambar 4.6 dapat dilihat bahwa MOR bambu petung memiliki nilai rata-rata 1,324 MPa , bambu ater memiliki nilai rata-rata 1,100 Mpa sedangkan bambu kombinasi memiliki nilai rata-rata 1,455 MPa. Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya kombinasi tetap memiliki nilai yang lebih besar dikarenakan variasi serat kombinasi yang berbeda dalam hal ini tidak memiliki pengaruh terhadap nilai MOR.

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Kuat Lentur

Kode Benda Uji	Ukuran LxTxP	Beban Maximum (kgf)	Kuat Lentur (kgf/cm ³)
PT	1	5x5x76	1070
	2	5x5x76	1223
	3	5x5x76	1325
Kuat Lentur Rata-rata (kgf/cm ³)			12304,5
Kuat Lentur Rata-rata (MPa)			1206,6
Kelas kuat kayu (tabel 2.9)			I
AT	1	5x5x76	1223
	2	5x5x76	713
	3	5x5x76	1070
Kuat Lentur Rata-rata (kgf/cm ³)			10224,8
Kuat Lentur Rata-rata (MPa)			1002,7
Kelas kuat kayu (tabel 2.9)			II
KOMBI	1	5x5x76	1733
	2	5x5x76	1019
	3	5x5x76	1223
Kuat Lentur Rata-rata (kgf/cm ³)			13517,6
Kuat Lentur Rata-rata (MPa)			1325,6
Kelas kuat kayu			I

Dari hasil perhitungan tabel 4.6 maka balok laminasi bambu petung dapat disetarakan dengan kayu kelas I karena memiliki nilai rata-rata sebesar 12304,5 Kgf/cm³. Untuk balok laminasi bambu ater dapat

disetarakan dengan kayu kelas I karena memiliki nilai rata-rata sebesar 10224,8 Kg/cm³. Sedangkan balok laminasi kombinasi dapat disetarakan dengan kayu kelas I karena memiliki nilai rata-rata sebesar 13517,6 Kg/cm³. Berdasarkan Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI) Tahun 1961.

Pengujian Kuat Tekan

Metode pengujian kuat tekan bambu di laboratorium Fakultas Teknik Universitas Hindu Indonesia. Ukuran benda uji atau spesimen yang digunakan adalah (5 x 5 x 20) cm dengan tebal 5cm dengan jumlah masing-masing 3 buah spesimen.



Gambar 4.7 Pengujian Kuat Tekan

Hasil pengujian kuat tekan disajikan pada tabel 4.8

No	Kode benda uji	Beban (Kn)
1	PT 1	60
2	PT 2	67,5
3	PT 3	67,5
4	AT 1	47,5
5	AT 2	60
6	AT 3	67,5
7	KOMBI 1	60
8	KOMBI 2	60
9	KOMBI 3	60

Dari Tabel 4.8 diketahui beban maksimum untuk balok laminasi bambu terjadi pada benda uji dengan kode benda uji petung 2, petung 3, dan ater 3 adalah sebesar 67,5 kN, beban minimum adalah 47,5 kN terjadi pada benda uji dengan kode ater 1. Pada pengujian kuat tekan balok laminasi bambu, terjadi gagal geser pada lekatan laminasi, dan kegagalan tekuk. Pada uji kuat tekan balok laminasi bambu, kerusakan benda uji terlihat jelas secara visual, retakan di dalam balok terlihat setelah dilakukan pembelahan.

Kekuatan Tekan Balok Laminasi Bambu

Berikut ini contoh perhitungan MOE untuk benda uji disajikan sebagai berikut :

