BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Sifat-sifat Kayu

Sifat-sifat kayu ada beberapa macam, antara lain yaitu sifat fisik dan sifat mekanik (Suwarno, 1976).

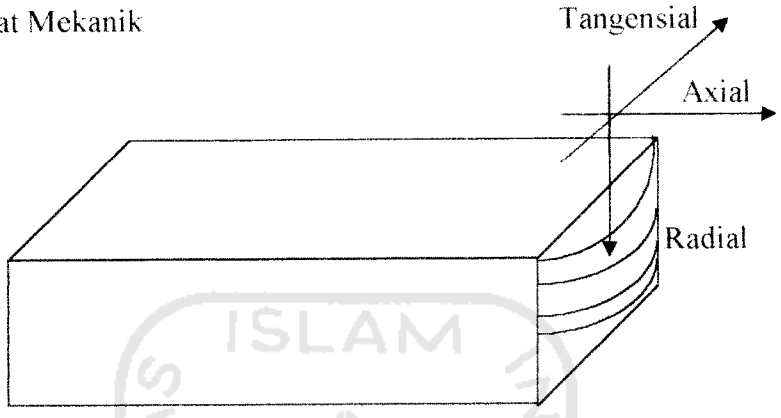
3.1.1 Sifat Fisik

Berat jenis kayu banyak dipengaruhi oleh kadar lengasnya, oleh karena itu agak sukar dalam membicarakan berat jenis kayu, dalam hubungan sifat mekanik dan lainnya. Dalam hal ini akan lebih baik membicarakan berat tiap satuan isi atau kerapatan. Angka rapat adalah hasil bagi berat kering tungku (*oven dry*) dan isi potongan kayu itu. Kerapatan ini merupakan indikator yang terbaik tentang kekuatan kayu meskipun sifat-sifat lain juga ada pengaruhnya, seperti kadar lengas, arah serat, adanya mata kayu dan sebagainya.

Angka rapat itu tergantung daripada banyaknya zat dinding sel tiap-tiap satuan isi. Kayu yang berserat kasar mengandung sedikit sel-sel tiap-tiap satuan isi, yang berarti sedikit dinding selnya, jadi rapatnya rendah pula. Semakin kecil angka rapat sesuatu kayu, semakin kuat kekuatan kayu. Pada temperatur biasa, angka mulai linier kayu dalam arah sejajar serat adalah rendah sekali dibandingkan dengan besi, dan lain-lain. Untuk arah serat adalah

besar tetapi lebih besar lagi perubahannya karena pengaruh kadar lengas kayu, sehingga untuk arah serat akibat perubahan temperatur dapat diabaikan.

3.1.2 Sifat Mekanik



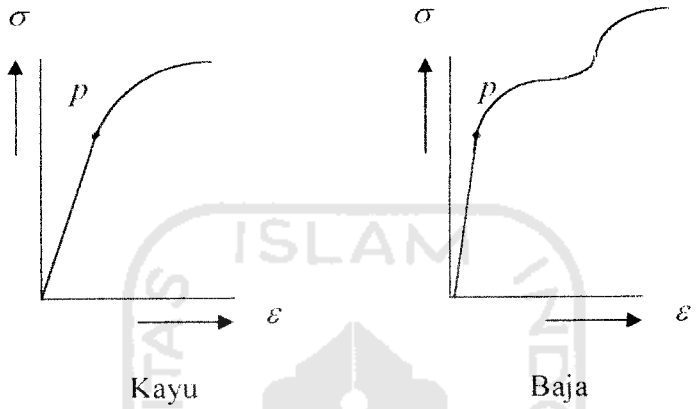
Gambar 3.1 Arah gaya pada kayu

1. Hubungan arah serat dengan arah gaya

Kayu adalah benda anisotrop dan karenanya sifat mekanik ke berbagai arah tidak sama. Untuk membeda-bedakan sifat mekanik kayu, kayu mempunyai tiga arah sumbu yang tegak lurus sesamanya, yaitu *axial* (sejajar arah serat), *radial* (menuju ke pusat) dan *tangensial* (menurut arah garis singgung) seperti terlihat pada Gambar 3.1. Sifat-sifat mekanik ke arah *tangensial* dan *radial* tidak banyak bedanya, sehingga tinggal dua sumbu yang menentukan, yaitu sejajar arah serat (*axial*) dan tegak lurus arah serat (*tangensial* dan *radial*).

Kayu tidak mempunyai batas kenyal yang terang seperti baja tetapi diagram $\sigma\,\varepsilon$ untuk suatu arah (sejajar atau tegak lurus) mempunyai bagian yang lurus sebelum membengkok seperti terlihat pada Gambar 3.2.

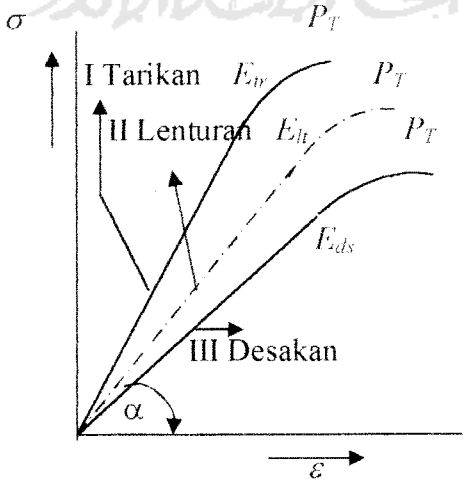
Oleh karena itu kayu tidak mempunyai batas kenyal, tetapi mempunyai batas proporsional, yaitu suatu titik pertemuan pada diagram $\sigma\,\varepsilon$ antara bagian yang lurus dan yang membengkok (titik P). Di dalam praktek batas proporsional itu dianggap sebagai batas kenyal seperti pada konstruksi baja (Suwarno, 1976).



Gambar 3.2 Grafik $\sigma\,\varepsilon$

2. Diagram Tegangan - Regangan

Daya dukung kayu terhadap lenturan akan lebih besar daripada terhadap desakan, tetapi lebih kecil daripada tarikan, seperti terlihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Tegangan-regangan gaya tarik, desak dan lentur kayu

Seperti terlihat pada Gambar 3.3, boleh dikatakan tidak ada batas kenyal pada batang yang tertarik.Untuk batang terdesak dan terlentur batas kenyal teletak kira-kira 65 dan 75 % dari tegangan patah Pt.

Pada balok terlentur, yaitu yang menahan momen, serat-serat terluar akan menderita tegangan yang terbesar. Dibagian yang terdesak serat-serat ini dibantu oleh serat-serat dibagian dalam yang menahan tegangan yang lebih kecil.

