

Pengaruh Variasi Panjang Sambungan Bibir Lurus dan Baut pada Kuat Lentur Balok Bambu Petung Laminasi

Muhammad Imam Syafi'i

Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

imamxavie@gmail.com

Abstrak

Bambu laminasi merupakan salah satu alternatif konstruksi berbahan dasar kayu karena memiliki sifat unisotropis dimana kayu dan bambu sama-sama memiliki serat. Produksi bambu laminasi memiliki panjang maksimal 1,5 meter, sedangkan balok struktur pada umumnya memiliki panjang 3-6 meter, sehingga perlu adanya sambungan pada balok bambu laminasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi panjang sambungan bibir lurus pada kuat lentur balok bambu petung laminasi dan kekakuan balok pada setiap variasi panjang sambungan balok bambu petung laminasi dengan dimensi bilah berukuran sama yaitu 5mmx20mm.

Metode eksperimen penelitian ini menggunakan metode uji lentur *two points loading*. Balok uji berdimensi (tinggi) 100mm x (lebar) 60mm x (panjang) 1000mm. Panjang sambungan balok bambu petung bervariasi yaitu 200mm, 210mm, dan 220mm.

Hasil penelitian menunjukkan saat benda uji ditinjau dari lendutan ijin dapat menerima beban pada variasi BBL₁ sebesar 110,4 kg; BBL₂ sebesar 87,5 kg; dan BBL₃ sebesar 70,8 kg. BBL₁ memiliki kekakuan yang lebih besar dari BBL₂; dan BBL₂ memiliki kekakuan yang lebih besar dari BBL₃. Jika ditinjau dari kuat lentur balok, benda uji memiliki kuat lentur ijin yang lebih kecil dari kuat lentur layan dengan variasi panjang sambungan 200mm adalah yang paling efektif karena memiliki kuat lentur paling besar yaitu 3,68 MPa.

Kata kunci : bambu, kuat lentur, laminasi, sambungan

Abstract

Laminated bamboo is one of the alternative wood-based construction which have the same properties as wood in general which are unisotropic in that wood and bamboo both have fiber. The production of laminated bamboo has a maximum length of 1,5 meters, while structural beams generally have a length of 3-6 meters, so it is necessary to have a connection on laminated bamboo beams. The purpose of this study is to know the effect of variations in straight lip joints on the flexural strength of laminated "bamboo petung" beams and beam stiffness in each variation of the joint length of laminated bamboo beams which the dimensions of the same sized blade 5mmx20mm.

The experimen's method use two points loading flexural test. Variations of joint length of "bamboo petung" beams are 200mm, 210mm, and 220mm on beam dimensions of 60mmx100mmx1000mm.

The results of the study showed that flexure strength of BBL₁ of 110.4 kg; BBL₂ was 87.5 kg; and BBL₃ was 70.8 kg respectively. So that BBL₁ had a stiffness greater than BBL₂, and BBL₂ had a stiffness greater than BBL₃. If it was controlled by the flexural strength of the beam, the test object had a greater flexural strength than the flexural strength of the theory with a variation of the connection length of 20cm which was the most effective because it had the greatest flexural strength of 3,68 MPa.

Keywords : bamboo, flexural strength, lamination, joint

PENDAHULUAN

Bambu Petung laminasi (*Dendrocalamus Asper lamination*) sebagai kayu struktur dan dapat diterapkan sebagai kolom, balok, struktur kuda-kuda, dan lain-lain yang biasanya diterapkan pada rumah tradisional maupun bangunan yang menggunakan berbahan jenis kayu.

Bambu Petung laminasi (*Dendrocalamus Asper lamination*) adalah bambu petung yang telah dimodifikasi sedemikian rupa sehingga dapat menyerupai kayu struktur seperti kolom, balok, struktur kuda-kuda, dan lain-lain dengan melalui proses laminasi.

Balok pada umumnya berukuran panjang 3 m atau lebih. Bambu laminasi yang diproduksi pabrik

memiliki dimensi panjang maksimum 1,5m. Balok bambu panjang 3 m harus menggunakan sambungan.

Prayitno (1996) menjelaskan bahwa proses laminasi dan penyambungan sangat terkait dengan proses perekatan ada tiga aspek utama yang mempengaruhi, yaitu bahan yang direkat (bambu), bahan perekat dan teknologi perekatan.

