

## BAB V

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Hasil Penelitian Pendahuluan

Sebelum dilakukan pengujian sambungan baut, terlebih dahulu dilakukan beberapa pengujian pendahuluan yang meliputi pengujian kadar lengas kayu, lentur kayu, desak sejajar serat kayu, desak tegak lurus serat kayu, geser sejajar serat kayu, geser tegak lurus serat kayu, tarik kayu, lentur baut dan tarik plat baja.

##### 5.1.1 Hasil uji kadar lengas kayu

Hasil kadar lengas kayu ditentukan setelah benda uji dioven beberapa hari sampai beratnya konstan, dan hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 5.1. 8

Tabel 5.1 Hasil pengujian kadar lengas kayu

Benda uji	Berat kering udara ( $w_0$ ) → gr	Berat kering tungku ( $w_1$ ) → gr	Kadar lengas ( $MC$ ) → %
1	86,5	72,0	16,76
2	86,5	72,5	16,18
3	88,5	74,5	15,82
Kadar lengas kayu rata-rata ( $MC$ ) → %			16,25

### 5.1.2 Kuat lentur kayu

Hasil penelitian ketiga benda uji didapat tegangan lentur kayu rata-rata sebesar 884,0389 kg/cm<sup>2</sup>, dan hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hasil pengujian kuat lentur kayu

Benda uji	Beban maksimal P (kg)	Luas tampang b × h (cm <sup>2</sup> )	Jarak tumpuan l (cm)	σ lt (kg/cm <sup>2</sup> )
1	3985	5,05 × 7,05	39,5	940,6912
2	3710	5,09 × 7,03	39,5	873,8438
3	3515	5,06 × 7,01	39,5	837,5816
<b>σlt rata-rata (kg/cm<sup>2</sup>)</b>				884,0389

### 5.1.3 Kuat desak sejajar serat kayu

Hasil dari pengujian kuat desak sejajar serat kayu didapat tegangan desak sejajar serat kayu rata-rata sebesar 612,6209 kg/cm<sup>2</sup>, dan hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hasil pengujian kuat desak sejajar serat kayu

Benda uji	Beban maksimal P (Kg)	Luas tampang A (cm <sup>2</sup> )	σds // (kg/cm <sup>2</sup> )
1	12045,15	23,0040	523,6111
2	16163,15	22,9635	703,8626
3	13898,25	22,7695	610,3889
<b>σds // rata-rata (kg/cm<sup>2</sup>)</b>			612,6209

#### 5.1.4 Kuat desak tegak lurus serat kayu

Rata-rata dari pengujian kuat desak tegak lurus serat kayu didapat hasil tegangan desak tegak lurus serat kayu sebesar  $107,6091 \text{ kg/cm}^2$ , dan hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 5.4.

**Tabel 5.4** Hasil pengujian kuat desak tegak lurus serat kayu

Benda uji	Beban maksimal P (Kg)	Luas tampang A (cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{ds \perp}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
1	2676,7	4,13 x 5,71	113,5046
2	2264,9	4,03 x 5,72	98,2535
3	2573,75	4,03 x 5,75	111,0691
$\sigma_{ds \perp}$ (kg/cm <sup>2</sup> )			107,6091

#### 5.1.5 Kuat tarik sejajar serat kayu

Hasil dari pengujian kuat tarik sejajar serat kayu diperoleh tegangan tarik sejajar serat kayu rata-rata sebesar  $610,9169 \text{ kg/cm}^2$ , dan hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 5.5.

**Tabel 5.5** Hasil pengujian kuat tarik sejajar serat kayu

Benda uji	Beban maksimal P (Kg)	Luas tampang patah A (cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{tr //}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
1	1900	2,7855	682,1038
2	1740	3,1116	559,1978
3	1180	1,9951	591,4490
$\sigma_{tr //}$ rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )			610,9169

### 5.1.6 Kuat geser sejajar serat kayu

Uji pendahuluan pada kuat geser sejajar serat kayu menghasilkan tegangan geser sejajar serat kayu rata-rata sebesar  $88,7940 \text{ kg/cm}^2$ . Hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 5.6.

