

PENGARUH VARIASI KETEBALAN LAPIS KAYU BALOK LAMINASI MERANTI-SENGON-MERANTI PADA PENYUSUNAN DENGAN KOMPOSISI *BALANCED* TERHADAP TEGANGAN LENTUR

Dliya'ul Fikriya

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

Email: dliyaulfikriya@gmail.com

Suprpto, S.Pd., M.T.

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: suprap_sipil@yahoo.com

Abstrak

Balok laminasi merupakan produk rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih lapisan kayu lamina yang saling direkat dalam arah serat longitudinal. Sumber daya alam berupa kayu sangat potensial untuk dipakai sebagai bahan bangunan. Kayu memiliki beberapa kelebihan antara lain: ringan, tahan terhadap gempa, mudah dalam pelaksanaannya. Penggunaan kayu sebagai bahan struktural diantaranya adalah untuk keperluan bahan bangunan rumah atau bangunan lain, pembuatan kuda-kuda, rangka jembatan hingga hanggar pesawat terbang. Untuk berbagai keperluan struktural tersebut dibutuhkan dimensi kayu yang cukup besar dengan bentang yang panjang. Salah satu cara yang bisa dilakukan untuk mendapatkan kayu dengan dimensi yang diinginkan adalah dengan teknik laminasi. dalam pembuatan balok laminasi, penyusunan setiap lapisan dapat diatur sedemikian rupa sehingga bisa meningkatkan sifat-sifat kekuatan kayu yang digunakan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi kayu isian (kayu Sengon) yang paling optimal terhadap tegangan balok laminasi.

Penelitian ini dilakukan dengan membuat benda uji dengan tingkat penyusunan seimbang dimana lapisan atas dan bawah balok laminasi memiliki dimensi sama, yaitu menggunakan kayu Meranti dan kayu isian menggunakan kayu Sengon. Benda uji dibuat dengan variasi penambahan kayu isian Sengon setinggi 20%, 27%, 33%, 38 dan 42% dari tinggi balok dengan panjang bentang 90 cm, masing-masing variasi dibuat 3 benda uji. Pengujian lentur dilakukan dengan beban terpusat ditengan bentang balok yang didukung tumpuan sendi dan rol Selain data kuat lentur, lendutan benda uji juga diukur dengan meletakkan dial gauge pada masing-masing $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, dan $\frac{3}{4}$ bentang.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tebal kayu isian Sengon maka kekuatan balok laminasi semakin tinggi yang digambarkan dengan beban yang diterima oleh balok semakin meningkat. Pada penambahan kayu isian Sengon setinggi 20% dan 27% dari total ketinggian balok laminasi, kekuatan lentur yang terjadi melebihi kekuatan lentur dari balok utuh kayu penyusun, baik kekuatan utuh Meranti maupun Sengon. Penambahan kayu isian Sengon setinggi 33% hingga 42% dari total ketinggian balok laminasi terjadi penurunan kekuatan lentur. Kekuatan lentur yang optimum adalah pada penyusunan dengan penambahan kayu isian Sengon kurang dari 27% dari total ketinggian balok laminasi. Lendutan yang terjadi pada masing-masing balok masih pada kondisi elastis grafik menunjukkan kondisi yang linier, dan pada saat balok sudah tidak elastis penambahan beban dan lendutan sudah tidak seimbang lagi, beban sudah tidak dapat bertambah lagi, namun lendutan masih terus bertambah sampai balok mengalami keruntuhan total, semakin tebal kayu isian sengon, maka lendutan yang terjadi semakin kecil, dan semakin besar kekakuan, begitu pula sebaliknya jika semakin besar kekakuan beban yang bisa diterima semakin besar. Seluruh variasi balok laminasi kerusakan awal dimulai dari rusaknya kayu Meranti pada sisi lapisan terluar, balok dengan penambahan isian Sengon 20%, 27%, 33% dan 38% dari total ketinggian balok laminasi mengalami runtuh lentur, sedangkan pada balok dengan penambahan isian Sengon 42% dari total ketinggian balok laminasi mengalami runtuh geser.

Kata Kunci: Balok laminasi, Penyusunan seimbang, Tegangan lentur.

