

Eksperimental Variasi Sambungan dengan Alat Sambung Pasak terhadap Kuat Geser Balok Bambu Laminasi

Zulmahdi Darwis¹, Hendrian Budi Bagus Kuncoro², Aditya Pratama³

^{1, 2, 3}Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jl. Jenderal Sudirman km. 03 Cilegon, Banten

zulmahdi180617@gmail.com

Diterima redaksi: 5 Maret 2021 | Selesai revisi: 6 April 2021 | Diterbitkan online: 28 April 2021

ABSTRAK

Sambungan adalah bagian terpenting pada suatu sistem struktur. Bentuk sambungan dan alat sambung berpengaruh terhadap beban yang diampu oleh struktur kayu tersebut. Bentuk sambungan dan alat sambung umumnya biasa digunakan pada kayu, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk diterapkan pada bambu laminasi.

Penelitian ini dilakukan dengan membuat spesimen benda uji balok bambu laminasi tanpa sambungan dan 3 variasi balok bambu laminasi dengan bentuk sambungan berbeda dengan perekat Rajawali PVAC dan pasak diameter 7 mm sebagai alat sambung dengan jarak antar pasak 15 cm. Dimensi balok yang dibuat berukuran 100 cm x 5 cm x 10 cm tanpa menggunakan kulit luar bambu. Pengujian menggunakan mesin UTM dengan pembebanan dua titik yang memiliki jarak antar beban sebesar 250 mm.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan alat sambung dengan variasi bentuk sambungan terhadap kekuatan memiliki nilai yang berbeda. Kekuatan balok tertinggi ada pada balok tanpa sambungan dengan nilai rata-rata pembebanan 21,4 KN, pada balok yang menggunakan variasi sambungan nilai kekuatan tertinggi terdapat pada sambungan lurus dengan nilai rata-rata 8,53 KN. Nilai tegangan geser pada balok dengan sambungan lurus berkait, lurus, miring, dan tanpa sambungan menghasilkan nilai rata-rata secara berurutan sebesar 3,845 MPa, 1,421 MPa, 2,445 MPa, dan 6,232 MPa. Hasil dari pengujian ini terdapat perbedaan yang signifikan, yaitu pengaruh penggunaan variasi sambungan terhadap kuat geser balok bambu laminasi.

Kata kunci: bentuk sambungan, kapasitas geser, variasi sambungan, sambungan balok bambu

ABSTRACT

The connection is the most important part in a structural system. The shape of the connection and the connection tool affect the load carried by the wooden structure. The form of joints and jointing tools are commonly used in wood, so further research is needed to be applied to laminated bamboo. This research was conducted by making specimens of specimens of laminated bamboo beams without joints and 3 variations of laminated bamboo beams with different connection shapes with Rajawali PVAC adhesives and 7 mm diameter pegs as joints with 15 cm spacing between pegs. The dimensions of the beam are made measuring 100 cm x 5 cm x 10 cm without using the outer skin of bamboo. Testing uses a UTM machine with two-point loading that has a distance between loads of 250 mm. The results showed that the use of connecting devices with variations in the shape of the connection to the strength has a different value. The highest beam strength is in the beam without a connection with an average loading value of 21.4 KN, in the beam that uses a variation of the connection the highest strength value is in a straight connection with an average value of 8.53 KN. The value of shear stresses on beams with straight, hooked, oblique, and non-connected joints produces an average value of 3,845 MPa, 1,421 MPa, 2,445 MPa and 6,232 MPa respectively. The results of this test are significant differences, namely the effect of the use of a variety of joints on the shear strength of laminated bamboo beams.

Keywords: connection form, shear capacity, connection variatio, bamboo beam joints

1. Pendahuluan

Bambu merupakan salah satu alternatif yang dapat menggantikan peran kayu sebagai bahan bangunan dikarenakan bambu merupakan tanaman yang lebih cepat tumbuh dibandingkan kayu. Kekuatan bambu yang tinggi dan kualitas bambu yang baik menjadikan bambu sebagai alternatif utama sebagai pengganti kayu baik sebagai bahan bangunan maupun furniture bangunan.