**Tabel 5.6** Hasil pengujian kuat geser sejajar serat kayu

Benda uji	Beban maksimal P (kg)	Luas tampang A (cm <sup>2</sup> )	$\tau$ ds // (kg/cm <sup>2</sup> )
1	1970	3,92 x 5,55	90,5497
2	2030	4,00 x 5,55	91,4414
3	1925	4,11 x 5,55	84,3910
$\tau$ // rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )			88,7940

### 5.1.7 Kuat geser tegak lurus serat kayu

Uji pendahuluan pada kuat geser tegak lurus serat kayu menghasilkan tegangan geser tegak lurus serat kayu rata-rata sebesar  $128,2921 \text{ kg/cm}^2$ , dan hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 5.7.

**Tabel 5.7** Hasil pengujian kuat geser tegak lurus serat kayu

Benda uji	Beban maksimal P (kg)	Luas tampang A (cm <sup>2</sup> )	$\tau$ ds $\perp$ (kg/cm <sup>2</sup> )
1	2940	3,94 x 5,50	135,6714
2	2630	3,96 x 5,46	121,6376
3	2800	4,02 x 5,49	127,5673
$\tau$ $\perp$ rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )			128,2921

### 5.1.8 Berat volume kayu

Pengujian berat volume kayu dilakukan pada kondisi kayu kering udara. Hasil dari pengujian berat volume kayu dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Hasil pengujian berat volume kayu

Benda uji	Berat ( $w$ ) $\rightarrow$ gr	Volume ( $v$ ) $\rightarrow$ cm <sup>3</sup>	Berat volume ( $\gamma$ ) $\rightarrow$ gr/cm <sup>3</sup>
1	72,0	79,380	0,9070
2	72,5	84,456	0,8584
3	74,5	84,456	0,8821
Berat volume rata-rata ( $\gamma$ ) $\rightarrow$ gr/cm <sup>3</sup>			0,8824

### 5.1.9 Kuat geser baut

Uji pendahuluan pada baut diperoleh tegangan geser rata-rata sebesar 2524,6008 kg/cm<sup>2</sup>, dan hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9 Hasil pengujian kuat geser baut  $\phi$  5/8"

Benda uji	Beban maksimum P (Kg)	Luas tampang A (cm <sup>2</sup> )	$\tau$ (kg/cm <sup>2</sup> )
1	4079,1367	1,9793	2060,8986
2	5608,8129	1,9793	2833,7356
3	5302,8777	1,9793	2679,1682
$\tau$ rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )			2524,6008

### 5.1.10 Kuat tarik plat baja

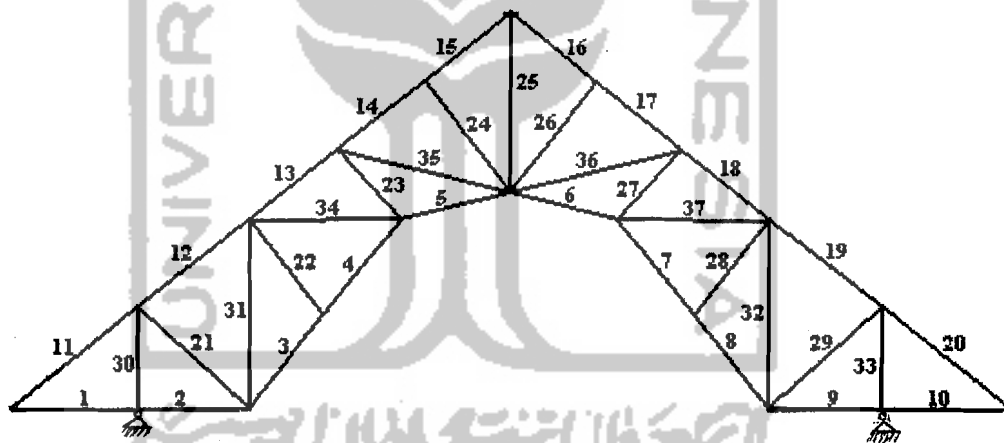
Uji pendahuluan pada kuat tarik plat baja 5 mm menghasilkan tegangan tarik rata-rata sebesar 3891,1077 kg/cm<sup>2</sup>, dan hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel

