

ANALISIS PERILAKU PROTOTIP STRUKTUR RANGKA KUDA-KUDA LAMINATED VENEER LUMBER (LVL) KAYU SENGON

Muhammad Rosa Ma'ali¹⁾, Achmad Basuki²⁾, Sunarmasto³⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

^{2), 3)} Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jln Ir Sutami 36 A, Surakarta 57126

e-mail : Maali_aam@yahoo.com

Abstract

Demand for wood as a construction material is generally met from felling the timber that has a good quality and the age old wood causing deforestation for timber. This happen because the growth rate is not proportional to the speed of logging or timber utilization. One alternative to overcome this problem is the use of Sengon Laminated Veneer Lumber (LVL) Wood because this is a short timber harvest time is 5-10 years so it can be guaranteed availability. Easel frame is a truss structure that serves to hold the roof loads and loads itself while providing a form of the roof of a building. Increasingly severe order the easel frame, the greater dimension of the column that sustains below. Use of Sengon LVL lumber is expected to produce light easels because it has a specific gravity of 0.41 g/cm^3 so this need for research on the matter. This research was conducted with the specimen press test of 2 easels frame structure of LVL sengon. Testing is done at the expense of the press centric slowly at each knot point that has been clamped to the specimen till no longer able to accept the additional burden. The results showed that the framework LVL sengon easels occurs stability failure only on one rod that is only in the area close to the stem placement. Easel frame structure can not be perfect global buckling and local buckling only while the stem and its connection to other parts failures still occur. Easel frame structure still proved safe for use as construction but for a double rod buckling capacity is still not able to reach to the maximum load. Failure buckling capacity LVL wooden horses sengon on testing occurs at the smallest value of the test rod bend double without klos has been done in previous studies. Deflection that occurs in testing linearly moving up but there is a considerable difference with the theoretical deflection of approximately 10 mm.

Keywords : *Laminated Veneer Lumber, easel frame structure*

Abstrak

Kebutuhan kayu sebagai material konstruksi umumnya dipenuhi dari penebangan kayu yang mempunyai kualitas yang baik dan umur kayu yang tua sehingga terjadi penggundulan hutan karena kecepatan pertumbuhan kayu tidak sebanding dengan kecepatan penebangan atau pemanfaatan kayu. Salah satu alternatif untuk mengatasi masalah tersebut yaitu penggunaan Kayu *Laminated Veneer Lumber* (LVL) kayu sengon karena kayu sengon ini merupakan kayu yang masa panennya singkat yaitu 5-10 tahun sehingga dapat terjamin ketersediaannya. Rangka kuda-kuda merupakan suatu susunan rangka batang yang berfungsi menahan beban atap dan beban sendiri sekaligus memberikan bentuk atap sebuah bangunan. Semakin berat rangka kuda-kuda maka semakin besar dimensi kolom yang menopang dibawahnya. Penggunaan kayu LVL sengon ini diharapkan dapat menghasilkan kuda-kuda ringan karena hanya memiliki berat jenis $0,41 \text{ g/cm}^3$ sehingga perlu adanya penelitian mengenai hal tersebut. Penelitian ini dilakukan dengan menguji tekan 2 benda uji struktur rangka kuda-kuda LVL kayu sengon. Pengujian tekan dilakukan dengan membebani secara sentris perlahan-lahan pada masing-masing titik buhul yang sudah diklem sampai benda uji tidak mampu lagi dalam menerima beban tambahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rangka kuda-kuda LVL kayu sengon terjadi kegagalan kestabilan hanya pada salah satu batang saja yaitu pada batang di daerah dekat perletakan. Struktur rangka kuda-kuda tidak bisa mengalami tekuk global secara sempurna dan hanya mengalami tekuk lokal sedangkan batang pada bagian lain beserta sambungan masih belum terjadi kegagalan. Struktur rangka kuda-kuda terbukti masih aman untuk digunakan sebagai konstruksi tetapi untuk kapasitas tekuk batang ganda masih belum mampu mencapai beban secara maksimal. Kegagalan kapasitas tekuk kuda-kuda LVL kayu sengon pada pengujian terjadi pada nilai terkecil pengujian tekuk batang ganda tanpa klos yang sudah dilakukan pada penelitian sebelumnya. Defleksi yang terjadi pada pengujian bergerak naik secara linier akan tetapi terdapat perbedaan yang cukup besar dengan defleksi teoritis yaitu sekitar 10 mm.

