

## BAB V

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

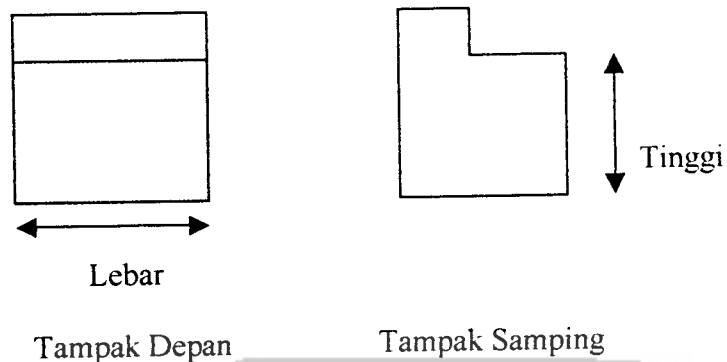
#### 5.1. Hasil Penelitian Pendahuluan

Dalam pelaksanaan penelitian ini, dilakukan pengujian pada sambungan pryda maupun system kuda – kuda secara utuh, terlebih dahulu dilakukan beberapa uji pendahuluan, yaitu meliputi uji geser, uji tarik, uji desak, sehingga dari hasil uji tersebut didapatkan kekuatan yang sesungguhnya dari kayu yang dipakai untuk membuat sample. Di dalam pelaksanaan uji pendahuluan ini digunakan kayu jenis bengkirai.

Setelah itu dilakukan pengujian pada sample sambungan kayu yang telah dibuat, yang hasilnya berupa kekuatan maksimum sambungan dalam menerima baban desak, gaya tarik. Kemudian data tersebut dianalisa untuk mendapatkan kekuatan paku pada alat sambung *knuckle nailplate* dan *claw nailplate*.

##### 5.1.1. Hasil Uji Kuat Geser Kayu // Serat

Uji geser kayu // serat dilakukan dengan membuat 3 sampel, yang bentuknya seperti pada Gambar 5.1 dan ukuran benda uji ditunjukkan dalam Tabel 5.1.



**Gambar 5.1.** Bentuk Benda Uji Geser Kayu // Serat

Setelah dilakukan pengujian, didapat beban geser maksimal ( $P_{geser}$ ).  
Kemudian dihitung tegangan geser kayu, yang hasilnya ditunjukkan pada Tabel 5.1.

**Tabel 5.1.** Ukuran sampel uji dan hasil geser kayu// serat

Jenis Kayu (1)	Lebar (L) (mm) (2)	Tebal (T) (mm) (3)	Luas Geser (A) (mm <sup>2</sup> ) (4)	$P_{geser}$ (N) (5)	Teg. Geser $\sigma = P/A$ (N/mm <sup>2</sup> ) (6) = (5)/(4)
Bengkirai I	67	40	2680	30600	11,4179
Bengkirai II	67	40	2680	11000	4,1045
Bengkirai III	67	40	2680	13200	4,9254
<i><math>\sigma_{geser}</math> rata - rata</i>					<b>6,8159</b>

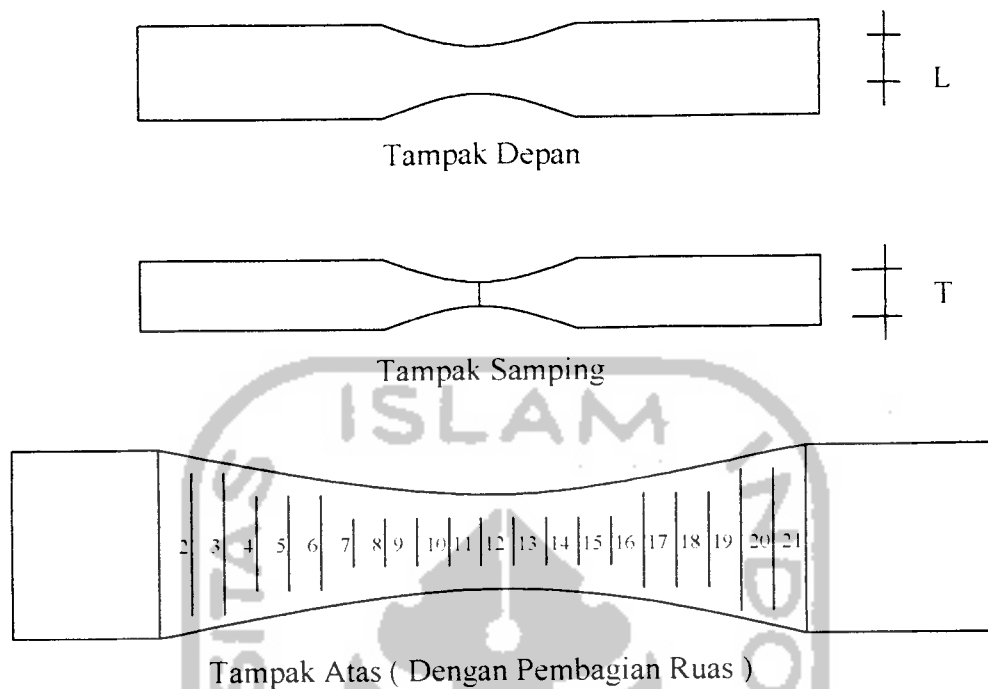


**Gambar 5.2.** Kondisi Benda Uji Setelah Dilakukan Pengujian

Dari tabel hasil pengujian geser kayu terlihat ada perbedaan kuat geser yang cukup antara sampel 1 dan dua sampel yang lain. Setelah benda uji tersebut dicermati, ternyata pada sampel 1 dimungkinkan terjadi kesalahan pada saat pengujian yaitu pada saat mengeset alat. Sehingga setelah semua data terkumpul dan dikomparasikan satu sama lain, maka data yang diambil adalah data dari hasil pengujian sampel 2 dan sampel 3.

#### **5.1.2. Hasil Kuat Tarik Kayu // Serat**

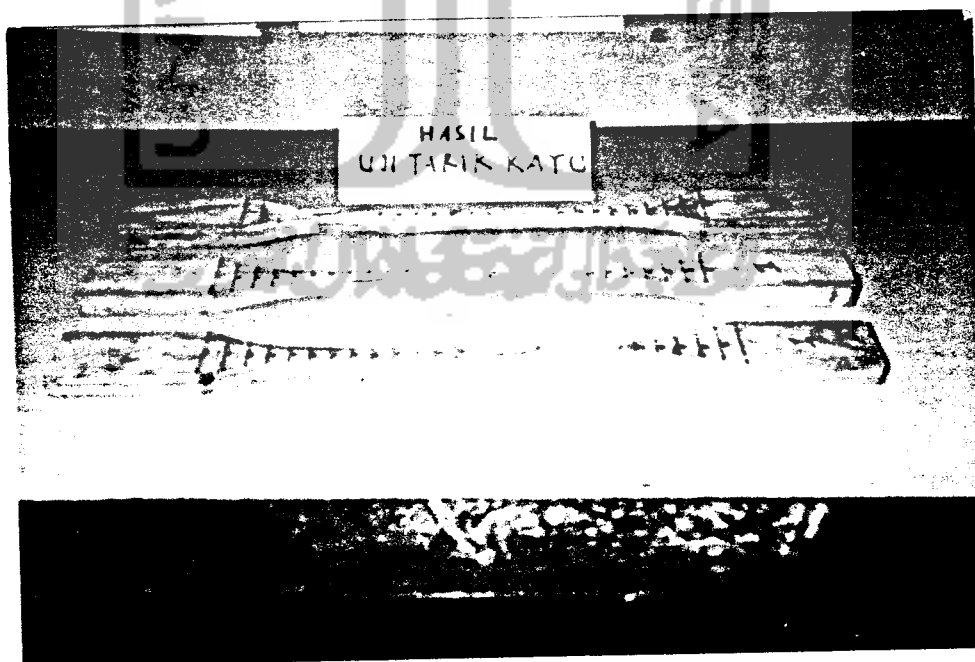
Pengujian tarik kayu // serat juga dilakukan dengan membuat 3 sampel, yang bentuknya seperti pada gambar 5.2. Dalam penelitian ini, bentuk sample uji tarik kayu // serat dapat dilihat pada Gambar 5.2 dan ukuran benda uji ditunjukkan pada Tabel 5.2.



**Gambar 5.3.** Bentuk Benda Uji Tarik Kayu // Serat

Keterangan : L = Lebar kayu pada daerah ruasan

T = Tebal kayu pada daerah ruasan



**Gambar 5.4.** Sampel Tarik Kayu Setelah Dilakukan Pengujian

Dimana pada sampel III ini daerah titik 1 dan titik 4 terdapat mata kayu yang dapat mengurangi kekuatan tarik kayu.

Setelah itu, kemudian dihitung tegangan tarik kayu untuk masing-masing sampel seperti pada Tabel 5.3. berikut ini.

