

Peraturan yang dipakai dalam penyambungan paku adalah sebagai berikut (PKKI, 1961).

1. Paku yang dipergunakan dapat mempunyai tampang melintang yang berbentuk bulat, persegi atau beralur lurus.
2. Apabila dalam 1 barisan terdapat lebih dari 10 batang paku, maka kekuatan paku harus dikurangi dengan 10%. Dan jika lebih dari 20 batang harus dikurangi dengan 20%.
3. Sambungan dengan paku, paling sedikit harus digunakan 4 batang paku.
4. Ujung paku yang keluar dari sambungan sebaiknya dibengkokkan tegak lurus arah serat.

Jika sambungan masih dalam keadaan elastis, maka hubungan antara beban P dan slip Δ dapat dinyatakan dengan,

$$P = K.\Delta \quad (34)$$

Bila Persamaan 28 di substitusi ke Persamaan 34, maka Persamaan menjadi sebagai berikut:

$$K.\Delta = n. \bar{P}.\beta.\gamma$$

$$K = \frac{n.\bar{P}.\beta.\gamma}{\Delta} \quad (35)$$

dengan, n = Jumlah paku yang dibutuhkan, P = Besar gaya yang dipikul,

$\bar{P}$ = Kekuatan per paku, γ = Faktor jenis pembebanan,

β = Faktor jenis konstruksi, Δ = Slip yang terjadi, K = Kekakuan

Berdasarkan Persamaan tersebut dapat diketahui bahwa jumlah paku mempengaruhi kekakuan sambungan.

3.6 Hipotesis

Semakin besar berat jenis atau tebal kayu yang digunakan, maka kekuatan sambungan paku menjadi semakin besar. Semakin banyak paku yang digunakan dalam sambungan maka nilai kekuatan dan kekakuan sambungan akan meningkat tetapi peningkatan yang terjadi tidak linier karena ada perlemahan.

4.2.1 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Kayu,

Dalam penelitian ini, digunakan papan dengan ketebalan kayu 20, 25, 30, 35 dan 40 mm dari kayu Kruing, yang termasuk dalam jenis kayu Kalimantan.

2. Paku,

Alat sambung yang digunakan dalam penelitian ini adalah paku bulat dengan ukuran 2", 2,5", 3", 3,5", 4" dan 5" seperti yang tercantum dalam tabel kekuatan paku pada PKKI 1961 NI-5.

4.2.2 Alat yang digunakan

Untuk kelancaran penelitian diperlukan beberapa peralatan yang akan digunakan sebagai sarana mencapai maksud dan tujuan penelitian. Adapun alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Mesin uji kuat geser

Alat ini digunakan untuk mengetahui kuat geser kayu. Benda uji dipasang pada strainometer, kemudian dipasang pada alat uji desak. Pada penelitian ini digunakan mesin merk SHIMATZU type UMH 30, dengan kapasitas 30 ton.

2. Mesin uji kuat tarik

Digunakan untuk mengetahui kuat tarik kayu. Pada penelitian ini digunakan UNIVERSAL TESTING MATERIAL (UTM) merk SHIMATZU type UMH 30, kapasitas 30 ton, seperti pada Gambar 4.1.

1. Bahan-bahan disiapkan dan diukur sesuai dengan rencana. Pada tahap ini dilakukan pemotongan papan kayu sesuai ukuran yang telah direncanakan.
2. Papan digambar untuk menentukan perletakan posisi paku.
3. Dilakukan pemakuan pada sambungan sesuai dengan posisi paku yang telah digambarkan pada tahapan sebelumnya.

4.5 Jumlah Benda Uji

Setelah papan benda uji selesai dibuat, selanjutnya dibuat pengujian desak pada sambungan kayu. Pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Banyaknya benda uji yang dibuat pada penelitian ini adalah :

1. Sambungan 8 paku, terdiri dari paku 2", 2,5", 3", 3,5", 4", dan 5" dengan ketebalan kayu 20, 25, 30, 35 dan 40 mm sebanyak 13 sampel.
2. Sambungan 16 paku, terdiri dari paku 2", 2,5", 3", 3,5", 4", dan 5" dengan ketebalan kayu 20, 25, 30, 35 dan 40 mm sebanyak 13 sampel.
3. Sambungan 24 paku, terdiri dari paku 2", 2,5", 3", 3,5", 4", dan 5" dengan ketebalan kayu 20, 25, 30, 35 dan 40 mm sebanyak 13 sampel.