Kata Kunci : *Laminated Veneer Lumber, struktur rangka kuda-kuda*

PENDAHULUAN

LVL adalah kayu olahan 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 (*Paraserianthes 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 sudah 5 tahun.

Konstruksi rangka atap adalah suatu susunan rangka batang untuk menahan beban atap dan beban sendiri sekaligus memberikan bentuk atap sebuah bangunan. Pada intinya, atap adalah bagian paling atas bangunan yang memberikan perlindungan bagian bawahnya terhadap cuaca, panas, hujan dan terik matahari. Fungsi rangka atap yang lebih spesifik adalah menerima beban oleh bobot sendiri, yaitu beban kuda-kuda dan bahan pelapis berarah vertikal kemudian meneruskannya pada kolom dan pondasi, serta dapat berfungsi untuk menahan tekanan angin bebas yang berarah horizontal pada atap (Yap, 2001). Beban-beban atap yang harus diterima konstruksi kuda-kuda kayu melalui gording-gording yang sedapat mungkin disalurkan/diterima tepat pada titik buhul. Dengan demikian rangka batang dapat bekerja sesuai dengan hitungan besarnya gaya batang dan juga batang tersebut tidak terjadi tegangan lentur melainkan hanya terdapat tegangan normal tekan dan tarik (Iswanto, 2007).

Batang Tarik

Batang tarik merupakan batang dari struktur yang dapat menahan pembebanan tarik yang bekerja searah dengan sumbuinya. Kekuatan batang tarik adalah kekuatan batang kayu untuk menahan gaya-gaya yang berusaha memperpanjang kayu. Secara umum, perencanaan batang tarik bertujuan untuk mengetahui luas penampang batang minimum yang diperlukan. Hitungan batang tarik (Awaludin, 2005) dapat dilihat sebagai berikut :

$$T_u = \lambda \phi_t T' \dots\dots\dots [1]$$

Keterangan:

- T_u = kekuatan batang tarik terfaktor (kN)
- λ = faktor waktu kombinasi pembebanan
- ϕ_t = faktor reduksi tahanan tarik
- T' = tahanan tarik terkoreksi (kN)

Batang Tekan

Batang tekan merupakan batang dari suatu rangka batang yang menerima tegangan tekan searah panjang batang. Tegangan tekan akan berusaha untuk menekan/memperpendek kayu. Rumus perhitungan kekuatan batang tekan berikut menggambarkan kompleksitas faktor faktor yang ikut mempengaruhi kekuatan batang tekan (Awaludin, 2005):

$$P_u = \lambda \phi_c P' \dots\dots\dots [2]$$

Keterangan:

- P_u = kekuatan tekan maksimum yang diijinkan (kN)
- λ = faktor umur kombinasi pembebanan
- ϕ_c = faktor reduksi tahanan tekan
- P' = tahanan tekan terkoreksi (kN)

Untuk mendapatkan besaran tahanan terkoreksi P' , maka dihitung dengan formulasi berikut :

$$P' = C_p P_0' \dots\dots\dots [3]$$

$$C_p = \frac{(1+\alpha_c)}{2c} - \sqrt{\left(\frac{1+\alpha_c}{2c}\right)^2 - \frac{\alpha_c}{c}} \dots\dots\dots [4]$$

$$\alpha_c = \frac{\phi_S P_E}{\lambda \phi_C P_n'} \dots\dots\dots [5]$$

$$P_E = \frac{\pi^2 E_{0.5} A}{(K_e L/r)^2} \dots\dots\dots [7]$$

$$E'_{0.5} = E_{0.5} C_i \dots\dots\dots [8]$$

$$E_{0.5} = 0.69 E_w \dots\dots\dots [9]$$

$$E_w = 0.8 \text{ MOE} \dots\dots\dots [10]$$

$$F_c' = F_c C_i \dots\dots\dots [11]$$

$$F_c = 0.8 F_c // \dots\dots\dots [12]$$

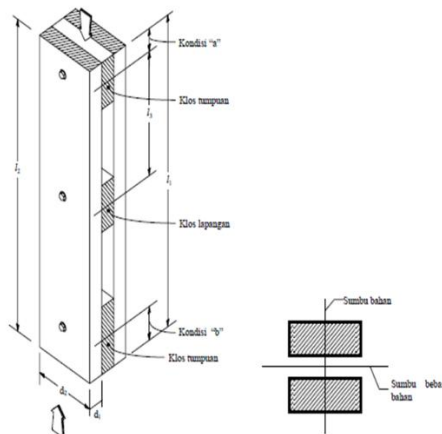
Keterangan:

- $F_c //$ = kuat tekan sejajar serat diperoleh dari uji tekan bahan (MPa)
- F_c = kuat tekan sejajar serat acuan (MPa)
- C_i = rasio tahanan
- MOE = modulus elastisitas lentur (MPa)
- E_w = modulus elastisitas lentur acuan (MPa)
- $E_{0.5}$ = modulus elastisitas lentur pada percentil 5% (MPa)
- $E_{0.5}'$ = modulus elastisitas lentur terkoreksi pada percentil 5% (MPa)
- P_0' = tahanan tekan aksial terkoreksi (N)
- A = luas penampang (mm^2)

- P_e = tahanan tekuk kritis (N)
- K_e = faktor panjang tekuk
- r = jari-jari girasi (mm)
- ϕ_s = faktor tahanan stabilitas

Kolom Berspasi

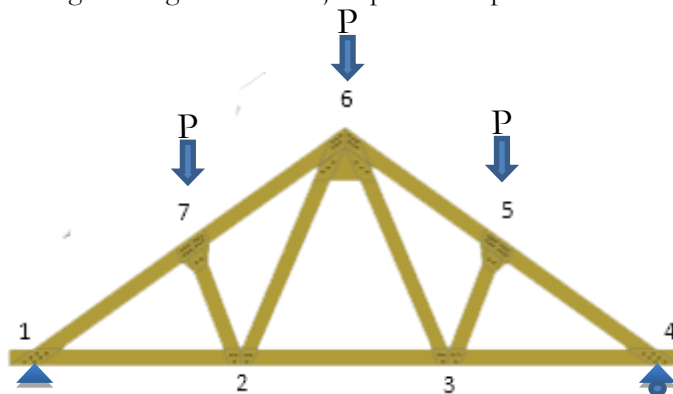
Pada kolom berspasi ada dua sumbu utama yang melalui titik berat penampang, yaitu sumbu bebas bahan dan sumbu bahan. Sumbu bebas bahan adalah sumbu yang arahnya sejajar muka yang berspasi (biasanya muka yang lebih lebar) pada kolom, dan sumbu bahan adalah sumbu yang arahnya tegak lurus arah sumbu bahan dan memotong kedua komponen struktur kolom. Kolom berspasi yang merupakan komponen struktur tekan dari suatu rangka batang, titik kumpul yang dikekang secara lateral dianggap sebagai ujung dari kolom berspasi, dan elemen pengisi pada titik kumpul tersebut dipandang sebagai klos tumpuan.



Gambar 1. Geometri Kolom Berspasi

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental laboratorium dan analisis. Hasil pengujian yang didapatkan adalah beban maksimum, lendutan, serta kerusakan/keruntuhan yang terjadi. Pengujian dilakukan di Laboratorium Struktur Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret. Pada pengujian tekan struktur rangka kuda-kuda LVL kayu sengon dilakukan dengan cara memberikan pembebanan sentris perlahan-lahan menggunakan *Load Cell* dan kemudian disalurkan oleh *frame* penyalur beban pada masing-masing 3 titik buhul yang sudah diklem untuk menghindari terjadinya puntir pada benda uji sehingga pembebanan dapat sepenuhnya mendesak kebawah. Pembebanan ini dilakukan sampai batas kemampuan benda uji dalam menerima beban desak diindikasikan dengan adanya kerusakan struktur dan benda uji tidak mampu lagi dalam menerima beban tambahan. Benda uji yang digunakan dalam pengujian ini berupa struktur rangka kuda-kuda seperti yang terlihat pada Gambar 2. Keterangan mengenai benda uji dapat dilihat pada Tabel 1.