Bambu laminasi merupakan rekayasa struktur dalam rangka pemenuhan kebutuhan bahan bangunan. Bambu laminasi dibuat dengan cara membelah bambu menjadi beberapa bilah kemudian dibentuk dengan sistem perekatan dan di press. Kelebihan dari sistem ini adalah bambu laminasi dapat dibuat dalam berbagai ukuran yang bermacam-macam.

Sambungan adalah bagian terpenting pada suatu sistem struktur. Banyak bentuk dari tipe sambungan yang dapat digunakan pada struktur kayu, dari tipe sambungan berbentuk miring hingga berbentuk mendatar. Bentuk sambungan berpengaruh terhadap beban yang diampu oleh struktur kayu tersebut, selain memperhatikan bentuk sambungannya maka alat sambung merupakan bagian dari kekuatan sambungan yang tidak bisa diabaikan. Alat sambung yang umum digunakan adalah paku, baut, dan pasak yang masing-masing mempunyai kelemahan dan kelebihan tersendiri. Bentuk sambungan dan alat sambung tersebut umumnya biasa digunakan pada kayu, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk diterapkan pada bambu laminasi.

Pada penelitian ini, dibuat balok bambu laminasi tanpa sambungan dan

tiga balok bambu laminasi dengan bentuk sambungan berbeda dengan pasak dan perekat sebagai alat sambung, sehingga dapat dibandingkan perbedaan antara kekuatan geser dari balok bambu laminasi tanpa sambungan dengan balok bambu laminasi dengan sambungan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Bambu Petung

Bambu Petung (*Dendrocalamus asper*) memiliki aneka nama lokal seperti bambu betung, buluh petung, bulu botung, oloh otong, trieng betong, lewuo guru, dan lain-lain. Bambu petung adalah satu jenis bambu yang memiliki tinggi batang sekitar 14 – 15 m. Panjang ruas pada bagian pangkal sekitar 20 cm, semakin ke arah ujung batang maka semakin panjang hingga mencapai 40 – 60 cm. Diameter bambu berkisar 14 -18 cm dengan ketebalan batang 20 – 40 mm. Bambu petung sedikit rentan terhadap rayap tanah, rayap kayu kering dan bubuk kayu kering sehingga bambu petung perlu diawetkan sebelum digunakan. Dalam hal penggunaannya, bambu ini baik digunakan untuk konstruksi, furniture bagian tertentu, dan kerajinan.

2.2. Balok Bambu Laminasi

Pada awalnya ide dasar dalam pembuatan bambu kaminasi adalah teknologi laminasi yang telah lama diterapkan pada kayu yaitu glulam (*glued laminated timber*) [1].

Bambu laminasi merupakan produk yang dibuat dengan merekatkan dua atau lebih lapisan bahan menjadi satu yang dibedakan menjadi lamina menyilang (*cross*) dan lamina sejajar (*parallel*). Lamina menyilang merupakan lapisan yang disusun secara menyilang satu dengan yang lain, sedangkan lamina sejajar adalah lapisan yang disusun sejajar antara satu dengan yang lain [2].

Pada penelitian ini bilah bambu laminasi direkatkan menggunakan lem Rajawali PVac dengan metode perekatan MDGL (*Multilayer Double Glue*) atau pelaburan dua sisi dan disambung menggunakan pasak pada bagian sambungan balok.

2.3. Bentuk Sambungan dan Pasak

Desain sambungan didasarkan pada nilai kekuatan pada sebuah alat penyambung yang telah dimodifikasi dengan geometri sambungan dan kondisi penggunaannya (Soltis et al. 1985). Sambungan balok bambu laminasi adalah sebuah konstruksi untuk menyatukan dua atau lebih balok bambu laminasi untuk memenuhi kebutuhan panjang, lebar, atau tinggi tertentu dengan bentuk konstruksi yang sesuai dengan gaya-gaya yang akan bekerja pada balok bambu laminasi tersebut sesuai penggunaan konstruksinya. Tipe sambungan pada balok bambu laminasi sama dengan sambungan kayu pada umumnya tergantung pada gaya yang akan bekerja pada balok tersebut dan juga kegunaan dari balok tersebut.

