

PENGARUH TIGA VARIASI TIPE PEREKAT LABUR DAN PENGGUNAAN PASAK VERTIKAL PADA JARAK 15 CM TERHADAP KUAT GESER BALOK BAMBU LAMINASI

Zulmahdi Darwis¹, Hendrian Budi Bagus K², Muhammad Affif Isnaini.³

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jl. Jenderal Sudirman km. 03 Cilegon, Banten

zulmahdi_d@yahoo.com¹ hendrianbudibk@gmail.com² mafiff.mai@gmail.com³

ABSTRAK

Penggunaan balok bambu laminasi menjadi alternatif sebagai salah satu unsur bahan bangunan. Teknik laminasi seperti ini mampu digunakan untuk membentuk bahan bangunan yang digunakan sebagai bahan konstruksi dalam ukuran besar. Penelitian-penelitian sebelumnya telah banyak mengulas kekuatan balok bambu laminasi, tipe keruntuhan dan pola retak. Beberapa pengujian terhadap kuat geser dengan penggunaan perekat labur 60#MDGL, mengakibatkan patahan secara parsial atau patahan geser antar material bambu dan bukan terjadi pada perekat.

Penelitian ini diarahkan untuk membuat balok bambu laminasi tanpa menggunakan kulit luar bambu dengan menggunakan variasi 3 tipe perekat labur dan penggunaan pasak vertikal dengan jarak optimum 15 cm, sehingga dapat ditentukan tipe perekat labur yang mempunyai kekuatan optimum dan kekuatan pasak dalam pembuatannya. Perbandingan ukuran atau dimensi balok antara tinggi balok dan lebarnya yaitu 2 : 1 berukuran (12 cm x 6 cm). Selanjutnya diuji kekuatan balok tersebut terhadap kekuatan geser dan lentur.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan kekuatan geser yang signifikan diantara ketiga variasi lem. Kekuatan Balok tertinggi adalah benda uji 50#MDGL Ligno dengan nilai beban 20,6 KN dengan lendutan sebesar 22,5 mm. Tegangan geser rata-rata balok laminasi yang didapat adalah 4,43 Mpa. Kekuatan ini masih lebih besar dari kekuatan balok kayu pada umumnya dimana tegangan geser kayu kuat kelas II sebesar 1,25 Mpa.

Kata kunci: *bambu petung, kapasitas geser, variasi perekat*

ABSTRACT

The use of laminated bamboo beams to be an alternative as one of the elements of building materials. Techniques such laminates can be used to form the building materials used as construction materials in large sizes. Previous studies have extensively covered the beam strength of laminated bamboo, type and pattern collapse crack. Some testing of the shear strength with the use of adhesive labur 60 # MDGL, resulting in partial fracture or shear fracture between bamboo material and not occur in the adhesive.

This research was directed to make laminated bamboo blocks without using bamboo outer shell by using variations of three types of labur adhesive and vertical peg use with an optimum distance of 15 cm, so it can be determined the type of labur adhesive that has the optimum and peg of strength in its manufacture. Comparison of the size or dimensions of the beam between the height of the beam and its width is 2:1 sized (12 cm x 6 cm). Further tested the strength of the beam on its shear strength and flexure.

The results showed that there was no significant difference in shear strengths between the three variations of glue. Beam strength is highest test object 50 # MDGL Ligno with a value of 20,6 KN load with a deflection of 22,5 mm. The average shear stress laminated beams obtained is 4,43 MPa. This strength is still greater than the strength of the wood beams in general where strong wood shear stress of amount 1.25 MPa class II.

Keywords: *petung bamboo, shear capacity, adhesive variations*

1. PENDAHULUAN

1) Latar Belakang

Bambu adalah salah satu bahan konstruksi yang sudah lama dikenal di masyarakat. Penggunaan bambu merupakan salah satu unsur bahan bangunan yang masih bersifat sekunder, yaitu untuk kepentingan pembuatan perancah/ bekisting, reng atap, pagar dan terbatas pada keperluan *furniture*. Hal ini disebabkan oleh minimnya pengetahuan masyarakat tentang sifat-sifat mekanik bambu. Sementara, ketersediaan bambu cukup banyak, mudah didapat, harganya relatif murah, sehingga sangat dimungkinkan untuk menjadi alternatif selain kayu dalam penggunaan material struktur bangunan.