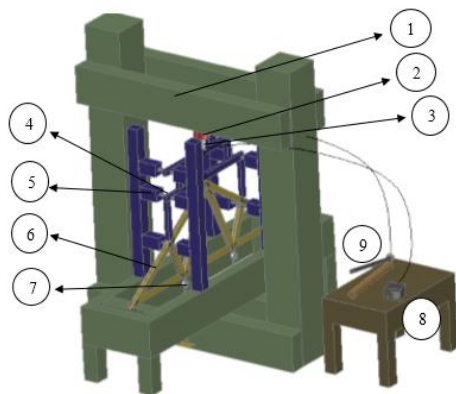
Gambar 2. Benda Uji Rangka Kuda-kuda

Tabel 1. Dimensi benda uji kuda-kuda

No.	Batang	Panjang (mm)	Dimensi Batang		Keterangan
			b (mm)	h (mm)	
1	1 – 2	970	18	80	Batang Tunggal
2	2 – 3	1060	18	80	Batang Tunggal

Lanjutan Tabel 1

3	3 – 4	970	18	80	Batang Tunggal
4	1 – 7	930	18	80	Batang Ganda Berspasi
5	7 – 6	900	18	80	Batang Ganda Berspasi
6	3 – 5	573	18	80	Batang Ganda Berspasi
7	6 – 5	900	18	80	Batang Ganda Berspasi
8	5 – 4	930	18	80	Batang Ganda Berspasi
9	2 – 7	573	18	80	Batang Ganda Berspasi
10	2 – 6	1175	18	80	Batang Ganda Berspasi
11	3 – 6	1175	18	80	Batang Ganda Berspasi



Keterangan:

1. Loading Frame
2. Hidraulic Jack
3. Load Cell
4. Frame penyalur beban
5. Klem
6. Prototip kuda-kuda
7. Dial Indicator
8. Transducer
9. Hidraulic Pump

Gambar 3. *Setting* pengujian benda uji rangka kuda-kuda

PRA PENGUJIAN

Sebelum pengujian dilakukan, model struktur rangka kuda-kuda LVL kayu sengon dianalisis terlebih dahulu kapasitas beban (kekuatan struktur) yang dapat diterima batang dan sambungan yang diperoleh dari perhitungan manual. Selanjutnya, mensimulasi desain kuda-kuda dengan menggunakan program SAP 2000 versi 14 untuk mendapatkan nilai gaya dalam maksimum serta deformasi yang terjadi pada struktur rangka kuda-kuda.

Analisis Kapasitas Batang Kuda-kuda

Kapasitas batang kuda-kuda berfungsi untuk menunjukkan seberapa besar gaya yang dapat diterima oleh batang tersebut. Rekapitulasi hitungan kapasitas batang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil hitungan kapasitas batang kuda-kuda

Batang	Panjang (mm)	Kelangsingan	Kapasitas Batang (kN)	Kapasitas Batang (kg)
1-7	930	49,64	26,56	2656
7-6	900	48,04	27,41	2741
2-7	573	30,58	34,74	3474
4-5	930	49,64	26,56	2656
5-6	900	48,04	27,41	2741
3-5	573	30,58	34,74	3474

Analisis Tahanan Lateral Dua Irisan Sambungan Kuda-kuda

Perhitungan ini mengacu pada penelitian yang telah dilakukan oleh Tiara Kenanga (2012).

Tabel 3. Hasil hitungan tahanan lateral acuan izin sambungan

Titik	Diameter (mm)	Jumlah Pasak (buah)	½ keliling (mm)	Beban (kg)	Beban (N)
Buhul 1	10	6	188,57	1694,6	16946
Buhul 2	10	6	188,57	1694,6	16946

Lanjutan Tabel 3

6	10	14	440,00	3806,6	38066
7	10	18	565,71	4862,6	48626
4	10	6	188,57	1694,6	16946
3	10	6	188,57	1694,6	16946
5	10	14	440,00	3806,6	38066

Hasil Pengujian Tekuk Batang Ganda Kayu LVL

Hasil pengujian tekuk untuk batang ganda kayu LVL yang telah dilakukan oleh Firdaus Akbar (2012) disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengujian tekuk pada batang ganda kayu LVL

Dimensi (mm)	Kelangsingan	Beban Maksimum (kN)	Rata-Rata Beban Maksimum (kN)	Defleksi pada Beban Maksimum (mm)	Persentase Penurunan Beban Maksimum
561,9	30	38	40,12	5,28	7,58%
		43,35		4,2	
		39		6,34	
936,5	50	9,9	15,93	9,64	27,98%
		17,3		8,52	
		20,6		9,62	