Aspek bahan yang direkat (bambu) meliputi struktur dan anatomi bambu (susunan sel, arah serat) dan sifat fisika (kerapatan, kadar air, kembang susut dan porositas). Aspek perekatan meliputi jenis, sifat dan kegunaan perekat. Aspek teknologi perekatan meliputi komposisi perekat, berat laburan, pengempaan dan kondisi kerja (durasi, suhu, cara pelaksanaan).

Penerapan utama kayu sebagai struktur bangunan diperlukan adanya sambungan dikarenakan

memiliki bentuk struktur dan tidak tersedianya ukuran bentang batang kayu yang sangat panjang sehingga batang-batang kayu tersebut harus melalui proses penyambungan untuk mendapat panjang bentang yang direncanakan.

Sambungan dapat dikategorikan bagian yang sangat lemah sehingga sering kali terjadi kegagalan atau mengalami kerusakan struktur yang disebabkan kegagalan sambungan.

Kegagalan sambungan yang terjadi seperti rusak atau pecahnya kayu dan terjadi pembengkokan alat sambung tersebut serta lendutan sudah melewati nilai toleransi. Pada alat sambungan kayu sendiri memiliki berbagai macam jenis sambungan yaitu sambungan pasak, baut dan paku.

Santosa (2004) telah melakukan penelitian sambungan momen pada balok kayu bangkirai ukuran $4/10 \text{ cm}^2$ panjang 90 cm menggunakan pelat baja ganda yang dipaku dengan paku diameter 3,05 mm dan panjang 36 mm pada sisi kiri dan kanan. Jumlah paku yang digunakan 6, 10, dan 14 buah pada masing-masing sisi kiri dan sisi kanan dengan panjang pelat 15 cm, lebar 9 cm dan tebal 2 mm.

Hasil pengujian Santosa (2004) menunjukkan kekuatan sambungan dengan 6, 10 dan 14 buah paku sebesar 50,72 %, 46,18 %, dan 39,04 % dari balok utuh tanpa sambungan. Penurunan kekuatan sambungan seiring dengan bertambahnya jumlah paku yang mengakibatkan retak pada saat pemakuan akibat jumlah paku semakin banyak dan masih kurang baiknya pendetailan jarak paku.

Sutiono (2004) melakukan penelitian sambungan lentur balok kayu bangkirai ukuran $5/7 \text{ cm}$ panjang 150 cm menggunakan plat kayu ganda dengan ukuran $2 \times 2,5/7 \text{ cm}$ yang ditempatkan di sisi kiri dan kanan, disambung dengan 8 buah baut diameter $3/8''$ (panjang 12,5 cm, diameter 0,95 cm) yang dipasang menjadi 2 baris. Panjang plat sambung untuk jarak baut 6 cm, 8 cm, dan 10 cm adalah 40 cm, 44 cm dan 48 cm.

Hasil pengujian Sutiono (2004) menunjukkan kekuatan sambungan untuk jarak baut 6 cm, 8 cm, dan 10 cm adalah sebesar 45,53 %, 53,17 %, dan 61,17 % dari kekuatan balok tanpa sambungan.

Achmad B. (2012) menjelaskan bahwa dalam sambungan dua irisan tebal kayu utama harus lebih besar dari tebal kayu sampingnya ($t_m = 2t_s$). Perlu dilakukan tinjauan mengenai jarak tumpuan benda uji pada pengujian sambungan. Pada uji sambungan tekan menggunakan lebar 80 mm dan tebal 54 mm dengan panjang 200mm.

Hasil penelitian Achmad B. (2012) sebelumnya yaitu 2 baut menghasilkan rata-rata 6136,66 N, 3 baut dengan hasil 8790 N dan 4 baut dengan 11623,33 N. Dari perhitungan tahanan lateral (Z_u) secara teoritis ternyata lebih besar dibandingkan dengan hasil pengujian tekan sambungan. Hal ini dikarenakan tebal kayu utama (t_m)

yang digunakan sama dengan tebal kayu samping (t_s) yaitu 18 mm, sehingga kuat tumpu kayu utama (t_m) lebih kecil dari kayu sampingnya (t_s). Hasilnya adalah saat pengujian tekan sambungan, kerusakan atau kegagalan sambungan terjadi pada kayu utamanya.

