

## TINJAUAN KUAT LENTUR BALOK LAMINASI KOMBINASI ANTARA KAYU SENGON DAN KAYU JATI DENGAN PEREKAT LEM EPOXY

Abdul Rochman<sup>1</sup>, Warsono<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pengajar Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

<sup>2</sup>Alumnus Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

### Abstrak

Permintaan kayu sebagai bahan konstruksi selalu meningkat dari tahun ke tahun, padahal kemampuan penyediaan volume kayu semakin menipis. Salah satu solusi dari permasalahan ini adalah dengan mengkombinasikan kayu berkualitas baik dan kurang baik, seperti kombinasi kayu jati dan kayu sengon yang diteliti dalam penelitian ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya daya dukung dan kekakuan balok laminasi yang tersusun dari kayu sengon dan kayu jati. Kayu jati diletakkan di sisi tepi atas dan bawah balok, sedang kayu sengon di sisi tengah balok. Benda uji balok kayu dibuat berukuran 50 mm x 100 mm x 1100 mm dengan 4 variasi, masing-masing variasi dibuat sebanyak 3 buah. Sebagai pembanding dibuat benda uji balok kayu sengon nonlaminasi dengan dimensi yang sama sebanyak 3 buah. Pengujian dilakukan di laboratorium Teknik Sipil UMS. Dari hasil pengujian karakteristik bahan diperoleh, kuat tarik kayu jati sebesar 78,7 MPa dan kuat tarik kayu sengon sebesar 27,3 MPa. Dari pengujian balok uji kayu nonlaminasi diperoleh, kuat lentur balok kayu jati sebesar 30,06 MPa dan kuat lentur balok kayu sengon 14,88 MPa. Sedangkan kuat lentur balok laminasi variasi 1 (tebal kayu jati 10 mm, kayu sengon 80 mm) sebesar 13,95 MPa, balok kayu laminasi variasi 2 (tebal kayu jati 20 mm, kayu sengon 60 mm) sebesar 17,37 MPa, balok kayu laminasi variasi 3 (tebal kayu jati 30 mm, kayu sengon 40 mm) sebesar 187,6 kg/cm<sup>2</sup>, dan balok kayu laminasi variasi 4 (tebal kayu jati 40 mm dan kayu sengon 20 mm) sebesar 21,19 MPa.

**Kata kunci:** Balok laminasi, kuat lentur, kayu jati, kayu sengon.

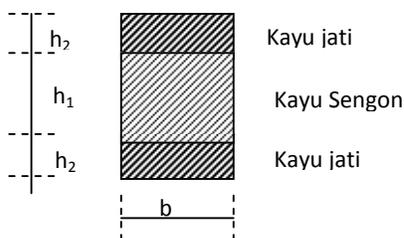
### PENDAHULUAN

Permintaan kayu sebagai bahan konstruksi semakin meningkat. Kayu banyak dipilih karena memiliki beberapa kelebihan, antara lain: ringan (berat jenisnya di bawah 1 gr/cm<sup>3</sup>), mudah dikerjakan, harganya relatif murah, kekuatan cukup tinggi, serta cukup awet. Kayu kualitas baik (kelas kuat I/II) umumnya memiliki usia tebang sampai puluhan tahun (50 tahun lebih). Usia tebang yang lama dan areal penanamannya yang juga semakin menyempit menimbulkan masalah tersendiri bagi penyediaan kayu. Penggunaan kayu yang memiliki usia tebang lebih pendek (10-15 tahun) sebenarnya merupakan jalan keluar yang baik bagi permasalahan ini, namun umumnya kayu jenis tersebut berkualitas kurang baik. Sebagai contoh kayu Sengon, yang dalam PKKI 1961 hanya digolongkan pada kayu kelas kuat IV. Untuk itu diperlukan kreatifitas dan inovasi guna mencari permasalahan tersebut di atas.

