

# PERILAKU RANGKAK PADA BALOK LAMINATED VENEER LUMBER (LVL) KAYU SENGON

M Nashirudin H<sup>1)</sup>, Achmad Basuki<sup>2)</sup>, Agus Supriyadi<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Program Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

<sup>2), 3)</sup> Pengajar Program Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jln Ir Sutami 36 A, Surakarta 57126

e-mail : mnashirudin@gmail.com

## Abstract

*Demand for wood as a construction material generally met from logging with good quality and old enough, so the timber that has good quality is decreasing because the timber growth rate is not comparable to the speed of timber harvesting and wood utilization. One alternative to solve the problem is using the Laminated Veneer Lumber (LVL) of sengon. Sengon timber has short harvest period is about 5-10 years so it can be guaranteed for the availability. Wooden building structures loaded for extended periods will decrease due to creep effect. Creep represents an deflection that occurs in a structural component that is affected by time. Therefore, it is necessary to study with attention to effect of the long time loading to the strength of the wood. The aims of this study is to determine the behavior of creep and the creep factor value of LVL Sengon. The test results is the creep factor value that can be used to predict the deflection for a longer time span. This research was carried out using test specimens as many as 54 pieces of wood sengon LVL beams consists of 6 different cross-sectional dimensions and 3 types of loading. The testing of creep was carried out by burdening the middle span for 7 days indoors. The study results is creep factor value that can be used to design buildings with construction materials Sengon. This research can estimate the structure used is safe or not when burdened during the life planning. From the results of the creep factor is concluded that the planned timber structure, should take into account the flexural strength and deflection which occur during loading. Including the type of timber to be used for the construction of the structure due to the behavior of the structure of each timber is different.*

*Keywords: creep, MOR (Modulus of Rupture), Laminated Veneer Lumber*

## Abstrak

Permintaan kayu sebagai material konstruksi umumnya dipenuhi dari penebangan dengan kualitas baik dan umur kayu yang cukup tua, sehingga kayu yang mempunyai kualitas baik semakin berkurang karena kecepatan pertumbuhan kayu tidak sebanding dengan kecepatan penebangan dan pemanfaatan kayu. Salah satu alternatif untuk mengatasi masalah tersebut, yaitu penggunaan *Laminated Veneer Lumber (LVL)* dari kayu sengon. Kayu sengon merupakan kayu yang masa panennya singkat yaitu 5-10 tahun sehingga dapat terjamin ketersediaannya. Struktur bangunan kayu yang dibebani selama jangka waktu lama akan terjadi penurunan kekuatan yang disebabkan oleh rangkak. Rangkak merupakan pertambahan defleksi yang terjadi pada suatu komponen struktural yang dipengaruhi oleh waktu, oleh karena itu diperlukan adanya penelitian dengan memperhatikan lama pembebanan yang berpengaruh terhadap kekuatan kayu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perilaku rangkak dan nilai faktor rangkak LVL kayu Sengon. Hasil pengujian ini adalah nilai faktor rangkak yang dapat digunakan untuk memprediksi defleksi pada rentang waktu yang lebih lama. Penelitian ini dilakukan menggunakan benda uji sebanyak 54 buah balok LVL dari kayu sengon yang terdiri dari 6 dimensi penampang yang berbeda dan 3 jenis pembebanan. Pengujian rangkak dilakukan dengan memberi beban ditengah bentang selama 7 hari di dalam ruangan. Hasil penelitian adalah nilai faktor rangkak yang dapat digunakan untuk perencanaan bangunan dengan bahan konstruksi kayu Sengon. Penelitian ini dapat memperkirakan struktur yang digunakan apakah aman atau tidak jika dibebani selama umur perencanaannya. Dari hasil nilai faktor rangkak disimpulkan bahwa dalam merencanakan struktur kayu, harus memperhitungkan kuat lentur dan lendutan yang terjadi selama masa pembebanan. Termasuk memperhatikan jenis kayu yang akan digunakan untuk pembangunan struktur karena perilaku struktur tiap kayu berbeda-beda.