Pemakaian 2 variasi dimensi tampang bilah bambu yang digunakan yaitu dimensi bilah $15 \times 5 \text{ mm}$ dan dimensi bilah $25 \times 5 \text{ mm}$, didapat hasil bahwa pemakaian dimensi tampang bilah bambu $15 \times 5 \text{ mm}$ pada balok laminasi, mempunyai kekuatan menahan beban dan tegangan lentur, masing-masing 11,8% dan 19,8% lebih besar daripada dimensi tampang bilah bambu $25 \times 5 \text{ mm}$. Kerapatan pada sampel benda uji bambu Petung yang diamati berkisar antara $0,7 \text{ g/cm}^3$ sampai dengan $0,75 \text{ g/cm}^3$ dengan nilai rata-rata $0,73 \text{ g/cm}^3$, maka penggunaan rasio dimensi bilah $1/3$ lebih besar dari $1/5$ dengan dimensi yang digunakan $60 \times 120 \text{ mm}$ dengan sambungan dan menghasilkan beban maksimum 17640 N. Kerapatan bambu Petung ini dapat diklasifikasikan menurut PKKI-1961 ke dalam kelas kuat II dengan rentang berat jenis 0,6 - 0,9. (Agus Setya Budi).

Suatu balok kayu terdapat sambungan apabila terjadi ukuran panjang bentang yang tidak tersedia, balok kayu pada umumnya menahan beban/gaya lentur sehingga balok kayu yang digunakan untuk mengetahui kekuatan lentur balok kayu tersebut sesuai kekuatan lentur yang diijinkan serta layak untuk digunakan sebagai balok kayu dengan menggunakan variasi panjang sambungan kayu yaitu 2h, 2,1h, dan 2,2h, serta untuk mengetahui panjang sambungan bibir lurus dan baut yang efektif untuk menahan kuat lentur balok.

KAJIAN PUSTAKA

Sambungan Kayu

Sinaga (1994) menjelaskan bahwa sambungan kayu merupakan konstruksi yang terdiri dari dua potong kayu yang dihubungkan dengan suatu sistem hubungan tertentu dengan suatu bentuk tertentu dan menggunakan alat sambungan pada sambungannya.

Kayu sebagai bahan konstruksi memerlukan persyaratan tertentu yaitu keteguhan kayu dalam memikul beban maksimum yang mungkin timbul, karena kayu di dalam konstruksi bangunan digunakan pada bagian yang menahan muatan tetap dan muatan angin dengan bentangan yang panjang.

Penggunaan kayu sebagai bahan konstruksi masih menjadi pilihan utama bagi sebagian besar masyarakat Indonesia. Sebagian besar kayu diperuntukkan pada bangunan rumah atau gedung, sedangkan sebagian lagi digunakan untuk jembatan, dermaga, dan lainnya.

Konstruksi kayu memerlukan bahan kayu dengan bentangan yang berukuran panjang, sedangkan kayu-kayu yang dijual di pasaran sangat terbatas ukuran panjangnya, maka dilakukan teknik penyambungan.

Yap F. (1999) menjelaskan bahwa bentuk sambungan yang bermacam-macam dalam suatu

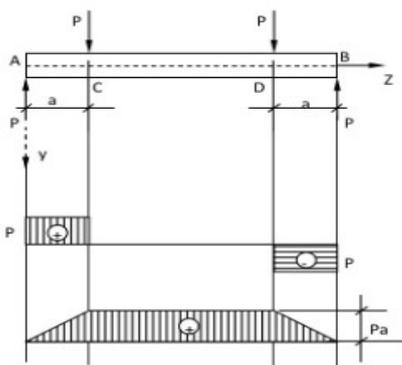
konstruksi bangunan diperlukan suatu alat sambungan sebagai pengokoh kekuatan sambungan. Fungsi alat sambung adalah penyambung dan penghantar gaya yang bekerja pada satu bagian ke bagian lain dari sambungan. satu bagian ke bagian lain tersebut masing-masing merupakan satu kesatuan. Alat sambung yang relatif murah dan mudah digunakan adalah paku. Hal ini mengingat dalam konstruksi kayu sebagian besar masih menggunakan alat sambung berupa paku, sehingga diperlukan suatu metode yang mudah dalam mengetahui besar beban yang mampu diterima oleh sambungan. Paku walaupun dalam perkembangannya mulai ditinggalkan karena daya dukungnya kecil tapi paku mempunyai keunggulan di antaranya; paku lebih kaku dan mempunyai sesaran yang lebih kecil dibanding baut.