Abstract

Laminated beams are engineering products consisting of two or more layers of lamina wood that are reexposed in the direction of longitudinal fibers. Natural resources in the form of wood are the potential to be used as building materials. Wood has some advantages, among others: mild, resistant to earthquakes, easy in the implementation. The use of wood as a structural material is for the purposes of building materials or other buildings, the creation of horses, the frame of the bridge to the aircraft hangar. For various structural purposes, it takes a large enough wood dimension with a long span. One of the ways that

can be done to get wood with the desired dimensions is with laminated techniques. In the manufacture of laminated beams, the preparation of each layer can be arranged so that it can improve the properties of the wood power used. The purpose of this research is to know the influence of wood variation (Sengon wood) is the most optimal for the voltage of laminated beams.

This research is done by making test objects with a balanced arrangement where the top and bottom layers of laminated beams have the same dimensions, namely using Meranti wood and wood stuffing using Sengon wood. The test material is made with a variation of the addition of Sengon wood as high as 20%, 27%, 33%, 38, and 42% of the beam height with a span of 90 cm, each variation of 3 test objects. Flexible testing carried out with the centralized load of beam spans supported by joints and roller focus in addition to strong bending data, Lendutan test objects are also measured by placing dial gauge at each of the 1/4, 1/2, and 3/4 landmarks.

The results show that the thicker the Sengon wood is the higher the strength of the laminated beam that is depicted with the burden received by the beam is increasing. At the addition of the field of Sengon Wood as high as 20% and 27% of the total height of the laminated beam, the strength of bending that occurs exceeds the bending power of the constituent wood intact, both the whole strength Meranti and Sengon. The addition of the wood Sengon field as high as 33% to 42% of the total height of laminate beams occurs a decrease in bending strength. The optimum bending strength is in preparation with the addition of Sengon wood less than 27% of the total height of laminated beams. Extension that occurs in each beam is still in the condition of the elastic chart indicates a linear condition, and when the beam is not elastic added load and extension is not balanced anymore, the load is no longer increase, but the extension is still increasing until the beam experienced a total collapse, the thicker the Sengon wood, the extension that occurs increasingly smaller, and the greater stiffness, and vice versa if the greater the rigidity of the burden that can be received is greater. All variations of the early damage laminate beam start from the destruction of Meranti wood on the outer layer side, with the addition of the stuffing Sengon 20%, 27%, 33% and 38% of the total height of the laminated beams have collapsed, while in the beam with the addition of Sengon 42% field of the total height of the laminated beams have collapsed sliding.

Keywords: Laminated beam, balanced arrangement, lecture voltage.

PENDAHULUAN

Sumber daya alam Indonesia yang berupa kayu sangat potensial untuk dipakai sebagai bahan bangunan. Kayu memiliki beberapa kelebihan antara lain: ringan, tahan terhadap gempa, mudah dalam pelaksanaannya. (suhendar, 2008) Kayu juga memiliki kelemahan seperti mudah terbakar, mudah mengalami kembang susut, dan tidak tahan rayap. Penggunaan kayu sebagai bahan bangunan harus memperhatikan kelebihan dan kelemahan dari bahan kayu sebelum menggunakannya untuk membuat konstruksi bangunan.

Balok adalah elemen struktural yang menerima gaya-gaya yang bekerja dalam arah transversal terhadap sumbunya yang mengakibatkan terjadinya momen lentur dan gaya geser sepanjang bentangnya. Balok merupakan elemen struktural yang menyalurkan beban-beban dari pelat lantai ke kolom sebagai penyangga vertikal.

Balok laminasi (*glulam beam*) merupakan produk rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih lapisan kayu (lamina) yang saling direkat dalam arah serat longitudinal. Balok laminasi memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan kayu solid diantaranya adalah dapat dibuat dari kayu dengan log berdiameter kecil dan berkualitas rendah, penampang dan panjang balok dapat dibuat lebih besar dan panjang sesuai kebutuhan, serta dapat dibuat melengkung. Balok laminasi lebih efisien jika dibandingkan dengan kayu solid karena dapat dibuat dalam berbagai variasi bentuk, jumlah lapisan, dan ukuran sehingga dapat menghasilkan ukuran yang besar.

Keteguhan patah ini biasanya disimbolkan dengan MOR (*Modulus of Rupture*), yaitu kekuatan atau kemampuan maksimum untuk menahan gaya – gayayang berusaha melengkungkan kayu dari sepotong kayu dan proporsional terhadap maksimum momen yang dihasilkan oleh kayu tersebut. Dalam hal ini, dibedakan keteguhan lentur statik dan keteguhan lentur pukul. Keteguhan lentur statik menunjukkan kekuatan kayu menahan gaya yang mengenai secara pelahan – lahan. Keteguhan lentur pukul adalah kekuatatan kayu manahan gaya yang mengenai secara mendadak, misalnya pukulan.