Menurut Morisco menghasilkan kuat tarik kulit bambu dengan hasil cukup tinggi yaitu $\pm 5000 \text{ kg/cm}^2$ atau sekitar dua kali tegangan luluh baja, sedangkan kuat tarik rata-rata bambu petung juga lebih tinggi dari tegangan luluh baja.

Pada pengujian Arqam laya, bambu dibentuk menjadi balok dengan cara dilaminasi (*laminated bamboo*) yang telah dikembangkan oleh teknologi sekarang ini. Penelitian sebelumnya telah banyak mengulas kekuatan balok bambu laminasi, tipe keruntuhan dan pola retak. Beberapa pengujian terhadap kuat geser dengan penggunaan perekat labur 50#MDGL, didapat terjadi patahan secara parsial atau patahan geser antar material bambu dan bukan terjadi pada perekat.

Adapun pada pengujian Hanung didapat penggunaan variasi jarak 10 cm, 15 cm dan 20 cm pada balok bambu laminasi tidak ada perbedaan signifikan terhadap kekuatan geser dan kekakuan, dan didapat kekuatan optimum ada pada jarak 15 cm dengan nilai rata-rata pengujian 3,8 Mpa.

Gambaran singkat pada penelitian ini adalah membuat balok bambu laminasi tanpa menggunakan kulit luar bambu dengan menggunakan variasi 3 tipe perekat labur dan penggunaan pasak vertikal dengan jarak 15 cm, sehingga dapat ditentukan tipe perekat labur yang mempunyai kekuatan optimum dan juga mengetahui kekuatan pasak dalam menahan gaya geser pada bambu yang telah

diuji. Perbandingan ukuran atau dimensi balok antara tinggi balok dan lebarnya yaitu 2 : 1 berukuran (12 cm x 6 cm). Selanjutnya diuji kekuatan balok tersebut terhadap kekuatan geser dan lentur.

2) Rumusan Masalah

- Teknik laminasi balok bambu dengan 3 variasi perekat labur diantaranya Fox PVac, Rajawali PVac, dan Ligno Super 800 PVac.
- Perbandingan nilai tegangan geser dengan pasak vertikal.

3) Tujuan Penelitian :

- Mengetahui kuat geser balok bambu laminasi tanpa menggunakan kulit luar bambu dengan menggunakan 3 variasi tipe perekat labur.
- Mengetahui pola kerusakan pada balok bambu laminasi terhadap beban yang diberikan.
- Membuktikan bahwa pasak berpengaruh dalam kuat geser balok bambu laminasi dengan diameter 1 cm yang berbahan dasar bambu itu sendiri.

4) Manfaat Penelitian

- Pengembangan teknologi pembuatan balok bambu laminasi dalam mengurangi penggunaan perekat labur pada pembuatan bilah-bilah laminasi yang diganti dengan menggunakan pasak vertikal dan tanpa menggunakan kulit luar bambu agar mendapatkan bentuk yang simetris.
- Inovasi dalam industri Pembuatan balok bambu laminasi yang lebih ekonomis dalam sisi biaya dan waktu.

5) Batasan Masalah

- Panjang 100 cm, lebar 1 cm x 3 cm, dan *spacing* tinggi 12 cm x lebar 6 cm balok dibuat sama untuk semua benda uji.
- Faktor puntiran, sifat-sifat kimia serta dan pengaruh pengawetan bambu tidak ditinjau dalam penelitian ini.
- Tekanan pengempaan yang digunakan 1,75 MPa.

- d. Pembebanan dilakukan secara lateral statik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Adi Nurhasan dan Ahmad Supiadi (2013, dalam penelitiannya mengenai pengaruh variasi perekat labur dan penggunaan pasak horizontal dan vertikal pada kuat geser balok bambu laminasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh penggunaan pasak dan variasi perekat labur MDGL dan MSGL pada balok laminasi terhadap kekuatan dan kekakuan tidak ada pengaruh yang signifikan terhadap kuat geser. Kekuatan balok tertinggi adalah benda uji 50#MSGL dengan nilai rata-rata 28,8 KN dan 17,35 pada benda uji 50#MDGL. Tegangan geser balok laminasi didapat rata-rata 2 Mpa. kekuatan ini masih lebih besar dari kekuatan balok kayu pada umumnya dimana tegangan geser kayu kuat kelas II 1,25 Mpa.