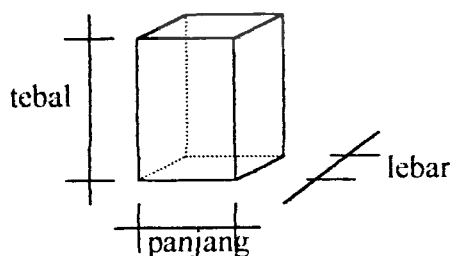
**Tabel 5.3.** Hasil uji tarik kayu // serat

Sampel (1)	Luas rata-rata (A) (mm <sup>2</sup> ) (2)	P <sub>tarik</sub> (N) (3)	Teg. Tarik $\sigma_{tr//} = P/A$ (N/mm <sup>2</sup> ) (4) = (3)/(2)
Bengkirai I	179,4	13350	74,415
Bengkirai II	213,91	19150	89,524
Bengkirai III	326,5	14150	43,338
			<b>69,0923</b>

$$\bar{\sigma}_{tr//} = 69,0923 \text{ N/mm}^2 : 3 = 23,03 \text{ N/mm}^2 = 230 \text{ Kg/cm}^2$$

### 5.1.3. Hasil Uji Kuat Desak Kayu // Serat

Seperti uji-uji sebelumnya, pengujian desak kayu // serat juga dilakukan dengan membuat 3 sampel, yang bentuk dan ukurannya seperti ditampilkan pada Gambar 5.5 dan Tabel 5.4.



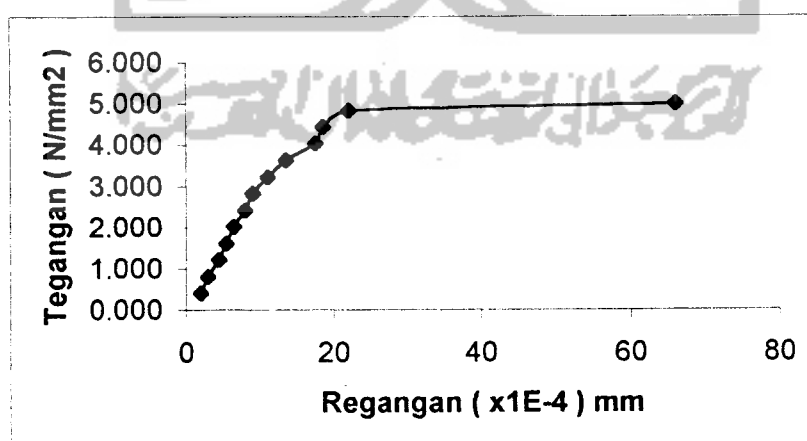
**Gambar 5.5.** Bentuk Sampel Uji Desak Kayu // Serat

Tabel 5.4. Ukuran sampel uji desak kayu // serat

	Sampel 1 (Bengkirai I)	Sampel 2 (Bengkirai II)	Sampel 3 (Bengkirai III)
Tebal = t (mm)	200	200	200
Panjang = p (mm)	67	67	67
Lebar = l (mm)	37	37	37
Luas = A = p*l (mm <sup>2</sup> )	2479	2479	2479

Tabel 5.5. Hasil uji desak // serat kayu (Bengkirai I)

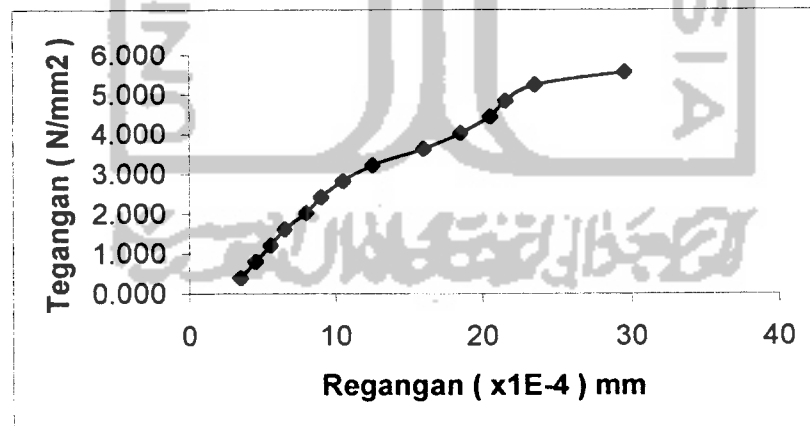
Beban P (N)	$\Delta L$ ( $\times 10^{-2}$ mm)	Tegangan $\sigma = P/A$ (N/mm <sup>2</sup> )	Regangan $\varepsilon = \Delta L/t$ ( $\times 10^{-4}$ )
1000	4	0,403	2
2000	6	0,807	3
3000	9	1,210	4,5
4000	11	1,614	5,5
5000	13	2,017	6,5
6000	16	2,420	8
7000	18	2,824	9
8000	22	3,227	11
9000	27	3,631	13,5
10000	35	4,034	17,5
11000	37	4,437	18,5
12000	44	4,841	22
12400	132	5,002	66



Gambar 5.6. Grafik Tegangan Regangan hasil uji kuat desak // serat ( Bengkirai I )

**Tabel 5.6.** Hasil uji desak // serat kayu (Bengkirai II)

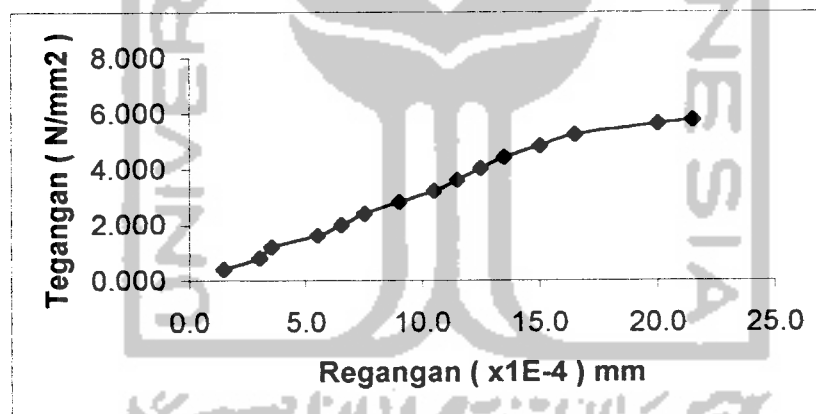
Beban P (N)	$\Delta L$ ( $\times 10^{-2}$ mm)	Tegangan $\sigma = P/A$ (N/mm <sup>2</sup> )	Regangan $\epsilon = \Delta L/t$ ( $\times 10^{-4}$ )
1000	7	0,403	3,5
2000	9	0,807	4,5
3000	11	1,210	5,5
4000	13	1,614	6,5
5000	16	2,017	8
6000	18	2,420	9
7000	21	2,824	10,5
8000	25	3,227	12,5
9000	32	3,631	16
10000	37	4,034	18,5
11000	41	4,437	20,5
12000	43	4,841	21,5
13000	47	5,244	23,5
13800	59	5,567	29,5



**Gambar 5.7.** Grafik Regangan-Tegangan hasil uji kuat desak // serat (Bengkirai II)

**Tabel 5.7.** Hasil uji desak // serat kayu (Bengkirai III)

Beban P (N)	$\Delta L$ ( $\times 10^{-2}$ mm)	Tegangan $\sigma = P/A$ (N/mm <sup>2</sup> )	Regangan $\varepsilon = \Delta L / t$ ( $\times 10^{-4}$ )
1000	3	0,403	1,5
2000	6	0,807	3
3000	7	1,210	3,5
4000	11	1,614	5,5
5000	13	2,017	6,5
6000	15	2,420	7,5
7000	18	2,824	9
8000	21	3,227	10,5
9000	23	3,631	11,5
10000	25	4,034	12,5
11000	27	4,437	13,5
12000	30	4,841	15
13000	33	5,244	16,5
14000	40	5,647	20
14300	43	5,769	21,5

**Gambar 5.8.** Grafik Regangan-Tegangan hasil uji kuat desak // serat (Bengkirai III)

Dari hasil penelitian didapat beban desak maksimal ( $P_{desak}$ ), kemudian dihitung tegangan desak kayu untuk masing-masing sampel seperti pada Tabel 5.8. dibawah ini :



Setelah dilakukan pengujian desak dan tarik terhadap kayu, maka nilai teg rata – rata desak maupun tarik telah didapatkan (  $23,0 \text{ N/mm}^2 = 230 \text{ kg/cm}^2$  ). Jika dibandingkan dengan nilai yang lazim dipakai sebagai patokan, maka  $\bar{\sigma}_{tr//} = 230 \text{ kg/cm}^2 > \sigma_{tr//} = 130 \text{ kg/cm}^2$  .....( tegangan ijin kelas kuat I, PKKI, 1961 ).