Kata Kunci : Rangkak, MOR (*Modulus of Rupture*), *Laminated Veneer Lumber*

## PENDAHULUAN

LVL merupakan olahan kayu yang terdiri dari lapisan tipis atau veneers kayu yang direkatkan menjadi satu. Dimensi LVL yang sudah umum diproduksi di Indonesia untuk elemen konstruksi rangka mempunyai ukuran tebal 8-12 mm, lebar 80-100 mm dan panjang 200-300 cm. Untuk elemen balok mempunyai ketebalan sekitar 80-120 mm. Jenis kayu yang digunakan umumnya adalah kayu sengon dan karet, namun pada penelitian ini digunakan kayu LVL yang berasal dari kayu sengon. Kayu sengon (*Paraseriantbes falcataria*) merupakan salah satu jenis kayu khas dari daerah tropis dan merupakan jenis pohon yang memiliki masa pertumbuhan cepat jika

dibandingkan dengan pohon tropis lainnya semisal pohon mahoni ataupun jati. Pohon sengon sudah bisa dipanen atau ditebang pada saat usia pohon 5 tahun.

Peristiwa bertambahnya defleksi atau deformasi pada suatu bahan material struktur yang dibebani berdasarkan waktu dikenal dengan istilah *creep* atau rangkak. Huet, dkk (1981) menunjukkan bahwa defleksi yang diakibatkan oleh *creep* dapat mencapai dua kali deformasi awalnya. Dengan demikian deformasi yang diakibatkan oleh rangkak harus disertakan dalam hitungan perancangan suatu struktur. Semakin tinggi tegangan yang terjadi maka lendutan yang diakibatkan oleh *creep* akan semakin besar (Dinwoodie et al, 1990).

**Lendutan**

Lendutan yang terjadi pada struktur balok dapat dikategorikan dalam dua jenis lendutan, yaitu lendutan sesaat dan lendutan jangka panjang. Lendutan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti gaya-gaya luar yang bekerja, momen inersia penampang, batang balok, dan modulus elastisitas lentur terkoreksi. Untuk balok dengan beban terpusat ditengah bentang. Lendutan maksimumnya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\delta_{max} = \frac{P L^3}{48 E I} \quad [1]$$

Keterangan:

- $\delta_{max}$  = lendutan maksimum (mm)
- P = beban (N)
- L = panjang bentang (mm)
- E = Modulus Elastisitas (Mpa)
- I = Momen Inersia ( )

**Rangkak (*creep*)**

Rangkak atau *creep* adalah peristiwa bertambahnya defleksi atau deformasi pada suatu bahan material struktur yang dibebani berdasarkan waktu. Semakin tinggi tegangan yang terjadi maka lendutan yang diakibatkan oleh *creep* akan semakin besar (Dinwoodie et al, 1990). Pengaruh kombinasi dari lamanya waktu pembebanan dan kadar air diukur dengan faktor rangkak (*creep*) yang ditunjukkan pada persamaan berikut:

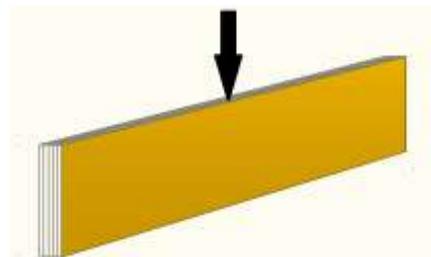
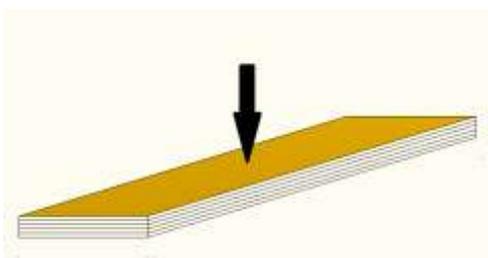
$$\delta_{total} = \delta_{initial} + C \delta_{initial} \quad [2]$$

Keterangan:

- $\delta_{total}$  : defleksi akhir pembebanan (mm)
- $\delta_{initial}$  : defleksi seketika (mm)
- C : faktor rangkak

**METODE**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental laboratorium dan analisis. Sebuah percobaan untuk mendapatkan suatu hasil yang menegaskan hubungan antara variabel-variabel yang diselidiki dilakukan dalam metode eksperimental. Hasil pengujian yang didapatkan adalah beban maksimum, nilai lendutan, temperatur, kelembaban dan berat jenis. Pengujian dilakukan di Laboratorium Struktur Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret. Pada pengujian lentur balok LVL kayu sengon dilakukan untuk memperoleh beban maksimum yang digunakan sebagai data pembebanan pada pengujian rangkak (*creep*). Benda uji yang digunakan dalam pengujian ini berupa balok dengan dimensi 18/18 mm, 18/36 mm, 18/54 mm dengan 2 variasi pembebanan, yaitu tegak lurus laminasi (TL) dan sejajar laminasi (S) seperti yang terlihat pada Gambar 1. Keterangan mengenai benda uji dapat dilihat pada Tabel 1.