4.6 Pengesetan Benda Uji pada Alat Uji

Setelah benda uji selesai dibuat, maka dilakukan pengesetan/pemasangan benda uji pada alat penguji, kemudian dilanjutkan dengan pemasangan dial pada kedua sisi benda uji.

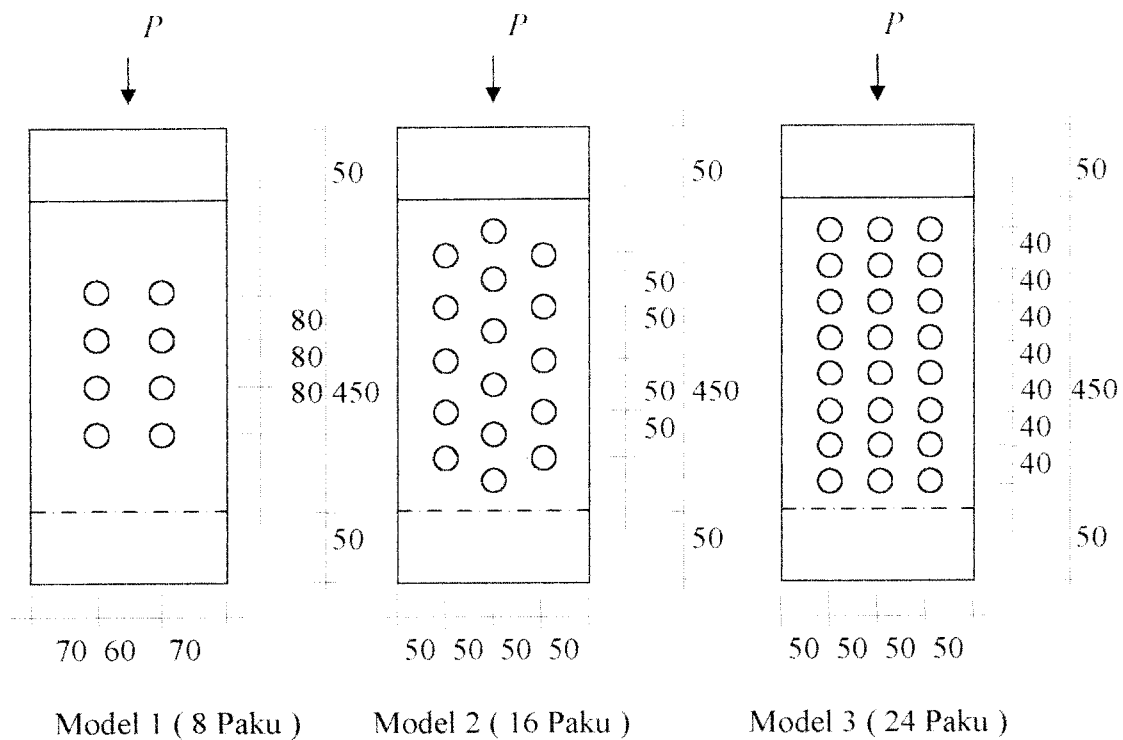
diketahui dengan membagi beban maksimum dengan luas penampang geser. Dalam pengujian geser kayu, sampel yang diuji sebanyak 3 buah.

4.8.4 Uji Pendahuluan Kadar Air dan Berat Jenis Kayu

Pengujian Berat Jenis kayu dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia. Data yang diambil pada pengujian kadar air dan berat jenis kayu adalah volume dan berat kayu sebelum masuk oven dan setelah keluar dari oven. Kadar air kayu dapat diketahui dengan mengurangi berat kayu sebelum masuk oven dengan berat kayu setelah keluar dari oven. Berat Jenis kayu dapat diketahui dengan membagi berat kayu setelah keluar oven dengan volume kayu setelah keluar dari oven. Dalam pengujian Kadar Air dan Berat Jenis kayu, sampel yang diuji sebanyak 3 buah.

4.8.5 Uji Pendahuluan Kuat Geser Paku

Pengujian kekuatan geser paku dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia. Data yang diambil pada pengujian geser paku adalah beban maksimum. Tegangan geser paku dapat diketahui dengan membagi beban maksimum dengan luas penampang geser. Dalam pengujian geser paku, sampel yang diuji sebanyak 3 batang untuk setiap diameter paku yang akan digunakan.



