

BAB V
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian Pendahuluan

Pengujian pendahuluan dilakukan sebelum pengujian kuda-kuda papan secara utuh. Pengujian pendahuluan terdiri dari pengujian kayu dan pengujian sambungan. Pengujian kayu meliputi pengujian kadar air dan berat jenis kayu, pengujian desak kayu, pengujian kuat tarik kayu dan pengujian kuat geser. Pengujian sambungan meliputi pengujian kuat geser pada alat sambung claw nailplate dan pengujian kuat tarik claw nailplate.

5.1.1 Hasil Pengujian Kadar Air dan Berat Jenis Kayu

Hasil pengujian kadar air dan berat jenis kayu yang dilakukan adalah seperti ditabelkan berikut ini:

Tabel 5.1 Hasil uji kadar air dan berat jenis kayu

Volume setelah dioven (cm ³)	Berat sebelum dioven (gr)	Berat sesudah dioven (gr)	Berat Jenis Kayu (gr/cm ³)	Kadar air (%)
58.189	34.5	28.9	0.497	19.377

5.1.2 Hasil Pengujian Kuat Desak Kayu // Serat

Pengujian kuat desak kayu // serat dilakukan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik dengan membuat 3 buah sample dengan luas (A) 9 cm dan tinggi (t) 20 cm. Dari data hasil pengujian kuat desak kayu dapat dicari tegangan desak // serat, grafik hubungan tegangan – regangan (dapat dilihat pada lampiran 2) dan modulus elastis yang hasilnya dapat dilihat pada table berikut ini :

Tabel 5.2 Pengujian Kuat Desak Kayu // Serat

Benda Uji	Beban Maksimal Kg	Luas Tampang (cm ²)	$\sigma_{ds}/$ (kg/cm ²)	Modulus Elastis (kg/cm ²)
1	2845	9	316,111	222222,222
2	2800	9	311,111	150659,134
3	3930	9	436,667	229390,680
Rata-Rata			354,630	200757,345

5.1.3 Hasil Pengujian Kuat Tarik Kayu // Serat

Pengujian kuat tarik // serat dilakukan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik dengan membuat 3 buah sample. Hasil pengujian kuat tarik kayu // serat ditampilkan pada table 5.3 berikut ini :

Tabel 5.3 Hasil uji tarik kayu // serat

Sample	Luas Rata-Rata (A) cm ²	P maks (Kg)	Teg Tarik maksimum (kg/cm ²)	Teg Tarik maksimum Rata-Rata
1	1,629	1035	635,3591	796,5406
2	1,227	1095	892,4205	
3	1,520	1310	861,8421	

5.1.4 Hasil Pengujian Kuat Geser Kayu // Serat

Pengujian kuat geser kayu // serat dilakukan dengan membuat 3 buah sample dari kayu meranti. Hasil pengujian kuat geser kayu // serat ditampilkan pada table 5.4 berikut ini:

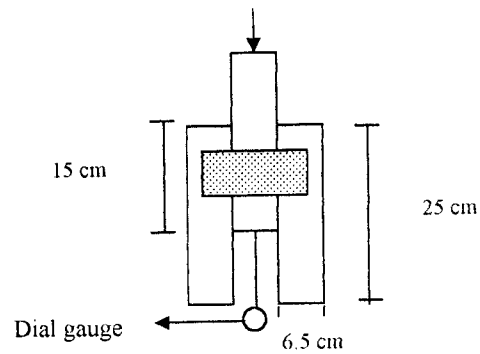
Tabel 5.4 Hasil uji kuat geser kayu

Sampel	P max (kg)	Luas (cm ²)	Kuat Geser maksimum (kg / cm ²)	Kuat geser maksimum rata - rata
1	910	24	37,9167	38.8889
2	865	24	36,0417	
3	1025	24	42,7083	

5.2 Hasil Pengujian Sambungan

Pengujian sambungan dilakukan dengan dua macam pengujian, yaitu pengujian kuat geser sambungan dimana pengujiannya dilakukan dengan cara benda uji didesak dan pengujian kuat tarik sambungan. Alat sambung yang digunakan pada kedua pengujian sambungan ini jenisnya sama yaitu alat sambung claw nailplate.