(a). Tegak Lurus Laminasi (TL)

(b). Sejajar Laminasi (S)

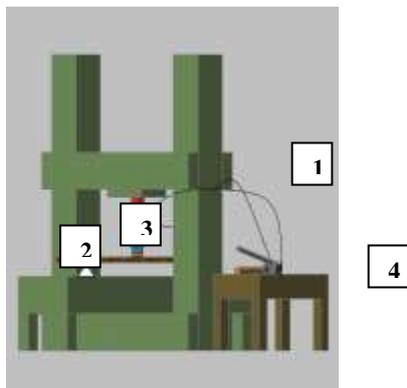
Gambar 1. Benda Uji balok *Laminated Veneer Lumber* (LVL) kayu sengon

Tabel 1. Dimensi benda uji balok LVL kayu sengon

No.	Balok	Panjang (mm)	Dimensi Batang		Keterangan
			b (mm)	h (mm)	
1	18/18 TL	680	18	18	Tegak Lurus Laminasi
2	36/18 TL	680	36	18	Tegak Lurus Laminasi
3	54/18 TL	680	54	18	Tegak Lurus Laminasi
4	18/18 S	680	18	18	Sejajar Laminasi
5	18/36 S	680	18	36	Sejajar Laminasi
6	18/54 S	680	18	54	Sejajar Laminasi

## PRA PENGUJIAN

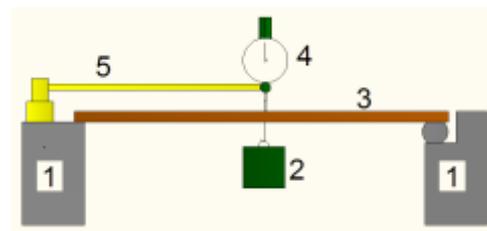
Sebelum pengujian lentur dilakukan, analisis secara teori setiap benda uji dilakukan untuk mengetahui batasan beban dan lendutan yang bisa diterima balok LVL kayu sengon. Selanjutnya, merencanakan nilai MOR (*Modulus of Rupture*) selama 7 hari menggunakan Tabel Faktor durasi pembebanan, dari nilai tersebut dapat diketahui beban yang dapat diterima benda uji pada pengujian rangkak (*creep*)



Gambar 2. Setting up pengujian lentur

### Keterangan :

1. Load Frame
2. Benda Uji
3. Load Cell
4. Hidranlic Jack



Gambar 3. Setting up pengujian rangkak (*creep*)

### Keterangan :

1. Beton
2. Beban
3. Benda Uji
4. Dial Indicator
5. Magnetic stand

Alat yang digunakan untuk pengujian lentur berupa *Loading Frame*, *Load Cell*, dan *Hidranlic Jack*. Pengujian dilakukan sampai benda uji tidak mampu menahan beban yang diberikan atau sampai runtuh, pembebanan diberikan per 5 kg. Pengujian lentur dilakukan untuk mengetahui beban maksimal dari LVL kayu sengon. Setelah didapatkan nilai dari hasil pengujian maka dapat dihitung nilai MOR dari kayu sengon tersebut. Pengujian rangkak (*creep*) dilakukan untuk menentukan penurunan kekakuan kayu akibat beban jangka panjang. Dari pengujian rangkak dapat diketahui defleksi elastis (*elastisitas*), rangkak (*creeps*), dan plastisitas (*permanent set*). *Setting up* pengujian rangkak dapat dilihat pada Gambar 3.

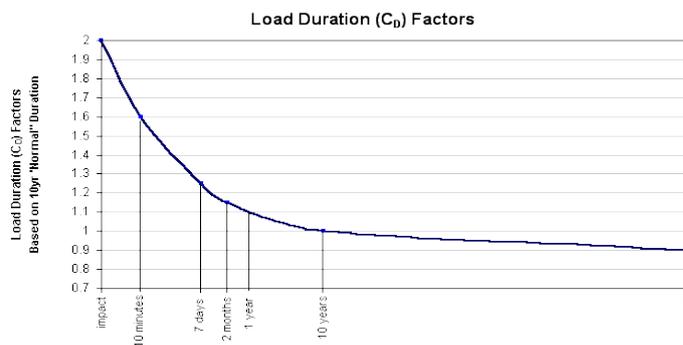
Tabel 2. Hasil hitungan beban pengujian rangkak balok LVL kayu sengon