Pasak mempunyai efisiensi terbesar kedua setelah perekat. Material pasak harus menggunakan bahan kayu yang keras, besi atau baja [3]. Soltis et al. (1987) menuliskan bahwa kekuatan lateral pada suatu sambungan berhubungan erat dengan berat jenis, diameter pasak dan arah pembebanan yang terjadi.

2.4. Metode EYM

Analisa kekuatan pasak sebagai alat sambung menggunakan metode EYM (*European Yield Modeling*).

2.4.1. Mode I_m

$$Z_y = D t_m F_{em} \quad (1)$$

2.4.2. Mode I_s

$$Z_y = \frac{D t_m F_{em}}{R_t R_e} \quad (2)$$

2.4.3. Mode II

$$Z_y = \frac{D t_m F_{em}}{R_t R_e} \quad (3)$$

$$\left[\frac{\sqrt{R_e + 2R_e^2(1 + R_t + R_t^2) + R_t^2 R_e^3} - R_e(1 + R_t)}{(1 + R_e)} \right]$$

2.4.4. Mode III_m

$$Z_y = \frac{D t_m F_{em}}{1 + 2R_e} \quad (4)$$

$$\left[\sqrt{2(I + R_e) + \frac{2F_y(I + 2R_e)R_t^2}{3 F_{em} \left(\frac{t_m}{D}\right)^2}} - I \right]$$

2.4.5. Mode III_m

$$Z_y = \frac{D t_m F_{em}}{R_t(2 + R_e)} \quad (5)$$

$$\sqrt{\frac{2(I + R_e)}{R_e} + \frac{2F_y(2 + R_e)}{3 F_{em} \left(\frac{t_m}{D}\right)^2}}$$

2.4.6. Mode IV

$$Z_y = \sqrt{\frac{2 F_{em} F_y}{3(I + R_e)}} \quad (6)$$

2.5. Kekakuan Balok Laminasi

Momen menyebabkan terjadinya lentur pada struktur balok. Semakin besar momen tersebut, akan semakin besar pula lenturan yang diakibatkannya, sehingga menimbulkan kelengkungan pada balok. Dalam hubungannya dengan momen lentur, berlaku (Persamaan 7) dan secara numeris harga kelengkungan dapat diperoleh dari (Persamaan 8).

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI} \quad (7)$$

$$\varphi = \frac{y_{i-1} - 2y_i + y_{i+1}}{\Delta x^2} \quad (8)$$

Kekakuan adalah kemampuan suatu elemen untuk bersifat kaku/tidak elastis. Kekakuan balok didefinisikan sebagai hasil bagi antara beban dan lendutan dan dihitung dengan (Persamaan 9). Dalam hal ini terdapat hubungan antara lendutan dan faktor kekakuan untuk tipe pembebanan dua titik seperti yang ditunjukkan dalam (Persamaan 10):

$$k = \frac{P}{\delta} \quad (9)$$

$$\delta = \frac{P b (3 l^2 - 4 b^2)}{24 E I} \quad (10)$$

2.6. Momen Internal dan Eksternal

Momen dan gaya yang bekerja pada suatu benda dapat berupa internal atau eksternal. Momen internal dan momen eksternal haruslah sama, sehingga tercapai kesetimbangan suatu struktur. Gaya yang bekerja pada suatu struktur disebut eksternal (misal berat sendiri suatu struktur). Gaya-gaya dan momen yang timbul di dalam struktur sebagai respons terhadap gaya eksternal yang ada disebut internal (misal gaya tarik di dalam batang). Pada perhitungan balok bambu laminasi momen eksternal diambil dari momen maksimal yang terjadi pada saat pembebanan, yaitu:

$$M_{\max} = \frac{P L}{3} \quad (11)$$

Sedangkan untuk perhitungan momen internal dilakukan dengan metode pias dengan prosedur sebagai berikut:

- Menentukan jumlah pias yang akan digunakan;
- Regangan = kelengkungan balok x jarak Pias;
- Tegangan = persamaan garis dari grafik tegangan – regangan dengan variabel x adalah regangan;
- Luas pias = delta pias x lebar pias;
- Jarak pias ke garis netral = $\frac{1}{2}$ jarak delta Pias baru ditambah delta pias sebelumnya;
- Statis momen = jarak pias ke garis netral x luas pias;
- Gaya Pias = luas pias x tegangan.