Hasil Analisis Gaya Batang Akibat Kombinasi Pembebanan

Hasil Analisis Gaya Batang Akibat Kombinasi Pembebanan pada perhitungan sebelumnya pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi hasil perhitungan pembebanan SAP 2000 versi 14

No	Nama Batang	Gaya Batang (Kg) akibat 1,4 D	Gaya Batang (Kg) akibat 1,2 D + 1,6 La + 0,8 W
1	Batang atas		
	batang 1-7	-651,13	-1082,93
	batang 7-6	-577,43	-961,60
	batang 6-5	-577,43	-956,47
2	Batang bawah		
	batang 5-4	-651,13	-1099,71
	batang 1-2	533,43	937,44
	batang 2-3	355,13	633,18
3	Batang diagonal		
	batang 3-4	533,43	906,45
	batang 2-7	-165,86	-314,24
	batang 2-6	261,68	433,63
	batang 3-6	261,68	394,86
	batang 3-5	-165,86	-277,08

Analisis Kuda-kuda dengan Bantuan Program SAP 2000 Versi 14

Hasil dalam analisis ini merupakan besarnya gaya batang yang terjadi setelah rangka diberi variasi pembebanan selanjutnya hasil ini dapat dipakai sebagai dasar batas pembebanan yang direncanakan dalam pengujian rangka kuda-kuda LVL kayu sengon dilaboratorium. Rekapitulasi hitungan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi gaya batang dengan variasi pembebanan untuk struktur rangka batang kuda-kuda

Batang	Panjang (mm)	Gaya Batang Akibat Variasi Pembebanan (kg)						
		400	410	430	460	490	500	550
1 - 2	970	892,98	914,41	957,27	1021,56	1085,85	1107,28	1214,43
1 - 7	930	-1091,86	-1118,02	-1170,33	-1248,8	-1327,28	-1353,43	-1484,22
7 - 6	900	-938,83	-961,24	-1006,07	-1073,3	-1140,53	-1162,94	-1275
2 - 7	573	-346,7	-354,33	-371,39	-390,68	-421,97	-430,41	-472,56
2 - 6	1175	373,5	382,29	399,88	426,27	452,66	461,46	505,44
2 - 3	1060	600,98	615,38	644,17	687,36	730,55	744,94	816,92
3 - 4	970	892,98	914,41	957,27	1021,56	1085,85	1107,28	1214,43
4 - 5	930	-1091,86	-1118,02	-1170,33	-1248,8	-1327,28	-1353,43	-1484,22
5 - 6	900	-938,83	-961,24	-1006,07	-1073,3	-1140,53	-1162,94	-1275
3 - 5	573	-346,7	-354,33	-371,39	-390,68	-421,97	-430,41	-472,56
3 - 6	1175	373,5	382,29	399,88	426,27	452,66	461,46	505,44

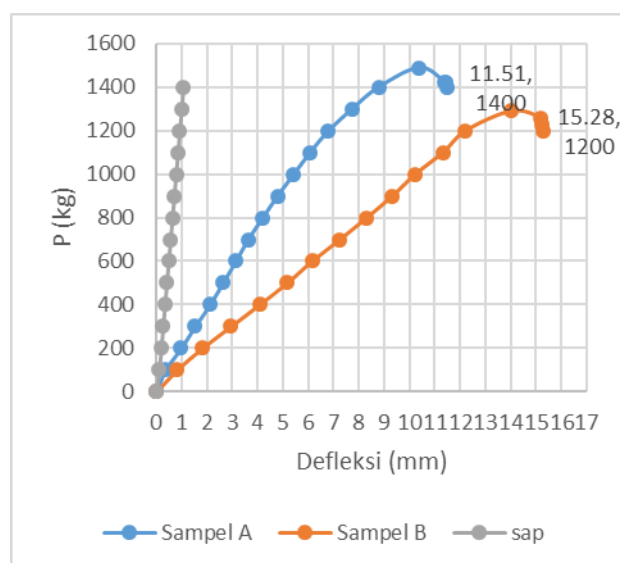
Dengan menggunakan data rekapitulasi gaya batang akibat kombinasi pembebanan (lihat Tabel 5) diperoleh nilai yang hampir mendekati nilai gaya batang pada Tabel 6 diatas yaitu pada pembebanan sebesar 410 Kg tiap titik buhul. Beban ini kemudian dijadikan batasan beban rencana apakah struktur kuda-kuda dapat menahan beban atap dan beban sendiri. Dapat disusun hipotesa bahwa untuk kegagalan struktur pada batang akan terjadi pada pembebanan 550 Kg tiap buhul atau pembebanan total 1650 Kg.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada pengujian ini terjadi kegagalan struktur pada 1490 Kg atau 490 Kg tiap titik buhul pada pengujian pertama dan 1290 Kg atau 430 Kg tiap titik buhul pada pengujian kedua. Pembebanan Pengujian tekan struktur kuda-kuda LVL kayu sengon dihentikan karena kuda-kuda sudah tidak mampu lagi dalam menerima beban dan sudah terjadi kegagalan kestabilan kolom pada batang 4 – 5 pada sampel A dan batang 1 – 7 pada sampel B seperti yang terlihat pada Gambar 6 dan Gambar 7. Hasil pengujian tersaji pada Gambar 4 dan 5 serta Tabel 7 dan 8.