Benda Uji	MOR	B	h	L	Pmax	Pmax	30% Pmax	40% Pmax	50% Pmax
	(MPa)	(mm)	(mm)	(mm)	(N)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
18/18 TL	27,3277	18	18	680	156,25	15,625	4,6875	6,25	7,8125
36/18 TL	26,4898	36	18	680	302,9183	30,2918	9,0875	12,1167	15,1459

<b>54/18 TL</b>	26,7743	54	18	680	459,2576	45,9258	13,7777	18,3703	22,9629
<b>18/18 S</b>	21,1949	18	18	680	121,1852	12,1185	3,6356	4,8474	6,0593
<b>18/36 S</b>	24,0660	18	36	680	550,4034	55,0403	16,5121	22,0161	27,5202
<b>18/54 S</b>	24,3591	18	54	680	1253,4882	125,3488	37,6046	50,1395	62,6744

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Untuk memperoleh nilai MOR (*Modulus of Rupture*) LVL kayu Sengon, perlu diketahui beban runtuhnya terlebih dahulu. Pada pengujian kuat lentur balok LVL kayu Sengon dikurangi standar deviasi dengan waktu runtuh yang digunakan sekitar 10 menit. Untuk menghitung nilai MOR pembebanan dalam jangka waktu 7 hari, dimana adalah faktor koreksi untuk pembebanan 7 hari dan adalah faktor koreksi untuk pembebanan 10 menit.



Gambar 4. Faktor Durasi Pembebanan

( sumber : <http://timber.ce.wsu.edu/Supplements/LoadDuration/> )

Faktor koreksi beban disesuaikan dengan durasi pembebanan yang direncanakan. Durasi pembebanan standar untuk pengujian *modulus of rupture* adalah 10 menit. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin lama pembebanan diterapkan maka beban yang menyebabkan keruntuhan kayu semakin kecil. Persamaan untuk menentukan beban runtuh pada waktu tertentu adalah sebagai berikut:

dengan :

- = faktor koreksi untuk pembebanan waktu tertentu
- = faktor koreksi untuk pembebanan 10 menit
- = MOR untuk waktu tertentu
- = MOR dengan durasi pembebanan 10 menit

## Temperatur

Pengambilan data suhu dan kelembaban dilakukan pada setiap pengujian *creep* diruangan yang temperaturnya tidak diatur dengan interval 60 menit. Temperatur pada saat pengujian 1 berkisar antara 27,2 - 29,7°C dengan kelembaban udara antara 74% - 92% dilakukan pada tanggal 22 Mei - 02 Juni 2015, pengujian 2 berkisar antara 26,4 - 28,2°C dengan kelembaban udara antara 72% - 87% dilakukan pada tanggal 02 Juni - 12 Juni 2015, pengujian 3 berkisar antara 25,5 - 27,7°C dengan kelembaban udara antara 65% - 75% dilakukan pada tanggal 12 Juni - 21 Juni 2015, pengujian 4 berkisar antara 25,4 - 27,3°C dengan kelembaban udara antara 65% - 74%, pengujian dilakukan pada tanggal 22 Juni - 01 Juli 2015, pengujian 5 berkisar antara 25,2 - 27°C dengan kelembaban udara antara 64% - 72%, pengujian dilakukan pada tanggal 02 Juli - 11 Juli 2015 pengujian 6 berkisar antara 25 - 27°C dengan kelembaban udara antara 64% - 72%, pengujian dilakukan pada tanggal 12 Juli - 21 Juli 2015 di Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta.

## Pengujian Rangkak (*creep*)

Pembacaan untuk pengujian rangkak (*creep*) balok LVL kayu sengon dilakukan secara manual dengan alat yang digunakan untuk membaca lendutan adalah *dial gauge* dan menggunakan tumpuan roll dan jepit di atas meja kayu.

Tabel 3. Waktu pelaksanaan pengujian rangkak (*creep*)

Data	Waktu Pelaksanaan
Pengujian 1	22 Mei - 02 Juni 2015

Pengujian 2	02 Juni – 11 Juni 2015
Pengujian 3	12 Juni – 21 Juni 2015
Pengujian 4	22 Juni – 01 Juli 2015
Pengujian 5	02 Juli – 11 Juli 2015
Pengujian 6	12 Juli – 21 Juli 2015