Hasil pengujian kuat geser pada alat sambung Claw Nailplate diperoleh beban maksimal yang dapat ditahan oleh alat sambung dan ditampilkan pada table 5.5 berikut ini :

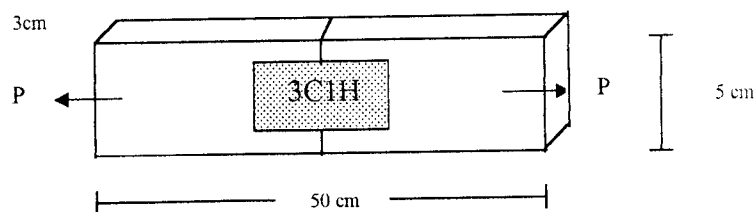


Gambar 5.1 Model Benda Uji Geser

Tabel 5.5 Beban maksimal alat sambung claw nailplate pada pengujian kuat geser sambungan

Sampel	Nama Claw Nail	Jumlah Paku	P maks (kg)
1	2 x 4C3	96	3330
2	2 x 6C3	144	3370
3	2 x 8C3	192	3450

Hasil pengujian kuat tarik pada alat sambung Claw Nailplate dengan luas kayu masing-masing sebesar 15 cm^2 sehingga dapat diketahui berapa besar beban maksimum perpasang yang mampu ditahan oleh alat sambung tersebut.



Gambar 5.2 Model Benda Uji Tarik

Dari hasil pengujian yang dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi teknik maka didapatkan beban maksimum pada masing – masing sample yang ditabelkan pada tabel 5.6 seperti berikut ini:

Tabel 5.6 Beban maksimal alat sambung claw nailplate pada pengujian kuat tarik sambungan

Sampel	Nama Claw Nail	Jumlah Paku	P maks (kg)	P rata-rata
1	2 x 3C1H	36	1140	1278
2	2 x 3C1H	36	1305	
3	2 x 3C1H	36	1390	

Dari hasil pengamatan kedua pengujian alat sambung diatas, yaitu kuat geser dan kuat tarik sambungan claw nailplate, sehingga jika dibandingkan dengan Pryda hasilnya dapat dilihat pada tabel 5.7 berikut ini :

Tabel 5.7 Perbandingan kuat geser alat sambung antara di Laboratorium dengan yang diijinkan Pryda :

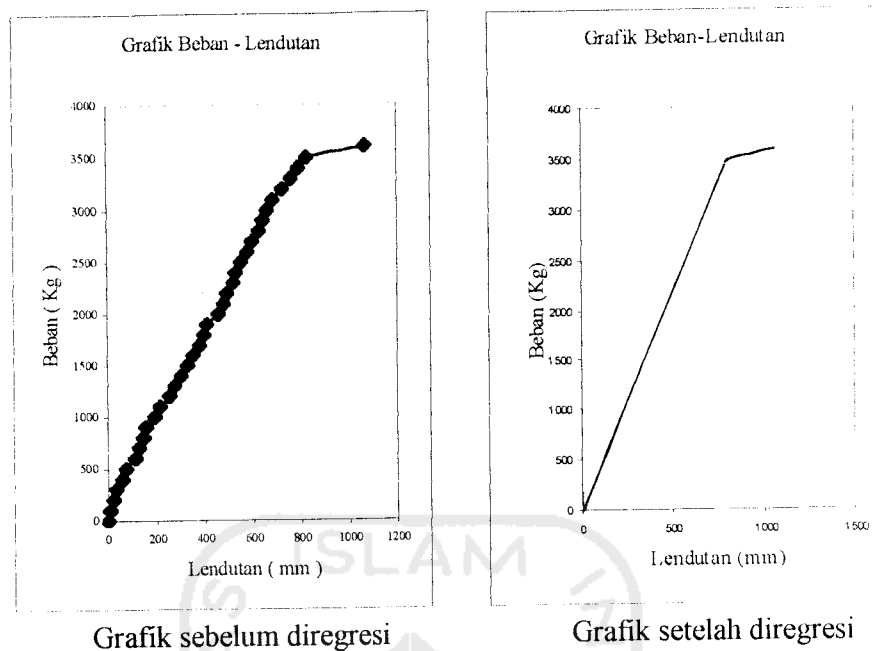
No	Nama Claw Nail	Jumlah Paku	P max perpasang Lab (kg)	P ijin perpasang Pryda (kg)	Angka keamanan
1	2 x 3C1H	36	1278	484,404	2,638
2	2 x 4C3	96	3330	1291,743	2,578
3	2 x 6C3	144	3370	1937,615	1,739
4	2 x 8C3	192	3450	2583,486	1,335
				Rata – rata	2,073