Modulus kenyal menurut arah serat baik untuk batang tarik, batang desak, dan batang terlentur dianggap sama, karena perbedaannya hanya kecil.

3. Pengaruh Kadar Lengas Kayu

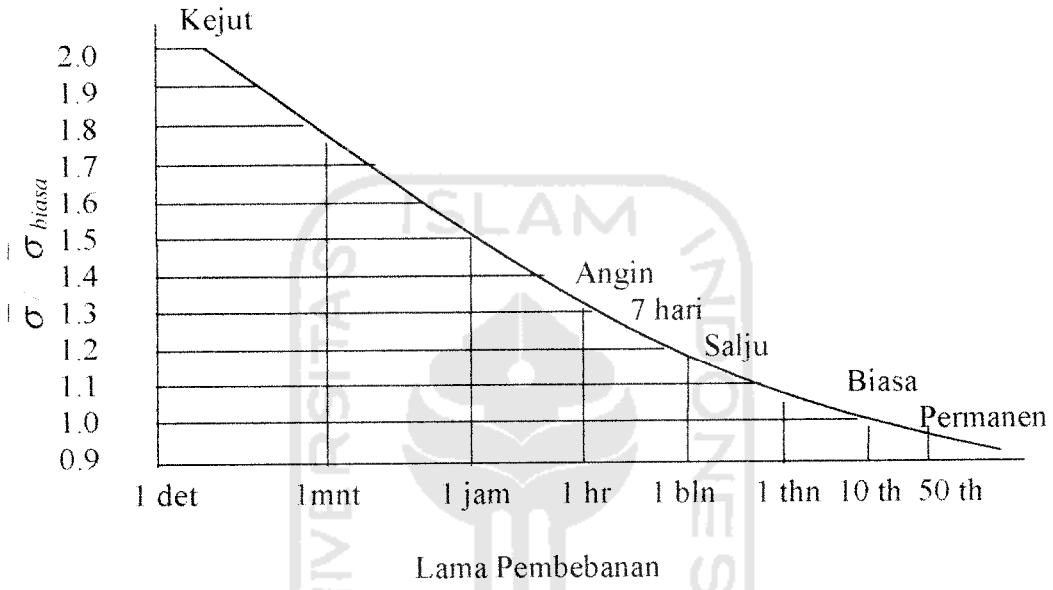
Kadar lengas kayu sangat berpengaruh pada kekuatan daya dukung kayu, semakin kecil kadar lengas kayu maka daya dukung kayu menjadi semakin kuat. Sebelum kayu dipergunakan pada suatu bangunan perlu dilakukan pengeringan pada kayu untuk menambah kekuatan daya dukungnya.

4. Pengaruh Cara dan Lama Pembebanan

Kayu dapat dibebani dengan beberapa cara, yaitu :

1. dengan sekonyong-konyong seperti pada halnya pada tiang tumbuk, jadi pembebanan itu tejadi dalam beberapa detik saja (pembebanan kejut),
2. dalam jangka pendek, artinya pembebanan dilakukan dalam beberapa menit seperti halnya dalam pengujian-pengujian kekuatan kayu dilaboratorium, yang memakan waktu ± 4 menit untuk setiap benda uji,

3. dalam jangka sedang, dimana kayu dibebani selama setahun atau lebih, misalnya pada pekerjaan perancah, dan
4. dalam jangka panjang, dimana kayu dibebaniedalam waktu yang lama, lebih dari 10 tahun, seperti dalam bangunan-bangunan biasa.



Gambar 3.4 Hubungan Lama Pembebanan – Tegangan ijin/tegangan biasa

Sifat yang khusus bagi kayu adalah, semakin cepat kayu itu dibebani (semakin pendek waktu pembebanan), semakin besar tegangan yang dapat didukungnya. Kayu yang dibebani selama 1 jam akan dapat mendukung tegangan yang lebih besar dibandingkan dengan kayu yang dibebani selama 1 tahun. Oleh karena itu, kayu merupakan bahan yang sangat baik untuk mendukung tegangan-tegangan yang timbul dalam waktu yang pendek, seperti tegangan yang ditimbulkan oleh angin dan salju (untuk daerah-daerah dingin), seperti terlihat pada Gambar 3.4.

Berdasarkan sifat khusus kayu yang telah disebutkan di atas, kayu sangat baik apabila digunakan untuk konstruksi-konstruksi berikut:

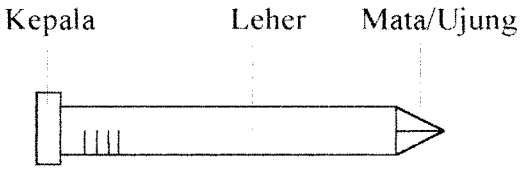
a. kuda-kuda, menara, hangar dan sebagainya, dimana gaya tekanan angin merupakan faktor penting di dalam bangunan itu, dan
b. lantai, yang dibebani hanya dalam waktu yang pendek saja.

Cara pembebanan pada alat-alat sambung menurut Stalnaker, 1989 dapat dibagi menjadi 4 macam yaitu :

1. dibebani geseran, misalnya perekat, baut, paku dan pasak kayu, dapat juga dibebani geseran,
2. dibebani bengkokan atau lenturan diantaranya adalah baut, paku dan pasak,
3. dibebani jungkitan, diantaranya adalah pasak, dan
4. dibebani desakan, misalnya kokot, cicin belah dan sebagainya.

3.2 Alat Sambung Paku

Perbedaan jenis paku ditentukan oleh beberapa karakteristik, yaitu kepala paku, leher paku, ujung paku, jenis material dan kondisi permukaan paku (Breyer, 1980).



Gambar 3.5 Model paku

Paku yang digunakan dalam penelitian ini adalah paku tampang bulat. Dalam praktek angka langsing paku umumnya besar, sehingga paku-paku itu ikut membengkok jika gaya yang didukungnya melampaui batas kekuatan sambungan.

3.3 Sifat-sifat Sambungan Paku

Diameter paku dan ketebalan kayu mempengaruhi pecah pada kayu saat dilakukan pemakuan. Semakin besar diameter paku dan semakin tipis kayu yang digunakan maka semakin besar bahaya pecah yang akan terjadi pada kayu saat dilakukan pemakuan, sehingga diameter paku tidak boleh lebih besar dari ¼ tebal kayu (Karlsen, 1967).

Sifat-sifat sambungan paku pada konstruksi kayu ada beberapa hal seperti yang ditunjukkan oleh Felix, 1964 antara lain :

1. memiliki efisiensi yang cukup baik dibanding dengan sambungan baut, yaitu kira-kira 50%,
2. memberi perlemahan yang cukup kecil, yaitu kira-kira 10%,
3. kekuatan tidak tergantung arah serat, dan cacat-cacat kayu juga kurang berpengaruh,
4. sambungan cukup kaku ,
5. beban-beban pada penampang lebih merata, dan
6. untuk kayu yang tidak terlalu keras dan tebal tidak perlu dibor.