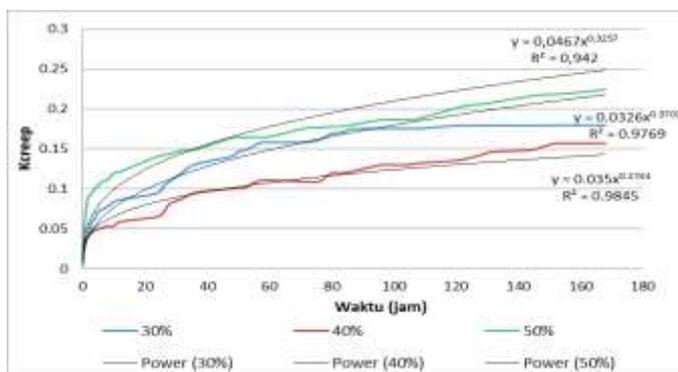
Pada saat pengujian rangkakat didapat data lendutan awal saat pembebanan sesaat dan lendutan total pada saat pembebanan 7 hari, untuk pengujian tegak lurus laminasi dan sejajar laminasi dengan dimensi balok 18/18 (TL), 36/18 (TL), 54/18 (TL), 18/18 (S), 18/36 (S), 18/54 (S) dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Faktor rangkakat (creep) balok LVL kayu sengon

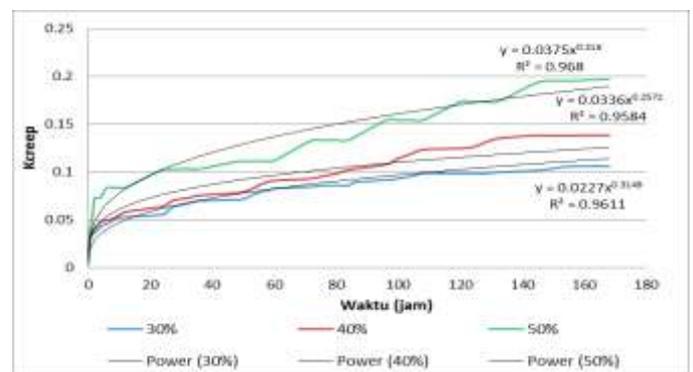
Benda Uji	Beban	Beban (kg)	(mm)	(mm)	
18/18 TL	30%	4,7	2,70	3,18	0,178
	40%	6,3	3,72	4,40	0,183
	50%	7,8	5,20	6,37	0,225
36/18 TL	30%	9,1	3,13	3,42	0,091
	40%	12,1	4,29	4,89	0,138
	50%	15,2	6,09	7,25	0,191
54/18 TL	30%	13,7	2,96	3,31	0,117
	40%	18,4	4,31	5,14	0,192
	50%	22,9	6,09	7,52	0,235
18/18 S	30%	3,6	2,49	2,87	0,153
	40%	4,8	3,45	3,84	0,113
	50%	6,1	4,91	5,78	0,177
18/36 S	30%	16,5	1,58	1,93	0,221
	40%	22	1,75	2,21	0,262
	50%	27,5	2,82	3,45	0,223
18/54 S	30%	37,6	2,29	2,44	0,065
	40%	50,1	2,07	2,43	0,174
	50%	62,7	2,48	2,93	0,182

### Prediksi Nilai Faktor Rangkakat dengan Umur Rencana

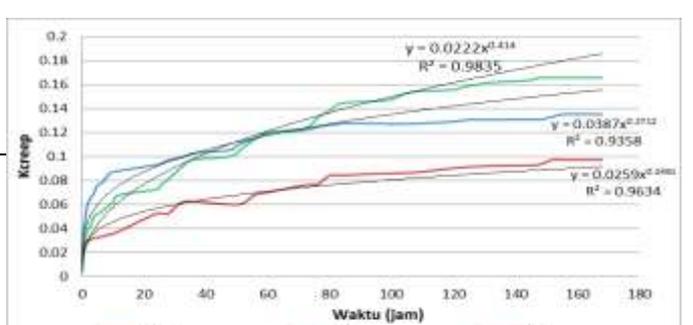
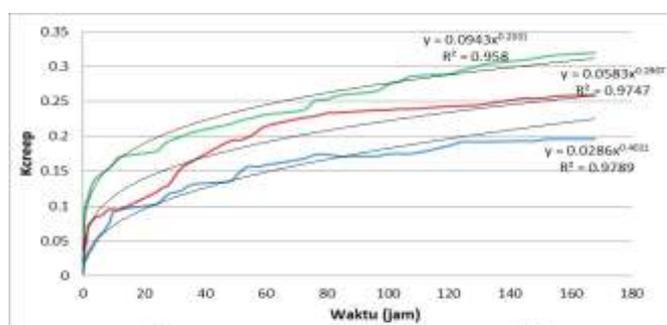
Nilai faktor rangkakat ini dapat digunakan untuk perencanaan struktur bangunan dengan bahan konstruksi LVL kayu sengon. Tujuannya untuk memperkirakan struktur yang digunakan apakah aman atau tidak jika dibebani selama umur perencanaannya. Karena dalam hitungan lendutan perlu memasukkan nilai faktor rangkakat untuk dibandingkan dengan lendutan ijin.