Salah satu cara penyelesaian yang bisa dilakukan adalah dengan cara memadukan kedua kayu beda kualitas tersebut untuk digunakan secara bersama sebagai balok kayu laminasi. Balok kayu laminasi yang terdiri dari kayu jati dan kayu sengon menjadi pilihan dalam penelitian ini, mengingat kayu sengon dan kayu jati banyak ditemukan di pasaran. Tujuan dari penelitian ini adalah, (i) mengetahui sifat karakteristik dari kayu sengon dan kayu jati, (ii) mengetahui besar kuat lentur balok kayu laminasi, (iii) untuk mengetahui besar perbaikan yang dihasilkan balok kayu laminasi. Jika penelitian ini hasilnya cukup signifikan, maka balok kayu laminasi bisa dipakai untuk konstruksi bangunan misalnya untuk kasau, jika berdimensi kecil serta untuk balok jika mempunyai dimensi lebih besar.

Penelitian tentang balok laminasi pernah dilakukan oleh Urip (dalam Budiyono, 2009), yang meninjau kuat lentur balok laminasi kayu jati, kayu mahoni dan kayu sengon dengan plat aluminium, sedangkan Puspita (dalam Budiyono, 2009) meneliti tentang kuat lentur kayu laminasi kayu keruing, kayu sengon dan seng, yang membuktikan bahwa pemakaian balok laminasi dapat menghemat ketinggian hingga 74,7 % jika dibandingkan dengan balok non laminasi. Budiyono (2009) meneliti balok laminasi kombinasi bambu, kayu mahono, dan kayu jati. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, daya dukung balok kayu laminasi meningkat sebesar rata-rata 60 %. Penelitian ini mencoba menguji kuat lentur kayu laminasi dengan susunan dari daerah tarik ke daerah tekan adalah kayu sengon dan kayu jati. Untuk meneruskan tegangan geser antara elemen penyusun balok laminasi, digunakan

lem *epoxy resin*. Balok kayu laminasi adalah susunan balok prismatis secara berurutan kayu jati dan kayu sengon, dimana kayu jati diletakkan di tepi atas dan tepi bawah balok seperti yang terlihat ada Gambar 1.



Gambar 1. Balok kayu laminasi kayu sengon dan kayu jati

Dalam analisa kuat lentur, digunakan kayu kualitas terendah sebagai acuan penghitungan luas penampang, dengan demikian luas penampang kayu jati dan bambu diekivalenkan dengan penampang kayu mahoni.. Untuk lebih jelasnya dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$n = \frac{E_{kayu\ jati}}{E_{kayu\ sengon}} \tag{1}$$

dengan n adalah rasio modulus kayu jati terhadap kayu sengon. Momen inersia balok kayu komposit (I) dihitung dengan persamaan:

$$I = \frac{1}{12} b(h_1^3 + 2nh_2^3) + nbh_2(1/2h_1 + 1/2h_2)^2 \tag{2}$$

Tegangan lentur kayu serat kayu terluar dihitung dengan persamaan,

$$\sigma_{ti} = \frac{M}{W} = \frac{M \cdot (\frac{1}{2}h_1 + h_2)}{0,6I} \tag{3}$$

Modulus elastis balok kayu komposit ( $E_{komposit}$ ) dihitung dengan persamaan,

$$E_{laminasi} = \frac{PL^3}{48\delta(0,6I)}$$

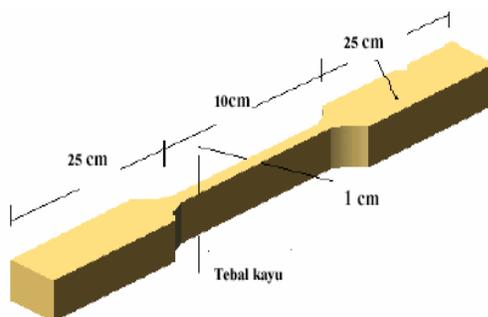
**METODE PENELITIAN**

**Bahan Penelitian**

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kayu jati dan kayu sengon. Untuk perekat digunakan *epoxy resin* karena mempunyai daya rekat yang cukup baik dan mudah diperoleh di pasaran.