Dikarenakan hal tersebut di atas maka dapat kita simpulkan bahwa kelas kuat kayu yang dipergunakan merupakan kelas kuat I. Hal ini mengalami perbedaan dengan apa yang telah dijabarkan pada PKKI mengenai kelas kuat kayu. Walaupun menggunakan kayu jenis Bengkirai namun setelah dilakukan pengujian maka kayu Bengkirai yang digunakan termasuk dalam kelas I. Sehingga lebih kuat dibandingkan dengan apa yang tercantum di dalam PKKI, 1961.

## 5.2. Hasil Uji Sambungan Kayu

### 5.2.1. Uji Geser Alat Sambung Pada Kayu Bengkirai

Pengujian geser sambungan kayu dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Pada sampel sambungan kayu tersebut diberi pembebanan pada satu titik secara bertahap (monotonik). Dipasang *dial gauge* sebanyak satu buah yang diletakkan pada kayu bagian tengah untuk mengetahui penurunan (selip). Dari

hasil penelitian sambungan kayu, didapat hasil uji pada Tabel 5.9. sampai Tabel 5.10.

**Tabel 5.9.** Hasil Uji Geser *Claw Nailplate 6 C 4* pada Kayu Bengkirai

Sampel 1 (Bengkirai I)		Sampel 2 (Bengkirai II)		Sampel 3 (Bengkirai III)	
$\Delta$ (mm) $\times 10^{-2}$	P (N)	$\Delta$ (mm) $\times 10^{-2}$	P (N)	$\Delta$ (mm) $\times 10^{-2}$	P (N)
2	1000	10	1000	20	1000
4	2000	14	2000	23	2000
5	3000	17	3000	26	3000
6	4000	19	4000	30	4000
7	5000	21	5000	31	5000
8	6000	24	6000	34	6000
9	7000	25	7000	36	7000
10	8000	27	8000	38	8000
12	9000	29	9000	40	9000
14	10000	31	10000	42	10000
15	11000	32	11000	44	11000
17	12000	34	12000	46	12000
18	13000	35	13000	49	13000
20	14000	37	14000	51	14000
23	16000	40	16000	56	16000
25	17000	42	17000	59	17000
26	18000	44	18000	61	18000
28	19000	45	19000	63	19000
30	20000	47	20000	66	20000
32	21000	49	21000	68	21000
35	22000	50	22000	71	22000
37	23000	52	23000	74	23000
40	24000	54	24000	76	24000
42	25000	55	25000	79	25000
44	26000	57	26000	82	26000
46	27000	60	27000	89	27000
50	28000	62	28000	90	28000
52	29000	64	29000	91	29000
55	30000	70	30000	95	30000
59	31000	73	31000	100	31000
62	32000	77	32000	103	32000
66	33000	80	33000	108	33000
70	34000	85	34000	117	34000
74	35000	90	35000	119	35000
79	36000	95	36000	127	36000

**Tabel 5.9. ( Lanjutan ) Hasil Uji Geser *Claw Nailplate* 6 C 4 pada Kayu Bengkirai**

84	37000	100	37000	135	37000
89	38000	107	38000	142	38000
94	39000	115	39000	150	39000
100	40000	123	40000	158	40000
106	41000	132	41000	168	41000
115	42000	145	42000	177	42000
125	43000	156	43000	190	43000
134	44000	170	44000	199	44000
144	45000	189	45000	211	45000
157	46000	206	46000	229	46000
169	47000	225	47000	247	47000
185	48000	247	48000	266	48000
206	49000	279	49000	304	49000
232	50000	306	50000	386	49200
275	51000	348	51000		
366	51200	409	52300		
		449	52300		

**Tabel 5.10. Hasil Uji Geser *Knuckle Nailplate* 6 N 8 pada Kayu Bengkirai**

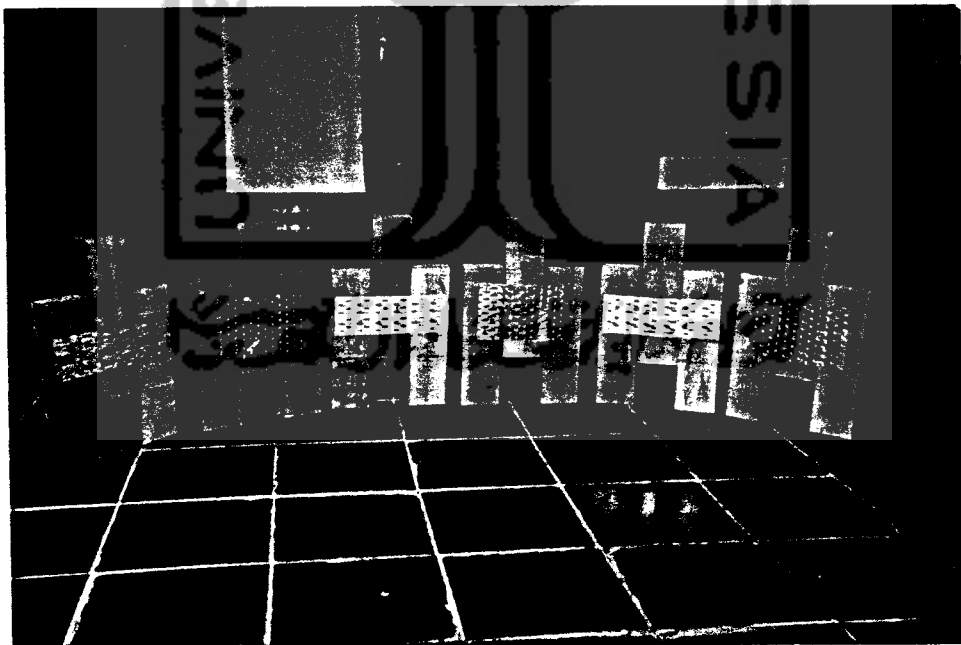
Sampel 1 (Bengkirai I)		Sampel 2 (Bengkirai II)		Sampel 3 (Bengkirai III)	
$\Delta$ (mm) $\times 10^{-2}$	P (N)	$\Delta$ (mm) $\times 10^{-2}$	P (N)	$\Delta$ (mm) $\times 10^{-2}$	P (N)
12	1000	30	500	1	500
21	2000	33	1000	3	1000
26	3000	36	1500	5	1500
31	4000	40	2000	7	2000
36	5000	42	2500	8	2500
42	6000	45	3000	11	3000
51	7000	47	3500	12	3500
61	8000	50	4000	15	4000
71	9000	54	4500	17	4500
82	10000	56	5000	19	5000
98	11000	59	5500	22	5500
114	12000	62	6000	25	6000
134	13000	66	6500	28	6500
162	14000	70	7000	31	7000
252	14900	72	7500	35	7500
		75	8000	40	8000
		80	8500	44	8500
		83	9000	50	9000
		89	9500	55	9500

**Tabel 5.10. ( Lanjutan ) Hasil Uji Geser *Knuckle Nailplate* 6 N 8 pada Kayu Bengkirai**

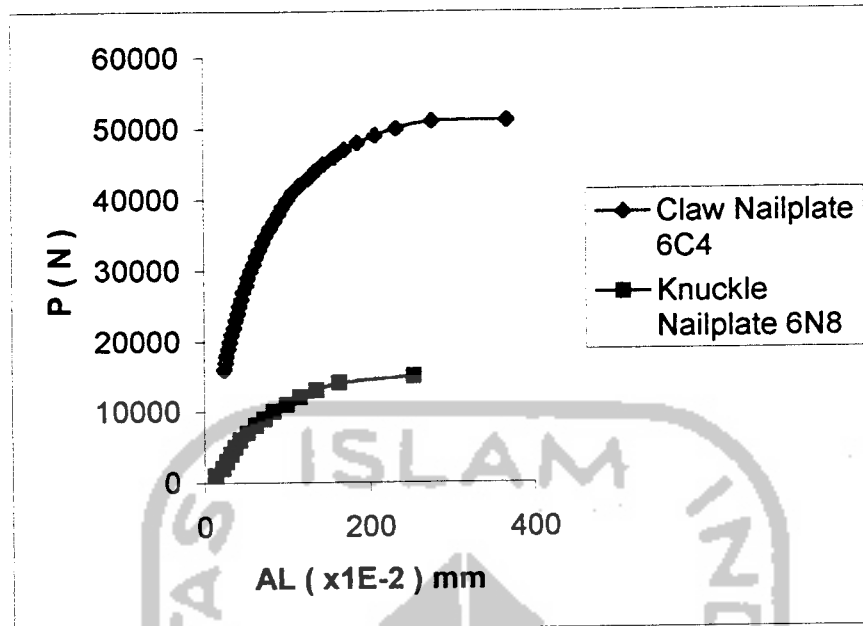
		93	10000	61	10000
		100	10500	68	10500
		106	11000	75	11000
		112	11500	84	11500
		122	12000	94	12000
		133	12500	106	12500
		147	13000	120	13000
		164	13500	136	13500
		192	14000	156	14000
		200	14150	189	14500
				268	15000
				326	15000

Keterangan :