Hasil penelitian Slamet Widodo (2016) menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan kekuatan geser yang signifikan diantara keempat variasi jarak pasak. Kekuatan Balok tertinggi adalah benda uji 60#MDGL C2 dengan nilai beban 11,15 KN dengan lendutan sebesar 13,67 mm. Tegangan geser rata-rata balok laminasi yang didapat adalah 2,41-3,21 Mpa. kekuatan ini masih lebih besar dari kekuatan balok kayu pada umumnya dimana tegangan geser kayu kuat kelas II 1,25 Mpa

a. Gambaran Umum Sifat Mekanika Bambu

Sifat mekanika bahan adalah sifat suatu bahan yang berhubungan dengan perubahan bentuk suatu benda yang disebabkan oleh adanya kekuatan dari perlawanan benda tersebut terhadap beban yang mengenainya. Sifat ini penting untuk menentukan kegunaan suatu barang, bahkan untuk beberapa keperluan, sifat ini dapat dipakai sebagai kriteria pemilihan material (Haygreen & Bowyer, 1982 dalam Morisco, 2006). Sifat-sifat mekanika meliputi : kuat lentur, kuat tarik, kuat tekan, kuat geser, sifat kekerasan dan lain-lain.

1) Kadar air

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100\%$$

2) Kerapatan

$$\rho_w = \frac{m_w}{V_w}$$

3) Kuat tekan sejajar serat

$$f_{tk //} = \frac{P_{maks}}{A}$$

4) Kuat tekan tegak lurus serat

$$f_{tk \perp} = \frac{P_{maks}}{A}$$

5) Kelengkungan

$$\frac{1}{R} = \frac{M}{EI}$$

6) Perhitungan Momen Internal

Persamaan garis untuk daerah tekan adalah $y = -8E+10x^4 + 2E+09x^3 - 3E+06x^2 + 8765,7x - 0,8638$ sementara persamaan garis untuk daerah tarik adalah $y = 11864x^2 + 1143.5x + 11.252$

- a. = R x jarak Pias
- b. = persamaan garis dari grafik - dengan variabel x adalah .
- c. L. pias = x pias
- d. Jarak pias ke garis netral = 1/2 jarak Pias + pias sebelumnya
- e. Statis momen = jarak pias ke garis netral x L pias
- f. Gaya Pias = L pias x lebar balok

g. Jarak lengan momen =

$$d = \frac{\text{total statis momen daerah tekan} + \text{total statis momen daerah tarik}}{\text{total luas pias daerah tekan} + \text{total luas pias daerah tarik}}$$

h. Momen internal = C . d

7) Kuat geser tegak lurus serat

$$f_{tk \perp} = \frac{P_{maks}}{A}$$

8) Kuat lentur

$$MOR = \frac{M.Ya}{I}$$

9) Modulus elastisitas

$$MOE = \frac{PL^3}{48.u.I}$$

b. Proses Perekatan

Perekatan kayu menggunakan istilah *glue spread* adalah jumlah perekat yang dilaburkan per satuan luas permukaan bidang rekat. Jumlah perekat yang dilaburkan menggambarkan banyaknya perekat terlabur agar tercapainya garis perekat yang pejal yang kuat. Satuan luas permukaan rekat ditentukan dengan satuan Inggris yakni seribu kaki persegi (1000 *square feet*) dengan sebutan MSGL (*Multilayer Single Glue Line*) yang dinyatakan dalam satuan pound (Lbs). Bila kedua bidang permukaan dilabur maka disebut MDGL (*Multilayer Double Glue Line*) atau pelaburan dua sisi (Prayitno, 1996), di laboraorium satuan perekat dikonversikan menjadi lebih sederhana yang disebut GPU (*gram pick up*) dengan Persamaan 9:

$$GPU = \frac{S.A}{317,5}$$

Keterangan :

- GPU = *Gram Pick Up* (dalam gram)
- S = jumlah perekat yang dilaburkan dalam pound/MSGL atau pound/MDGL
- A = luas bidang yang akan direkatkan (in persegi)