Gambar 4.5 Tampak depan benda uji (Tebal kayu 20mm, Paku 2" BWG 12)

Seluruh sampel yang dibuat telah memenuhi persyaratan jarak minimum antar paku yang disyaratkan dalam PKKI. Sampel-sampel yang dibuat adalah sambungan tampang dua, tetapi ada beberapa sampel yang panjang pakunya tidak memenuhi persyaratan minimum untuk sambungan tampang dua, diantaranya sambungan dengan ukuran diameter paku/tebal kayu 2"/20mm, 2,5"/25mm, 3"/30mm, dan 3,5"/35mm.

Dari penelitian didapat beban tarik maksimal (P_{tarik}) dan daerah patah, yaitu :

- Sampel 1 patah diantara titik 6 dan titik 10 dengan luas penampang rata-rata (A_{rt}) = 1,6671 cm²
- Sampel 2 patah diantara titik 9 dan titik 12 dengan luas penampang rata-rata (A_{rt}) = 1,5872 cm²
- Sampel 3 patah diantara titik 6 dan titik 10 dengan luas penampang rata-rata (A_{rt}) = 1,5595 cm²

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

Tabel 5.3 Hasil uji tarik kayu // serat

Sampel (1)	Luas rata-rata (A) (cm ²) (2)	P_{tarik} (Kg) (3)	Teg. Tarik $\sigma_{tr} = P/A$ (Kg/cm ²) (4) = (3)/(2)	$\sigma_{rata-rata}$ (Kg/cm ²) (5)
1	1,6671	1290	773,80	774,99
2	1,5872	1200	756,05	
3	1,5595	1150	795,13	

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 seperti terlihat pada Gambar 5.3 dan ukurannya seperti ditunjukkan pada Tabel 5.4

- Sampel 1 ($A = 25,01 \text{ cm}^2$)

Tabel 5.5 Hasil uji desak kayu // serat sampel 1

No.	Beban $P \text{ (Kg)}$	Panjang $p \text{ (cm)}$	ΔL (10^{-2} cm)	Tegangan $\sigma_{ds} = P/A \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$	Regangan $\varepsilon = \Delta L/p \text{ (} 10^{-4}\text{)}$
1	0	20	0.0000	0.0000	0.0000
2	1000	20	0.4500	39.9840	2.2500
3	2000	20	0.7500	79.9680	3.7500
4	3000	20	1.1000	119.9520	5.5000
5	4000	20	1.2000	159.9360	6.0000
6	5000	20	2.0500	199.9200	10.2500
7	6000	20	2.5000	239.9040	12.5000
8	7000	20	3.0000	279.8880	15.0000
9	8000	20	3.6000	319.8721	18.0000
10	9000	20	4.1000	359.8561	20.5000
11	10000	20	4.6000	399.8401	23.0000
12	11000	20	5.2000	439.8241	26.0000
13	12000	20	5.9000	479.8081	29.5000
14	13000	20	6.8000	519.7921	34.0000
15	14000	20	7.7000	559.7761	38.5000
16	15000	20	8.3000	599.7601	41.5000
17	15600	20	10.1000	623.7505	50.5000

- Sampel 3 ($A = 25,01 \text{ cm}^2$)

Tabel 5.7 Hasil uji desak kayu // serat sampel 3

No.	Beban $P \text{ (Kg)}$	Panjang Batang $p \text{ (cm)}$	ΔL (10^{-2} cm)	Tegangan $\sigma_{ds} = P/A \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$	Regangan $\varepsilon = \Delta L/p \text{ (}10^{-4}\text{)}$
1	0	20	0.0000	0.0000	0.0000
2	1000	20	0.3000	39.9840	1.5000
3	2000	20	0.5500	79.9680	2.7500
4	3000	20	0.8000	119.9520	4.0000
5	4000	20	1.2000	159.9360	6.0000
6	5000	20	1.5000	199.9200	7.5000
7	6000	20	2.1000	239.9040	10.5000
8	7000	20	2.5000	279.8880	12.5000
9	8000	20	2.8000	319.8721	14.0000
10	9000	20	3.1000	359.8561	15.5000
11	10000	20	3.7000	399.8401	18.5000
12	11000	20	4.3000	439.8241	21.5000
13	12000	20	5.2000	479.8081	26.0000
14	13000	20	6.2000	519.7921	31.0000
15	13500	20	6.9000	539.7841	34.5000