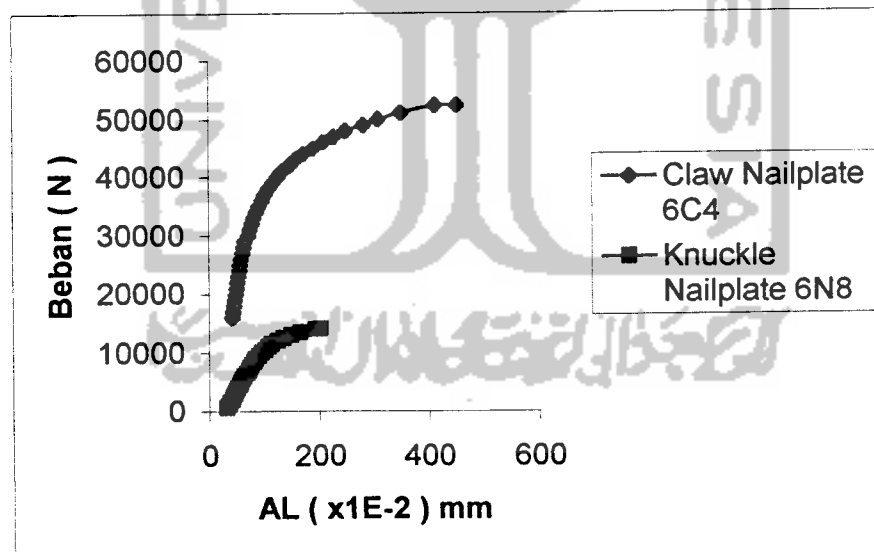
$\Delta$  = Pertambahan panjang benda uji saat dilakukan pengujian.



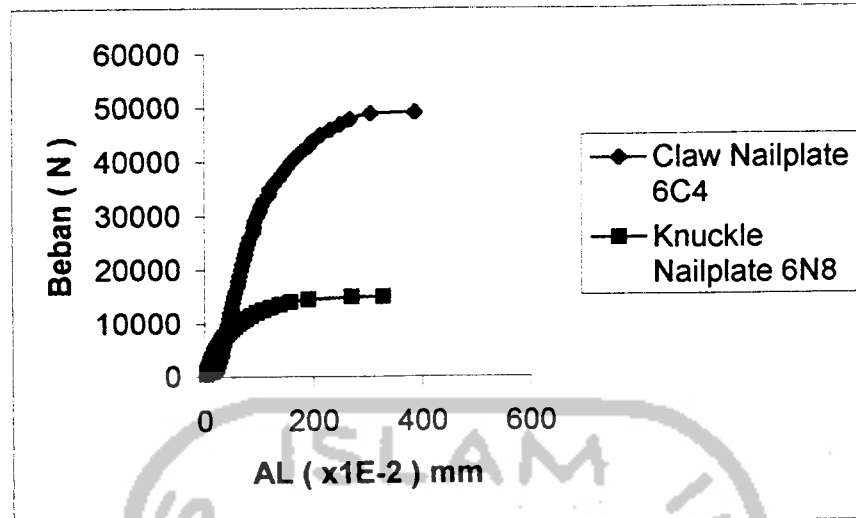
**Gambar 5.10.** Hasil Uji Geser Alat Sambung



**Gambar 5.11.** Grafik perbandingan kekuatan alat sambung antara claw nailplate dan knuckle nailplate pada uji geser ( sampel I )



**Gambar 5.12.** Grafik perbandingan kekuatan alat sambung antara claw nailplate dan knuckle nailplate pada uji geser ( sampel II )

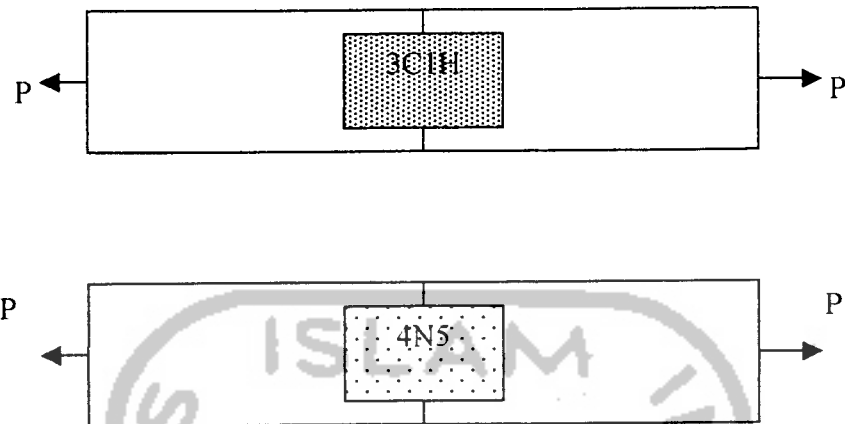


**Gambar 513.** Grafik perbandingan kekuatan alat sambung antara claw nailplate dan knuckle nailplate pada uji geser ( sampel III )

### 5.2.2. Uji Tarik Alat Sambung Pada Kayu Bengkirai

Dalam menentukan alat sambung yang kita gunakan pada struktur kuda – kuda kayu, disamping kita harus mengetahui kekuatan geser juga harus mengetahui kuat tarik dari alat sambung tersebut. Dikarenakan pada struktur kuda – kuda kayu ada beberapa batang yang mengalami gaya tarik dan alat sambung tersebut harus mampu menahan gaya tarik tersebut.

Untuk itu kami melakukan serangkaian uji tarik alat sambung sehingga diharapkan hasilnya dapat memberi informasi kekuatan alat sambung dalam menahan gaya tarik. Dan dalam melakukan uji tarik ini, digunakan dua jenis alat sambung yaitu Knuckle nailplate 4N5 ( jumlah paku = 20 buah /pelat ), Claw nailplate 3C1H ( jumlah paku = 36 buah/pelat ).



**Gambar 5.14.** Benda uji tarik alat sambung dengan jenis alat sambung Claw nailplate 3C1H dan Knuckle nailplate 4N5

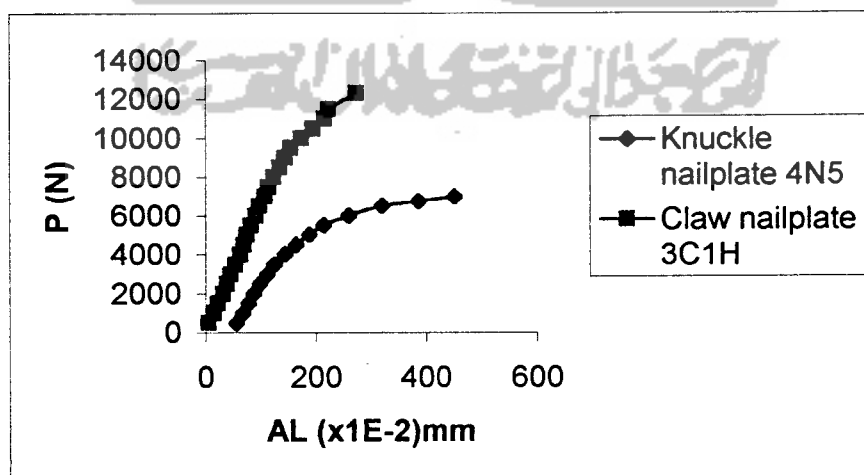
Setelah dilakukan pengujian didapat hasil sebagai berikut :

**Tabel 5.11.** Hasil uji tarik alat sambung knuckle nailplate 4N5 pada kayu bengkirai

Sampel I ( Bengkirai I )		Sampel II Bengkirai II )		Sampel III Bengkirai III )	
$\Delta$ ( $\times 10^{-2}$ )mm	P (N)	$\Delta$ ( $\times 10^{-2}$ )mm	P (N)	$\Delta$ ( $\times 10^{-2}$ )mm	P (N)
55	500	63	500	63	500
67	1000	72	1000	78	1000
77	1500	81	1500	94	1500
86	2000	89	2000	117	2000
98	2500	97	2500	128	2500
111	3000	109	3000	139	3000
124	3500	123	3500	157	3500
143	4000	142	4000	174	4000
163	4500	167	4500	208	4500
187	5000	196	5000	245	5000
213	5500	237	5500	297	5500
258	6000	276	6000	347	6000
317	6500	341	6500	378	6500
383	6750	421	7000	464	6600
450	7000	484	7500		