Sesuai dengan hukum Hooke, tegangan adalah sebanding dengan regangan. Regangan tarik terjadi ketika batang mengalami tarik dan terjadi perpanjangan sedangkan regangan tekan terjadi ketika batang mengalami tekan dan terjadi pemampatan. Dengan rumus sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

Dimana

ε = Regangan ($\mu\text{m}/\text{m}$ atau $\mu\varepsilon$)

L = Panjang benda mula mula (m)

ΔL = Perubahan panjang benda (μm)

Mengikuti Hukum Hooke yang menyatakan bahwa penambahan tegangan berbanding lurus dengan penambahan regangan yang lazim disebut sebagai *Modulus elastis* (E). Oleh karena regangan berbanding lurus dengan jaraknya dan garis netral, maka untuk bahan yang mempunyai hubungan tegangan regangan yang linier

akan terjadi tegangan yang juga berubah secara linier. Dari hukum Hooke didapatkan tegangan normal:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

Maka

$$\sigma = E \epsilon = C E y$$

Momen lentur didapat dengan mengalikan resultan gaya normal dengan lengannya ke garis netral, maka didapat persamaan:

$$M = \frac{E \cdot I}{\rho}$$

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I} \quad (\text{Soemono, 1989})$$

Sesuai dengan hukum Hooke, tegangan adalah sebanding dengan regangan maka didapatkan rumus :

$$\epsilon = \frac{M y}{E I}$$

Dimana

σ = Tegangan lentur (kg/cm^2)

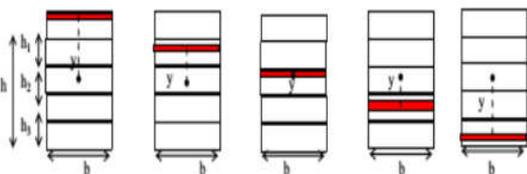
ϵ = Regangan ($\mu\text{cm/cm}$ atau $\mu\epsilon$)

M = Momen nominal (kgcm)

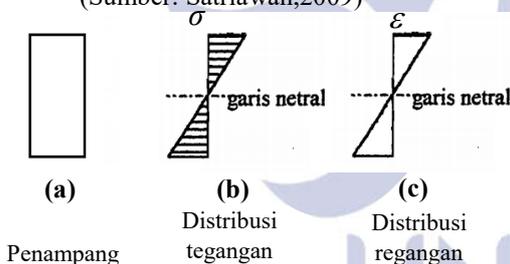
I = Momen inersia (cm^4)

y = Jarak titik tinjau terhadap garis netral (cm)

E = Modulus elastisitas (kg/cm^2)



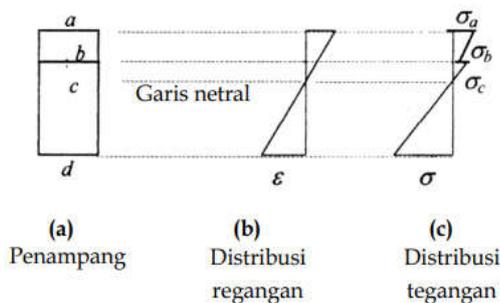
Gambar 1. jarak y yang ditinjau
(Sumber: Satriawan,2009)



Gambar 2. distribusi tegangan dan regangan balok monolit

Tegangan lentur balok σ akibat momen lentur dapat dihitung dengan mensubstitusikan didapat:

$$\sigma = \frac{M \cdot E_i \cdot y}{\sum_{i=1}^n E_i \cdot I_i}$$



Gambar 3. distribusi tegangan dan regangan balok komposit 2 bahan

METODE

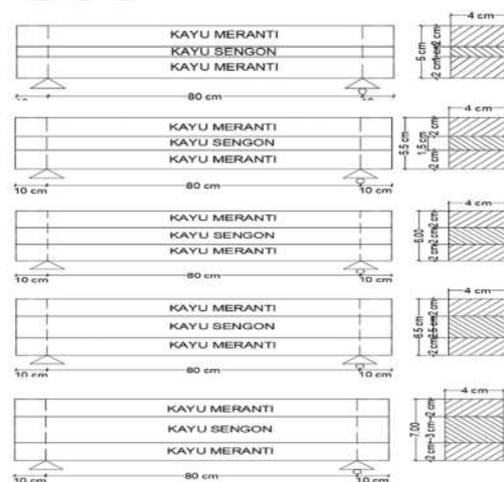
Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen atau penelitian di laboratorium. Metode penelitian laboratorium merupakan suatu penelitian yang dilakukan untuk mencari pengaruh variabel tertentu terhadap variabel yang lain dengan kondisi yang terkontrol secara ketat dan dilakukan di laboratorium dengan urutan kegiatan yang sistematis dalam memperoleh data sampai data tersebut berguna sebagai dasar pembuatan keputusan/kesimpulan. Jenis penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian kuat lentur kayu laminasi.

Benda uji adalah balok kayu Meranti dan kayu Sengon (isian) yang disusun menjadi satu balok laminasi dengan perekat lem untuk mengetahui penggunaan yang efektif dalam penentuan dimensi lapis kayu Sengon pada pengujian lentur. Selain itu, penelitian juga mengamati pola runtuh dibagian mana ketika balok menerima momen lentur.

Metode pengujian karakteristik kayu dan bentuk benda uji adalah mengacu berdasarkan standar sebagai berikut:

1. Pengujian Karakteristik Berat Jenis, Kadar Air dan Kadar Lengas Kayu (SNI 03-6844-2002 dan PKKI NI-5 1961)
2. Pengujian Karakteristik Kuat Tekan Kayu (SNI 03-3958-1995)
3. Pengujian Karakteristik Kuat Geser Kayu (SNI 03-3400-1994)
4. Pengujian Karakteristik Kuat Lentur Balok Kayu (SNI 03-3959-1995)

Satu macam benda uji terdiri dari tiga buah benda uji, Dimensi benda uji adalah dengan penambahan kayu isian Sengon setinggi 20% dari dimensi 4x5 cm, 27% dari dimensi 4x5.5 cm, 33% dari dimensi 4x6 cm, 38% dari dimensi 4x6.5 cm dan 42% dari dimensi 4x7 cm dengan panjang bentang 100 cm. Ketebalan masing-masing benda uji sebagai berikut:



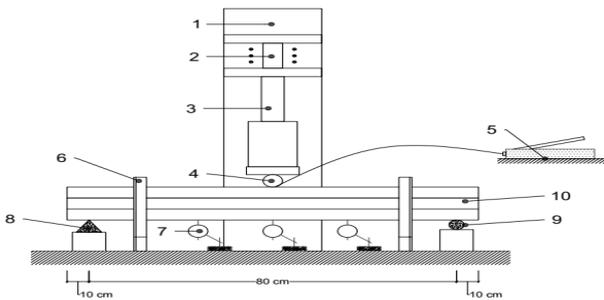
Gambar 4. Desain benda uji

Set up benda uji dirancang ekstrim dengan memaksimalkan momen sehingga apabila dalam aplikasinya sambungan diletakkan pada peralihan momen maka kuat lentur sambungan dalam penelitian ini akan lebih kuat.

Benda uji diletakkan pada *frame* dengan dua tumpuan sendi dan rol di-*set* sesuai dengan rancangan. Benda uji dijepit dengan pelat dan dibaut agar tidak dapat bergeser atau mengguling pada saat diberikan pembebanan. *Hydraulic jack* kapasitas tekanan maksimal 10.000 Psi diletakkan di atas kayu dan berada pada tengah bentang kayu.

Penempatan alat ukur *dial gauge* dirancang dengan penjepit serta magnet yang menempel pada *frame* agar tetap pada posisinya serta tidak bergeser pada saat diberikan pembebanan. 3 *dial gauge* diletakkan di bawah benda uji, penempatan 2 *dial gauge* diletakkan pada posisi 2 buah di 1/3 panjang bentang kanan dan kiri, dan 1 buah *dial gauge* diletakkan pada posisi tepat di tengah bentang untuk membaca besarnya lendutan yang terjadi pada saat pembebanan.

Berikut ini adalah gambar skema pengujian kuat geser karakteristik kayu beserta keterangannya.