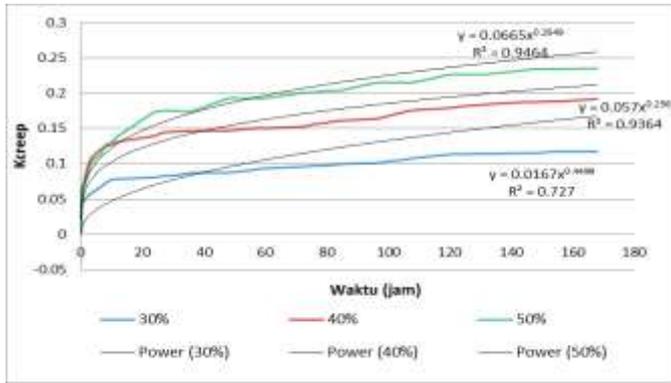
Gambar 5. Prediksi nilai faktor rangkakat balok 18/18 TL



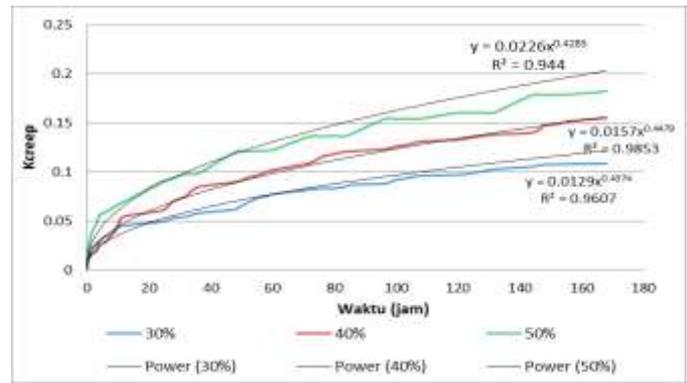
Gambar 6. Prediksi nilai faktor rangkakat balok 36/18 TL



Gambar 7. Prediksi nilai faktor rangkai balok 54/18 TL



Gambar 8. Prediksi nilai faktor rangkai balok 18/18 S



Gambar 9. Prediksi nilai faktor rangkai balok 18/36 S

Gambar 10. Prediksi nilai faktor rangkai balok 18/54 S

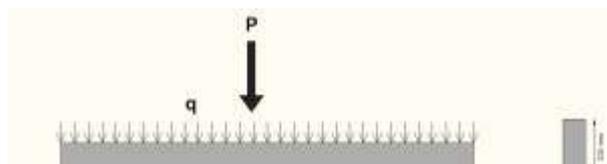
Berdasarkan pengujian hasilnya sesuai dengan teori yang ada, bahwa semakin besar tingkat pembebanannya maka semakin besar nilai faktor *creep* kayu. Nilai faktor rangkai ini dapat diperhitungkan untuk jangka pembebanan yang direncanakan, misal untuk bangunan dengan umur perencanaan 1 tahun, 5 tahun, 10 tahun dan 25 tahun dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai faktor rangkai kayu sengon dengan umur rencana

Benda Uji	Beban	1 tahun	5 tahun	10 tahun	25 tahun
18/18 TL	30%	0,422	0,657	0,794	1,022
	40%	0,898	1,517	1,901	2,562
	50%	0,938	1,702	2,2	3,088
36/18 TL	30%	0,347	0,524	0,627	0,794
	40%	0,395	0,657	0,817	1,09
	50%	0,66	1,098	1,367	1,826
54/18 TL	30%	0,582	0,879	1,049	1,327
	40%	0,736	1,128	1,355	1,727
	50%	0,991	2,046	2,794	4,22
18/18 S	30%	0,241	0,359	0,426	0,534
	40%	0,453	0,702	0,847	1,086
	50%	0,951	1,853	2,469	3,608
18/36 S	30%	0,782	1,138	1,338	1,657
	40%	0,816	1,303	1,593	2,08
	50%	1,1	2,102	2,778	4,015
18/54 S	30%	0,683	1,382	1,872	2,795
	40%	0,915	1,882	2,568	3,871
	50%	1,105	2,202	2,964	4,39