Menurut Faherty, 1989 jenis pembebanan pada paku adalah sebagai berikut:

1. beban geser yang disebabkan gaya atau komponen gaya yang bekerja tegak lurus poros paku,

2. beban tarik yang disebabkan gaya atau komponen gaya yang bekerja sejajar poros paku,
3. paku sebaiknya dibebani geser, tidak dibebani tarik jika mungkin, dan
4. ujung serat tertarik tidak disarankan. Jika tetap ingin digunakan sebaiknya berdasarkan data hasil riset.

Menurut Ram Chandra,1992 kekuatan paku terhadap geser dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan berikut:

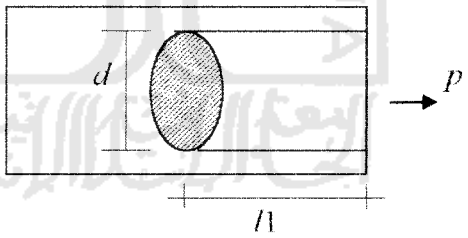
$$Ps = \frac{\pi}{4} d^2 . \tau \qquad (1)$$

Kekuatan paku terhadap tarik adalah

$$Pb = d.t.\sigma \qquad (2)$$

dengan, Ps = Kekuatan sambungan dalam menahan gaya geser

Pb = Kekuatan sambungan dalam menahan gaya tarik



Gambar 3.6 Rusak akibat geser sejajar arah serat

$$P = 2.(l1.t.\tau //) + d.t.\sigma = 0{,}25.\pi.d^2.\tau \qquad (3)$$

$$l1 = \frac{\frac{\pi}{4} d^2 . \tau // - d.t.\sigma}{2.t.\tau //} \qquad (4)$$

Menurut Suwarno,1976 $\sigma// = 150.g$ (5)

$\tau// = 20.g$ (6)

Sehingga Persamaan 4 dapat dinyatakan dengan,

$$l1 = \frac{\frac{\pi}{4} d^2.\tau// - d.t.150.g}{2.t.20.g}$$

$$l1 = \frac{\pi}{160.g.t} d^2.\tau// - d.3,75 \quad (7)$$

dengan, $l1$ = Panjang bidang geser, d = Diameter paku, g = Berat jenis,

t = Tebal kayu, τ = Tegangan geser, σ = Tegangan sejajar arah serat

Apabila digunakan kayu dengan ketebalan dan jenis yang sama maka t dan g konstan, sehingga diameter paku berpengaruh terhadap jarak aman paku. Apabila jarak paku lebih kecil dari jarak $l1$ maka sambungan akan mengalami perlemahan kekuatan.

3.4 Kekuatan Sambungan Paku

Kekuatan paku untuk sambungan tampang satu ditunjukkan dalam tabel PKKI. Apabila pada sambungan digunakan paku yang memenuhi syarat untuk sambungan tampang dua, maka kekuatan paku pada tabel tersebut dapat dikalikan dua. Tabel kekuatan paku tersebut belum memuat kekuatan paku dengan menggunakan berat jenis kayu 0,8 sehingga untuk jenis kayu tersebut belum diketahui kekuatan pakunya.

Rumus-rumus sambungan paku pada dasarnya sama dengan rumus-rumus sambungan baut tanpa mur. Kekuatan sambungan paku tampang satu adalah sebagai berikut (Suwarno, 1976).

$$\overline{P} = 0{,}443.d^2.\sqrt{T_k.T_b} \qquad (8)$$

dengan, $\overline{P}$ = kekuatan per paku Tk = konstanta kuat kayu

Tb = konstanta kuat baja d = diameter paku

Panjang paku untuk tampang satu biasanya diambil sebagai berikut (Tjoa Pwee Hong, 1994).

$$lp \geq 2{,}5.l \quad (l = \text{tebal kayu muka}) \qquad (9)$$

sedangkan untuk sambungan tampang dua,

$$lp \geq 2.m + l \quad (m = \text{tebal kayu tengah}) \qquad (10)$$

Dari tabel PKKI tampak bahwa tebal kayu muka tempat awal kayu masuk dibatasi 2 - 4 cm. Sehingga apabila tebal kayu muka lebih dari 4 cm, maka tebal kayu tidak dapat dihitung berdasarkan tabel PKKI tersebut.

Jadi apabila tidak menggunakan tabel PKKI, kekuatan paku dapat juga dihitung dengan rumus sebagai berikut.

Tampang satu : $\overline{P} = 0{,}5.d.l.T_k$ untuk $l \leq 7 . d$ (11)

$\overline{P} = 3{,}5.d^2.T_k$ untuk $l \geq 7 . d$ (12)

Tampang dua : $\overline{P} = d.m.T_k$ untuk $m \leq 7 . d$ (13)

$\overline{P} = 7.d^2.T_k$ untuk $m \geq 7 . d$ (14)

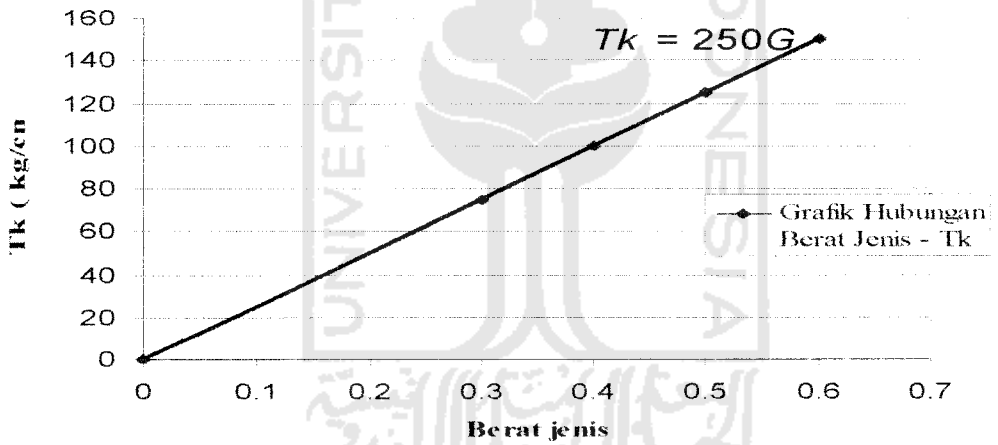
dengan, $\overline{P}$ = Kekuatan Paku, d = diameter paku, l = Tebal kayu muka,

m = Tebal kayu tengah, Tk = Konstanta kuat kayu.