Gambar 5. Set up pengujian lentur balok kayu laminasi

Keterangan:

- 1 : Loading Frame
- 2 : Load Cell
- 3 : Hydraulic Jack
- 4 : Penyalur beban
- 5 : Pompa hidrolik
- 6 : Penjepit balok
- 7 : Dial Gauge
- 8 : Tumpuan sendi
- 9 : Tumpuan rol
- 10: Benda uji

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Karakteristik Bahan Kayu

Pengujian karakteristik kayu bertujuan untuk mengetahui material kayu tersebut berdasarkan sifat fisik kayu dan sifat mekanik kayu. Untuk hasil uji karakteristik kayu Meranti didapat hasil sebagai berikut:

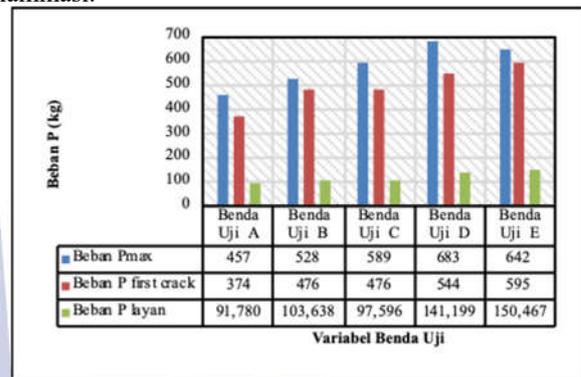
Tabel-1 Hasil uji karakteristik

No	Jenis kayu	Uji Karakteristik			
		Berat Jenis	Kuat Lentur (kg/cm ²)	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Kadar Air (%)
1	Sengon	0.26	333,94	155,06	13,28
2	Meranti	0.51	628,4	380,22	15,64

Berdasarkan hasil tabel-1 dapat dijelaskan bahwa kelas kuat Sengon kelas kuat V dan kelas kuat Meranti kelas kuat III.

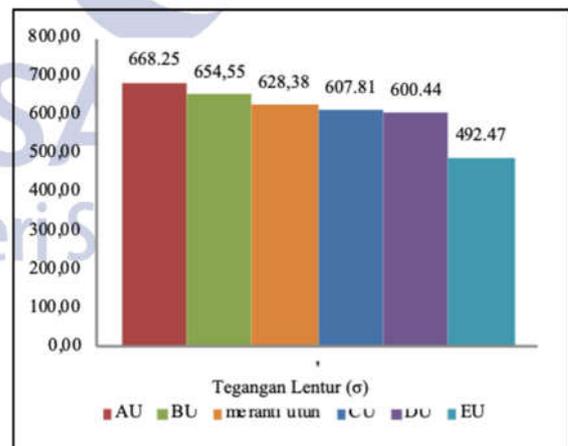
2. Tegangan lentur benda uji balok laminasi

Benda uji utama merupakan balok laminasi Meranti-Sengon-Meranti dengan susunan. pengujian yang dilakukan adalah pengujian lentur dengan beban terpusat ditengah bentang dan pembacaan *dial gauge* pada 1/4, 1/2, dan 3/4 bentang untuk mengukur besarnya lendutan balok laminasi.



Gambar 6. Diagram P_{max}, P_{first crack} dan P_{layan} antar variasi

Pada gambar 6 merupakan diagram perbandingan beban maximum (P_{max}), beban first crack (P_{first crack}) dan beban layan (P_{layan}) yang terjadi antar variasi. Pada benda uji A memiliki selisih 83 kg pada P_{max} dan P_{first crack} nya kemudian selisih pada benda uji B,C,D dan E berturut-turut adalah 52 kg, 113 kg, 139 kg dan 47 kg, hal ini menunjukkan apabila selisih P_{max} dengan P_{firstcrack} mempunyai nilai yang besar, maka kayu sangat direkomendasikan untuk digunakan pada aplikasi struktur bangunan dikarenakan dengan selisih yang tinggi maka memungkinan kayu untuk menerima beban yang lama sampai menuju runtuhnya.