**Perencanaan Struktur Balok Kayu LVL**

Balok lantai yang terbuat dari LVL kayu sengon mendukung beban mati (D) terbagi rata (termasuk beban sendiri) dan beban hidup (L) terpusat seperti gambar dibawah 4.24. apabila dimensi balok yang digunakan 80/200 dengan nilai modulus elastisitas kayu sengon E = 4450 MPa (Kuat kelas V). Struktur lantai tersebut direncanakan selama umur rencana 10 tahun. Berdasarkan kombinasi pembebanan 1,2 D + 1,6 L dan dengan memperhitungkan



faktor waktu, maka beban terpusat (P) yang masih diperbolehkan untuk struktur balok lantai tersebut adalah sebagai berikut :

Gambar 11. Struktur balok dengan beban merata dan terpusat

Tabel 6. Perhitungan beban ijin pada perancangan balok 10 tahun

Benda Uji		Kerapatan (gram/cm <sup>3</sup> )	q (N/mm)	Fbu (MPa)	M□ (Nmm)	P (kg)	P ijin (kg)
18/18 TL	30%	0,5154	0,0825	23,7860	12685871,05	1047,005	226,568
	40%	0,5746	0,0919	23,7860	12685871,05	1045,071	139,499
	50%	0,5520	0,0883	23,7860	12685871,05	1047,220	126,677
36/18 TL	30%	0,5818	0,0931	23,0567	12296902,35	1010,900	248,600
	40%	0,6875	0,1100	23,0567	12296902,35	1009,842	220,859
	50%	0,6155	0,0985	23,0567	12296902,35	1009,457	170,452
54/18 TL	30%	0,5766	0,0923	23,3043	12428976,36	1019,421	197,475
	40%	0,5333	0,0853	23,3043	12428976,36	1019,353	172,368
	50%	0,5880	0,0941	23,3043	12428976,36	1020,064	106,559
18/18 S	30%	0,4882	0,0781	18,4481	9838972,54	804,4238	285,610
	40%	0,5525	0,0884	18,4481	9838972,54	803,9404	219,465
	50%	0,6147	0,0984	18,4481	9838972,54	801,5025	116,311
18/36 S	30%	0,6399	0,1024	20,9470	11171755,13	908,8577	172,253
	40%	0,6253	0,1000	20,9470	11171755,13	909,8681	155,483
	50%	0,6512	0,1042	20,9470	11171755,13	910,1558	106,508
18/54 S	30%	0,6435	0,1030	21,2021	11307797,36	919,2426	140,188
	40%	0,5029	0,0805	21,2021	11307797,36	920,9842	114,024
	50%	0,5204	0,0833	21,2021	11307797,36	919,9170	102,501

Berdasarkan hitungan analisis beban dengan menggunakan kuat lentur kayu sengon, beban hidup yang dapat diterima oleh struktur lantai menurut lendutan bisa diijinkan, tetapi pada struktur lantai dengan memperhatikan nilai faktor rangkai kayu selama 10 tahun, dengan asumsi pembebanan yang digunakan sebesar 30%, maka beban hidup yang dapat diterima oleh struktur lantai jauh lebih kecil. Hal ini menunjukkan bahwa dalam jangka waktu rencana 10 tahun, struktur tersebut sudah melampaui lendutan ijinnya apabila tidak memperhatikan nilai faktor rangkai. Dalam merencanakan struktur kayu, harus memperhitungkan kuat lentur dan lendutan yang terjadi selama masa pembebanan. Termasuk memperhatikan jenis kayu yang akan digunakan untuk pembangunan struktur karena perilaku struktur setiap kayu berbeda-beda.

## SIMPULAN

Dari hasil-hasil yang didapat setelah melalui tahapan pengujian dan analisis balok LVL kayu sengon, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada benda uji tegak lurus terhadap laminasi (TL) dan sejajar terhadap laminasi (S), balok dengan dimensi 18/18 TL, 36/18 TL, 54/18 TL, 18/18 S, 18/36 S dan 18/54 S memiliki nilai faktor rangkai yang akan meningkat seiring dengan besarnya tingkat pembebanan dan lamanya pembebanan. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.10 Nilai faktor rangkai kayu sengon dengan umur rencana.
2. Nilai faktor rangkai pada setiap benda uji dimensi 18/18 TL, 36/18 TL, 54/18 TL, 18/18 S, 18/36 S dan 18/54 S mempunyai nilai tidak sama pada setiap tingkat pembebanannya, sehingga pada saat penggunaan nilai faktor rangkai pada pengaplikasian struktur balok kayu dimensi 80/200 mm dengan umur rencana 10 tahun mempunyai beban ijin yang berbeda-beda.
3. Dari hasil perhitungan contoh aplikasi penggunaan nilai faktor rangkai menunjukkan bahwa dalam jangka waktu rencana 10 tahun, struktur yang masih dapat menerima beban berdasarkan kuat lenturnya telah melampaui lendutan ijinnya. Dalam merencanakan struktur kayu, harus memperhitungkan kuat lentur dan