5.1.4 Hasil Uji Kuat Geser Paku

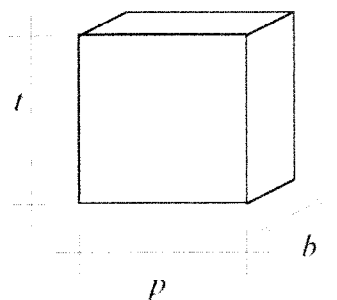
Uji geser paku dilakukan dengan menguji 3 batang paku untuk setiap diameter paku, yang hasil pengujian seperti ditunjukkan pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9 Hasil analisis uji geser paku

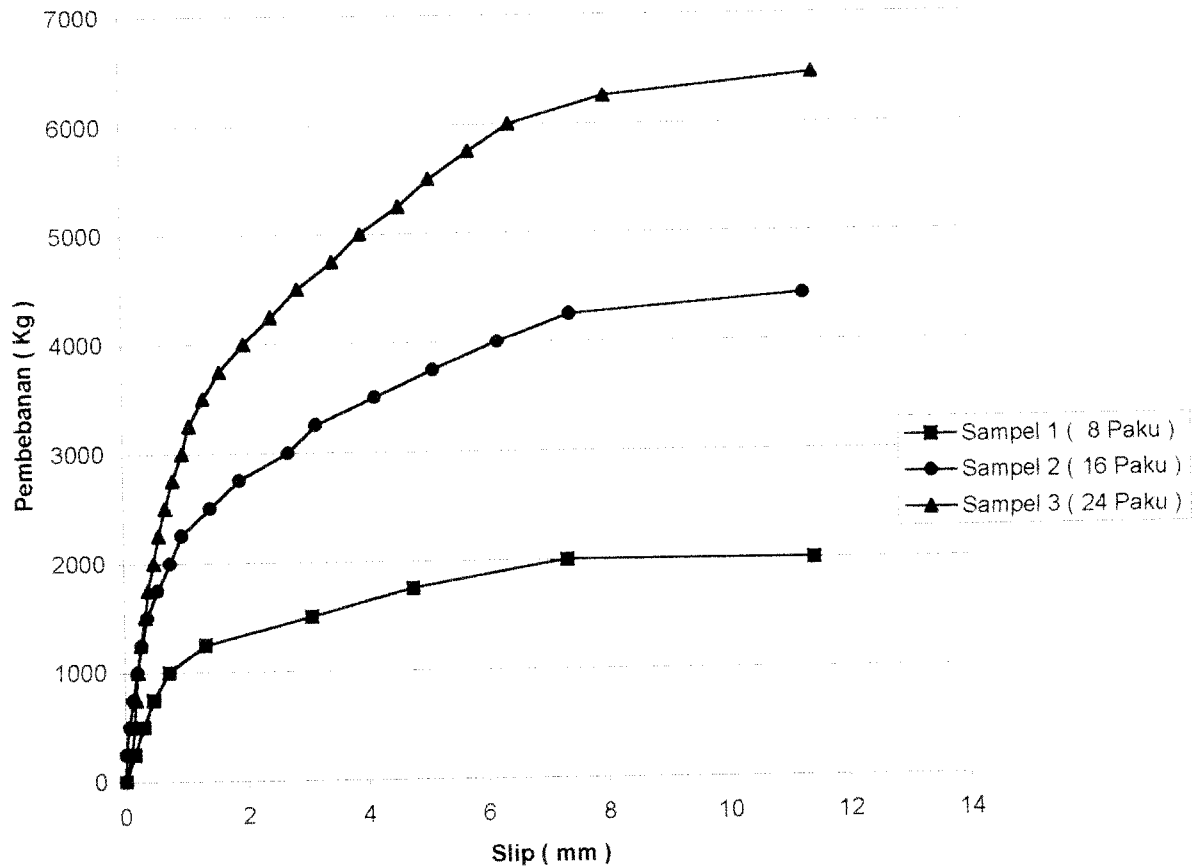
Jenis Paku	Diameter ϕ (cm)	Sampel 1 (Kg)	Sampel 2 (Kg)	Sampel 3 (Kg)	Kuat Geser rata-rata (Kg) (6) = $((3)+(4)+(5))/3$	Luas Geser $A(10^{-2} \text{ cm}^2)$ $0,25\pi D^2$	Teg. Geser $\tau = P/A$ (Kg/cm ²)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)		(7)	(8)= (6)/(7)
2"	0,28	325	145	125	198,33	6,16	3220,95
2.5"	0,31	290	275	320	295,00	7,55	3908,48
3"	0,34	500	470	425	465,00	9,08	5121,60
3.5"	0,38	355	290	440	361,67	11,34	3189,02
4"	0,42	900	600	800	766,67	13,85	5533,77
5"	0,52	1200	900	900	1000,00	21,24	4708,72