Tabel 7. Hasil pengujian tekan struktur rangka kuda-kuda kayu LVL pada buhul 2

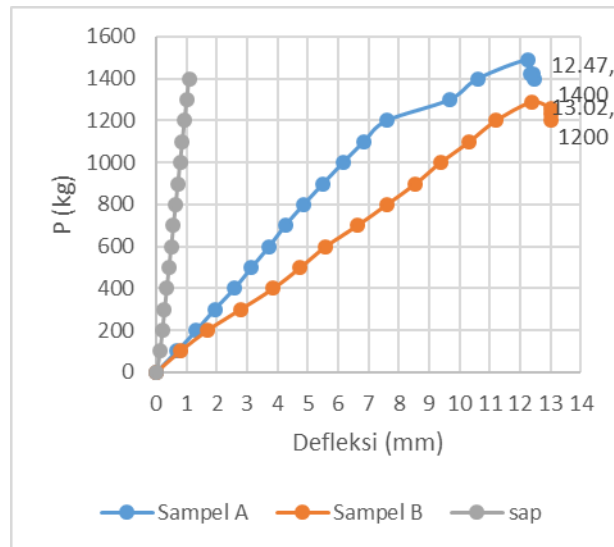
Sampel	Beban Maksimum (Kg)	Rerata Beban Maksimum (Kg)	Defleksi pada Beban Maksimum (mm)	Rerata Defleksi pada Beban Maksimum (mm)
A	1490	1390	10.39	12.2
B	1290		14.02	



Gambar 4. Hubungan antara Penambahan Beban dengan Defleksi yang terjadi pada Buhul 2

Tabel 8. Hasil pengujian tekan struktur rangka kuda-kuda kayu LVL pada buhul 3

Sampel	Beban Maksimum (Kg)	Rerata Beban Maksimum (Kg)	Defleksi pada Beban Maksimum (mm)	Rerata Defleksi pada Beban Maksimum (mm)
A	1490	1390	12.24	12.31
B	1290		12.38	



Gambar 5. Hubungan antara Penambahan Beban dengan Defleksi yang terjadi pada Buhul 3



Gambar 6. Kegagalan Struktur pada Sampel A



Gambar 7. Kegagalan Struktur pada Sampel B

SIMPULAN

Kesimpulan dari hasil pengujian dan analisis struktur rangka kuda-kuda LVL kayu sengon adalah sebagai berikut :

- Pengujian tekan rangka kuda-kuda LVL kayu sengon terjadi kegagalan kestabilan struktur hanya pada salah satu batang saja yaitu pada batang di daerah dekat perletakan. Struktur rangka kuda-kuda tidak bisa mengalami

tekuk global secara simetri dan hanya mengalami tekuk lokal sedangkan batang pada bagian lain beserta sambungan masih belum terjadi kegagalan (lihat Gambar 6 dan 7).