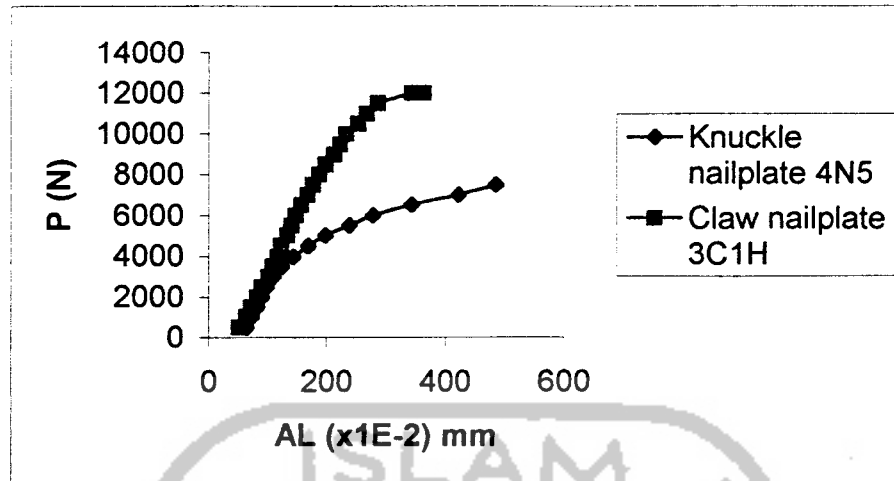
**Tabel 5.12.** Hasil uji tarik alat sambung claw nailplate 3C1H pada kayu bengkirai

Sampel I ( Bengkirai I )		Sampel II Bengkirai II )		Sampel III Bengkirai III )	
$\Delta$ ( $\times 10^{-2}$ )mm	P (N)	$\Delta$ ( $\times 10^{-2}$ )mm	P (N)	$\Delta$ ( $\times 10^{-2}$ )mm	P (N)
4	500	50	500	62	500
13	1000	62	1000	71	1000
21	1500	71	1500	79	1500
31	2000	81	2000	84	2000
37	2500	89	2500	91	2500
44	3000	101	3000	98	3000
53	3500	108	3500	104	3500
62	4000	116	4000	111	4000
68	4500	122	4500	118	4500
74	5000	132	5000	125	5000
81	5500	139	5500	133	5500
90	6000	147	6000	138	6000
97	6500	156	6500	146	6500
106	7000	166	7000	152	7000
113	7500	175	7500	164	7500
123	8000	186	8000	172	8000
133	8500	197	8500	181	8500
143	9000	211	9000	191	9000
153	9500	221	9500	204	9500
173	10000	231	10000	217	10000
194	10500	252	10500	234	10500
214	11000	266	11000	249	11000
221	11500	284	11500	281	11500
271	12300	242	12000	306	11550
		262	12000		

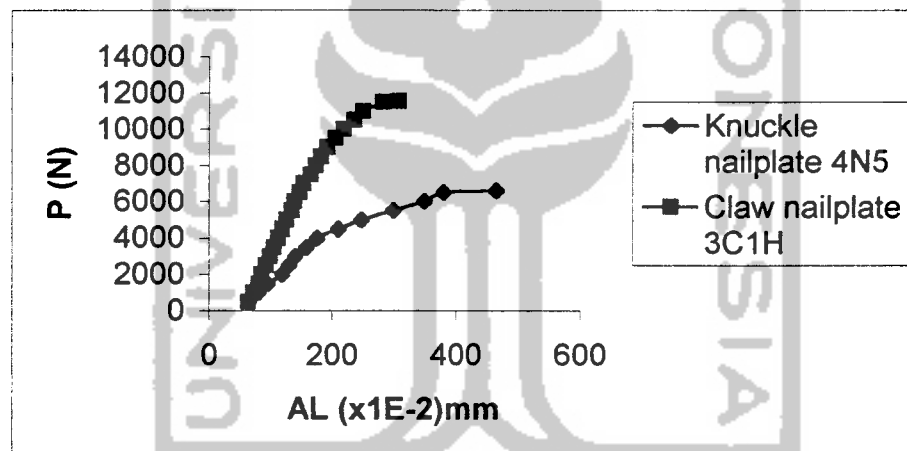


**Gambar 5.15.** Grafik kuat tarik alat sambung pada kayu bengkirai (sampel I )



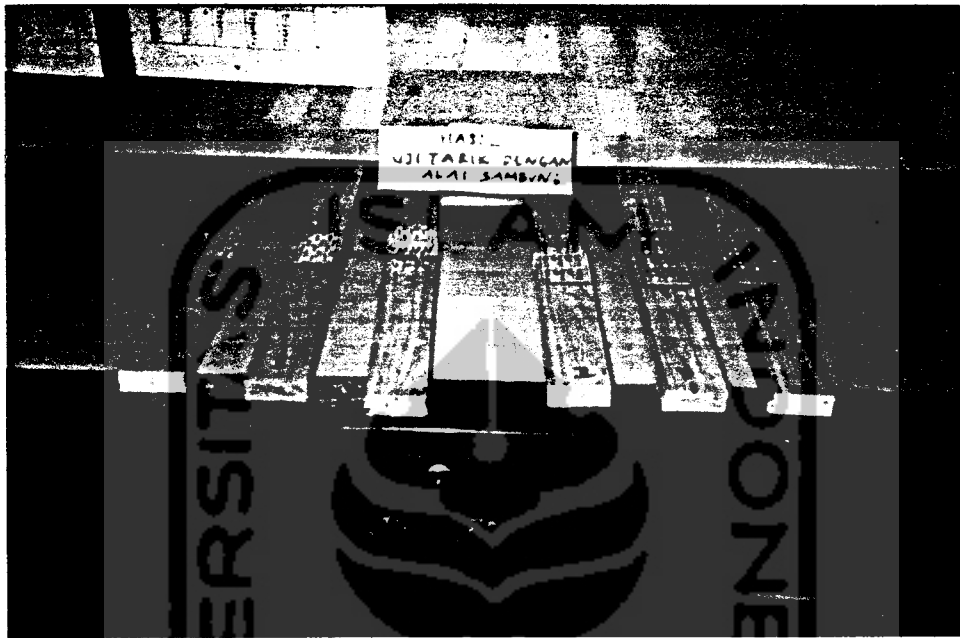


**Gambar 5.16.** Grafik kuat tarik alat sambung pada kayu bengkirai (sampel II )



**Gambar 5.17.** Grafik kuat tarik alat sambung pada kayu bengkirai (sampel III )

Dari hasil pengamatan benda uji setelah dilakukan pengujian yang di gambarkan dalam grafik tersebut di atas, maka terlihat bahwa untuk alat sambung claw nailplate ternyata mampu menahan beban lebih besar jika dibandingkan dengan jenis knuckle nailplate. Namun alat sambung knuckle nailplate lebih elastis jika dibandingkan dengan alat sambung claw nailplate.

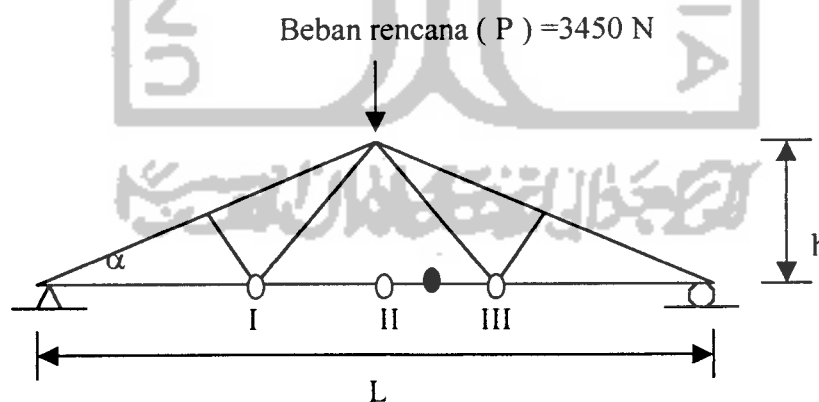


**Gambar 5.18.** Hasil Uji Tarik Alat Sambung

### 5.3. Pengujian Kuda – Kuda Sistem Pryda

Setelah dilakukan serangkaian uji sampel alat sambung untuk mengetahui besar kekuatan alat sambung, maka dilanjutkan dengan pengujian kuda – kuda. Adapun kuda – kuda yang akan diuji, susunan rangkanya disamakan dengan yang sering dipakai oleh Pryda. Hal ini dikarenakan adanya keinginan untuk mengetahui kekuatan yang dapat ditahan oleh satu kuda – kuda yang menggunakan sistem pryda. Sehingga hasil yang diharapkan dari hasil pengujian merupakan gambaran dari kekuatan kuda – kuda pryda sebenarnya.