Tabel 1. Muatan Balok beban layan (Heinz, 1981)

No	Muatan Mati	Beban
1	Kontruksi pelat lantai dengan balok kayu (lebar bentang <5.0 m)	g1= 0,4 kN/m ²
2	Langit-langit dari pelat semen berserat/triplek dsb. Dan kontruksi penggantung dari kayu berjarak <80 cm	g2= 0,18 kN/m ²
No	Muatan Hidup	
	Muatan ini dianggap pada lantai dan tangga rumah tinggal biasa (3 kN/m ² apabila untuk balkon)	q= 2 kN/m ²
	Total	2,58 kN/m ²

Balok Terlentur

Balok yang dibebani oleh beban P dengan diagram gaya lintang (gaya geser) dan diagram momennya di tengah bentang tidak terdapat gaya lintang yang bekerja dan momen menjadi $M= P.a$ maka kondisi seperti itu dapat disebut sebagai lentur murni (Frick,Heinz, 2004).



Gambar 1. Pembebanan sistem *two point loading*

MoR dan MoE Balok Pembebanan 2 Titik (*two point loading*)

Kapasitas lentur balok kayu laminasi ditentukan berdasarkan harga modulus of rupture yang merupakan

tegangan lentur maksimum balok. Tingkat kekakuan balok yang menjadi tolak ukur adalah besaran modulus elastisitas. Nilai modulus of rupture (*MoR*) dan modulus elastisitas (*MoE*) digunakan hubungan-hubungan yang disajikan dalam Persamaan 1 dan Persamaan 2 (sistem pembebanan *two point loading*) seperti yang terlihat pada Gambar 1:

$$MoR = \frac{6P_{maks}L}{bh^2} \dots\dots\dots(1)$$

$$MoE = \frac{P_{maks} L^3}{4bh^3\Delta} \dots\dots\dots(2)$$

P_{maks} adalah beban ultimit (N), a adalah jarak tumpuan dengan titik dimana momen ditinjau /lengan gaya (mm), b adalah lebar balok, h adalah tinggi balok, Δ adalah lendutan proporsional (mm), *MoR* adalah tegangan lentur maksimum balok, L adalah panjang bentang (mm) dan *MoE* modulus elastisitas balok.

Kekakuan Balok Laminasi

Bekerjanya momen pada elemen lentur akan menimbulkan kelengkungan di sepanjang bentang balok

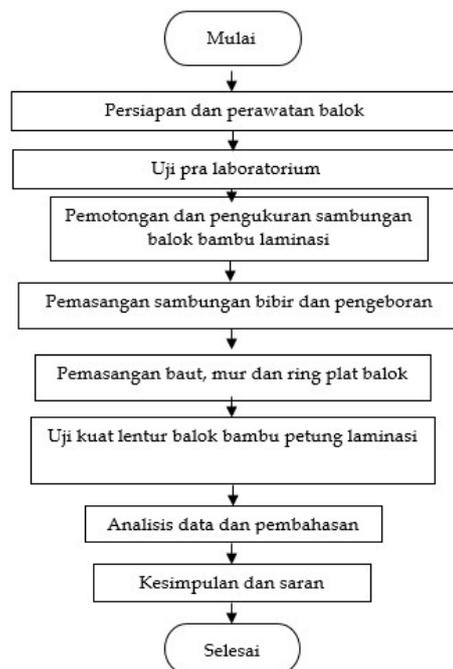
$$\Delta = \frac{M}{EI} \dots\dots\dots(3)$$

$$K = \frac{P}{\Delta} \dots\dots\dots(4)$$

dengan P adalah beban yang bekerja (N), Δ adalah defleksi balok (mm), K adalah nilai kekakuan balok (N/mm), M adalah momen lentur yang bekerja, EI adalah faktor kekakuan balok.