2.7. Tegangan Geser

Selain tegangan geser berarah vertikal pada balok, ada pula tegangan geser berarah horizontal pada balok. Tegangan geser horizontal dapat mencegah gelincir. Selama materialnya mampu memikul tegangan geser horizontal ini, balok tersebut tetap utuh terhadap

kerusakan geser. Untuk menghitung nilai tegangan geser pada balok dapat menggunakan cara sebagai berikut:

$$F_v = \frac{V Q}{I b} \quad (12)$$

3. Metodologi Penelitian



Gambar 1. Metodologi Penelitian

3.1. Bahan Penelitian

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

3.1.1. Bambu Petung

Bambu yang digunakan untuk bahan balok laminasi dan pembuatan pasak diambil pada bagian tengah batang dan tidak memakai kulit luar,

3.1.2. Bahan Perekat

Bahan perekat yang digunakan adalah Rajawali PVAc.

3.1.3. Pasak

Pasak ini sendiri terbuat dari bambu dengan diameter 7 cm dan tinggi 10 cm.

3.2. 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.

3.2.1. Peralatan Pembuatan Benda Uji

Alat-alat yang digunakan untuk pembuatan benda uji yakni:

- Alat kempa dari kanal baja yang sudah dimodifikasi;
- Mesin penyerut (*planner*);
- Wire saw*;
- Jig saw*;
- Gerinda kayu;
- Bor duduk.

3.2.2. Alat-Alat Pelengkap

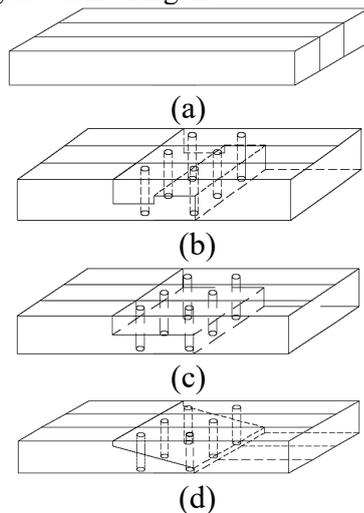
Antara lain: Meteran/mistar ukur, neraca, klem penjepit, wadah perekat beserta pengaduk (stik), tang catut, kunci baut, golok, gergaji dan pisau cutter.

3.2.3. Peralatan Pengujian Fisik dan Mekanik

- Mesin pengujian mekanik UTM (*Universal Testing Machine*) dipergunakan untuk pengujian sifat mekanika balok lamina.
- Dial, untuk membaca penurunan bambu secara manual.

3.3. Benda Uji

Benda uji balok laminasi dibuat sebanyak 12 balok ukuran 10 cm x 5 cm dengan 3 variasi tipe sambungan sebanyak 3 ulangan dan 1 variasi tanpa sambungan dengan 3 kali ulangan.



Keterangan :

- Balok tanpa sambungan (BN)
- Balok sambungan lurus berkait (SP 1)
- Balok sambungan lurus (SP 2)
- Balok sambungan miring (SP 3)

Gambar 2. Bentuk Sambungan Balok Bambu Laminasi

Tabel 1. Jumlah Benda Uji Balok Bambu

| Nama benda uji | Jumlah (buah) |
|----------------|---------------|
| BN | 3 |
| SP 1 | 3 |
| SP 2 | 3 |
| SP 3 | 3 |
| Total | 12 |

3.4. Pengujian Balok Laminasi

Pengujian balok laminasi dilakukan pada tumpuan sederhana (*sendi-rol*) dengan dua buah titik pembebanan. Dari setting ini diharapkan terjadi keruntuhan geser pada ujung balok.