Berdasarkan rumus kekuatan sambungan paku tampang satu dan tampang dua dapat diketahui bahwa sambungan paku dengan tebal kayu lebih besar dari 7d (kayu tebal) kekuatan sambungan tidak dipengaruhi oleh ketebalan kayu, tetapi dipengaruhi oleh kelangsingan paku.

Harga Tk untuk berat jenis 0,3, 0,4, 0,5 dan 0,6 ditunjukkan pada Tabel PKKI (lampiran 2), sedangkan untuk kayu dengan berat jenis kayu 0,8 nilai Tk yang dipakai masih harus diteliti lebih lanjut.

Berdasarkan Tabel kekuatan sambungan paku pada PKKI, maka dapat dibuat Grafik hubungan konstanta kuat kayu (Tk) dengan berat jenis kayu (G).



Gambar 3.7 Grafik Hubungan Tk - Berat Jenis Kayu (G) dari PKKI

Dari Gambar 3.7 tersebut, diketahui bahwa Tk dan BJ merupakan fungsi linier, sehingga dapat dinyatakan dengan Persamaan berikut:

$$Tk = 250.G \qquad (15)^*$$

dengan, Tk = Konstanta kuat kayu dalam Kg/cm^2 ; G = Berat jenis kayu

Berdasarkan Persamaan 15* dapat disimpulkan bahwa semakin besar berat jenis kayu maka nilai *Ik* semakin besar pula. Nilai *Ik* dapat ditulis sebagai fungsi berat jenis.

$$Ik = f(\mathrm{G}) \qquad (16)$$

sehingga rumus 11, 12, 13 dan 14 menjadi Persamaan berikut:

Tampang satu : $\overline{P} = 0{,}5.d.l.f(G)$ untuk $l \leq 7 . d$ (17)

$\overline{P} = 3{,}5.d^2.f(G)$ untuk $l \geq 7 . d$ (18)

Tampang dua : $\overline{P} = d.m.f(G)$ untuk $m \leq 7 . d$ (19)

$\overline{P} = 7.d^2.f(G)$ untuk $m \geq 7 . d$ (20)

Apabila tebal kayu dan diameter paku dianggap konstan maka berdasarkan rumus 17, 18, 19 dan 20 dapat diketahui bahwa semakin besar berat jenis kayu, kekuatan sambungan paku semakin bertambah.

Karena diketahui kelangsingan adalah $\lambda = lp/d$, maka rumus 17, 18, 19 dan 20 dapat ditulis dalam bentuk lain, yaitu:

Tampang satu : $\overline{P} = 0{,}5.\frac{lp}{\lambda}.l.f(G)$ untuk $l \leq 7 . d$ (21)

$\overline{P} = 3{,}5.(\frac{lp}{\lambda}.)^2.f(G)$ untuk $l \geq 7 . d$ (22)

Tampang dua : $\overline{P} = \frac{lp}{\lambda}.m.f(G)$ untuk $m \leq 7 . d$ (23)

$\overline{P} = 7.(\frac{lp}{\lambda}.)^2.f(G)$ untuk $m \geq 7 . d$ (24)

dengan, $\overline{P}$ = Kekuatan sambungan kayu, lp = Panjang paku,

λ = Angka kelangsingan, f(G) = Berat jenis kayu.

Apabila berat jenis dianggap sama maka berdasarkan Persamaan 21, 22, 23 dan 24 kekuatan sambungan akan semakin kecil bila angka kelangsingan bertambah.

Kekuatan sambungan paku merupakan fungsi dari berat jenis kayu dan diameter paku (Ram Chandra, 1992).

$$R = K.G^{2.5}.D \qquad (25)$$

dengan, R = Kekuatan perpaku dalam KN,

K = Konstanta (972,5/1000) = 0,9725,

G = berat jenis kayu, D = diameter paku dalam mm.

Kekuatan paku untuk macam-macam berat jenis kayu ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Kuat per paku yang diijinkan per 10 mm kedalaman paku.

No.	Jenis kayu	Berat jenis kayu (G)	Kuat ijin $0{,}9725G^{2.5}$(KN)
1	Fir	0.465	0.143
2	Babul	0.835	0.619
3	Kala Siris	0.735	0.449
4	Deodar	0.561	0.228
5	Eucalyptus	0.850	0.646
6	Dhaman	0.755	0.482
7	Mango	0.655	0.339
8	Chir	0.575	0.244
9	Sandan	0.865	0.674
10	Oak	0.865	0.674
11	Sal	0.800	0.556
12	Jamun	0.850	0.647
13	Teak	0.625	0.300
14	White Chuglam	0.690	0.382
15	Black Chuglam	0.835	0.619
16	Sain	0.880	0.705

Faherty, 1989 mengatakan bahwa kekuatan sambungan paku merupakan fungsi dari berat jenis kayu dan diameter paku.

$$P \quad K.D^{1.5} \qquad (26)$$

$$P = 1380.G^{5.2}.D \qquad (27)$$

dengan, K = Konstanta penetrasi, G = berat jenis kayu,

P = Kuat sambungan paku per inchi kedalaman paku,

D = diameter paku dalam inchi.

Nilai K pada Persamaan 26 sesuai dengan Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Konstanta untuk Beban ijin sejajar serat sambungan paku

Kelompok kayu	Kedalaman pemakuan (in)	K
I	10	2040
II	11	1650
III	13	1350
IV	14	1080