5.3 Hasil Pengujian Kuda-Kuda Papan

Penelitian perilaku kuda-kuda papan dengan sambung claw nailplate, dibuat 2 buah sample kuda-kuda dari kayu meranti yang dipes secara bersamaan dengan jarak antar kuda-kuda 20 cm dan diberi pengaku berupa reng untuk menyesuaikan keadaan dilapangan serta dapat meminimalkan terjadinya lendutan kearah samping. Pembebanan dilakukan pada titik puncak kuda-kuda, kemudian dial gauge digunakan sebanyak 6 buah yang masing-masing kuda-kuda dipasang 3 buah dial yang diletakkan pada batang bagian bawah dengan jarak antar dial 125 cm. Dari hasil pembacaan dial dapat diketahui hubungan beban dan lendutan dan mengetahui besarnya kekakuan batang (dapat dilihat pada tabel 5.10)

**Tabel 5.9 Hubungan Beban - Lendutan Maksimum Rata-Rata
Kuda-Kuda Papan**

Beban (kg)	Lendutan maks rata-rata (x 0.01mm)	Beban (kg)	Lendutan maks rata-rata (x 0.01mm)
0	0	1800	395,3125
100	7,7625	1900	409,125
200	22	2000	455,5
300	33,625	2100	479,625
400	58,75	2200	493,25
500	73,375	2300	518
600	112,3125	2400	528,125
700	125,95	2500	552,125
800	144,25	2600	578,3125
900	156,25	2700	596,5625
1000	190	2800	626,875
1100	214,25	2900	643,125
1200	253,25	3000	659,5
1300	273,75	3100	684,8125
1400	300,875	3200	723,5
1500	327,5	3300	759,375
1600	350,5	3400	788,75
1700	376,25	3500	823,875
		3800	1066



Tabel 5.9 Kekakuan Struktur

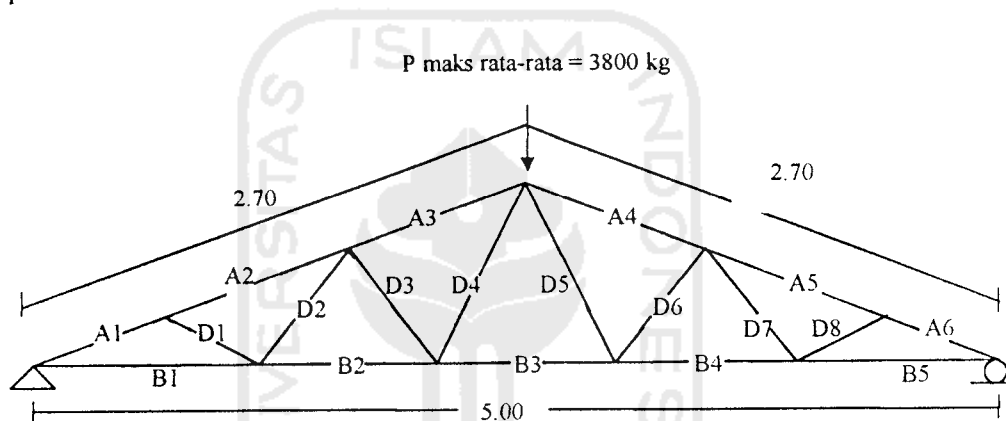
Benda uji	P		Lendutan (10^{-2} mm)	Kekakuan (KN/mm)	Kekakuan rata-rata
	Kg	KN			
Kuda-kuda 1	3600	35,316	1183	3,000	3,200
Kuda-kuda 1'	3600	35,316	1065	3,300	
Kuda-kuda 2	4000	39,240	921	4,30	4,250
Kuda-kuda 2'	4000	39,240	927	4,20	

Gambar grafik 5.8 merupakan hasil dari rata-rata antara beban dan lendutan maksimal yang terjadi pada pengujian benda uji kuda-kuda 1 dan 2. Pada pengujian benda uji kuda-kuda 1 beban maksimal yang mampu ditahan sebesar 3600 kg, sedangkan pada pengujian benda uji kuda-kuda 2 mampu menahan beban hingga 4000 kg (dapat dilihat pada lampiran 5). Gaya batang kuda-kuda papan dengan alat sambung claw nailplate dapat dicari menggunakan program

SAP 2000 dengan beban sebesar beban maksimal rata-rata dari hasil pengujian kedua benda uji kuda-kuda tersebut (3800 kg).