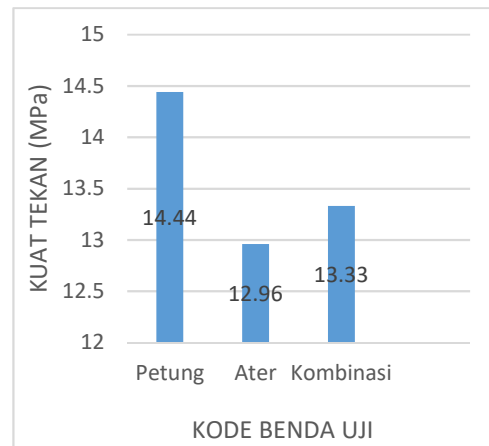
$$O_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

$$= \frac{60000}{4500}$$

$$= \frac{4500}{13,33 \text{ MPa}}$$

Tabel 4.9 Hasil pengujian kuat tekan balok laminasi bambu

Kode		F _{ult} (N)	A (mm ²)	O _{ult} (Mpa)	O _{ult} Rata-rata (Mpa)
PT	1	60000	4500	13,33	14,44
	2	67500	4500	15,00	
	3	67500	4500	15,00	
AT	1	47500	4500	10,56	12,96
	2	60000	4500	13,33	
	3	67500	4500	15,00	
KOMBI	1	60000	4500	13,33	13,33
	2	60000	4500	13,33	
	3	60000	4500	13,33	



Dari gambar 4.7 diketahui kekuatan tekan rata-rata bambu petung memiliki nilai rata-rata 14,44 Mpa, bambu ater memiliki nilai kekuatan tekan rata-rata sebesar 12,96 Mpa sedangkan untuk bambu kombinasi memiliki nilai rata-rata sebesar 13,33 Mpa.

Perbandingan Hasil Dengan Penelitian Laminasi Sebelumnya

Dari hasil yang di dapat setelah melakukan pengujian eksperimental dilaboratorium, maka dapat dibandingkan dengan hasil pengujian balok laminasi penelitian sebelumnya. Untuk perbandingan analisa kekuatan tekan dan lentur balok laminasi bambu yang telah dilakukan, menunjukkan bahwasannya nilai kuat tekan dan kuat lentur bambu petung dan bambu ater berbeda dibandingkan balok laminasi bambu penelitian sebelumnya dikarenakan variasi serta yang dimiliki masing-masing bambu bambu berbeda. Serat yang dimiliki oleh bambu petung lebih besar dibandingkan dengan serat yang dimiliki oleh bambu ater maupun bambu apus, dan berat jenis kedua benda uji berbeda.

Tabel 4.10 Perbandingan hasil dengan penelitian sebelumnya

Nilai Kuat	Petung-Ater	Petung - Apus
Kuat tekan (Mpa)	133,3	107,44
Kuat Lentur (Mpa)	145,5	105,95
MOE (Mpa)	169,680	106,85
Berat Jenis (gr/cm^3)	0,7546	0,7548
Kadar air (%)	13,1	12,47

Tabel 4.11 Hasil Pengujian Kuat Tekan

Kode Benda Uji	Ukuran LxTxP	Beban Maximum (kgf)	Kuat Tekan (kgf/cm^3)
PT	1 5x5x20	6.118	623,86
	2 5x5x20	6.883	701,87
	3 5x5x20	6.883	701,87
Kuat Tekan Rata-rata (Kgf/cm^3) = 675,86 Kgf/cm^3			
Kuat Tekan Rata-rata (MPa) = 66,27 MPa			
Kuat Kelas Kayu (Tabel 2.9) = Kayu Kelas I			
AT	1 5x5x20	4658	493,84
	2 5x5x20	5884	623,86
	3 5x5x20	6619	701,87
Kuat Tekan Rata-rata (Kgf/cm^3) = 606,52 Kgf/cm^3			
Kuat Tekan Rata-rata (MPa) = 59,47 MPa			
Kuat Kelas Kayu (Tabel 2.9) = Kayu Kelas II			
KOMBI	1 5x5x20	5884	623,86
	2 5x5x20	5884	623,86
	3 5x5x20	5884	623,86
Kuat Tekan Rata-rata (Kgf/cm^3) = 623,86 Kgf/cm^3			
Kuat Tekan Rata-rata (MPa) = 61,17 MPa			
Kuat Kelas Kayu (Tabel 2.9) = Kayu Kelas II			