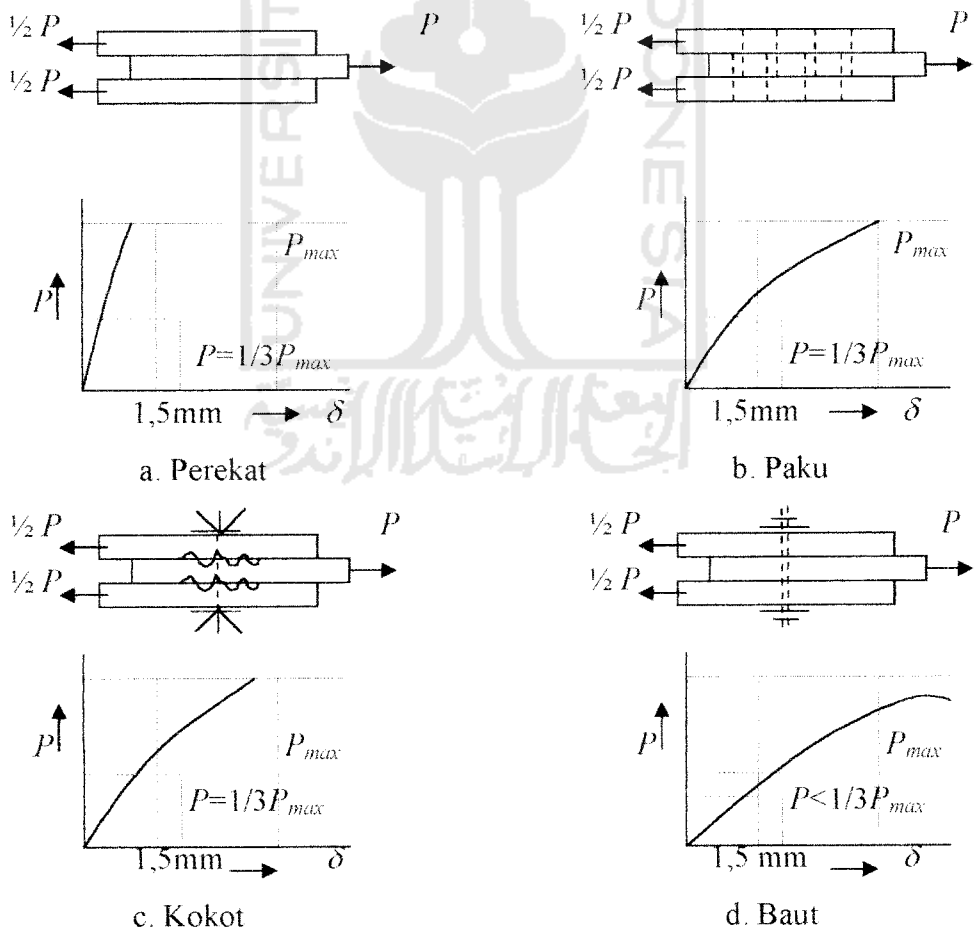
Berdasarkan Persamaan 25 dan 27, bila nilai D dianggap konstan, maka dapat diketahui bahwa semakin besar berat jenis kayu, kekuatan sambungan paku juga semakin besar.

Dengan menganggap diameter paku konstan, Tabel 3.2 menunjukkan bahwa semakin panjang paku (angka langsing bertambah) maka koefisien K semakin kecil, sehingga Persamaan 26 menunjukkan bahwa kekuatan sambungan paku semakin kecil.

Untuk membandingkan alat sambung apa yang paling baik maka dilakukan pengujian dengan 4 macam alat sambung, yaitu perekat, paku, kokot dan baut.

Dari masing-masing pengujian dibuatlah diagram gaya sesaran (p - δ) dan didalam hal ini besarnya gaya yang diizinkan ($\bar{P}$) diambil 1/3 x beban maximum atau beban patah.

Sambungan dengan menggunakan paku termasuk baik, karena sesaran yang terjadi pada saat beban mencapai maksimum relatif tidak terlalu besar dibandingkan dengan sesaran yang terjadi pada sambungan dengan menggunakan kokot maupun baut. Hal ini dapat dilihat pada hasil pengujian empat macam alat sambung pada Gambar 3.8 (Suwarno, 1976).



Gambar 3.8 Kekuatan macam-macam sambungan kayu

Dalam penyambungan dengan paku harus memperhatikan beberapa aturan di bawah ini (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 menggunakan 4 batang paku.
4. Jarak paku minimum harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut.
   a. Dalam arah gaya

      12 d untuk tepi kayu yang terbebani.

      5 d untuk tepi kayu yang tidak terbebani.

      10 d jarak antara paku dalam satu barisan.

   b. Dalam arah tegak lurus arah gaya.

      5 d untuk jarak sampai tepi kayu.

      5 d untuk jarak barisan paku.
5. Apabila paku dipergunakan pada konstruksi dalam keadaan konstruksi terendam air dan tidak terlindung, maka di dalam perhitungan, perhitungannya harus dikalikan dengan 2/3. Apabila paku digunakan pada konstruksi tidak terlindung tetapi kayu itu dapat mengering dengan cepat, kekuatan harus dikalikan dengan 5/6.

6. Jika konstruksi yang tegangannya diakibatkan oleh muatan tetap dan muatan tidak tetap, maka kekuatan sambungan dapat dinaikkan dengan 25%, kecuali untuk beban-beban dynamis seperti pada jembatan-jembatan, keran-keran dan sebagainya.
7. Jika sesuatu konstruksi dengan paku berbentuk lengkung, maka jari-jari lengkungannya paling kecil harus 400b, dimana b adalah tebal papan kayu yang dipergunakan dalam konstruksi tersebut.
8. Ujung paku yang keluar dari sambungan sebaiknya dibengkokkan tegak lurus arah serat.

3.5 Jumlah Paku dalam sambungan

Jumlah alat sambung mempunyai pengaruh yang penting. Semakin banyak alat sambung maka semakin kuat sambungan, apabila terlalu banyak alat sambung yang digunakan dapat menimbulkan ketidakefektifan pada sambungan, yaitu terjadi penurunan kemampuan mulai 100% sampai 15% dari kekuatan sebenarnya (Stalnaker, 1989).

Jumlah paku yang digunakan dalam suatu sambungan bergantung dari besar gaya yang harus dipikul dan kekuatan perpaku dalam menahan beban. Jumlah paku yang digunakan dapat dihitung berdasarkan rumus dibawah ini (Suwarno, 1976).

$$n = \frac{P}{\bar{P}.\beta.\gamma}$$

atau

$$P = n.\ \bar{P}.\beta.\gamma \qquad (28)$$

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

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

β = Faktor jenis konstruksi

$$Fn = \frac{P}{\sigma_{tr}} \qquad (29)$$

$$Fbr = (1 + n1).Fn \qquad (30)$$

dengan Fn = Luas penampang netto, Fbr = Luas penampang bruto,

$n1$ = faktor perlemahan sambungan

Apabila Persamaan 29 di substitusi ke Persamaan 30 maka Persamaan menjadi sebagai berikut:

$$P = \frac{Fbr}{(1+n1)}.\overline{\sigma}_{tr} \qquad (31)$$

Jika Persamaan 28 di substitusi ke Persamaan 31, dengan menganggap faktor keadaan (β) adalah terlindung dan faktor pembebanan (γ) adalah tetap, maka Persamaan menjadi sebagai berikut:

$$n.\overline{P} = \frac{Fbr}{(1+n1)}.\overline{\sigma}_{tr} \qquad (32)$$

Persamaan 32 dapat dinyatakan dengan,

$$\overline{P} = \frac{Fbr}{(1+n1).n}.\overline{\sigma}_{tr} \qquad (33)$$

Berdasarkan Persamaan 33 dapat diketahui kekuatan perpaku dipengaruhi oleh luas bruto dan jumlah paku, semakin banyak jumlah paku maka perlemahan sambungan bertambah besar.