**Uji kuat-tarik kayu**

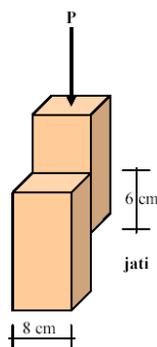
Benda uji kuat tarik kayu (jumlah sampel:kayu jati 3 buah, kayu sengon 3 buah ) dibuat dengan bentuk dan ukuran yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Benda uji kuat tarik kayu

**Uji kuat-geser lem Epoxy**

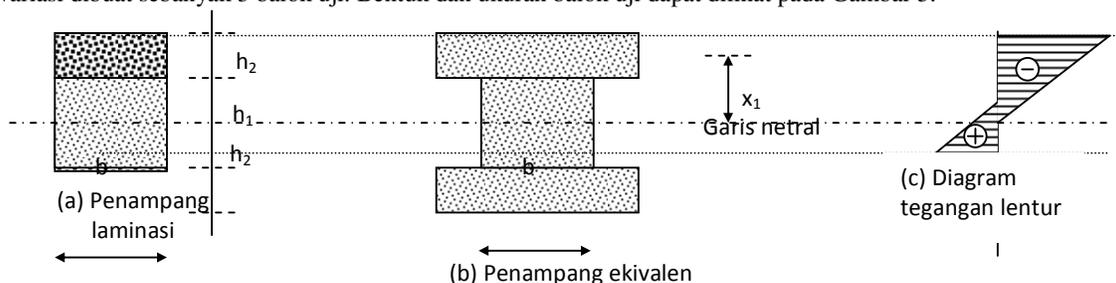
Benda uji kuat-geser lem Epoxy dibuat dengan bentuk dan ukuran yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Benda uji kuat geser lem Epoxy

**Balok kayu laminasi**

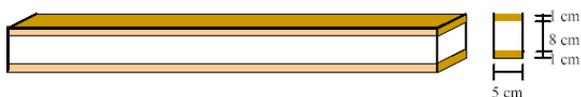
Balok kayu laminasi dibuat dengan ukuran 50 mm x 100 mm x 1100 mm dengan 4 variasi. Maing-masing variasi dibuat sebanyak 3 balok uji. Bentuk dan ukuran balok uji dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 4. Penampang ekivalen balok kayu laminasi

Tabel 1. Variasi tebal balok kayu laminasi

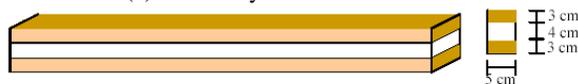
Nama bahan	Tebal lapisan (mm)			
	Var 1	Var 2	Var 3	Var 4
Kayu Jati	10	20	30	40
Kayu Sengon	80	60	40	20
Kayu jati	10	20	30	40
Jumlah sampel	3	3	3	3