Bidang rekat dihitung dalam dalam satuan centimeter persegi Persamaan 9 menjadi:

$$GPU = \frac{S.A}{2048,3}$$

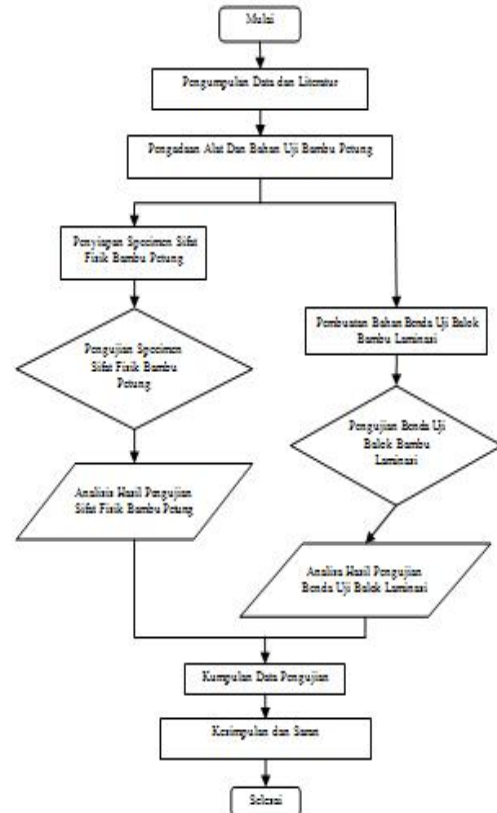
c. Balok Laminasi

Balok laminasi dibuat dari lapisan-lapisan kayu yang relatif tipis yang dapat digabungkan dan direkatkan sedemikian rupa untuk menghasilkan balok kayu dalam berbagai ukuran dan panjang (Breyer, 1988).

Berdasarkan material yang dipakai, terdapat balok dengan satu macam material/bahan penyusun dan balok dengan dua macam material penyusun dimana material yang lebih kuat berada

di bagian luar, sedangkan yang lebih lemah berada dibagian dalam (*inti/core*). Untuk beberapa hal, sifat-sifat lamina tidak berbeda jauh dengan sifat bambu aslinya. Sifat akhir akan banyak dipengaruhi oleh banyaknya nodia/ruas yang ada pada satu batang dan perekat yang dipergunakan (Widjaja, 1995).

3. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 1 Diagram Alir Pembuatan Balok Laminasi

a. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Bambu Petung

Bambu yang digunakan untuk bahan balok laminasi dan pembuatan pasak diambil pada bagian tengah batang dan tidak memakai kulit luar
- 2) Bahan Perekat

Bahan 3 perekat yang digunakan adalah Fox PVac, Rajawali PVac, dan Ligno WG 9160 PVac.

3) Pasak

Pasak ini sendiri terbuat dari bambu dengan diameter 1 cm dan tinggi 12 cm.

b. Peralatan Penelitian

Peralatan penelitian dibagi menjadi dua, yaitu peralatan untuk pembuatan benda uji dan peralatan untuk pengujian benda uji, baik sifat fisik maupun sifat mekanik.

1) Peralatan Pembuatan Benda Uji

Alat-alat yang digunakan untuk pembuatan benda uji yakni:

a) Mesin gergaji kayu (*Circular Panel Saw*).

b) Mesin penyerut (*planner*)

2) Alat-alat pelengkap lainnya, antara lain: Meteran/mistar ukur, kawat, neraca/timbangan, klem penjepit, baja kanal (C), wadah perekat beserta pengaduk (stik), tang catut, kunci baut, kapak, gergaji dan pisau cutter.

3) Peralatan pengujian fisik dan mekanik:

a) Mesin pengujian mekanik UTM (*Universal Testing Machine*) dipergunakan untuk pengujian sifat mekanika balok lamina.

b) Alat untuk pengujian lentur dan geser balok laminasi merk *indotest* meliputi alat *loading frame* dan *load controller*. Alat ini juga dilengkapi dengan seperangkat LVDT (*Linear Variable Differential Transformer*) serta *data logger* untuk perekam pembacaan lendutan dan gaya.

c. Benda Uji

1) Benda Uji Pendahuluan

Perilaku mekanika bambu pada tempat dan musim berpengaruh, maka pada tahun pertama dan kedua perlu pengujian pendahuluan. Ukuran benda uji untuk pengujian sifat fisik dan sifat mekanika bambu mengikuti standar ISO (*International Standard Organisation*) 3129-1975. Jumlah benda uji untuk pengujian pendahuluan bambu petung disajikan dalam Tabel 3.1 dan masing-masing

benda uji pendahuluan bahan dibuat dalam jumlah seperti dibawah ini.