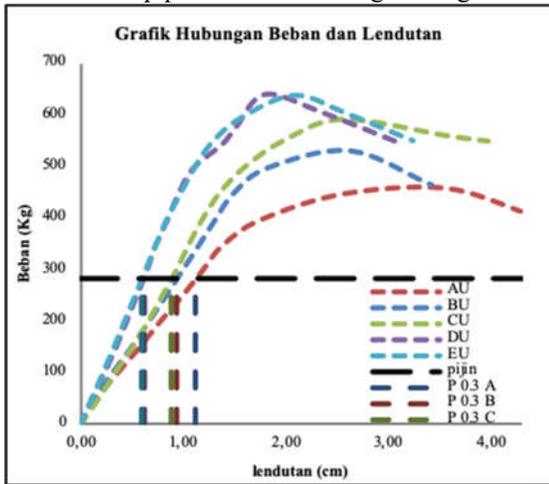
Gambar 7. Diagram tegangan lentur balok laminasi A,B,C,D,E dan Meranti utuh

Pada penambahan kayu isian Sengon setinggi 20% dan 27% dari total ketinggian balok laminasi, tegangan lentur yang terjadi melebihi tegangan lentur dari balok Meranti utuh sehingga terjadi runtuh lentur kerusakan dimulai pada kayu Meranti, kemudian penambahan kayu isian Sengon setinggi 33% hingga 42% dari total

ketinggian balok laminasi, terjadi penurunan tegangan, pada kayu isian Sengon setinggi 33% dan 38% masih terjadi runtuh lentur, dan pada kayu isian Sengon 42% terhadap tinggi balok terjadi runtuh geser, yakni kerusakan dimulai pada kayu isian Sengon.

3. Lendutan balok laminasi

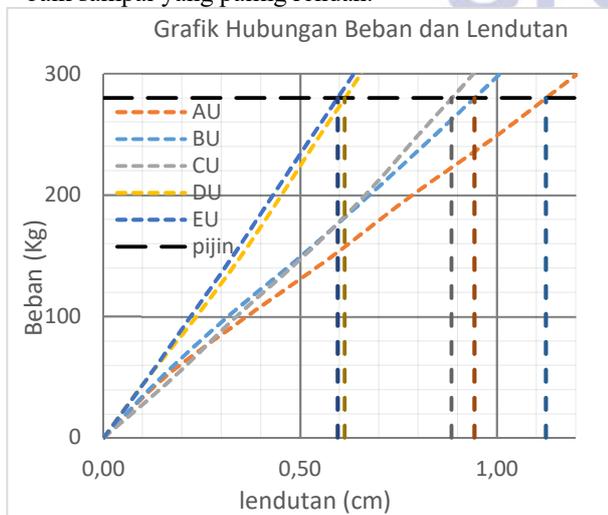
Perbedaan lendutan pada saat sebelum *first crack* dan sesudah *first crack* adalah terjadi perlonjakan lendutan, namun untuk sebelum *first crack* dan sesudah *first crack* masih memiliki lendutan yang konstan, karena balok masih bersifat elastis. Berikut hasil grafik lendutan terhadap pembebanan masing-masing variasi.



Gambar 8. Grafik hubungan P_{ijin} dengan Δ_{ijin} dengan rata-rata variasi benda uji

Dari hasil lendutan balok uji masing-masing variabel yang didapatkan dari eksperimen, balok pada kondisi elastis dimana grafik menunjukkan kondisi linier. Dan pada saat balok sudah tidak elastis, beban sudah tidak dapat bertambah lagi, namun lendutan masih terus bertambah sampai balok mengalami keruntuhan total.

Dari grafik lendutan terhadap beban, diambil tinjauan berdasarkan beban yang sama sebesar 2744 N, dimana yang menunjukkan angka kekakuan yang paling baik sampai yang paling rendah.



Gambar 9. Detail hubungan P_{ijin} dengan Δ_{ijin} dengan rata-rata variasi benda uji

Pada gambar 9 menunjukkan bahwa untuk membuat benda uji dengan beban ijin (P_{ijin}) 280 kg diperlukan lendutan AU, BU, CU dan DU berturut-turut sebesar 1.12cm, 0.94cm, 0.88cm, 0.61cm dan 0.59cm. Pada kondisi AU lebih besar dari BU, kondisi BU lebih besar dari CU, kondisi CU lebih besar dari DU, dan kondisi DU lebih besar dari EU. dengan demikian kekakuan yang terjadi akan semakin besar pula, karena kekakuan merupakan beban ijin dibagi dengan lendutan, kemudian bisa dijelaskan pada tabel kekakuan berikut ini:

Tabel-2 Kekakuan antar variasi

Kode	P_{ijin} (N)	Lendutan (mm)	Kekakuan (N/mm)	Kekakuan rata-rata (N/mm)	Rata-rata P_{max} (N)
Au1	2744	12.61	217.551	243.988	475
Au2	2744	10.81	253.766		
Au3	2744	10.31	266.069		
Bu1	2744	10.50	261.333	291.0475	528
Bu2	2744	9.20	298.385		
Bu3	2744	8.59	319.520		
Cu1	2744	8.77	312.737	310.2575	589
Cu2	2744	9.37	292.767		
Cu3	2744	8.36	328.238		
Du1	2744	5.03	545.768	447.733	683
Du2	2744	4.77	575.226		
Du3	2744	8.59	319.520		
Eu1	2744	5.11	537.220	461.2	642
Eu2	2744	5.65	485.369		
Eu3	2744	7.09	387.140		

Tabel-2 merupakan perhitungan nilai kekakuan antar variasi benda uji utama AU, BU, CU, DU dan EU ditinjau dari P_{ijin} yang sama yakni 2744 N maka semakin tebal benda uji juga semakin memiliki nilai kekakuan yang besar.

Pada analisis pada beban yang sama pada setiap benda uji dapat mengetahui kekakuan yang terjadi yakni semakin besar kayu isian sengon maka semakin besar pula kekakuan yang terjadi dan beban yang dapat diterima semakin besar.

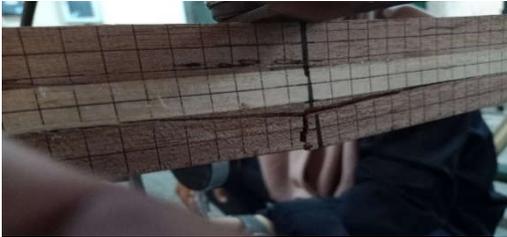
4. Pola retak balok laminasi

Retak kayu dimulai dari bagian tengah balok dan bawah balok berupa putusnya serat yang tidak bisa menahan gaya yang besar. Keruntuhannya yang terjadi pada benda uji laminasi adalah keruntuhan seimbang karena kayu pada daerah tekan dan Tarik hancur bersamaan.



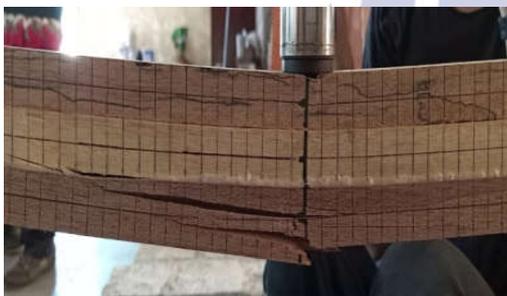
Gambar 10. Foto kerusakan pada benda uji A

Gambar 10 merupakan retak pada benda uji A, dengan kayu isian setinggi 20% dari total ketebalan kayu, yang terjadi adalah runtuh lentur, dikarenakan tegangan lentur Meranti yang terjadi mendekati tegangan lentur kayu Meranti utuh yakni $668,25 \text{ kg/cm}^2$.



Gambar 11. Foto kerusakan pada benda uji B

Gambar 11 merupakan retak pada benda uji B, dengan kayu isian setinggi 27% dari total ketebalan kayu, yang terjadi adalah runtuh lentur, dikarenakan tegangan lentur Meranti yang terjadi mendekati tegangan lentur kayu Meranti utuh yakni $654,55 \text{ kg/cm}^2$.



Gambar 12. Foto kerusakan pada benda uji C

Gambar 12 merupakan retak pada benda uji C, dengan kayu isian setinggi 33% dari total ketebalan kayu, yang terjadi adalah runtuh lentur, dikarenakan tegangan lentur Meranti yang terjadi mendekati tegangan lentur kayu Meranti utuh yakni $607,81 \text{ kg/cm}^2$.



Gambar 13. Foto kerusakan pada benda uji D

Gambar 13 merupakan retak pada benda uji D, dengan kayu isian setinggi 38% dari total ketebalan kayu, yang terjadi adalah runtuh lentur, dikarenakan tegangan lentur Meranti yang terjadi mendekati tegangan lentur kayu Meranti utuh yakni $600,44 \text{ kg/cm}^2$.