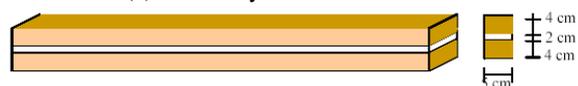
(a) Balok kayu laminasi variasi 1



(a) Balok kayu laminasi variasi 2



(c) Balok kayu laminasi variasi 3



(d) Balok kayu laminasi variasi 4

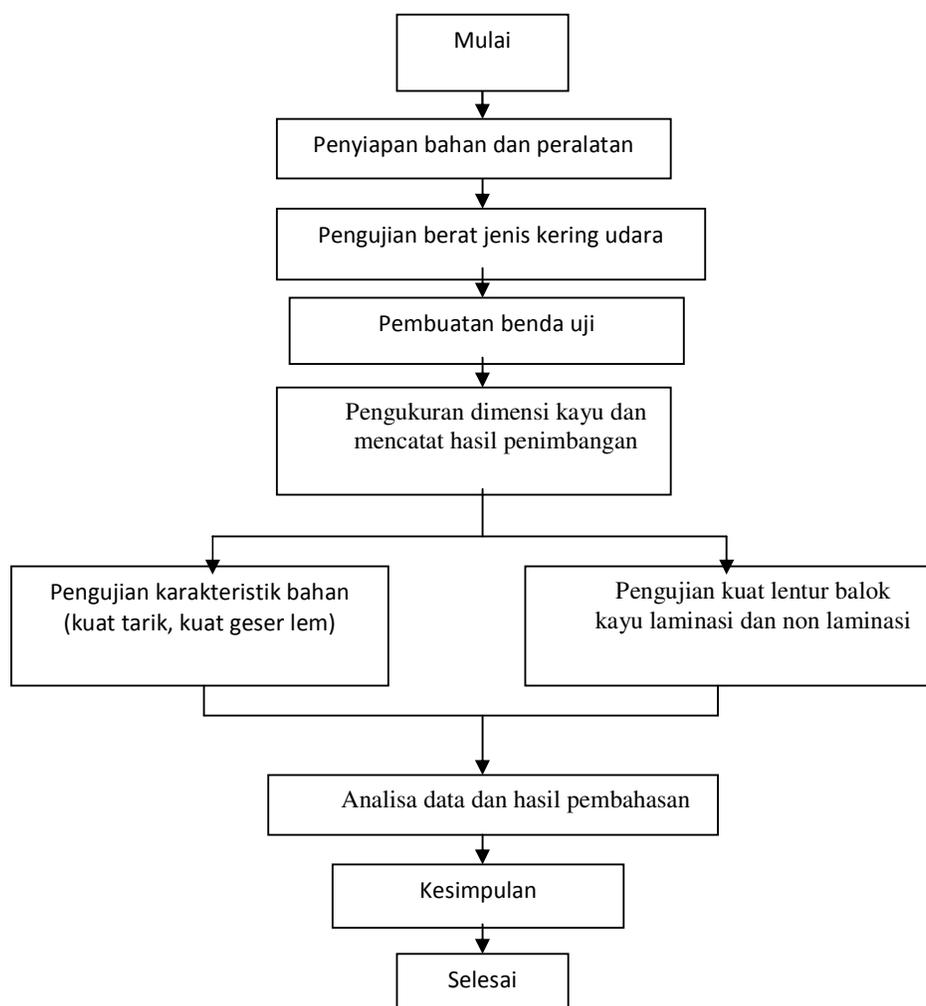
**Peralatan Penelitian**

Beberapa peralatan yang dipakai dalam penelitian ini antara lain:

- a. *Mesin uji lentur*. Alat ini berfungsi untuk mengetahui kuat lentur dari benda uji. Pengujian menggunakan *Control Miland Italy* dengan kapasitas merk *United*, tahun rakitan 1999. Mesin uji lentur ini mempunyai kapasitas maksimum 150 KN.
- b. *Dial gauge* alat untuk membaca berapa kelenturan kayu yang terjadi dari berbagai sample yang dibuat dengan skala baca terkecil adalah 0,01 mm.
- c. *Mesin serut*. Mesin serut berfungsi sebagai penghalus atau finishing dalam pembuatan benda uji. Sedangkan dilapangan mesin serut dipakai juga untuk menghaluskan permukaan benda uji.
- d. *Kaliper atau jangka sorong*. Kaliper dengan merk *Tricle Brand* buatan China, berguna untuk mengukur dimensi kayu ( panjang, lebar, dan tinggi ) yang membutuhkan ketelitian untuk mengukur. Kaliper ang digunakan memiliki ketelitian 0,01 cm dan panjang 25 cm.

**Tahapan Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan dalam 5 (lima) tahap, bagan alir selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 5



Gambar 5 Bagan alir penelitian

**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

**Kuat tarik kayu**

Hasil pengujian kuat tarik kayu sengon dan kayu jati dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kuat tarik kayu jati dan kayu sengon

Jenis kayu	Benda uji	P <sub>maks</sub> (N)	Kuat tarik (MPa)	Kuat tarik rerata (MPa)
Kayu Sengon	KS1	6550	26,2	27,3
	KS2	6250	25,0	
	KS3	7650	30,6	
Kayu jati	KJ1	15150	75,8	78,7
	KJ2	14450	72,3	
	KJ3	17600	88,0	

Dari Tabel 2 di atas terlihat, bahwa kuat tarik kayu sengon jauh dibawah dari kuat tarik kayu jati, yaitu hanya sekitar 1/3 nya. Melihat fakta ini, maka tepat kiranya jika kayu sengon diletakkan di bagian tengah kayu laminasi, mengingat makin ke tengah bagian balok, tegangan yang di dukung juga makin kecil.