Tabel 5.10 Hasil pengujian kuat tarik plat baja 5 mm

Benda uji	Beban maksimal P (Kg)	Luas tampang A (cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{tr}$ // (kg/cm <sup>2</sup> )
1	2710	1,025 x 0,315	3614,7792
2	2780	1,025 x 0,34	3995,4010
3	3500	1,200 x 0,415	4063,1430
<b><math>\sigma_{tr}</math> // rata-rata (kg/cm<sup>2</sup>)</b>			<b>3891,1077</b>

## 5.2 Analisa Gaya Batang dengan SAP 90

Hasil dari analisa gaya batang yang dikerjakan dengan SAP 90 ditunjukkan pada Gambar 5.1 dan Tabel 5.11 berikut ini.



Gambar 5.1 Gaya batang kuda-kuda kayu

Tabel 5.11 Gaya batang kuda-kuda kayu dengan SAP 90

BATANG	BH + BM (kg)	BH + BM + BS (kg)
1	2	3
1	-619,11	-689,56
2	-2216,62	-1949,48
3	-815,71	-555,92
4	-817,30	-557,01
5	-627,31	-385,15

1	2	3
6	-627,31	-869,47
7	-817,30	-1077,59
8	-815,71	-1075,49
9	-2216,62	-2483,76
10	-619,11	-548,65
11	782,13	828,49
12	-1250,64	-1206,54
13	-1526,33	-1553,50
14	-1015,37	-953,67
15	-644,97	-601,23
16	-644,97	-688,70
17	-1015,37	-1077,07
18	-1526,33	-1499,15
19	-1250,64	-1294,74
20	782,13	735,78
21	2048,97	1965,09
22	-53,16	-36,23
23	-247,34	-207,15
24	-461,97	-548,64
25	221,68	221,68
26	-461,97	-375,29
27	-247,34	-287,53
28	-53,16	-70,08
29	2048,97	2132,85
30	-3170,30	-3174,07
31	-786,05	-896,25
32	-786,05	-675,85
33	-3170,30	-3166,53
34	254,05	230,70
35	-276,10	-436,37
36	-276,10	-115,84
37	254,05	277,39

Data pada Tabel 5.11 menunjukkan bahwa beban tarik terbesar terjadi pada batang 29 dan beban desak terbesar terjadi pada batang 30, seperti ditunjukkan pada Tabel 5.12.

**Tabel 5.12** Beban maksimal pada batang kuda-kuda dengan perhitungan SAP 90

BATANG	BH + BM (kg)	BH + BM + BS (kg)
29	2048,97	2132,85
30	-3170,30	-3174,07

### 5.3 Hasil Uji Sambungan pada Batang Kuda-kuda Kayu

Pengujian sambungan pada batang kuda-kuda kayu diperoleh hasil seperti pada Tabel 5.13, dilakukan dengan memberikan pembebanan tarik maupun desak pada batang sambungan kuda-kuda kayu tersebut yaitu gaya searah  $0^\circ$ ,  $62^\circ$ ,  $68^\circ$ , dan  $90^\circ$  dengan masing-masing variasi sebanyak 3 buah benda uji. Maksud pengujian ini adalah untuk memperoleh beban maksimal yang mampu didukung oleh balok kayu komponen kuda-kuda.

**Tabel 5.13** Pembebanan maksimal batang kuda-kuda dengan arah pembebanan searah  $\alpha^\circ$  terhadap arah serat kayu

Benda uji	$0^\circ$	$62^\circ$	$68^\circ$	$90^\circ$
1	13125	11000	10250	7250
2	12900	10750	9700	6950
3	11750	10350	8850	6850
<b>P maks. rata-rata (kg)</b>	12591,67	10700	9600	7016,67

Hasil pembacaan *dial gauge* dari pengujian sambungan kayu dengan menggunakan baut dan plat buhul baja dapat dilihat pada Tabel L.5 sampai Tabel L.16 (lampiran 18).