Tabel 5.10 menunjukkan nilai kekakuan batang pada kuda – kuda papan dengan alat sambung claw nailplate dimana nilai kekakuan rata-rata terbesar terjadi pada benda uji kuda-kuda papan ke-2 sebesar 4,250 KN/mm.

Perbandingan antara gaya batang dengan beban kritis dan kekuatan sambungan kuda-kuda papan dengan alat sambung claw nailplate dapat dilihat pada tabel 5.11.



Gambar 5.2 Model Kuda-Kuda Papan Dengan Alat Sambung Claw Nailplate

Tabel 5.11 Perbandingan antara Gaya Batang dengan Pcr dan Kekuatan Sambungan pada Pmaks = 3800 kg

Batang	Gaya Batang (Kg)	Pcr (Kg)	Nama Claw Nail	Kekuatan Sambungan (Kg)	Keterangan
A1 = A6	- 4389.975	4386.491	6 C 3	1937.615	Rusak pada batang dan sambungan
A2 = A5	- 4389.527	4386.491	6 C 4	2583.486	Rusak pada batang dan sambungan
A3 = A4	- 4389.938	4386.491	6 C 4	2583.486	Rusak pada batang dan sambungan
B1 = B5	3957.583	40623.571	6 C 4	2583.486	Rusak pada sambungan
B2 = B4	3957.543	40623.571	6 C 4	2583.486	Rusak pada sambungan
B3	3957.762	40623.571	6 C 4	2583.486	Rusak pada sambungan

Lanjutan Tabel 5.11 Perbandingan antara Gaya Batang dengan Pcr dan Kekuatan Sambungan pada Pmaks = 3800 kg

Batang	Gaya Batang (Kg)	Pcr (Kg)	Nama Claw Nail	Kekuatan Sambungan (Kg)	Keterangan
D1 = D8	0.159	18280.607	6 C 2	1291.743	Aman pada batang dan sambungan
D2 = D7	- 0.5258	1775.343	6 C 4	2583.486	Aman pada batang dan sambungan
D3 = D6	0.3028	18280.607	6 C 4	2583.486	Aman pada batang dan sambungan
D4 = D5	- 0.357	1256.598	6 C 4	2583.486	Aman pada batang dan sambungan

Keterangan :

1. Gaya batang

Gaya batang didapat dari gaya aksial hasil pembebanan dengan menggunakan SAP 2000, beban yang digunakan merupakan beban maksimum rata-rata dari hasil pengujian benda uji kuda-kuda papan 1 dan 2 di laboratorium.

2. Pcr

Pcr merupakan beban kritis yang didapat dari perhitungan rumus:

1) Batang Desak

- a. untuk $\lambda > 100$, digunakan rumus Euler sebagai berikut:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \dots\dots\dots \text{(Bab III, pers 3.9)}$$

- b. untuk $\lambda < 100$, digunakan rumus Tetmayer sebagai berikut:

$$\sigma_{cr} = \sigma_{ds \text{ maks}} \cdot (1 - 0,00662 \cdot \lambda) \dots \text{(Bab III, pers 3.13)}$$

$$P_{cr} = \sigma_{cr} \times A \dots\dots\dots \text{(Bab III, pers 3.14)}$$

$\sigma_{ds \text{ maks}} = 354,630 \text{ kg}$ (didapat dari tabel 5.2, data $\sigma_{ds \text{ maks}}$ rata-rata hasil pengujian pendahuluan uji desak // serat).

Ket: $\pi = 3,14$

E = Modulus Elastis, dalam penelitian ini diambil $E// = 80.000 \text{ kg/cm}^2$ (diambil dari data terkecil antara E// hasil pengujian pendahuluan desak kayu // serat (tabel 5.2) dan E// PKKI 1961, Bab III, tabel 3.2, kelas kuat III)

$$\lambda = \text{Angka kelangsingan} = \frac{L}{i \text{ min}}$$

$$i \text{ min} = \sqrt{\frac{I \text{ min}}{A}} ; I \text{ min} \text{ merupakan inersia minimum yang}$$

$$\text{dirumuskan } I \text{ min} = \frac{1}{12} b^3 h \text{ dan } A = \text{Luas tampang (cm)}$$

Perhitungan dengan rumus tersebut digunakan pada batang desak A1 sampai dengan A6, D2, D4, D5 dan D7.