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

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

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

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

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

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.

BAB IV

PELAKSANAAN PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Dalam penelitian ini dilakukan pembuatan benda uji desak kayu dengan alat sambung paku sebanyak 39 sampel pengujian, yaitu 3 model sampel pengujian untuk masing-masing diameter paku dan masing-masing ketebalan yang tercantum dalam tabel kekuatan paku pada PKKI 1961 NI-5. Tiap model dalam penelitian ini dibuat dengan menggunakan jumlah paku yang berbeda, yaitu 8, 16, dan 24 batang paku.

Metode penelitian yang digunakan berupa serangkaian pengujian di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

4.2 Persiapan Bahan dan Alat

Pekerjaan persiapan yang dilakukan meliputi pembuatan benda uji, pengujian pendahuluan meliputi uji geser paku, berat jenis, geser, tarik dan desak kayu, yang dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

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

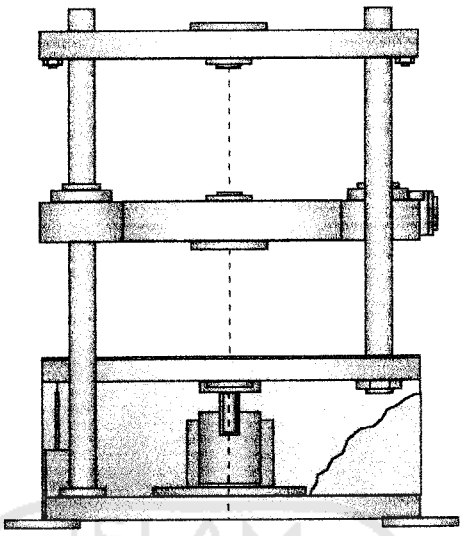
Untuk kelancaran penelitian diperlukan beberapa peralatan yang akan digunakan sebagai sarana mencapai maksud dan tujuan penelitian. Adapun alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah :

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.



Gambar 4.1 Universal Testing Material Shimatzu UMH 30

3. Mesin Uji kuat desak

Mesin uji kuat desak digunakan untuk mengetahui kuat desak uji kayu pendahuluan. Sedangkan kapasitas mesin uji kuat desak yang dimiliki oleh Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta adalah 2000 KN merk CONTROL.

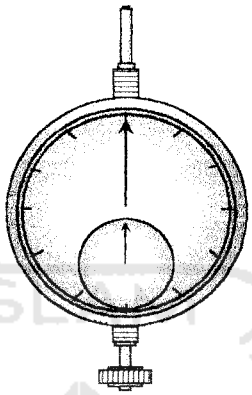
4. Oven merek "*United*"

Oven digunakan untuk mengetahui berat jenis benda uji, yaitu dengan cara menguapkan kandungan air yang terdapat di dalam sampel yang diuji.

5. Dial Gauge

Alat ini digunakan untuk mengukur besar slip yang terjadi pada kayu. Untuk pengujian kekuatan sambungan paku menggunakan dial gauge merk TECLOCK dengan kapasitas lendutan maksimum 20 mm, 30 mm dan

ketelitian 0,01 mm. Pada penelitian tugas akhir ini, digunakan *dial gauge* sebanyak dua buah pada masing-masing sisi sambungan, bentuk *dial gauge* seperti pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Dial Gauge

6. Mistar dan kaliper

Mistar dari logam digunakan untuk mengukur dimensi model benda uji, sedangkan kaliper untuk mengukur diameter paku.

7. Timbangan

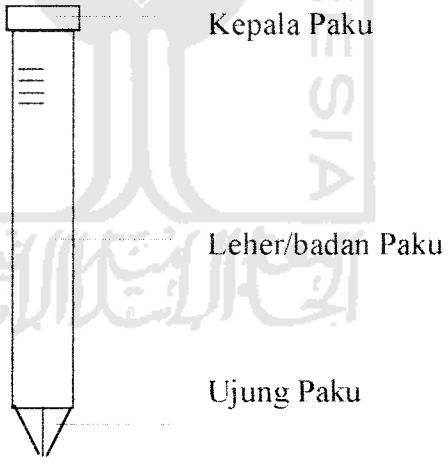
Timbangan halus merk *O'house* kapasitas 20 kg dan 5 kg digunakan untuk menimbang berat kayu ketika melakukan uji berat jenis dan uji kadar air pada kayu.

4.3 Benda Uji

Benda uji dalam penelitian ini berupa sambungan kayu dengan panjang papan 50 mm dengan ketebalan kayu yang bervariasi mulai 20, 25, 30, 35 dan 40 mm. Sambungan kayu ini menggunakan alat sambung paku dengan ukuran

panjang dan diameter paku yang bervariasi mulai dari 2", 2,5", 3", 3,5", 4" dan 5" seperti terlihat pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5, sesuai dengan ukuran yang telah ada pada tabel kekuatan paku pada Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia, 1961 NI-5. Untuk tiap sambungan kayu dengan ketebalan kayu yang sama dan jenis paku yang sama dibuat 3 model dengan membuat variasi pada jumlah paku yang digunakan.

Sebelum pengujian pada benda uji, terlebih dahulu dilakukan uji pendahuluan pada kayu yang dipakai untuk membuat benda uji, yaitu meliputi uji Berat Jenis kayu, uji tarik, uji geser, dan uji desak kayu, serta uji geser paku. Setelah itu baru dilaksanakan pengujian pada benda uji, yang dilakukan secara bertahap, disesuaikan dengan jumlah benda yang akan diuji.



Gambar 4.3 Jenis paku yang digunakan

4.4 Pembuatan Benda Uji

Setelah persiapan selesai, selanjutnya pembuatan benda uji dilakukan melalui beberapa tahapan berikut ini.

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.

4.7 Metode Pelaksanaan Uji Sambungan

Pelaksanaan uji sambungan dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia dengan urutan pekerjaan sebagai berikut :

1. memasang model uji pada alat uji desak,
2. pembebanan pada benda uji secara bertahap dengan skala kenaikan beban sebesar 250 kg,
3. mencatat nilai beban yang terjadi selama pengujian hingga sambungan mengalami kerusakan,
4. mencatat slip yang terjadi pada kayu sampai sambungan mengalami kerusakan,
5. mengamati bagian yang mengalami kerusakan akibat gaya yang diterima oleh sambungan,
6. menggambar kerusakan yang terjadi pada sambungan, dan
7. mengamati perubahan yang terjadi pada paku akibat gaya yang bekerja.

Gambar Pengujian benda uji dapat dilihat pada lampiran 8.