5.1.5 Hasil Uji Berat Jenis Kayu

Seperti uji-uji sebelumnya, pengujian berat jenis kayu juga dilakukan dengan membuat 3 sampel, yang bentuk seperti terlihat pada Gambar 5.7 dan ukurannya seperti ditunjukkan pada Tabel 5.10.



Gambar 5.7 Bentuk sampel untuk pengujian berat jenis Kayu



Gambar 5.8 Grafik Hubungan Beban - Slip Paku 2,5", tebal kayu 25 mm

3. Analisa Data Hubungan Beban – Slip

Dari hasil pengamatan data pada tabel 5.12 dan grafik hubungan beban-slip pada Gambar 5.8 dapat diamati dan diteliti pengaruh jumlah paku yang digunakan terhadap kekuatan sambungan dan kekakuan sambungan paku tersebut.

Tabel 5.16 Kekuatan sambungan berdasarkan hasil pengujian dengan BJ = 0,8, nilai $\bar{P} = P_{1,5\text{mm}}$

Tebal Kayu (mm)	Jenis Paku	Sampel1 (8 paku)	Sampel2 (16 paku)	Sampel3 (24 paku)	Sampel1 (1 paku)	Sampel2 (1 paku)	Sampel3 (1 paku)	Kekuatan Rata-rata (1 paku, tampang 2) (9) = ((6)+(7)+(8))/3	Kekuatan Rata-rata (1 paku, tampang 1) (10) = (9)/2
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6) = (3)/8	(7) = (4)/16	(8) = (5)/24		
20	2"	838	1940	2790	104.75	121.25	116.25	114.08	57.04
	2.5"	1250	2640	3310	156.25	165.00	137.92	153.06	76.53
	3"	1780	2890	4120	222.50	180.63	171.67	191.60	95.80
25	2.5"	1290	2550	3680	151.25	158.38	153.33	157.65	78.83
	3"	1380	2420	4340	172.50	151.25	180.83	168.19	84.09
	3.5"	1930	3300	2700	241.25	206.25	112.50	186.67	93.30
30	3"	1240	2560	4110	155.00	160.00	171.25	162.08	81.04
	3.5"	1800	3400	5240	225.00	212.50	218.33	218.61	109.31
	4"	2100	3400	5760	262.50	212.50	240.00	238.33	119.17
35	3.5"	1380	3420	5220	172.50	213.75	217.50	201.25	100.63
	4"	2300	4760	3850	287.50	297.50	160.42	248.47	124.24
40	4"	1480	3340	4420	185.00	208.75	184.17	192.64	96.32
	5"	2600	5000	6750	325.00	312.50	281.25	306.25	153.13

Berdasarkan Tabel 5.16, maka nilai Tk rata-rata dapat di hitung menggunakan rumus 3 atau 4. Contoh perhitungannya adalah sebagai berikut ini, sedangkan perhitungan selengkapnya disajikan pada lampiran 6.

$$1. m = 20 \text{ mm}, 7.0,28 = 1,96 \rightarrow m \geq 7.d$$

$$\begin{aligned}\bar{P} &= 7.d^2.Tk \\ 114.083 &= 7.0,28^2.Tk \\ Tk &= 207.87 \text{ Kg / cm}^2\end{aligned}$$

$$2. m = 20 \text{ mm}, 7.0,31 = 2,17 \rightarrow m \leq 7.d$$

$$\begin{aligned}\bar{P} &= d.m.Tk \\ 153.057 &= 0,31.2.Tk \\ Tk &= 246.87 \text{ Kg / cm}^2\end{aligned}$$