Tabel 1 Pengujian sifat fisik dan mekanik bambu Petung

No	Jenis Pengujian	Jumlah Benda Uji	Standard Pengujian
1	Kerapatan	3 buah	ISO 3130-3131-1975(E)
2	Kadar Air	3 buah	ISO 3130-3131-1975(E)
	Jumlah	6 Buah	

Benda uji balok geser laminasi dibuat menggunakan perekat labur 60#MDGL.

Tabel 2 Pengujian Balok Geser

No	Jenis Benda Uji	Jumlah
1	Geser Laminasi 50#MDGL dan Pasak laminasi	9 buah
	Jumlah	9 buah

b. Benda Uji

Benda uji balok laminasi dibuat sebanyak 9 balok ukuran 12 cm x 6 cm dengan 3 variasi tipe perekat dan pasak vertikal masing-masing 3 ulangan dengan menggunakan perekat labur yang dihasilkan dari penelitian sebelumnya.

Tabel 3 Jumlah benda uji balok bambu laminasi berdasarkan variasi jarak pasak.

Nama benda uji	Jarak pasak (cm)	Jumlah (buah)
50#MDGL A	15	3
50#MDGL B	15	3
50#MDGL C	15	3
	Total	9

d. Pengujian Balok Laminasi

Pengujian balok laminasi dilakukan pada tumpuan sederhana (*sendi-rol*) dengan dua buah titik pembebanan. Pengekangan lateral disediakan untuk mencegah adanya kontribusi pengaruh tekuk torsi lateral. Dari setting ini diharapkan terjadi keruntuhan lentur.

Loading frame terlebih dahulu dipersiapkan dengan dua tumpuan dan dua pengekang lateral diantara titik beban dan rol.

Setelah itu balok uji diletakkan diatas tumpuan, beserta balok profil yang dipergunakan sebagai titik pembebanan. Serta *load cell* diatasnya. *Load cell* dihubungkan dengan *hydraulic jack* dan indikator beban *digital* untuk mengetahui besarnya beban yang bekerja. Setelah itu dipasang sebuah *dial* ditengah jarum penunjuk telah diatur ke angka nol. Pembebanan dilakukan secara bertahap dan mencatat lendutan yang terjadi selama pembebanan berlangsung dan diamati kerusakan yang terjadi pada benda uji.

e. Cara Analisis

Analisis dilakukan dengan cara menghubungkan data-data hasil dari studi literatur dengan penerapannya ke dalam struktur konstruksi bangunan. Data dianalisis dengan memperhatikan hubungan timbal balik antara sifat-sifat yang dimiliki bambu dengan struktur konstruksi yang terjadi, sehingga terjadi suatu kesimpulan

f. Luaran yang Diharapkan

Keberhasilan penelitian ini diukur berdasarkan pencapaian indikator-indikator keberhasilan sebagai berikut:

1. Penggunaan perekat yang ideal dan ekonomis didapat perimbangan antara kekuatan material bambu dengan kekuatan pasak.
2. Teknik pembuatan balok bambu laminasi yang efisien dan bisa dibuat oleh usaha kecil dan menengah, sehingga dapat diproduksi dengan harga yang bersaing dengan balok kayu kelas II.

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

a. Hasil Uji Pendahuluan

Tabel 4 Data Hasil uji Kadar Air

Benda Uji	Rata-rata
Bagian Ujung	11,4405%
Bagian Tengah	14,2217%
Bagian Pangkal	13,9263%

Tabel 5 Data Hasil Uji Kadar Air Pemanding

Benda Uji	Rata-rata Kadar Air	
	Adi Nurhasan & Ahmad Supiadi (2013)	Slamet Widodo (2016)
Bagian Ujung	19%	17.37%
Bagian Tengah	24%	19,39%
Bagian Pangkal	19%	17,30%

a. Kerapatan

Prayitno (1996) menyatakan bahwa untuk klasifikasi kerapatan kayu kurang dari 0,4 g/cm³ termasuk kayu ringan, kerapatan kayu kurang dari 0,55% g/cm³ termasuk kayu sedang dan kerapatan kayu kurang dari 0,72 g/cm³ termasuk kayu berat.