METODE

Alur Penelitian



Gambar 2. Flow Chart Penelitian

Bahan Penelitian

Bambu yang digunakan adalah bambu petung pabrikan di Sleman, Yogyakarta. Bambu menggunakan dimensi bilah 5mm x 20mm dengan dimensi balok (tinggi) 100mm x (lebar) 60mm x (panjang) 1000mm. Panjang sambungan balok bambu petung bervariasi, yaitu 200mm, 210mm, dan 220mm.

Peralatan

Mesin Pengujian menggunakan TTM (*Tokyo Testing Machine*) di Universitas Gadjah Mada

Benda Uji Balok Bambu Petung Laminasi

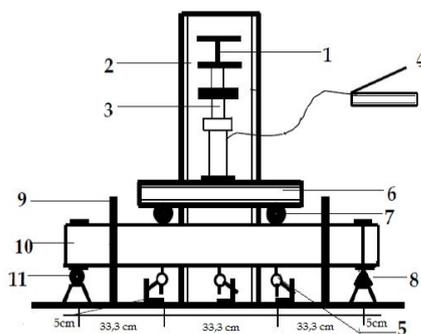
Tabel 2. Benda uji bambu petung laminasi

Kode Benda Uji	Ukuran Penampang			Panjang Sambungan
	b (mm)	h (mm)	L (mm)	
BBL _{1.1}	60	100	1000	2h ≈ 200mm
BBL _{1.2}	60	100	1000	2h ≈ 200mm
BBL _{1.3}	60	100	1000	2h ≈ 200mm
BBL _{2.1}	60	100	1000	2,1h ≈ 210mm
BBL _{2.2}	60	100	1000	2,1h ≈ 210mm
BBL _{2.3}	60	100	1000	2,1h ≈ 210mm
BBL _{3.1}	60	100	1000	2,2h ≈ 220mm
BBL _{3.2}	60	100	1000	2,2h ≈ 220mm
BBL _{3.3}	60	100	1000	2,2h ≈ 220mm

Pengujian Balok Bambu Petung Laminasi

Pengujian balok bambu petung laminasi dilakukan pada tumpuan sederhana (sendi-rol) dengan *two point loading system* dengan membagi beban pada jarak sepertiga bentang. Pengekangan lateral disediakan untuk mencegah adanya kontribusi pengaruh geser lateral. Dari setting ini diharapkan terjadi keruntuhan lentur pada benda uji.

Selanjutnya pembebanan dilakukan secara bertahap dimana beban ditambah dengan penambahan beban sebesar 10 kg dan kelipatannya, serta dilakukan pencatatan lendutan yang terjadi. Selama pembebanan berlangsung diamati kerusakan yang terjadi pada benda uji.



Gambar 3. Setting Pengujian

Keterangan:

1. Loading Frame
2. Frame
3. Load Cell
4. Hydraulic Jack
5. Transducer Indikator
6. Balok Pembagi Beban
7. Beban Titik
8. Tumpuan sendi
9. Pengekang lateral
10. Benda Uji
11. Tumpuan Roll

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Balok Bambu Petung Laminasi

Data-data yang didapat dari uji lentur balok bambu petung laminasi adalah beban maksimum, lendutan yang terjadi untuk setiap kenaikan pembebanan dan jenis kerusakan yang terjadi. Dari data-data tersebut maka pada masing-masing balok laminasi dapat dihitung besar kekuatan balok dan kuat lentur balok.

Tabel 3. Beban maksimum dan kuat lentur

Kode	Beban Maks (N)	Rerata Beban Maks (N)	Lendutan (mm)	Rerata Lendutan (mm)
Kontrol ₁	9245,6	10182,7	9,3579	11,1403
Kontrol ₂	11768,7		13,5689	
Kontrol ₃	9533,9		10,4942	
BBL _{1.1}	6524,2	6638,33	39,1361	38,7127
BBL _{1.2}	6073,6		44,3832	
BBL _{1.3}	7317,2		32,6189	
BBL _{2.1}	5821,3	5653,13	14,6384	26,6923
BBL _{2.2}	6488,2		30,0288	
BBL _{2.3}	4649,9		35,4096	
BBL _{3.1}	4667,9	4655,9	23,3279	27,2159
BBL _{3.2}	4595,8		29,1264	
BBL _{3.3}	4704		29,1933	