lendutan yang terjadi selama masa pembebanan. Termasuk memperhatikan jenis kayu yang akan digunakan untuk pembangunan struktur karena perilaku struktur tiap kayu berbeda-beda.

## REKOMENDASI

Perlu pengembangan mengenai waktu pengujian dengan jangka waktu lebih lama, misalnya untuk jangka waktu 2 bulan atau 1 tahun dan sebaiknya dilakukakn didalam ruangan yang suhu dan kelembabannya bisa diatur dan diluar ruangan. Pada nilai kadar air kayu saat pengujian harus disamakan terlebih dahulu, agar pada saat pengujian rangkakan benda uji tersebut akan mengalami perilaku yang sama. Benda uji sebaiknya diambil dari pohon yang sama, atau dari pohon sejenis yang tumbuh tidak berjauhan agar memiliki perilaku kayu yang sama.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Terelesaikannya penyusunan penelitian ini berkat dukungan dan doa dari orang tua, untuk itu saya ucapkan terima kasih. Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada Achmad Basuki, ST, MT dan Ir. Agus Supriyadi, MT selaku pembimbing yang dengan penuh kesabaran telah memberi koreksi dan arahan sehingga menyempurnakan penyusunan. Rasa terima kasih penulis sampaikan untuk Mahendra Guznan dan Muhammad Muttaqin atas dukungan dan kerjasamanya. Pada kesempatan ini saya mengucapkan terima kasih yang tulus kepada semua pihak yang telah berperan dalam mewujudkan penelitian ini secara langsung maupun tidak langsung khususnya mahasiswa sipil UNS 2010.

## REFERENSI

- Adriansyah, Robbi Kullit, 2013. "Perilaku Creep Balok LVL Kayu Sengon Dengan Tumpuan Kantilever". Skripsi. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
- Andriamitantoa, L. D. 1995. *Creep*. In *Timber Engineering STEP 1*. London, Inggris: Wiley & Sons.
- Anonim. 2004. *Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber*. ASTM Wood 04.10 D143-09. Amerika Serikat: American National Standard Institute.
- Awaludin, A dan Irawati, I.S. 2005. *Konstruksi Kayu*. Biro Penerbit Teknik Sipil. Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Awaludin, A, 2011, Hasil pengujian LVL *Paraserianthes falcataria* (Sengon), Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada.
- Awaludin, A. 2012. *Development of Structural Wall made from LVL Sengon (Paraserianthes falcataria): Basic Mechanical Properties*. *Proceedings 1st International Conference on Sustainable Built Environment*.
- Badan Standarisasi Indonesia (BSN), 2002, *Tata cara perencanaan konstruksi kayu (PKKI NI-5)*, BSN, Jakarta.
- Bodig, J. dan Jayne, B.A. (1982). *Mechanics of wood and wood composites*. New York. Amerika Serikat: Van Nostrand Reinhold.
- Desch, H.E., dan Dinwoodie, J.M., 1981. *Timber: Its structure, properties and utilisation*. Forest Grove, Oregon, Amerika Serikat: Timber Press.
- Erlitasari, R. 2013. *Perilaku Rangkakan (Creep) Kayu Walikukun (Schoutheimia korth)*. Tugas Akhir. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.
- Falk, Robert H. 2010. *Wood Handbook: Wood as Engineering Material: Chapter 1*. Madison, Wisconsin, Amerika Serikat: Forest Product Laboratory. United States Department of Agriculture Forest Service.
- Gunawan, Jesy M. 2013. *Perilaku Rangkakan (Creep) Balok LVL Kayu Sengon (Paraserianthes falcataria) Tumpuan Sederhana*. Tugas Akhir. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.
- Haygreen, J.G. and J.L. Bonnyer. 1982. "Forest Product And Wood Science". *An Introduction The Iowa State University Ames*.
- K.H. Felix Yap. 2001. "Konstruksi Kayu". Penerbit Bima Cipta. Bandung.