**Kuat Geser Lem**

Hasil pengujian kuat tarik kayu sengon dan kayu jati dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kuat geser lem epoxy

Jenis kayu	Benda uji	P <sub>maks</sub> (N)	Kuat geser lem (MPa)	Kuat geser lem rerata (MPa)
Kayu Sengon	KS1	3900	0,81	0,88
	KS2	4700	0,98	
	KS3	4200	0,88	
Kayu jati	KJ1	5100	1,06	0,96
	KJ2	4500	0,94	
	KJ3	4300	0,90	

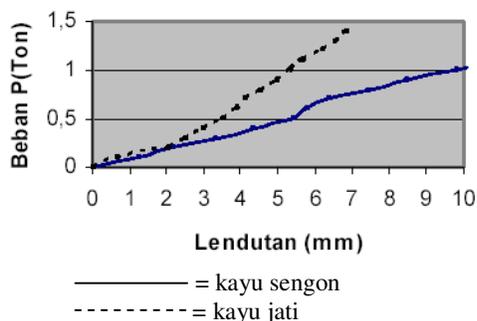
Dari Tabel 3 di atas terlihat, bahwa kuat geser lem yang menggunakan media kayu sengon dan kayu jati nilainya hampir sama, dan tidak terpaut jauh.

**Pengujian kuat lentur**

*Analisis keruntuhan*

Secara umum, pelaksanaan pengujian lentur benda uji balok kayu tak menemui masalah dan berjalan sesuai yang direncanakan. Dengan pembebanan yang dilakukan secara manual, maka respon yang diberikan benda uji balok kayu dapat teramati dengan baik.

Dari pengujian masing masing benda uji, ternyata menunjukkan perilaku dan tipe keruntuhan yang hampir sama. Untuk benda uji balok kayu non laminasi, proses keruntuhannya berlangsung secara cepat dan mendadak seperti pola keruntuhan bahan getas. Disamping itu, juga diawali dengan suara semacam ledakan kecil yang mengiringi proses keruntuhannya. Begitu runtuh, daya dukung balok uji langsung hilang. Perilaku berbeda ditunjukkan pada balok kayu laminasi, dimana balok uji kelihatan lebih liat. Keruntuhan dimulai dengan timbulnya retak-retak pada bambu di tepi atas, retak tersebut secara perlahan merambat ke tengah yaitu ke kayu sengon desak. Bersamaan dengan perambatan retak tersebut, lendutan pada balok kayu juga akan membesar. Setelah lendutan yang terjadi cukup besar, maka secara berangsur-angsur ikatan antara kayu sengon dan bambu mulai lepas, terutama di tepi bawah pada derah dekat tumpuan. Setelah tahap ini, daya dukung balok akan turun secara drastis.

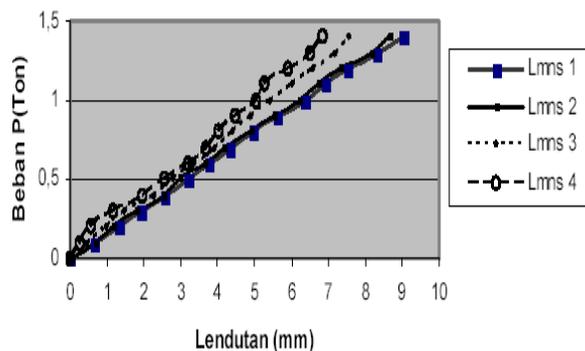


Gambar 6. Hubungan beban-lendutan balok non laminasi

*Kurva hubungan beban-lendutan*

Grafik hubungan beban dan lendutan untuk balok kayu non laminasi dapat dilihat pada Gambar 6. Dari Gambar 6 di atas terlihat, bahwa grafik hubungan beban dan lendutan untuk kayu sengon lebih landai dibanding kayu jati. Hal ini menunjukkan kayujati lebih kaku dibanding kayu sengon..

Grafik hubungan beban dan lendutan untuk balok kayu non laminasi dapat dilihat pada Gambar 7.



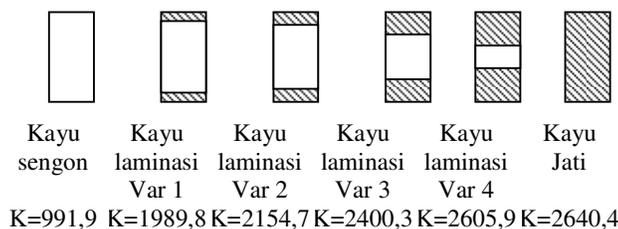
Gambar 6. Hubungan beban-lendutan balok laminasi

*Kekakuan balok*

Perbedaan kekakuan balok kayu non laminasi dan kayu laminasi disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kekakuan balok kayu non laminasi dan balok kayu laminasi