2) Batang Tarik

$$P_{cr} = \sigma_{tr} \times A_n \dots\dots\dots \text{ (Bab III, pers 3.15)}$$

$\sigma_{tr} = 796,5406 \text{ kg}$ (didapat dari tegangan tarik maksimum rata-rata // serat hasil pengujian pendahuluan).

Perhitungan dengan rumus pada persamaan 3.15 tersebut digunakan pada batang tarik B1 sampai dengan B5, D1, D3, D6 dan D8.

3. Kekuatan sambungan

Kekuatan sambungan didapat dari data pengujian pendahuluan pada alat sambung, dalam penelitian ini alat sambung yang digunakan adalah alat sambung claw nailplate. Data yang digunakan adalah data kekuatan claw nailplate yang diijinkan Pryda.

5.4 Analisa Kerusakan Pada Benda Uji

Tabel 5.10 menunjukkan adanya kerusakan - kerusakan yang terjadi pada pengujian kuda-kuda papan dengan alat sambung claw nailplate. Saat mencapai beban maksimum terjadi kerusakan pada batang atas dari A4 sampai A6 yang berupa retak, hal ini dikarenakan beban kritis (Pcr) pada batang-batang tersebut kurang dari gaya batang yang terjadi akibat beban maksimal. Hasil analisa pada table 5.10 juga menunjukkan bahwa pada batang atas (Λ) terjadi kerusakan pada sambungan yang ditunjukkan dari nilai kekuatan sambungan kurang dari gaya batang yang terjadi akibat beban maksimal, secara visual kerusakan pada sambungan tidak terlihat. Pada batang bawah dan diagonal tidak terlihat adanya kerusakan batang sesuai dengan hasil analisa pada tabel 5.10. Kerusakan sambungan terlihat pada sambungan perpanjangan batang pada batang bawah B4, hal ini dikarenakan kekuatan sambungan kurang dari gaya batang yang terjadi akibat pembebanan. Disamping itu, saat pengujian kuda-kuda papan terjadi defleksi kearah bawah dan kearah samping. Hal tersebut terjadi dikarenakan material yang digunakan adalah kayu papan yang tipis dan panjang.

5.5 Pembahasan

5.5.1 Pengujian Pendahuluan

5.5.1.1 Pengujian Kadar Air dan Berat Jenis Kayu

Hasil pengujian kadar air dan berat jenis kayu pada tabel 5.1 jika dibandingkan dengan tabel 3.1 kekuatan kayu, PKKI 1961, bab III, kayu meranti yang digunakan pada pengujian pendahuluan memiliki berat jenis sebesar $0,497 \text{ gr/cm}^3$, maka kayu meranti yang dipakai dalam pengujian termasuk kayu kelas kuat III.

Berdasar PKKI 1961, kadar air berdasarkan pada keadaan iklim setempat. Di Indonesia kadar air berkisar antara 12-20%, dari hasil pengujian pendahuluan diperoleh kadar air untuk kayu meranti sebesar 19,377%, hal ini berarti bahwa kayu tersebut sudah cukup kering untuk digunakan dalam perencanaan.

5.5.1.2 Pengujian Kuat Desak Kayu // Serat

Pengujian kuat desak kayu // serat yang dilakukan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik menghasilkan $\sigma_{ds} // \text{serat}$ rata-rata 354.630 kg/cm^2 dan $E // \text{serat}$ rata-rata $200757.345 \text{ kg/cm}^2$. Berdasarkan buku PKKI 1961, tabel 3.1, bab III, $\sigma_{ds} // \text{serat}$ dengan nilai $354,630 \text{ Kg/cm}^2$ termasuk pada kelas kuat kayu III.

Pada tabel 3.3 tegangan ijin kayu, PKKI 1961, bab III, $\sigma_{ds} // \text{ijin}$ sebesar 60 kg/cm^2 dan $E // \text{ijin}$ sebesar 80.000 kg/cm^2 , sehingga kayu yang akan digunakan dapat dipakai dalam perencanaan. Dari hasil pengujian kuat desak kayu tersebut juga didapat tegangan kritis kayu yang digunakan sebagai tegangan rencana dan beban rencana dari kuda – kuda papan .

5.5.1.3 Pengujian Kuat Tarik Kayu // Serat

Pengujian kuat tarik kayu // serat yang dilakukan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik menghasilkan σ_{tr} // rata-rata 796,5406 kg/cm². Berdasarkan buku PKKI 1961, tabel 3.3 tegangan ijin kayu, bab III, untuk kayu dengan kelas kuat III memiliki σ_{tr} // ijin sebesar 60 kg/cm², sehingga kayu yang akan digunakan dapat dipakai dalam perencanaan.