Tabel 6 Hasil Uji Kerapatan

Benda Uji	Kerapatan	Rata-rata
KAKU1	0,71%	0,68%
KAKU2	0,51%	
KAKU3	0,83%	
KAKT1	0,61%	0,56%
KAKT2	0,33%	
KAKT3	0,75%	
KAKP1	0,71%	0,57%
KAKP2	0,36%	
KAKP3	0,66%	

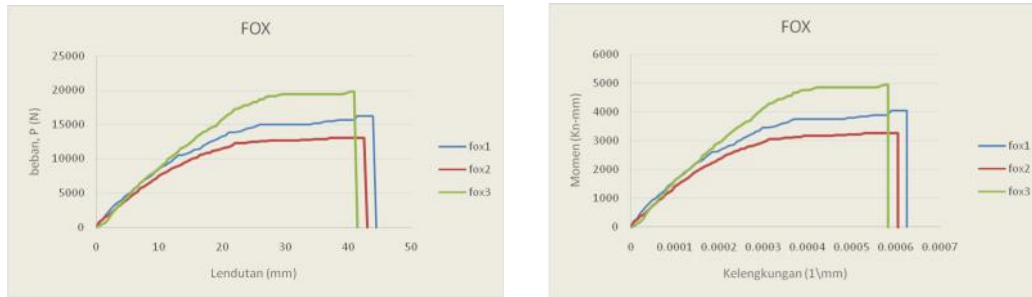
Sebagai perbandingan, dalam penelitian sebelumnya Adi Nurhasan dan Ahmad Supiadi (2013) menunjukkan nilai kerapatan yang tidak jauh berbeda.

Tabel 7 Hasil Uji Kerapatan Pemanding

Benda Uji	Rata-rata Kerapatan
Bagian Ujung	0,58%
Bagian Tengah	0,85%
Bagian Pangkal	0,85%

b. Kekuatan Balok Bambu Laminasi

1. Balok Fox

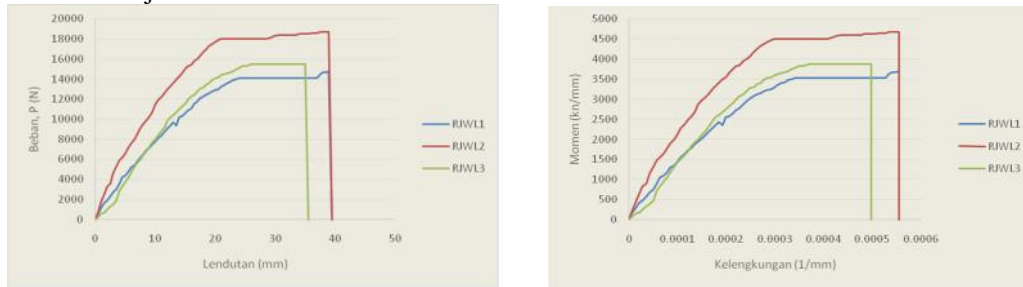


Gambar 2 Grafik hubungan Beban-Lendutan dan Momen-Kelengkungan Fox

Balok dengan beban gaya terbesar ada pada balok Fox 3 dengan gaya 19,8 KN dan lendutan yang terjadi sebesar 40,5 mm

dengan momen 4950 KNmm dan kelengkungan $5,76 \times 10^{-4}$.

2. Balok Rajawali

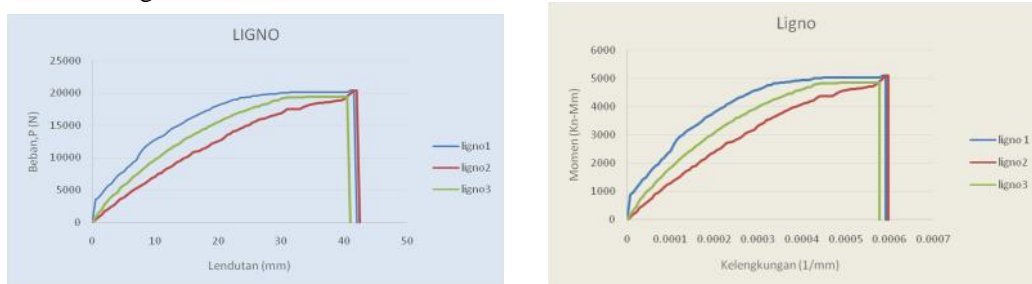


Gambar 3 Grafik hubungan Beban-Lendutan dan Momen-Kelengkungan Rajawali

Balok dengan beban gaya terbesar ada pada balok Rajawali dengan gaya 18,7 KN dan lendutan yang terjadi sebesar 37,5 mm

dengan momen 4675 KNmm dan kelengkungan $5,33 \times 10^{-4}$.