3.5. Cara Analisis

Analisis dilakukan dengan cara membandingkan nilai kekuatan balok bambu laminasi tanpa sambungan dengan balok bambu laminasi dengan sambungan, sehingga mendapatkan hasil perbandingan kekuatan dan tipe sambungan yang efektif untuk balok bambu laminasi.

4. Analisis dan Pembahasan

4.1 Hasil Uji Kadar Air

Tabel 2. Data Hasil Uji Kadar Air Pemanding

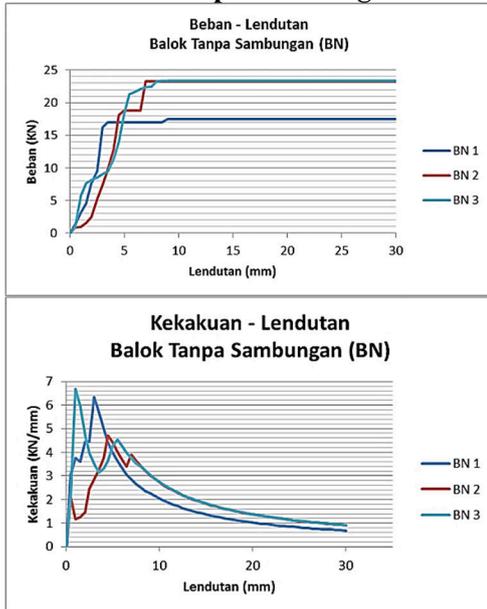
| Rata-rata Kadar Air | | |
|---------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Pritanto et al (2019) [4] | Darwis et al (2016) [5] | Aditya Pratama (2019) |
| 12,83 % | 18,02 % | 34,51 % |

4.2 Kerapatan

Nilai yang didapatkan pada pengujian sebesar 0,67 gr/cm³. Prayitno (1996) dalam Rina (2010) Menyebutkan bahwa untuk kerapatan kayu kurang dari 0,4 gr/cm³ termasuk kayu ringan, kerapatan kurang dari 0,55 gr/cm³ termasuk kayu sedang dan kerapatan kurang dari 0,72 gr/cm³ termasuk kayu berat. Pada pengujian kerapatan bambu yang diuji termasuk dalam kategori kayu berat.

4.3 Kekuatan Balok Bambu Laminasi

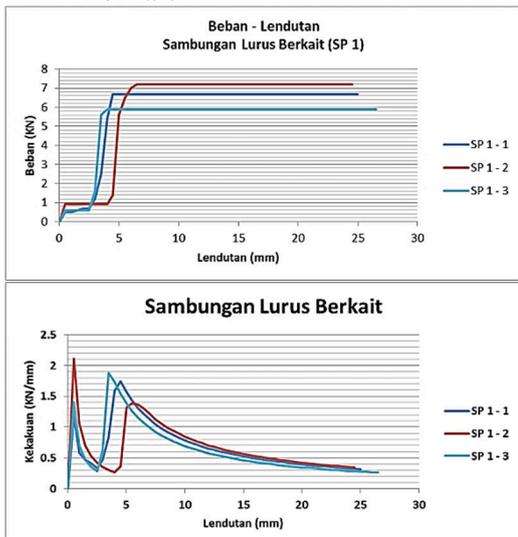
4.3.1. Balok Tanpa Sambungan



Gambar 3. Grafik Hubungan Beban-Lendutan dan Kekakuan-Lendutan Balok Tanpa Sambungan

Nilai rata-rata beban balok sebesar 21,4 KN dan kekakuan rata-rata sebesar 3,141 KN/mm.