Dari hasil perhitungan tabel 4.11 maka balok laminasi bambu petung dapat disetarakan dengan kayu kelas I karena memiliki nilai rata-rata sebesar 675,86 Kgf/cm^3 . Untuk balok laminasi bambu ater dapat disetarakan dengan kayu kelas II karena memiliki nilai rata-rata sebesar 606,52 Kgf/cm^3 . Sedangkan balok laminasi kombinasi dapat disetarakan dengan kayu kelas II karena memiliki nilai rata-rata sebesar 623,86 Kgf/cm^3 . Berdasarkan Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI) Tahun 1961.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

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

1. Nilai rata-rata kuat tekan bambu petung adalah sebesar 14,44 MPa untuk bambu petung, rata-rata kuat tekan untuk bambu ater sebesar 12,96 Mpa, dan hasil kuat tekan balok kombinasi mendapatkan rata-rata sebesar 13,33 Mpa.
2. Nilai rata-rata kuat lentur sebesar 167,323 MPa untuk bambu petung, hasil kuat lentur untuk bambu ater mendapatkan rata-rata sebesar 139,043 Mpa, hasil kuat lentur balok kombinasi mendapatkan rata-rata sebesar 169,680 Mpa.
3. Nilai maksimal kuat tekan dari laminasi bambu petung, ater dan kombinasi petung ater terjadi pada kode benda uji PT 2 dengan beban sebesar 67.500 N dengan kekuatan tekan 15,00 MPa , PT 3 dengan beban sebesar 67.500 N dengan kekuatan tekan 15,00 MPa dan AT 3 dengan beban sebesar 67.500 N dengan kekuatan tekan 15,00 MPa.
4. Nilai maksimal kuat lentur dari laminasi bambu petung, ater dan kombinasi petung ater terjadi pada kode benda uji KOMBI 1 dengan beban sebesar 17.000 Nmm memiliki kekuatan lentur sebesar 197,960 MPa .
5. Dari hasil pengujian kuat tekan balok laminasi bambu petung dapat disetarakan dengan kayu kelas I karena memiliki nilai rata-rata sebesar 675,86 Kgf/cm^3 . Untuk balok laminasi bambu ater dapat disetarakan dengan kayu kelas II karena memiliki nilai rata-rata sebesar 606,52 Kgf/cm^3 . Sedangkan balok laminasi kombinasi dapat disetarakan dengan kayu kelas II karena memiliki nilai rata-rata sebesar 623,86 Kgf/cm^3 . Berdasarkan Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI) Tahun 1961.
6. Dari hasil pengujian kuat lentur balok laminasi bambu petung dapat disetarakan dengan kayu kelas I karena memiliki nilai rata-rata sebesar 12304,5 Kgf/cm^3 . Untuk balok laminasi bambu ater dapat disetarakan dengan kayu kelas I karena memiliki nilai rata-rata sebesar 10224,8 Kgf/cm^3 . Sedangkan balok laminasi kombinasi dapat disetarakan dengan kayu kelas I karena memiliki nilai rata-rata sebesar 13517,6 Kgf/cm^3 . Berdasarkan Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI) Tahun 1961.

Saran

Adapun saran penulis untuk penelitian lebih lanjut antara lain :