3. Balok Ligno



Gambar 4 Grafik hubungan Beban-Lendutan dan Momen-Kelengkungan Ligno

Balok dengan beban gaya terbesar ada pada balok Ligno dengan gaya 20,6 KN dan lendutan yang terjadi sebesar 41,5 mm dengan momen 5100 KNmm dan kelengkungan $9,00 \times 10^{-4}$.

Perilaku pengujian terhadap kekuatan geser balok laminasi diamati pada saat mencapai retak pertama beban mengalami penurunan kemudian naik perlahan sehingga terjadi retak kedua dan seterusnya hingga naik sampai pada beban maksimal. Perilaku

ini terjadi karena beban yang bekerja terus dinaikkan pada pengujian membuat balok bambu laminasi berubah bentuk untuk menghasilkan perlawanan terhadap beban yang bekerja di atasnya, pada saat terjadi retakan pertama benda uji mengalami pelepasan energi perlawanan dengan retakan dan lendutan sehingga beban yang terjadi mengalami penurunan. Pembebanan terus dinaikkan pada pengujian, balok mengalami

lendutan yang besar hingga terjadi perlawanan pada balok untuk menahan beban yang bekerja. Prilaku ini sangat baik jika digunakan pada bangunan karena lendutan yang terjadi besar maka jika digunakan dalam struktur bangunan ada peringatan dan waktu bagi pengguna bangunan menyelamatkan diri sebelum bangunan runtuh.

Tabel 8 Kekakuan Balok Laminasi

Kekakuan Balok Bambu Laminasi				
Benda Uji	Beban	Lendutan	Kekakuan	Rata-rata
	N	mm	KN/mm	
Fox1	19400	19.5	0.9948718	0.9119283
Fox2	18000	21.5	0.8372093	
Fox3	12200	13.5	0.9037037	
Rjwl1	21300	22.5	0.9466667	0.7869935
Rjwl2	12200	17	0.7176471	
Rjwl3	20900	30	0.6966667	
Ligno1	10700	11.5	0.9304348	0.9088673
Ligno2	17200	20.5	0.8390244	
Ligno3	13400	14	0.9571429	

Sumber : Hasil Analisis, 2017

Tabel diatas memperlihatkan variasi

Benda Uji	Momen				r
	Eksternal		Internal		
	kNmm	Rata-rata	kNmm	Rata-rata	
FOX 1	2625	3375	5083	5695	1.68
FOX 2	3050		5939		
FOX 3	4450		6065		
RJWL 1	3525	3950	6106	6035	1.52
RJWL 2	4500		5853		
RJWL 3	3825		6147		
Ligno1	4750	4533	5981	6301	1.39
Ligno2	4375		6654		
Ligno 3	4475		6268		

perekat tidak terlalu berpengaruh terhadap kekakuan balok ini dan nilai kekakuan balok relatif berdekatan terhadap pengaruh pasak vertikalnya.

c. Momen Internal dan Eksternal

Tabel 9 Momen Eksternal dan Internal Balok Laminasi

Hasil yang diperoleh dari proses analisa menunjukkan bahwa antara momen eksternal dan momen internal telah memenuhi syarat kesetimbangan struktur, yaitu gaya dalam harus sama dengan gaya luar. Perbedaan nilai yang terjadi kemungkinan disebabkan oleh faktor-faktor yaitu: Variasi perekatnya, balok tanpa menggunakan kulit, bentuk bilah balok, jumlah pasak dan panjang pasaknya.

d. Tegangan Geser

Sebagai pembanding, hasil penelitian Adi Nurhasan dan Ahmad Supiadi (2013) menunjukkan pola kerusakan yaitu terjadi pada sambungan terdekat dengan perletakan maka sambungan yang diletakkan pada tegangan lentur baik tegangan lentur yang lebih kecil maupun lebih besar tidak memberikan pengaruh terhadap kekuatan geser. Balok ini menggunakan perekat labur

MDGL#60 dengan dimensi lebar 60 mm, tinggi 120mm dan panjang bentang 90 cm

Tabel 10 Kuat geser balok laminasi bambu petung

Kuat Geser Balok Bambu Laminasi			
Benda Uji	Tegangan Geser (Mpa)	Rata-rata	Kayu Kelas
FOX 1	3.36	4.30	II
FOX 2	4.72		
FOX 3	4.82		
RJWL 1	4.85	4.80	II
RJWL 2	4.66		
RJWL 3	4.88		
LIGNO 1	4.76	5.00	II
LIGNO 2	5.27		
LIGNO 3	4.98		