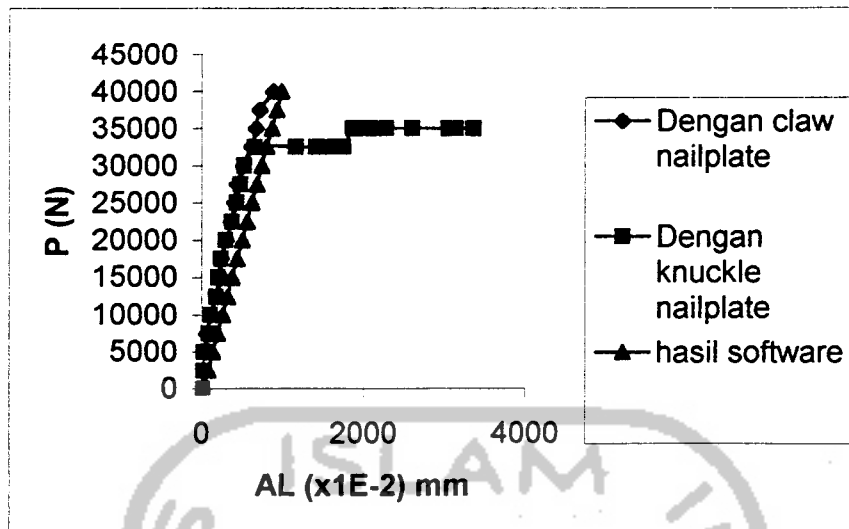
Pembebanan rencana yang dibebankan kepada kuda – kuda tersebut adalah merupakan beban dari atap genteng beton ( $\pm 50 \text{ Kg/m}^2$ ) yang dipusatkan pada joint puncak dengan jarak antar kuda – kuda diambil sebesar 1 m. Sehingga didapat beban titik sebesar 345 Kg. Selain itu ditempatkan dial pada batang bawah untuk mengetahui besar lendutan yang terjadi setelah dilakukan pengujian.



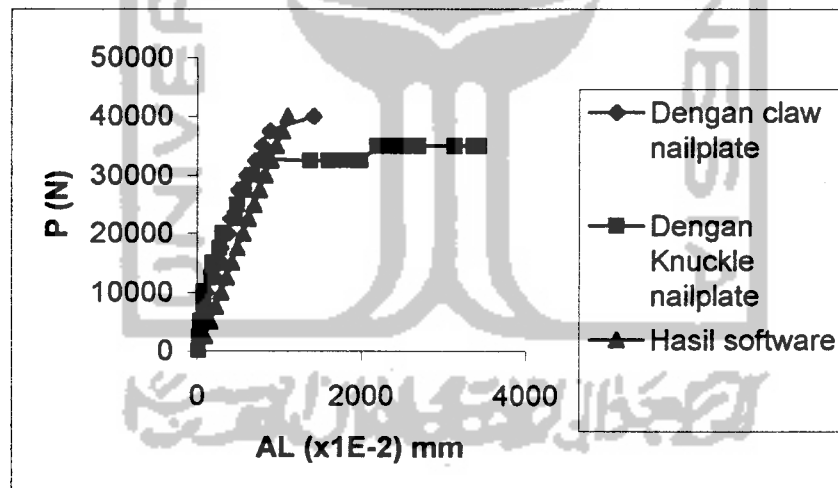
**Gambar 5.19.** Gambaran dari pelaksanaan pengujian

Tabel 5.14. Hasil pengujian kuda – kuda dengan alat sambung knuckle nailplate

BEBAN ( N )	DEFLEKSI ( 10-2 mm )		
	DIAL 1	DIAL 2	DIAL 3
0	0	0	0
2500	0	21	19
5000	22	35	28
7500	79	69	85
10000	98	70	99
12500	173	169	178
15000	194	184	205
17500	232	267	236
20000	287	306	289
22500	366	453	371
25000	425	485	520
27500	471	566	479
30000	522	668	527
32500	649	782	680
32500	1156	1371	1162
32500	1407	1594	1409
32500	1522	1783	1535
32500	1630	1884	1641
32500	1739	1975	1743
35000	1855	2183	1862
35000	1964	2268	1971
35000	2061	2378	1994
35000	2266	2493	2275
35000	2588	2684	2597
35000	3041	3122	3058
35000	3136	3351	3157
35000	3347	3416	3371



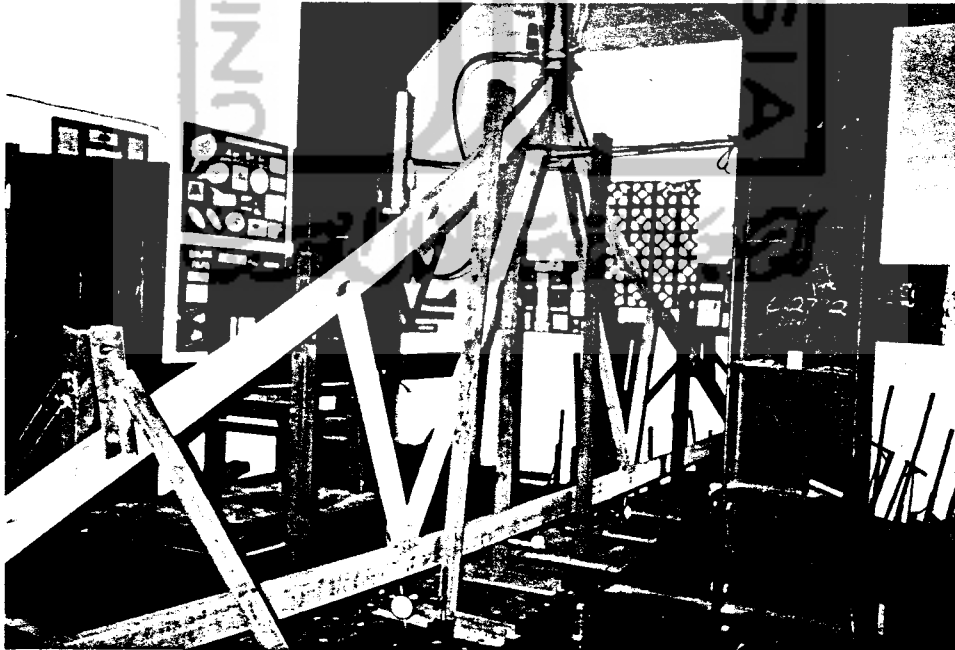
**Gambar 5.20.** Grafik hubungan beban dan lendutan pada kuda – kuda kayu bengkirai ( dial I )



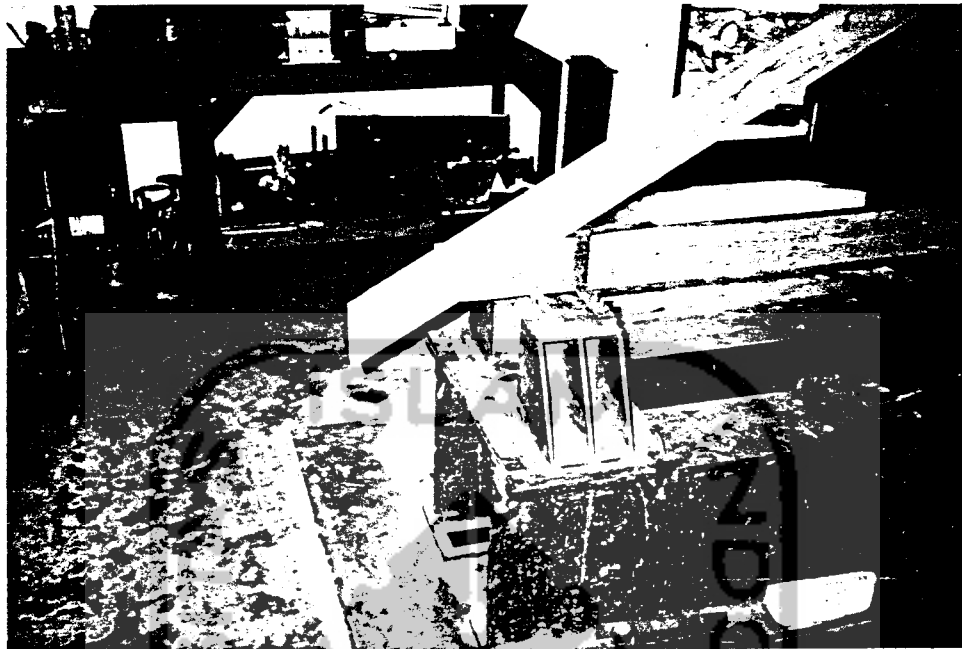
**Gambar 5.21.** Grafik hubungan beban dan lendutan pada kuda – kuda kayu bengkirai ( dial II )



Gambar 5.22. Hasil Uji Desak Pada Kuda - Kuda



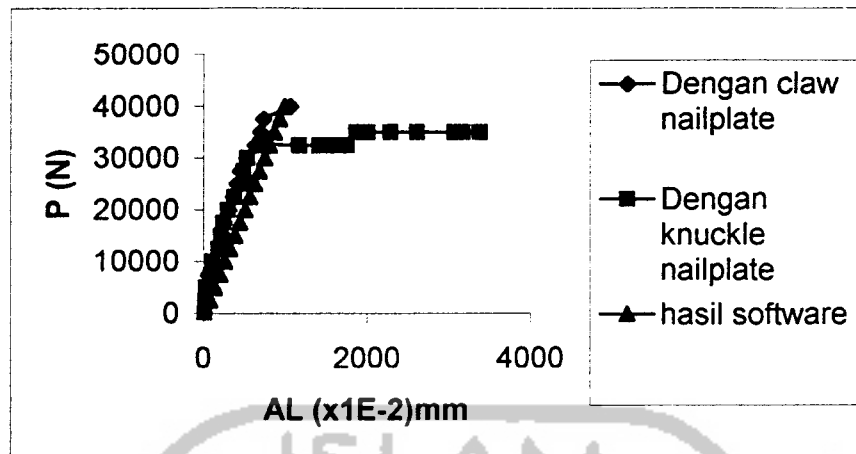
Gambar 5.23. Hasil Uji Desak Pada Kuda - Kuda



Gambar 5.24. Dukungan Sendi



Gambar 5.25. Dukungan Rol



**Gambar 5.26.** Grafik hubungan beban dan lendutan pada kuda – kuda kayu bengkirai ( dial III )

### 5.3.1. Analisa Kerusakan pada Benda Uji

Setiap kuda – kuda menggunakan jenis alat sambung yang berbeda. Dan setiap joint menggunakan variasi ukuran dari jenis alat sambungnya. Dari hasil pengujian terlihat bahwa lendutan terbesar terjadi pada tengah bentang. Untuk jenis claw nailplate pada beban maksimal alat sambung mengalami robek pada titik buhul yang terletak pada dukungan sendi. Untuk kuda – kuda yang menggunakan alat sambung knuckle terjadi sedikit tekukan pada batang atas sehingga jarak kuda – kuda menjadi relatif pendek, dan pada beban maksimal terjadi penambahan lendutan. Namun pada saat itu belum terjadi kerusakan pada batng kayu maupun alat sambungnya.