## 5.4 Pembahasan

### 5.4.1 Mutu bahan

Menurut PKKI 1961 bahwa pada umumnya kayu di Indonesia yang kering udara mempunyai kadar lengas 12% – 18% atau rata-rata 15% , maka kayu bahan dari kuda-kuda dengan kadar lengas 16,25% ini cukup kering untuk dipakai sebagai bahan struktur kuda-kuda.

Hasil dari pengujian tegangan-tegangan pada kayu menunjukkan bahwa kayu ini memiliki tegangan lentur, tegangan desak, tegangan tarik maupun tegangan geser yang tinggi dan dapat dikelompokkan pada kelas kuat I.

Baut yang digunakan pada kuda-kuda ini mempunyai  $f_y$  rata-rata 6528,5772 kg/cm<sup>2</sup> atau 640,1923 Mpa, dengan demikian baut ini merupakan baut yang berkekuatan tinggi (HTB) yang direkomendasikan oleh ASTM yaitu mempunyai tegangan leleh minimal 635 Mpa.

Plat baja yang digunakan pada kuda-kuda ini mempunyai  $\sigma_{tr}$  rata-rata 3891,1077 kg/cm<sup>2</sup>, dengan demikian mempunyai tegangan leleh rata-rata 5836,6615 kg/cm<sup>2</sup> atau 572,3430 Mpa, maka menurut ASTM plat baja ini disebut dengan *heat treated carbon and high-strength low alloy steels* dengan kisaran tegangan leleh 322 Mpa - 700 Mpa.

### 5.4.2 Tegangan geser pada kayu

Untuk mengetahui besar tegangan geser yang terjadi pada kayu batang kuda-kuda di lapangan diadakan perhitungan tegangan geser yang didapat dari perhitungan

SAP 90 dan sebagai perbandingan dilakukan pengujian pembebanan di laboratorium yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.14.

**Tabel 5.14** Hitungan tegangan geser kayu pada batang 29, 30 dan hasil uji laboratorium

Jenis pengujian	Beban maksimal P (kg)	Bidang geser A (cm <sup>2</sup> )	$\tau$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Batang 29	2132,85	512	4,1657
Uji laboratorium	12591,67	752	16,4118
Batang 30	3174,07	896	3,5425
Uji laboratorium	18512,505	1856	9,9744

Hasil uji pendahuluan pada Tabel 5.6 menunjukkan bahwa tegangan geser ijin rata-rata kayu sebesar 88,7940 kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan pada Tabel 5.14 menunjukkan bahwa tegangan geser kayu maksimal yang didapat dari beban tarik dan beban desak terbesar dari perhitungan SAP 90 pada batang 29 sebesar 4,1657 kg/cm<sup>2</sup> dan pada batang 30 sebesar 3,5425 kg/cm<sup>2</sup>.

Pengujian di laboratorium pada batang tarik dengan menggunakan penyambung baut sebanyak 4 buah diperoleh tegangan geser sebesar 16,4118 kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan pada batang desak dengan menggunakan penyambung baut sebanyak 6 buah diperoleh tegangan geser sebesar 9,9744 kg/cm<sup>2</sup>, dengan demikian kayu yang digunakan untuk struktur kuda-kuda kayu aman terhadap tegangan geser.

#### 5.4.3 Tegangan lentur pada baut

Hasil pengujian sambungan batang kuda-kuda pada penelitian ini menunjukkan bahwa kerusakan yang terjadi pada baut adalah bukan dikarenakan kerusakan geser

tetapi akibat kerusakan lentur, ini ditunjukkan pada jenis kerusakan baut setelah pengujian di laboratorium. Besar tegangan lentur baut dapat dilihat pada Tabel 5.15.