Tabel 11 Kuat Geser Pemanding (Adi Nurhasan/Ahmad Supiadi, 2013)

Benda Uji 60#MDGL	Tegangan Geser Mpa	Rata-rata
30A	3,17	3,24
30B	3,44	
30C	3,1	
40A	3,17	3,24
40B	3,45	
40C	3,1	
50A	3,52	3,41
50B	3,32	
50C	3,4	
60A	4,45	3,67
60B	3,07	
60C	3,48	

a. Kesulitan-kesulitan Selama Penelitian

Selama melakukan Penelitian terdapat beberapa kesulitan yang dialami, antara lain :

- a. Keterbatasan sumber daya manusia (SDM) yang terampil selama pengerjaan.
- b. Kondisi cuaca yang berubah-ubah.
- c. Mesin potong kayu yang sering mengalami masalah menyebabkan

lamanya proses pemotongan dan pembuatan bilah bambu.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dan tujuan terhadap penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain sebagai berikut:

- 1. Nilai rata-rata pengujian geser balok 50#MDGL Fox = 3,52 Mpa, Rajawali = 4,47 Mpa, dan Ligno = 5,31 Mpa. Hasil dari pengujian ini tidak didapat perbedaan yang signifikan.
- 2. Perilaku pengujian terhadap kekuatan geser balok laminasi diamati pada saat mencapai retak pertama beban mengalami penurunan. Balok melakukan perlawanan dengan lendutan sehingga beban naik pelahan sampai pada beban maksimal. Dan pola kerusakan pada geser balok terlihat di kedua bagian ujung balok.
- 3. Dilihat dari hasil pengujian pasak terhadap kekuatan geser balok bambu laminasi, disimpulkan bahwa pasak berpengaruh walaupun tidak terlalu signifikan.

B. Saran

Beberapa saran yang perlu dipertimbangkan dalam penelitian bambu:

- 1. Penelitian ini dapat dilanjutkan yaitu dengan pasak vertikal namun dapat di variasikan antara dimensi balok, ukuran pasak, dan spesmen bilah baloknya.
- 2. Pabrikasi balok laminasi ini sebaiknya dilakukan pada musim kemarau, untuk memperoleh kadar air bambu yang optimal sesuai anjuran dari pabrik, agar terjadi perekatan yang maksimal antar bambu yang dilaminasi.
- 3. Dalam pengolahan bambu saat pabrikasi sebaiknya faktor keselamatan perlu diperhatikan sehingga kecelakaan akibat tertusuk bambu terutama pada saat proses pengelupasan kulit bambu, bila perlu gunakan sarung tangan.
- 4. Dalam pembuatan struktur bangunan yang berbahan dasar kayu untuk kedepannya bisa mengganti dengan bambu yang mudah dicari dan lebih efisien.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Arqam Laya, (2007), *Kapasitas Geser Retrofitting Balok Bambu Laminasi Bambu Petung Profil I*, Thesis S-2, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta (tidak diterbitkan).
- Morisco, 1999, *Rekayasa Bambu*, Nafiri Offset, Yogyakarta.
- Prayitno, T.A. 1996, *Perekatan Kayu*, Fakultas Kehutanan Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Zulmahdi (2009), meneliti tentang pengaruh variasi perekat labur terhadap kuat geser balok bambu laminasi.
- Adi Nurhasan, Ahmad Supiadi (2013) meneliti tentang pengaruh variasi perekat labur dan penggunaan pasak horizontal dan vertikal pada kuat geser balok bambu laminasi.
- <http://elib.pdii.lipi.go.id/katalog/index.php/searchkatalog/byId/262797> . Terakhir diakses tanggal 28/10/2016
- <https://bamboeindonesia.wordpress.com/pene-liti-bambu/purwito/makalah/>. Terakhir diakses tanggal 28/10/2016
- puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/cef/articledetail/17397/17317. Terakhir diakses tanggal 29/10/2016
- <http://blog.act.id/3-fakta-tentang-penebangan-hutan-di-indonesia> Terakhir diakses tanggal 03/06/2017
- <https://bamboeindonesia.files.wordpress.com/2012/06/standardisasi-bambu-laminasi-sebagai-alternatif.pdf> Terakhir diakses tanggal 03/06/2017