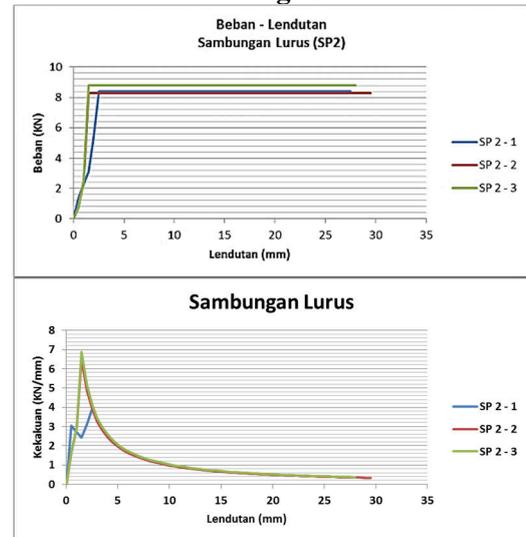
4.3.2. Balok Sambungan Lurus Berkait



Gambar 4. Grafik Hubungan Beban-Lendutan dan Kekakuan-Lendutan Balok Sambungan Lurus Berkait

Nilai rata-rata beban balok sebesar 6,6 KN dan kekakuan rata-rata sebesar 1,593 KN/mm.

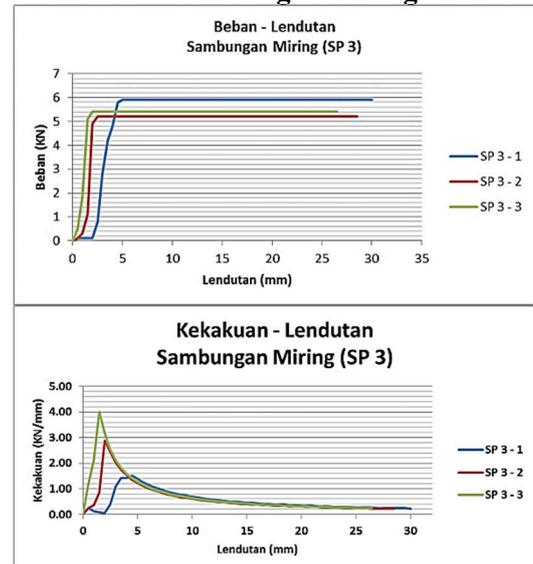
4.3.3. Balok Sambungan Lurus



Gambar 5. Grafik Hubungan Beban-Lendutan dan Kekakuan-Lendutan Balok Sambungan Lurus

Nilai rata-rata beban balok sebesar 8,533 KN dan kekakuan rata-rata sebesar 5,776 KN/mm.

4.3.4. Balok Sambungan Miring



Gambar 6. Grafik Hubungan Beban-Lendutan dan Kekakuan-Lendutan Balok Sambungan Miring

Nilai rata-rata beban balok sebesar 5,5 KN dan kekakuan rata-rata sebesar 2,332 KN/mm.

4.4 Momen Internal dan Eksternal

Tabel 3. Momen Internal dan Eksternal Balok Bambu Laminasi

| Benda Uji | Momen | | | | Rasio |
|-------------------------|-----------|-----------|----------|-----------|-------|
| | Eksternal | | Internal | | |
| | KNmm | Rata-rata | KNmm | Rata-rata | |
| Balok Normal | 4375 | 5350 | 1713.311 | 1682.221 | 3.180 |
| | 5825 | | 1713.311 | | |
| | 5850 | | 1620.041 | | |
| Sambungan Lurus Berkait | 1675 | 1650 | 865.543 | 960.255 | 1.718 |
| | 1800 | | 1244.718 | | |
| | 1475 | | 770.503 | | |
| Sambungan Lurus | 2100 | 2125 | 483.406 | 354.753 | 5.990 |
| | 2075 | | 290.639 | | |
| | 2200 | | 290.214 | | |
| Sambungan Miring | 1475 | 1375 | 960.300 | 610.181 | 2.253 |
| | 1300 | | 483.406 | | |
| | 1350 | | 386.838 | | |

Hasil yang diperoleh dari proses analisa menunjukkan bahwa nilai rata-rata momen eksternal lebih besar dibanding nilai rata-rata momen internal. Perbedaan nilai yang terjadi kemungkinan disebabkan oleh faktor-faktor lain yaitu:

- Penggunaan bentuk sambungan yang berbeda terhadap kekuatan balok bambu laminasi.
- Sifat fisika dan mekanika
- Bambu penyusun balok laminasi yang tidak homogen.