4.8 Uji Pendahuluan

Pembuatan benda uji ini berdasarkan syarat-syarat yang ada pada Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia 1961 NI-5, masing-masing benda uji tersebut diambil dari ukuran kayu 5/7 cm, panjang 300 cm dan ukurannya menyesuaikan kapasitas alat uji.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan 3 buah benda uji untuk tiap-tiap jenis pengujian. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kuat tarik, kuat desak, kuat geser, berat jenis dan kadar air dari kayu, serta kuat geser paku yang akan digunakan.

4.8.1 Uji Pendahuluan Kuat Tarik Kayu // Serat

Pengujian kekuatan tarik kayu dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia. Data yang diambil pada pengujian tarik kayu adalah beban maksimum. Tegangan tarik kayu dapat diketahui dengan membagi beban maksimum dengan luas rata-rata. Dalam pengujian tarik kayu, sampel yang diuji sebanyak 3 buah.

4.8.2 Uji Pendahuluan Kuat Desak Kayu // serat

Pengujian kekuatan desak kayu dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia. Data yang diambil pada pengujian desak kayu adalah beban maksimum. Tegangan desak kayu dapat diketahui dengan membagi beban maksimum dengan luas penampang. Dalam pengujian desak kayu, sampel yang diuji sebanyak 3 buah.

4.8.3 Uji Pendahuluan Kuat Geser Kayu // serat

Pengujian kekuatan geser kayu dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia. Data yang diambil pada pengujian geser kayu adalah beban maksimum. Tegangan geser kayu dapat

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

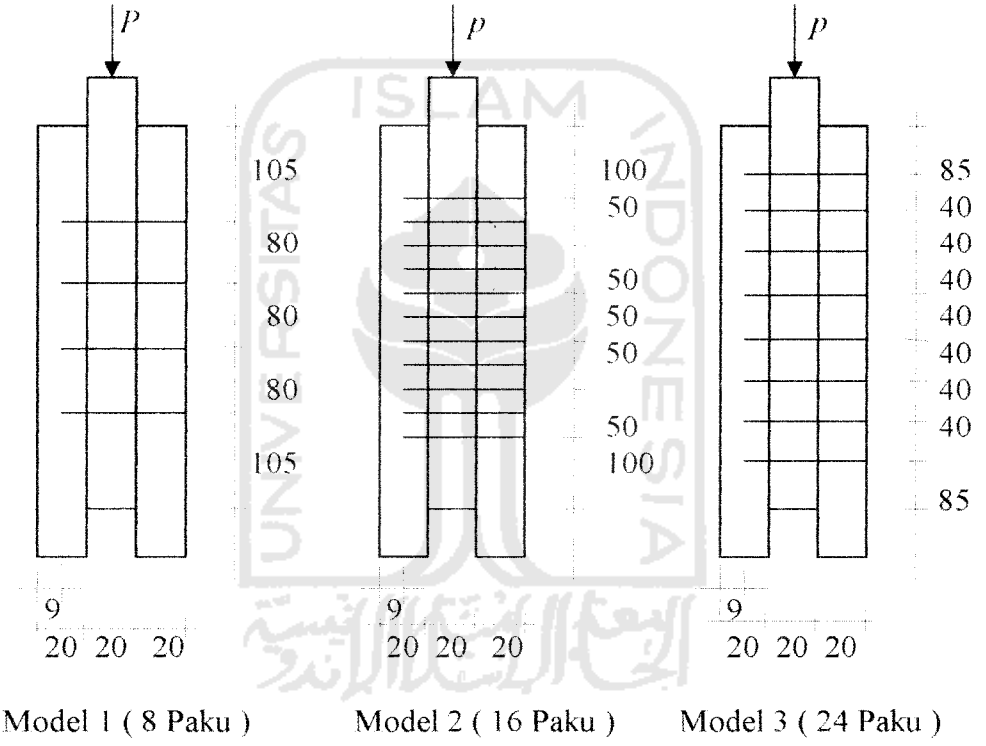
Pengujian Berat Jenis kayu dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia. Data yang diambil pada pengujian kadar air dan berat jenis kayu adalah volume dan berat kayu sebelum masuk oven dan setelah keluar dari oven. Kadar air kayu dapat diketahui dengan mengurangi berat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

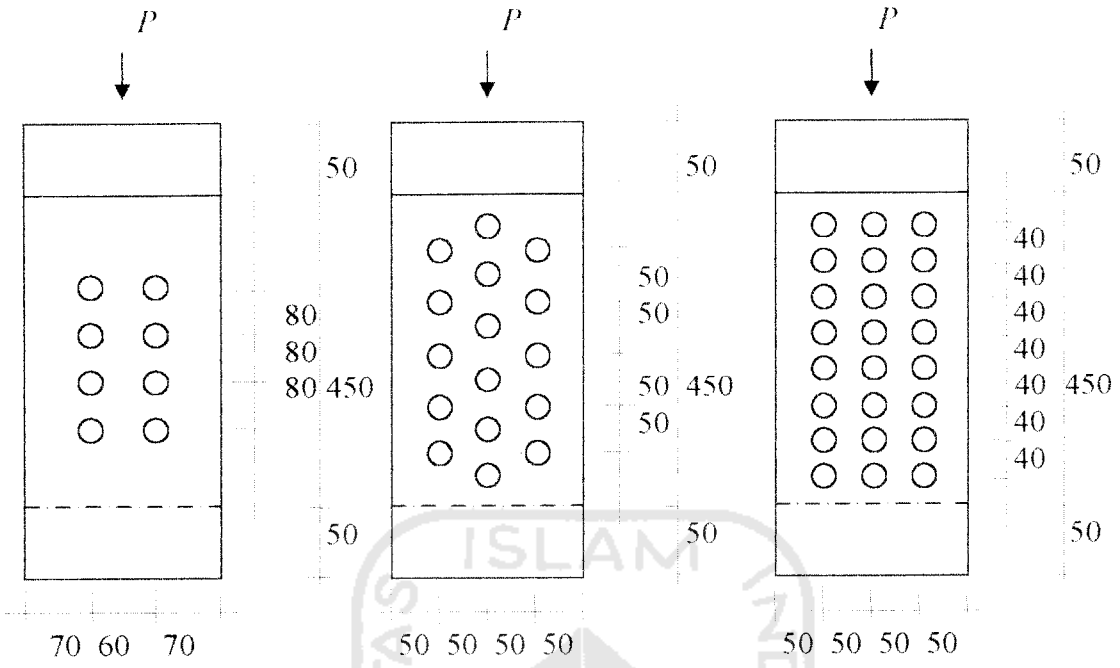
Pengujian kekuatan geser paku dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia. Data yang diambil pada pengujian geser paku adalah beban maksimum. Tegangan geser paku dapat diketahui dengan membagi beban maksimum dengan luas penampang geser. Dalam pengujian geser paku, sampel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

4.9 Uji Sambungan

Benda uji dalam penelitian ini berupa sambungan kayu dengan alat sambung paku, untuk setiap diameter paku yang digunakan dibuat tiga model benda uji dengan jumlah paku yang berbeda pada tiap modelnya. Bentuk model benda uji yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5.