Pada saat terjadi kerusakan alat sambung, ternyata beban yang terjadi melebihi beban rencana dan kayu tidak mengalami kerusakan. Sehingga dapat dikatakan bahwa kuda – kuda tersebut memiliki tingkat keamanan yang cukup besar dalam menahan beban.



### 5.4.1. Hubungan Momen – Kelengkungan

Dari hasil penelitian didapatkan data beban (P) – lendutan ( $\Delta$ ), sehingga dapat dicari momen (M) – kelengkungan ( $\phi$ ), seperti contoh perhitungan berikut ini :

Data yang digunakan adalah pembebanan 20000 N pada benda uji kuda-kuda dengan alat sambung *claw nailplate* bentang 6000 mm, lendutan yang terjadi pada dial  $y_{i-1} = 3$  mm, dial  $y_i = 3.78$  mm, dial  $y_{i+1} = 3.03$  mm.

$$\phi = \frac{y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}}{(\Delta x)^2}$$

$$\phi = \frac{a. \quad -2(3.78) + 3}{(1000)^2} \quad x -1/mm$$

$$\phi = 1.53 \times 10^{-6} \text{ 1/m}$$

momen dapat dicari dengan menggunakan persamaan :

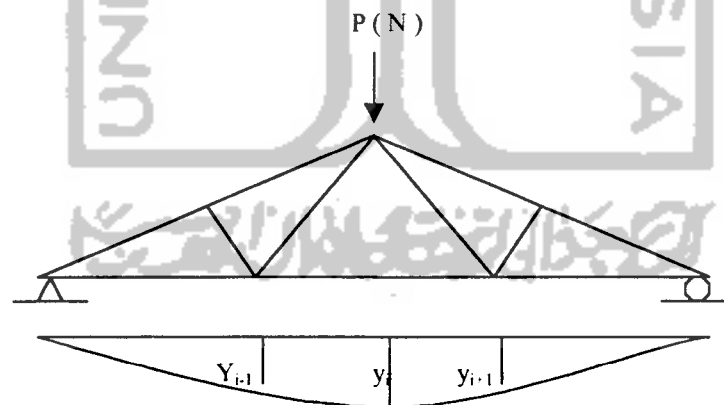
$$M = \frac{1}{4} \times P \times L$$

$$M = \frac{1}{4} \times 20000 \times 6000$$

$$M = 30 \times 10^7 \text{ N.mm}$$

**Tabel 5.15.** Hubungan Momen – Kelengkungan Benda Uji Dengan Alat  
Sambung *Claw Nailplate*

BEBAN (N)	DEFLEKSI ( 10-2 mm )			Momen (N/mm)	$\phi$ 1/mm
	$y_{i-1}$	$y_i$	$y_{i+1}$		
0	0	0	0	0	0
2500	8	43	11	3750000	0.000067
5000	24	74	28	7500000	0.000096
7500	51	96	49	11250000	0.000092
10000	112	106	111	15000000	-0.000011
12500	181	205	185	18750000	0.000044
15000	240	291	241	22500000	0.000101
17500	245	291	248	26250000	0.000089
20000	300	378	303	30000000	0.000153
22500	352	407	355	33750000	0.000107
25000	400	485	405	37500000	0.000165
27500	435	505	440	41250000	0.000135
30000	508	599	517	45000000	0.000173
32500	608	713	620	48750000	0.000198
35000	672	796	684	52500000	0.000236
37500	714	883	729	56250000	0.000323
40000	880	1415	1059	60000000	0.000891



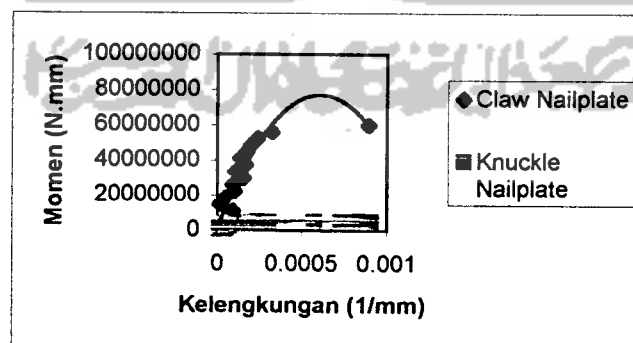
**Gambar 5.27.** Rangka Kuda – Kuda Yang Diberi Beban Aksial ( P )  
Sehingga Terjadi Lendutan (  $y_i$  )

**Tabel 5.16.** Hubungan Momen – Kelengkungan Benda Uji Dengan Alat Sambung

*Knuckle Nailplate*

BEBAN (N)	DEFLEKSI ( 10-2 mm )			Momen (N.mm)	$\phi$ 1/mm
	yi-1	yi	yi+1		
0	0	0	0	0	0
2500	0	0	0	375000	0
5000	22	0	19	750000	4.1E-05
7500	79	69	77	1125000	1.8E-05
10000	98	70	95	1500000	0.000053
12500	173	169	170	1875000	5E-06
15000	194	184	192	2250000	1.8E-05
17500	232	267	230	2625000	0.000072
20000	287	306	285	3000000	0.00004
22500	366	453	365	3375000	0.000175
25000	425	485	520	3750000	0.000025
27500	471	566	465	4125000	0.000196
30000	522	668	515	4500000	0.000299
32500	649	782	680	4875000	0.000235
32500	1156	1371	1015	4875000	0.000571
32500	1407	1594	1215	4875000	0.000566
32500	1522	1783	1226	4875000	0.000818
32500	1630	1884	1300	4875000	0.000838
32500	1739	1975	1490	4875000	0.000721
35000	1855	2183	1606	5250000	0.000905
35000	1964	2268	1730	5250000	0.000842
35000	2061	2378	1823	5250000	0.000872

Dimana :  $\phi$  = kelengkungan (1/mm)



**Gambar 5.28.** Grafik Hubungan Momen – Kelengkungan Kuda – kuda *Pryda*

Dengan Alat Sambung *Claw Nailplate* dan *Knuckle Nailplate*

Dari grafik hubungan momen-kelengkungan dapat ditunjukkan bahwa kuda-kuda dengan menggunakan alat sambung *claw nailplate* mempunyai momen dan kelengkungan yang relatif lebih besar dari pada alat sambung *knuckle nailplate*, yaitu dengan momen  $6 \times 10^7$  N.mm dan nilai kelengkungan sebesar 0,000891 1/mm.

**5.4.2. Analisa Data Kuat Lentur Kayu Hubungan Beban – Lendutan**

Dengan mengamati hasil-hasil percobaan terutama pada grafik beban-lendutan (gambar 5.15 – 5.17), diperoleh bahwa kekuatan alat sambung *claw nailplate* mampu menahan beban lebih besar dari pada alat sambung *knuckle nailplate*.

Daktilitas simpangan pada tiap-tiap sambungan, yaitu dengan melihat  $\Delta_y$  dan  $\Delta_{total}$ , seperti pada tabel 5.17 berikut :

**Tabel 5.17.** Analisa Daktilitas Simpangan pada Kayu dengan Alat Sambung

Benda Uji	P (N)	$\Delta_y$	$\Delta_{total}$	Daktilitas ( $\Delta_{total} / \Delta_y$ )
Claw Nailplate	40000	14.15	14.15	1
Knuckle Nailplate	35000	7.82	23.78	3.0409

- Di mana :
- P = Beban (N)
  - $\Delta_y$  = lendutan sebelum beban maksimum (mm)
  - $\Delta_{total}$  = lendutan pada beban maksimum (mm)

Dari tabel 5.17, dapat dilihat bahwa kuda-kuda dengan menggunakan alat sambung *claw nailplate* dan *knuckle nailplate*, mempunyai nilai daktilitas yang sama yaitu 1.603. Dengan demikian tidak ada perbedaan daktilitas pada kayu bengkirai yang di gunakan dengan alat sambung yang berbeda.