- b. Hasil pengujian struktur rangka kuda-kuda LVL menghasilkan rerata pembebanan maksimum sebesar 1390 Kg atau 460 Kg tiap titik buhul sedangkan batasan beban rencana sebesar 410 Kg tiap titik buhul. Hasil ini menunjukkan bahwa struktur terbukti masih aman untuk digunakan sebagai konstruksi struktur rangka kuda-kuda.
- c. Batas pembebanan untuk kegagalan struktur yaitu sebesar 550 Kg tiap titik buhul. Hasil ini menunjukkan bahwa untuk kapasitas tekuk batang ganda masih belum mampu mencapai beban secara maksimal.
- d. Rerata pembebanan maksimum pengujian rangka kuda-kuda sebesar 460 Kg menghasilkan gaya batang 1-7 sebesar 1248 Kg (lihat Tabel 6). Hasil ini menunjukkan bahwa rangka kuda-kuda hanya mampu mencapai nilai terkecil pengujian kuat tekuk batang yang sudah dilakukan oleh penelitian sebelumnya sebesar 990 Kg (lihat Tabel 4). Hubungan nilai defleksi dan pembebanan yang terjadi pada struktur kuda-kuda LVL kayu sengon pada hasil pengujian maupun analisis dengan SAP 2000 versi 14 dapat bergerak secara linier namun memiliki perbedaan yang cukup besar sekitar 10 mm.
- e. Kegagalan struktur yang terjadi pada pengujian dilaboratorium tidak bisa mencapai batas kekuatan tekuk kemungkinan dikarenakan adanya pergeseran pembebanan saat pengujian. Alat pengujian berupa *Frame* penyalur beban menjadi tidak seimbang dan menyebabkan pembebanan yang lebih pada titik buhul tertentu sehingga terjadi kegagalan struktur pada batang yang dibebani secara berlebih tersebut. kemungkinan yang lain disebabkan adanya perbedaan nilai kekakuan pada tiap batang kuda-kuda dikarenakan besarnya bentang nilai MOE pada kayu LVL dan menyebabkan tidak bisa terpenuhinya tekuk secara simetri.

REKOMENDASI

Perlu dilakukan pengujian lebih lanjut pada struktur kuda-kuda LVL kayu sengon dengan variasi jumlah klos dan jarak penempatan klos. Pada pembuatan rangka kuda-kuda perlu dikerjakan oleh tenaga ahli sehingga benda uji yang dihasilkan dapat ideal dan sesuai dengan yang direncanakan. Dan pada pengujian perlu meningkatkan stabilitas *frame* penyalur beban pada saat dilakukan pembebanan agar hasil penelitian lebih baik. Sebaiknya pembebanan pada pengujian dilakukan dengan menggantung beban kebawah pada tiap titik buhul dan kemudian diberi pembebanan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Tersesainya 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. Sunarmasto, MT selaku pembimbing yang dengan penuh kesabaran telah memberi koreksi dan arahan sehingga menyempurnakan penyusunan. Rasa terima kasih penulis sampaikan khusus untuk rekan saya Setyowati 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 2009.

REFERENSI

- Akbar, Firdaus. 2012. "*Pengaruh Panjang Batang Terhadap Kuat Tekan Kolom Laminated Veneer Lumber (LVL) Dari Bahan Kayu Sengon (Paraserianthes Falcataria L. Nielsen)*". Skripsi. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Awaludin, Ali dan Irawati, I. S. 2005. "*Konstruksi Kayu*". Biro Penerbit KMTS Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Awaludin, Ali. 2005. "*Dasar-dasar Perencanaan Sambungan Kayu*". Biro Penerbit KMTS Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 1998. "*Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (SNI 03-1727-1998)*", Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2002. "*Tata Cara Perencanaan Konstruksi Kayu Indonesia*". SNI-5. Jakarta.
- Fitrida, Tiara Kenanga. 2012. "*Pengaruh Konfigurasi Pasak dan Sudut Arab Serat Laminated Veneer Lumber Pada Desain Sambungan Pasak Bambu Laminasi*". Skripsi. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Gunawan, Rizaldi. 2012. "*Pengaruh Jumlah Klos Terhadap Kuat Tekan Kolom Laminated Veneer Lumber (LVL) Berspasi*". Skripsi. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Iswanto, Danoe. 2007. "*Kajian Terhadap Struktur Rangka Atap Kayu Rumah Taban Gempa Bantuan P2KP*". Jurnal Ilmiah Perancangan Kota dan Permukiman.
- K.H. Felix Yap. 2001. "*Konstruksi Kayu*". Penerbit Bima Cipta. Bandung.