4.5 Tegangan Geser

Tabel 3. Momen Internal dan Eksternal Balok Bambu Laminasi

| Benda Uji | Tegangan Geser | | Penurunan Kuat Geser % |
|-------------------------|----------------|-----------|------------------------|
| | Mpa | Rata-rata | |
| Balok Normal | 6.853 | 6.232 | 0.00% |
| | 5.362 | | |
| | 6.481 | | |
| Sambungan Lurus Berkait | 3.468 | 3.845 | 38.31% |
| | 4.982 | | |
| | 3.084 | | |
| Sambungan Lurus | 1.933 | 1.421 | 77.20% |
| | 1.163 | | |
| | 1.166 | | |
| Sambungan Miring | 3.851 | 2.445 | 60.77% |
| | 1.933 | | |

Nilai terbesar dari variasi sambungan dan penggunaan pasak pada balok bambu laminasi terhadap kuat geser balok

laminasi didapat pada sambungan SP 1 dengan rata-rata 3,845 MPa. Penggunaan bentuk sambungan mempengaruhi kekuatan geser dari balok sambungan, hal ini terbukti pada penurunan yang hanya 38,31 % pada sambungan berkait dari balok tanpa sambungan, berbeda dengan balok tanpa sambungan berkait yang memiliki penurunan geser sebesar 60% – 70% terhadap balok tanpa sambungan.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

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

- Pengujian geser pada balok laminasi dengan sambungan lurus berkait, sambungan lurus, sambungan miring, dan balok tanpa sambungan menghasilkan kekuatan geser rata-rata secara berurutan sebesar 3,845 MPa, 1,421 MPa, 2,445 MPa, dan 6,232 MPa. Hasil dari pengujian ini didapatkan kekuatan geser untuk masing-masing tipe sambungan ada perbedaan yang signifikan yang dipengaruhi oleh bentuk sambungan, dan kekuatan geser terbesar pada sambungan lurus berkait dengan nilai 3,845 MPa mempunyai perbedaan

sebesar 38,31% dari balok tanpa sambungan.

- b. Kegagalan pada bambu laminasi tanpa sambungan terdapat pada masing-masing ujung bambu sedangkan untuk bambu yang menggunakan sambungan dan pasak sebagai alat sambung memiliki kegagalan pada sambungan.

Tech: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, 5(2), 23-39.

- [5] Darwis, Z., & Soelarso, S. (2016). Pengaruh Penggunaan Pasak Dengan Variasi Jarak (10cm, 15cm, 20 Cm) Terhadap Kuat Lentur Balok Laminasi Bambu (*Dendrocalamus Asper*). *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, 5(2).

5.2 Saran

Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan untuk penelitian balok bambu laminasi:

- a. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan menggunakan alat sambung lain seperti baut, plat dan macam alat sambung lainnya untuk dapat membuat sambungan balok memiliki kekuatan yang sama dengan balok tanpa sambungan atau bahkan dapat memiliki kekuatan yang lebih tinggi.
- b. Pabrikasi balok laminasi ini sebaiknya dilakukan pengecekan alat untuk dapat benar-benar berjalan dan dapat bekerja dengan baik.
- c. Dalam pengolahan bambu sebaiknya gunakan sarung tangan serta alat *safety* lainnya demi menghindari kecelakaan kerja.

6. Daftar Pustaka

- [1] Budi, A. S. (2011). Pengaruh Tekanan Kempa Terhadap Keruntuhan Lentur Balok Bambu Laminasi. *Media Teknik Sipil*, 11(2), 70-77.
- [2] Brown, HP., Panshin A.J., and Forsmith C.C. (1952). Text book of Wood Technology Vol.11. McGrawhill. NewYork.
- [3] Anonim, Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia, Ni-5 PKKI. (1961). Departemen Pekerjaan Umum.
- [4] Priyanto, A., & Yasin, I. (2019). Pemanfaatan Laminasi Bambu Petung Untuk Bahan Bangunan. *Science*