1. Untuk pembuatan spesimen uji ini masih dilakukan secara *hand made* yang sangat bergantung pada kemampuan pekerja dan peralatan yang sederhana.
2. Pada penelitian ini hanya mengkaji orientasi pengaruh persentase bahan laminasi, sehingga disarankan pada penelitian selanjutnya agar memperhitungkan mengenai variasi suhu kempa dan lama waktu pengempaan.
3. Sebaiknya dilakukan uji geser dan tarik untuk mengetahui kekuatan perekat
4. Ketika melakukan proses pengempaan alangkah baiknya menjaga konsistensi pengempaan dan meratanya kempa.
5. Sebaiknya menggunakan APD dan mematuhi SOP laboratorium yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Bambu, B. S. (2016). Cara mengawetkan bambu secara tradisional. In *Serba serbi bambu*. <http://sahabatbambu.com>
- Biancha, S. I. Q. (2019). Kuat lentur dan tekan balok bambu petung laminasi dengan tiga variasi laminasi. *Lambung Pustaka Universitas Negeri Yogyakarta*. <https://eprints.uny.ac.id>
- Endrajaya, A. (2018). Pengujian kuat sambungan sekrup fine thread drywall pada bambu laminasi. *Universitas Islam Indonesia*, 36–81. <https://dspace.uui.ac.id>
- Annaafi, A. A., Yasin, I., & Shulhan, M. A. (2019). Analisis kuat lentur balok laminasi lengkung dengan perekat epoxy. *Agregat*, 4(1). journal.um-surabaya.ac.id
- Arinasa, I. B. K., & Peneng, I. N. (2013). *Jenis-jenis bambu di Bali dan potensinya* (S. Puspitasari (ed.); Agustus 20). LIPI Press. <http://penerbit.lipi.go.id>
- Arsad. (2015). Teknologi pengolahan dan manfaat bambu. *Jurnal riset industri dan hasil hutan*, 7, 45–52.
- Bambu, B. S. (2016). Cara mengawetkan bambu secara tradisional. In *Serba serbi bambu*. <http://sahabatbambu.com>
- Biancha, S. I. Q. (2019). Kuat lentur dan tekan balok bambu petung laminasi dengan tiga variasi laminasi. *Lambung Pustaka Universitas Negeri Yogyakarta*. <https://eprints.uny.ac.id>
- Endrajaya, A. (2018). Pengujian kuat sambungan sekrup fine thread drywall pada bambu laminasi. *Universitas Islam Indonesia*, 36–81. <https://dspace.uui.ac.id>
- Eratodi, B. (2017). Struktur dan reakayasa bambu. *Universitas Pendidikan Nasional Denpasar*.
- Eratodi, B. (2019). Kuat desak bambu laminasi dan aplikasi struktural pada bangunan tradisional bali. *Laporan penelitian dosen muda*. <https://media.neliti.com>
- Gunawan, P. (2007). Pengaruh jenis perekat terhadap keruntuhan geser balok laminasi galar dan bilah vertikal bambu petung. *Gema Teknik*, 2, 99–100.
- Handayani, S. (2016). Analisis pengujian struktur balok laminasi kayu senggon dan kayu kelapa. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 18(1). <https://journal.unnes.ac.id>
- Iswanto, A. . (2008). Kayu lapis (plywood). *Karya Tulis, Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Selatan, Medan*.
- M, G. J., & Timonsheko. (2006). *Mekanika bahan* (Erlangga (ed.); 4 ed.).
- Manik, P., Sisworo, S. J., & Sadewo, G. (2017). Pengaruh suhu kempa terhadap kualitas balok laminasi kombinasi bambu petung dengan bambu apus untuk komponen kapal. *Kapal Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, 14(1), 7–13. <https://ejournal.undip.ac.id>
- Masdar. (2015). Perilaku struktural sambungan rangka batang bambu menggunakan papan dan klos kayu. *Disertasi, Universitas Gadjah Mada*.
- Morisco. (1990). Bahan ajar teknologi bahan Magister Teknik. *Universitas Gadjah Mada*.
- Morisco. (1999). Rekayasa bambu. *Yogyakarta*.
- Parmanto, A. (2019). Pengaruh variasi tinggi (h) balok pada kuat lentur balok bambu petung laminasi. *Rekayasa Teknik Sipil*, 1(4). <http://ejournal.unesa.ac.id>
- Permono, D. . (2010). Kekakuan lentur balok bambu petung (dendrocalamus asper). *Tesis, Universitas Gadjah Mada*.
- Pradana, H. A., Sunarsih, E. S., & Setiawan, A. H. (2019). Pengaruh variasi lebar bilah bambu susunan horizontal terhadap perilaku mekanika balok bambu laminasi yang mengalami keruntuhan lentur. *Indonesian Jurnal Of Civil Engineering Education*, 5(1). <https://jurnal.uns.ac.id>
- Prayitno. (1994). Perekatan Kayu. *Yogyakarta, Fakultas Kehutanan*.
- Prayitno. (1996). Cacat perekatan. *Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada Yogyakarta*