5.5.1.4 Pengujian Kuat Geser Kayu // Serat

Pengujian kuat geser kayu // serat yang dilakukan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik menghasilkan τ // rata-rata 38,8889 kg/cm². Berdasarkan buku PKKI 1961, tabel 3.3 tegangan ijin kayu, bab III, untuk kayu dengan kelas kuat III memiliki τ // ijin sebesar 8 kg/cm², sehingga kayu yang akan digunakan dapat dipakai dalam perencanaan.

5.5.2 Pengujian Sambungan

Dari data hasil pengujian sambungan dengan alat sambung claw nailplate dan setelah dibandingkan dengan Pryda seperti pada tabel 5.7 dapat disimpulkan bahwa alat sambung yang digunakan memenuhi syarat keamanan jika dipakai dalam perencanaan dengan nilai angka keamanan rata-rata 2.

Pada tabel 5.10 dapat diketahui perbandingan gaya batang pada kuda-kuda papan yang yang terjadi akibat beban maksimal dengan kekuatan sambungan. Gaya batang ini tidak boleh melebihi kekuatan sambungan. Jika gaya batang lebih besar dari kekuatan sambungan, maka sambungan tersebut mengalami kerusakan.

5.5.3 Pengujian Kuda-Kuda Papan

Beban rencana sebelum benda uji kuda-kuda papan dengan alat sambung claw nailplate diuji di laboratorium didapat sebesar 3,604 ton, pada penelitian perilaku kuda-kuda papan dengan alat sambung claw nailplate, beban maksimal terjadi pada pengujian benda uji 2 sebesar 4 ton. Dari grafik hubungan beban – lendutan pada percobaan ini, diperoleh hasil benda uji 2 dapat menahan beban lebih besar dengan lendutan yang lebih kecil dibandingkan dengan benda uji 1. Hal ini kemungkinan disebabkan antara lain pada benda uji 1 memiliki cacat kayu yang dapat mengurangi kekakuan bahan (kekuatan), factor human error misalnya pada saat pengerjaan pemasangan sambungan pada kuda – kuda papan, sambungan tidak benar – benar rapat sehingga alat sambung tidak dapat menempel dengan sempurna saat pengepresan, kesalahan perletakan sample benda uji yang bias mengakibatkan benda uji melentur kesamping, sebelum dilakukan pembebanan, kesalahan perletakan beban yang tidak benar – benar simetris, kurangnya ketelitian pada saat pembacaan dial.

Dilihat dari tabel 5.9 kekakuan struktur kuda-kuda papan, nilai kekakuan rata-rata terbesar terjadi pada benda uji kuda-kuda papan ke 2 sebesar 4,250 KN/mm. Perbedaan nilai kekakuan dikarenakan pembebanan beban dan lendutan yang terjadi pada masing – masing benda uji, hal ini dilihat dari hubungan beban dan lendutan yaitu beban maksimum benda uji 2 lebih besar dari benda uji 1. Tetapi lendutan yang terjadi pada benda uji 2 lebih kecil dari pada benda uji 1 (dapat dilihat pada grafik hubungan beban dan lendutan, lampiran 5). sehingga dapat disimpulkan kekakuan benda uji 2 lebih besar, Besarnya nilai kekakuan

pada benda uji 2 dapat disebabkan karena kondisi kayu benda uji 2 lebih baik dari benda uji 1 yang ditunjukkan dengan tidak adanya cacat pada kayu seperti terdapat mata kayu dan arah serat tidak aksial yang dapat mengurangi kekuatan.

Pada saat beban mencapai maksimum, benda uji mengalami tekuk kesamping, sehingga beban maksimum hingga benda uji runtuh tidak tercapai meskipun alat sambung belum mengalami kerusakan.

Akan tetapi berdasarkan perhitungan pada tabel 5.10, sambungan kuda-kuda papan telah mengalami kerusakan walaupun secara visual tidak terlihat adanya kerusakan pada alat sambung. Kerusakan sambungan terlihat pada analisis tabel 5.10 yang menunjukkan bahwa gaya batang yang terjadi telah melampaui kekuatan sambungan. Disamping terjadi lendutan kearah samping, ada beberapa bagian pada kayu terjadi retak, hal ini dikarenakan beban kritis batang tersebut kurang dari gaya batang yang terjadi akibat pembebanan.