Kerusakan pada balok saat pengujian di Laboratorium PSIT UGM Yogyakarta adalah sebagai berikut:

1. Kerusakan pada sambungan

Kerusakan yang terjadi pada sambungan menyebabkan bagian bawah pada sambungan meregang sebesar Δ_n , sedangkan pada sisi atas sambungan, kedua ujung bibir sambungan saling menekan hingga mengalami kerusakan. Hal ini terjadi karena adanya beban P pada sambungan sehingga terjadi lendutan

dengan kondisi bagian bawah balok mengalami Tarik dan bagian atas mengalami tekan.



Gambar 4. Pola kerusakan pada titik pembebanan balok

2. Kerusakan geser di sepanjang bentang perekat

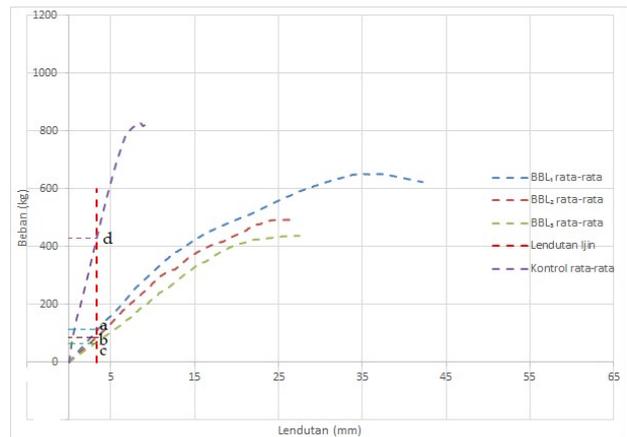
Balok bambu petung laminasi dibebani suatu gaya, maka tegangan dan regangan akan terjadi di seluruh bagian interior balok. Momen lentur yang terjadi mengakibatkan bagian bawah balok mengalami gaya tarik dan bagian atas balok mengalami gaya tekan. Akibat adanya gaya tekan dan gaya tarik yang saling berlawanan pada garis netral, maka pada daerah sekitar sepanjang garis netral tersebut terjadi geser sehingga lebih rentan terjadi kerusakan dibanding pada posisi garis yang lain. Hal tersebut lebih disebabkan karena adanya kurang sempurnanya dalam proses perekatan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Kerusakan perekat pada balok bambu petung laminasi

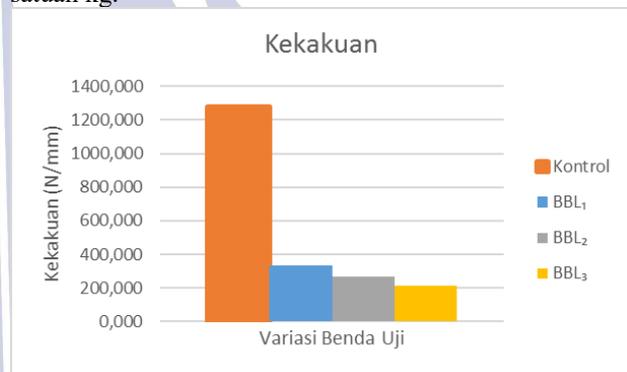
Pembahasan

Data hasil pengujian benda uji di atas diolah ke dalam bentuk grafik hubungan antara P_{ijin} dengan lendutan ijin; kekakuan; serta kuat lentur pada saat P_{ijin} dengan P_{layan} . Berikut disajikan data dari hasil uji balok laminasi dalam Gambar 6, Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 6. Grafik hubungan P_{ijin} dengan Δ_{ijin}

Grafik di atas menjelaskan bahwa benda uji akan melendut sebesar Indutan ijin 3,3mm membutuhkan beban ijin sebesar a, b, c, dan d sesuai gambar dengan satuan kg.



Gambar 7. Grafik kekakuan tiap benda uji

Grafik di atas menunjukkan kekakuan dari setiap benda uji. Kekakuan di dapat dari rumus beban ijin dibagi dengan lendutan ijin. Semakin besar panjang sambungan, maka kekakuan dari benda uji semakin kecil. Hal ini terjadi karena kemampuan benda uji dalam menerima beban juga semakin kecil.