Jenis balok	Jenis kayu	Benda uji	Kekakuan (N/mm)	Kekakuan rerata (N/mm)
Balok kayu non laminasi	Kayu sengon	KS1	1113,8	991,9
		KS2	854,7	
		KS3	1007,2	
	Kayu Jat1	KJ1	2702,7	2640,4
		KJ2	2403,8	
		KJ3	3174,6	
Balok kayu laminasi	Var1	KS1	2177,3	1989,8
		KS2	1552,1	
		KS3	2240,0	
	Var 2	KJ1	2566,7	2154,7
		KJ2	1543,2	
		KJ3	2354,0	
	Var 3	KS1	2812,5	2400,3
		KS2	1821,9	
		KS3	2566,5	
	Var 4	KJ1	2916,7	2605,9
		KJ2	2043,8	
		KJ3	2857,1	



Gambar 7. Perbandingan kekakuan balok non laminasi dan balok kayu laminasi

Dari Tabel 4 dan Gambar 7 terlihat, bahwa pe-ningkatan kekakuan balok non laminasi dari kayu sengon ke balok kayu laminasi variasi 1 sebesar hampir 100,6 %, sementara kenaikan kekakuan dari balok kayu laminasi variasi 1 ke variasi berikutnya tidak terlalu signifikan.

#### Kuat lentur balok

Perbedaan kekakuan balok kayu non laminasi dan kayu laminasi disajikan pada Tabel 4.

Tabel 5. Kuat lentur balok kayu non laminasi dan balok kayu laminasi

Jenis balok	Jenis kayu	Benda uji	Kuat lentur ( $F_b$ ) (MPa)	Kuat lentur ( $F_b$ ) rerata (MPa)
Balok kayu non laminasi	Kayu sengon	KS1	1113,8	14,88
		KS2	854,7	
		KS3	1007,2	
	Kayu Jati	KJ1	2702,7	30,06
		KJ2	2403,8	
		KJ3	3174,6	
Balok kayu laminasi	Var1	KS1	2177,3	13,95
		KS2	1552,1	
		KS3	2240,0	
	Var 2	KJ1	2566,7	17,37
		KJ2	1543,2	
		KJ3	2354,0	
	Var 3	KS1	2812,5	18,76
		KS2	1821,9	
		KS3	2566,5	
	Var 4	KJ1	2916,7	21,19
		KJ2	2043,8	
		KJ3	2857,1	

Dari Tabel 5 terlihat, bahwa pe-ningkatan kuat lentur balok non laminasi dari kayu sengon ke balok kayu laminasi variasi 1 hampir tidak ada. Kenaikan kuat lentur baru terjadi mulai dari balok kayu laminasi variasi 1 ke variasi berikutnya, meski juga tidak terlalu signifikan.

#### KESIMPULAN

Dari pembahasan di atas, dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari pengujian kuat-tarik diperoleh, kuat tarik rerata kayu Sengon sebesar 27,3 MPa dan kuat-tarik kayu Jati sebesar 78,6 MPa.
2. Dari pengujian kuat-geser lem diperoleh, kuat-geser lem rerata dengan media kayu Sengon sebesar 0,88 MPa dan kuat-geser lem rerata dengan media kayu Jati sebesar 0,96 MPa.
3. Dari pengujian kuat lentur diperoleh, kuat-lentur yang terjadi bertambah besar seiring dengan semakin kecilnya tebal kayu sengon, dan sebaliknya dengan semakin tebalnya kayu jati yang digunakan pada balok kayu laminasi. Kuat lentur balok kayu laminasi variasi 1, variasi 2, variasi 3, dan variasi 4 berturut-turut adalah 13,95 MPa, 17,37 MPa, 18,76 MPa, dan 21,19 MPa.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1971. *Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia*, PKKI 1961, Penerbit Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Cipta Karya, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- Budiyono, S., Rochman, 2009, *Tinjauan Kuat Lentur dan Kekakuan Balok Komposit Kayu Mahoni, Kayu Jati, dan Bambu Petung*, Tugas Akhir Sarjana Strata 1, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Felix Yap, K.H., 1997. *Konstruksi Kayu*, Binacipta, Bandung.