Gambar 14. Foto kerusakan pada benda uji E

Gambar 14 merupakan retak pada benda uji E, dengan kayu isian setinggi 42% dari total ketebalan kayu, yang terjadi adalah runtuh geser, dikarenakan tegangan lentur Meranti yang terjadi terlampaui jauh dengan tegangan lentur kayu Meranti utuh yakni $492,47 \text{ kg/cm}^2$.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan maka dapat ditarik simpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh pelaminasian dan penyusunan *balanced* terhadap tegangan lentur secara keseluruhan hampir sama dengan tegangan lentur balok Meranti utuh, menandakan bahwa lapisan terluar dari balok laminasi yang dominan berperan dalam menahan beban yaitu kayu Meranti. Pada penambahan kayu isian Sengon setinggi 20% dan 27% tegangan lentur balok laminasi melebihi tegangan lentur balok utuh Meranti, kemudian penambahan kayu isian Sengon setinggi 33% hingga 42% dari total ketinggian balok laminasi, terjadi penurunan tegangan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tebal kayu isian Sengon maka kekuatan balok laminasi semakin tinggi yang digambarkan dengan beban yang diterima oleh balok semakin meningkat.
2. Ketebalan balok laminasi yang optimal adalah pada saat penambahan kayu isian Sengon sampai dengan 27% terhadap total ketinggian balok kayu laminasi, pada variasi tersebut mempunyai kekuatan lentur yang lebih baik dan melebihi dari kekuatan lentur kayu Meranti utuh, kemudian penambahan ketebalan isian sampai dengan 42% terhadap ketebalan balok mengalami penurunan kekuatannya.
3. Lentutan yang terjadi pada masing-masing balok masih pada kondisi elastis grafik menunjukkan kondisi linier, dan pada saat balok sudah tidak mengalami elastis, penambahan beban dan lentutan sudah tidak seimbang lagi, beban sudah tidak dapat bertambah lagi, namun lentutan masih terus bertambah sampai balok mengalami keruntuhan total, semakin tebal kayu isian sengon, maka lentutan yang terjadi semakin kecil, dan semakin besar kekakuan, dan semakin besar kekakuan beban yang bisa diterima semakin besar.
4. Seluruh variasi balok laminasi kerusakan awal dimulai dari rusaknya kayu Meranti pada sisi lapisan terluar, balok dengan penambahan isian Sengon setinggi 20%, 27%, 33% dan 38% dari total ketinggian balok laminasi mengalami runtuh lentur,

sedangkan pada balok dengan penambahan isian Sengon 42% mengalami runtuh geser. Perilaku runtuh yang terjadi pada balok laminasi dengan penebalan pada bagian isian yang kecil memiliki tingkat kekakuan yang kecil pula yaitu lebih elastis sehingga tidak getas. Bahwa dengan menambahkan kayu isian sengon pada balok laminasi kayu Meranti-Sengon –Meranti dengan penyusunan komposisi *balanced* yang terjadi yakni semakin tebal kayu isian sengon maka tegangan lentur yang terjadi semakin menurun, karena tegangan lentur fungsi dari $M.y/I$, pada momen inersia meliputi dimensi balok, dengan penambahan kayu isian sengon maka dimensi balok semakin juga semakin besar, dan beban yang dapat diterima balok akan semakin besar pula, maka nilai tegangan lentur akan semakin kecil.

Daftar Pustaka

- PKKI NI-5 1961. 1961. Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia.
- RSNI PKKI NI-5 2002. 2002. Tata Cara Perencanaan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI NI-5).
- Satriawan, Ady . 2009. Verifikasi Empiris Persamaan Lentur Statis (*Glued Laminated Timber*) . Bandung: Skripsi Departemen Hasil Hutan IPB
- SNI 03-3399-1994. 1994. Metode Pengujian Kuat Tarik Kayu di Laboratorium.
- SNI 03-3400-1994. 1994. Metode Pengujian Kuat Geser Kayu di Laboratorium.
- SNI 03-3958-1995. 1995. Metode Pengujian Kuat Tekan Kayu di Laboratorium.
- SNI 03-3959-1995. 1995. Metode Pengujian Kuat Lentur Kayu di Laboratorium.
- SNI 03-6844-2002. 2002. Metode Pengujian Pengukuran Kadar Air Kayu dan Bahan Berkayu.
- Soemono. 1989. “Tegangan 1”. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Suhendar, sansan. 2008. Kajian Struktur Anatomi Beberapa Jenis Kayu Anggota Apocynaceae. Bandung: Skripsi Departemen Hasil Hutan IPB