Gambar 8. Kuat lentur pada saat P_{ijin} dan P_{layan}

Grafik di atas menunjukkan kuat lentur dari setiap benda uji pada saat lendutan ijin dan pada saat layan. Benda uji variasi memiliki kuat lentur ijin lebih kecil dari kuat lentur layan. Semakin besar panjang sambungan, maka kuat lentur ijin dari benda uji semakin kecil. Hal ini terjadi karena kemampuan benda uji dalam menerima beban juga semakin kecil.

SIMPULAN

Hasil pengujian balok laminasi dan pembahasan memiliki kesimpulan bahwa semakin besar variasi panjang sambungan bibir lurus dan baut yang digunakan, maka beban yang diterima balok akan semakin kecil, sehingga kekakuan yang terjadi juga semakin kecil. Pada saat lendutan ijin menunjukkan bahwa variasi benda uji dengan panjang sambungan sebesar 200mm adalah variasi yang paling efektif karena memiliki kuat lentur paling besar yaitu sebesar 3,68 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, Basuki. 2012. Kayu LVL Sebagai Alternatif Elemen Konstruksi.
- Anonim. 1995. *SNI 03-3959-1995* Tentang Metode pengujian kuat lentur kayu di laboratorium
- Anonim. 1961. *Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia 1961*, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan
- Breyer, D. E. 1998. *Design of Wood Structures, Second Edition*, Mc Graw-Hill. New York
- Budi, Agus Setiya. 2006. *Pengaruh Dimensi Bilah, Jenis Perekat dan Tekanan Kempa terhadap Keruntuhan Lentur Balok Laminasi bambu Petung*. Tesis S2, Fakultas Teknik UGM. Yogyakarta (tidak diterbitkan)
- Dumanauw, J.F. 1982. *Mengenal Kayu*. PT Gramedia. Jakarta
- Frick, Heinz. 2004. *Seri Konstruksi Arsitektur – Ilmu Konstruksi Bangunan Bambu*, Edisi Pertama. Yogyakarta. Penerbit Kanisius.
- Heinz. 1981. *Ilmu Konstruksi Bangunan*, Yogyakarta. Penerbit Kanisius.
- Iensufrie, Tikno. (2009). *Mengenal Teknik Pengeringan Kayu*. Surabaya: Erlangga
- Irawati, I. S. dan Saputra, A. 2012. *Analisis Statistik Sifat Mekanika Bambu Petung*, prosiding Simposium Nasional Rekayasa dan Budidaya Bambu I 2012, Rekayasa Bambu sebagai solusi pelestarian lingkungan. ISBN:978
- Morisco. 2006. *Teknologi Bambu*, Bahan Kuliah Magister Teknologi Bahan Bangunan, Program Studi Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Morisco, 1999. *Rekayasa Bambu*. Nafiri Offset. Yogyakarta
- Oka, G.M. 2004. *Pengaruh Pengempaan Terhadap Keruntuhan Geser Balok Laminasi Horizontal bambu Petung*. Tesis S2, Fakultas Teknik UGM. Yogyakarta (tidak diterbitkan)
- Prayitno, T.A. 1995. *Pengujian Sifat Fisika dan Mekanika Kayu* menurut ISO, Fakultas Kehutanan Universitas Gajah Mada. Yogyakarta
- Santosa, D.H. 2004. *Tinjauan Penggunaan Plat Baja Untuk Sambungan Momen Pada Konstruksi Kayu*, Skripsi FT UJB, Yogyakarta
- Sutikno. 1995. *Pengantar Praktek konstruksi Kayu I*. Pusat Pengembangan Pendidikan Politeknik. Bandung
- Sutiono, 2004, *Pengaruh Variasi Jarak Baut Terhadap Kekuatan Sambungan pada Uji Lentur*, Skripsi FT UJB, Yogyakarta
- Sinaga, Marolop. 1994. *Pengaruh Bentuk Sambungan dan Jumlah Paku Terhadap Kekuatan Sambungan Kayu*. Jurnal Penelitian Hasil Hutan (12)(3): 109-113