### 5.4.3. Kuat Lentur Sistem Kuda-Kuda Berdasar Hubungan Momen - Kelengkungan

Perilaku dari grafik hubungan momen kelengkungan memiliki kecenderungan yang tak jauh berbeda dengan

Dari hasil pengamatan grafik hubungan momen – kelengkungan pada 5.17, dapat dicari faktor kekakuan ditengah bentang, seperti ditampilkan pada Tabel 5.18 berikut ini :

**Tabel 5.18.** Analisa Daktilitas Kelengkungan pada Kuda-Kuda *Pryda*

Benda Uji	Momen ( N.mm )	$\phi_y$ (1/mm)	$\phi_{tot}$ (1/mm)	Daktilitas $\phi_{tot} / \phi_y$
Claw Nailplate	60000000	0.000891	0.000891	1
Knuckle Nailplate	4875000	0.000235	0.000872	3.7106

Di mana :  $\phi_y$  = kelengkungan sebelum beban maksimum (1/mm)

$\phi_{tot}$  = kelengkungan pada beban maksimum (1/mm)

Dari hubungan momen kelengkungan dapat ditunjukkan bahwa nilai daktilitas kelengkungan pada kuda-kuda dengan alat sambung knuckle nailplate lebih besar dibandingkan dengan claw nailplate yaitu 3.711. Kelengkungan yang terjadi semakin besar sehingga sifat kayu perlahan-lahan menjadi inelastis dan menuju ke plastis, tetapi sampai pada inelastis kayu mengalami buckling, sehingga beban maksimum yang diperoleh sampai kuda-kuda runtuh tidak tercapai.



Setelah diuji dengan beban maksimum 4 T batang yang mengalami gaya tekan terbesar adalah :

Pada batang atas :

Batang 6 dan batang 9

$$44439,54 \text{ N} \quad \longleftrightarrow \quad 44439,54 \text{ N}$$

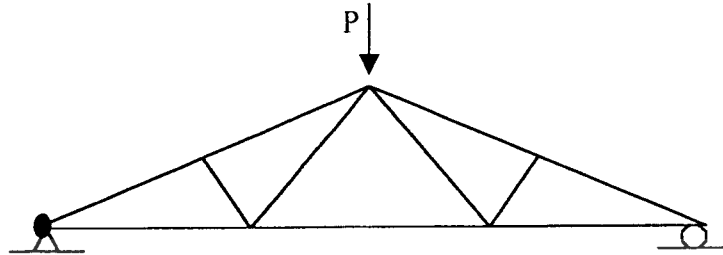
$$\begin{aligned} \sigma_{ds} // \text{ yang terjadi} &= 44439,54 \text{ N} / ( 4 \times 10 \times 10 \times 10 ) \text{ mm}^2 \\ &= 11,11 \text{ N/mm}^2 > \overline{\sigma}_{ds} // = 5,446 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Dari perbandingan nilai tegangan baik itu tegangan tarik maupun desak dapat kami simpulkan bahwa untuk batang tarik, mampu menahan beban sampai dengan beban 4 T. Namun untuk batang desak tidak mampu menahan beban sehingga hal inilah yang menyebabkan bahwa pada saat pengujian, pada batang atas terjadi buckling. Sehingga untuk mengantisipasi hal ini sebaiknya dimensi untuk batang atas diperbesar

#### 5.4.4.2. Analisa Kerusakan Pada Alat Sambung

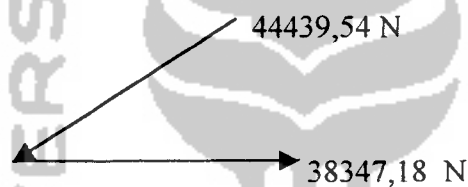
Dalam pengujian kuda – kuda yang dilakukan di laboratorium mekanika rekayasa Universitas Islam Indonesia, didapat gambaran kerusakan sebagai berikut :

### 1. Dengan alat sambung *claw nailplate*



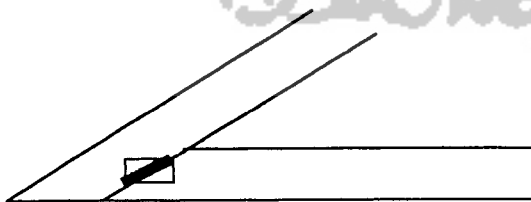
**Gambar 5.29.** Letak Kerusakan Setelah Diuji

Pada beban maksimum ( 4 T ) terjadi kerusakan seperti ditunjukkan pada gambar di atas. Dan dengan nilai beban 4 T, didapat gaya batang seperti di bawah ini.



**Gambar 5.30.** Gaya Batang yang Terjadi Pada Beban Maksimum Pada Kuda – Kuda Dengan Alat sambung Claw Nailplate

Dengan melihat kerusakan alat sambung setelah dilakukan pengujian :



**Gambar 5.31.** Letak Kerusakan Pada Alat Sambung Claw Nailplate Pada Kuda – Kuda kayu Dengan Beban Maksimum 4 T

Keterangan :  = Kondisi robek pada alat sambung.



Dengan melihat kondisi kerusakan pada alat sambung dan kondisi kayu dalam keadaan baik, maka dapat disimpulkan awal bahwa alat sambung tidak mampu menahan gaya aksial yang terjadi.

Beban aksial yang terjadi 4443,954 Kg dengan alat sambung *claw nailplate 4C3*. Sehingga nilai tegangan yang terjadi :

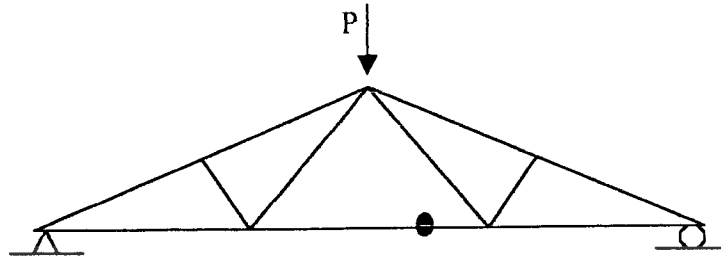
$$\sigma = 44439,54 \text{ N} / (1 \times 3 \times 2,54 \times 10) / 2 \text{ mm}^2 = 291,59 \text{ N/mm}^2$$

$$\bar{\sigma}_{4C3} = 12672 \text{ N} / (1 \times 3 \times 2,54 \times 10) / 2 \text{ mm}^2 = 83,149 \text{ N/mm}^2$$

Sehingga :  $291,59 \text{ N/mm}^2 > 83,149 \text{ N/mm}^2$

Dari nilai yang tertera diatas jelas bahwa  $\sigma$  yang dialami alat sambung ternyata *lebih besar* dari  $\sigma$  alat sambung maksimum dan hal inilah yang menyebabkan terjadinya kerusakan pada alat sambung *claw nailplate*.

## 2. Dengan alat sambung *knuckle nailplate*



**Gambar 5.32.** Letak Kerusakan Setelah Diuji

Pada beban maksimum ( 3,5 T ) terjadi kerusakan yang sangat besar terjadi seperti ditunjukkan pada gambar di atas pada sambungan perpanjangan. Dan dengan nilai beban 3,5 T, didapat gaya batang seperti di bawah ini.

$$33078,47 \text{ N} \quad \longleftrightarrow \quad 33078,47 \text{ N}$$

Dengan menggunakan alat sambung *knuckle nailplate* dengan ukuran **8N10** maka nilai tegangan yang terjadi :

$$\sigma = 33078,47 \text{ N} / ( 1 \times 9 \times 2,54 \times 10 ) / 2 \text{ mm}^2 = 72,35 \text{ N/mm}^2$$

$$\bar{\sigma}_{8N10} = 14066 \text{ N} / ( 1 \times 9 \times 2,54 \times 10 ) / 2 \text{ mm}^2 = 30,77 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sehingga : } 72,35 \text{ N/mm}^2 > 30,77 \text{ N/mm}^2$$

Dari nilai yang tertera diatas jelas bahwa  $\sigma$  yang dialami alat sambung ternyata *lebih besar* dari  $\sigma$  maksimum alat sambung dan hal inilah yang menyebabkan terjadinya kerusakan berupa menggelembungnya alat sambung knuckle nailplate. Alat sambung knuckle nailplate pada uji pendahuluan telah diketahui memiliki sifat elastis. Untuk kuda – kuda yang memakai alat sambung knuckle nailplate terjadi buckling hal ini dapat disimpulkan bahwa sifat elastis alat sambung yang menyebabkan alat tersebut tidak langsung rusak, dengan beban yang terus bertambah, mengakibatkan beban yang terjadi tidak lagi murni sepenuhnya ditahan oleh alat sambung melainkan sebagian besar sudah ditahan oleh konstruksi kayu.