**Tabel 5.15** Tegangan lentur baut pada batang 29, 30 dan uji laboratorium

Jenis pengujian	Beban maksimal P (kg)	Tegangan lentur $\sigma_{lt}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Batang 29	2132,85	1325,9907
Batang 30	3174,07	1315,5441
Uji laboratorium	12591,67	7828,2265

Hasil uji pendahuluan tegangan lentur ijin baut di laboratorium sebesar 4308,8609 kg/cm<sup>2</sup> ternyata menunjukkan bahwa tegangan lentur ijin baut lebih besar dari tegangan lentur yang terjadi di lapangan (perencanaan struktur kuda-kuda menggunakan SAP 90). Melalui pengujian model sambungan I dengan 4 baut, maka baut pada batang 29 akan terjadi kerusakan pada beban 12591,67 kg.

#### 5.4.4 Tekuk pada batang desak

Untuk mengetahui besar tegangan desak yang telah dikalikan dengan  $\omega$  untuk menghindari bahaya tekuk yang terjadi pada batang desak kuda-kuda dilakukan perhitungan tegangan tersebut dengan Persamaan (3.12) dan (3.13).

Hasil dari perhitungan tegangan desak akibat tekuk pada batang 30 sebesar 41,7853 kg/cm<sup>2</sup>, menunjukkan bahwa batang desak dengan beban terbesar pada kuda-kuda tersebut aman dari bahaya tekuk.

### 5.4.5 Analisa data hubungan beban – lendutan

Dengan mengamati hasil-hasil pengujian terutama pada grafik beban – lendutan Grafik L.1 sampai dengan Grafik L.12 diperoleh kapasitas beban kayu dengan arah pembebanan  $\alpha = 0^\circ$  terhadap arah serat kayu yang lebih besar, dengan nilai lendutan yang kecil jika dibandingkan dengan hasil pengujian pada  $\alpha$  yang lebih besar, dan didapatkan nilai kekakuan yang berbeda seperti ditunjukkan pada Tabel 5.16.

**Tabel 5.16** Analisa beban – selip pada sambungan baut  $\alpha = 0^\circ, 62^\circ, 68^\circ, \text{ dan } 90^\circ$

$\alpha$	P kg	Pp kg	$\delta$ $\times 10^{-2}$ mm	Kekakuan Pp/ $\delta$ $\times 10^{-2}$ (kg/mm)	Pp/ $\delta$ rata-rata $\times 10^{-2}$ (kg/mm)
$0^\circ$	13125	6500	223	29,1480	27,9719
	12900	7000	244	28,6885	
	11750	7250	278	26,0791	
$62^\circ$	11000	5500	225	24,4444	23,8904
	10750	6500	253	25,6917	
	10350	5750	267	21,5356	
$68^\circ$	10250	5000	219	22,8310	21,4034
	9750	5250	242	21,6942	
	8850	5000	254	19,6850	
$90^\circ$	7250	3500	217	16,1290	15,6341
	6950	4000	257	15,5642	
	6850	4000	263	15,2091	

Sambungan kayu dengan menggunakan baut memiliki beban selip sesuai dengan persyaratan PKKI NI 1961, yaitu  $P_{ijin} = P_{max}/3$  dan  $\delta = 1,5$  mm.

Grafik L.1 sampai dengan Grafik L.12 dapat diketahui pula daktilitas simpangan pada sambungan baut dengan melihat  $\delta_y$  dan  $\delta_{total}$  seperti pada Tabel 5.17.

**Tabel 5.17** Analisa daktilitas simpangan pada kayu dengan alat sambung baut

$\alpha$	$\delta_{total}$ $\times 10^{-2}$ (mm)	$\delta y$ $\times 10^{-2}$ (mm)	$\delta_{total} / \delta y$	$\delta_{total} / \delta y$ rata-rata
0°	677	223	3,0359	3,0494
	741	244	3,0369	
	855	278	3,0755	
62°	1362	225	6,0533	5,9400
	1495	253	5,9091	
	1564	267	5,8577	
68°	1587	219	6,2466	6,4566
	1599	242	6,6074	
	1655	254	6,5157	
90°	1691	217	7,7926	7,7176
	1796	257	7,9344	
	1953	263	7,4258	

Hasil dari Tabel 5.17 menunjukkan bahwa semakin besar nilai  $\alpha$  dari suatu arah pembebanan terhadap arah serat kayu semakin besar pula daktilitasnya.