Gambar 4.4 Tampak samping benda uji (Tebal kayu 20mm, Paku 2" BWG 12)



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.

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

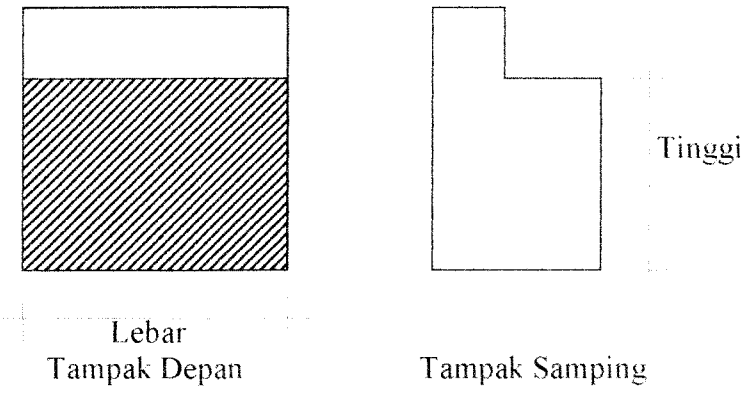
5.1 Hasil Penelitian

Dalam penelitian ini, sebelum dilakukan pengujian pada papan sambungan paku, terlebih dahulu dilakukan beberapa uji pendahuluan, yaitu meliputi uji geser, uji tarik, uji desak, uji kadar air dan uji berat jenis kayu yang digunakan, sehingga dari hasil uji tersebut didapatkan kekuatan yang sesungguhnya dari kayu yang dipakai untuk membuat sampel.

Setelah itu dilakukan pengujian pada sampel sambungan papan yang telah dibuat, yang hasilnya berupa kekuatan maksimum sambungan dalam menerima gaya desak sejajar arah serat. Kemudian data tersebut dianalisa untuk melengkapi tabel kekuatan paku yang terdapat pada Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI) 1961 NI-5.

5.1.1 Hasil Uji Kuat Geser Kayu // Serat

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



Gambar 5.1 Bentuk Benda Uji Geser kayu // serat

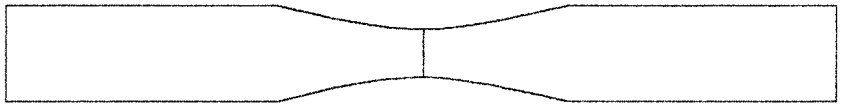
Setelah dilakukan pengujian, didapat beban geser maksimal (τ_{geser}). Kemudian dihitung tegangan geser kayu, hasilnya ditunjukkan pada Tabel 5.1.

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

Sampel	Lebar (B) (cm)	Tinggi (T) (cm)	Luas Geser (A) (cm^2)	τ_{geser} (Kg)	Teg.Geser $\tau = P/A$ (Kg/cm^2)	$\tau_{rata-rata}$ (Kg/cm^2)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6) = (5)/(4)	(7)
1	5,50	4,00	22,00	1640	74,54	75,60
2	5,50	4,00	22,00	1610	73,18	
3	5,50	4,00	22,00	1740	79,09	

5.1.2 Hasil Kuat Tarik Kayu // Serat

Pengujian tarik kayu // serat juga dilakukan dengan membuat 3 sampel, yang bentuknya seperti terlihat pada Gambar 5.2. Dalam penelitian ini, ukuran sampel uji tarik kayu // serat ditunjukkan pada Tabel 5.2.



b

Tampak Depan



t

Tampak Samping

Gambar 5.2 Bentuk sampel benda uji tarik kayu // serat

Tabel 5.2 Ukuran sampel uji tarik kayu // serat

No. Titik	Sampel 1			Sampel 2			Sampel 3		
	Lebar (b) (cm)	Tebal (t) (cm)	Luas (A) (cm^2)	Lebar (b) (cm)	Tebal (t) (cm)	Luas (A) (cm^2)	Lebar (b) (cm)	Tebal (t) (cm)	Luas (A) (cm^2)
(1)	(2)	(3)	(4) = (2)*(3)	(5)	(6)	(7) = (5)*(6)	(8)	(9)	(10) = (8)*(9)
1	3.0500	1.9700	6.0085	3.0300	1.9700	5.9691	3.0000	1.9500	5.8500
2	3.0300	1.9700	5.9691	2.9700	1.9300	5.7321	2.9500	1.9500	5.7525
3	2.7700	1.8500	5.1245	2.7500	1.9300	5.3075	2.7500	1.9000	5.2250
4	2.4300	1.6000	3.8880	2.4700	1.8300	4.5201	2.4500	1.6000	3.9200
5	2.1400	1.3500	2.8890	2.2100	1.5700	3.4697	2.1500	1.3500	2.9025
6	1.9000	1.1300	2.1470	1.9000	1.2700	2.4130	1.8500	1.2000	2.2200
7	1.6100	0.9900	1.5939	1.7500	0.9500	1.6625	1.6500	1.0500	1.7325
8	1.5600	0.9300	1.4508	1.6000	0.9300	1.4880	1.5500	0.9500	1.4725
9	1.5300	0.9500	1.4535	1.5500	0.8500	1.3175	1.3500	0.8500	1.1475
10	1.6100	1.0500	1.6905	1.6000	0.8700	1.3920	1.5000	0.9500	1.4250
11	1.7700	1.2000	2.1240	1.7300	0.9100	1.5743	1.6000	1.0500	1.6800
12	2.0300	1.3700	2.7811	1.9300	1.0700	2.0651	1.7500	1.1500	2.0125
13	2.3500	1.6500	3.8775	2.1700	1.3000	2.8210	1.9500	1.2500	2.4375
14	2.6700	1.8500	4.9395	2.5000	1.5500	3.8750	2.2500	1.6000	3.6000
15	2.9100	1.9700	5.7327	2.7500	1.8500	5.0875	2.5500	1.8000	4.5900
16	3.0700	1.9700	6.0479	2.9700	1.9700	5.8509	2.7500	1.9400	5.3350
17	3.1100	1.9700	6.1267	3.0300	1.9700	5.9691	2.8500	2.0000	5.7000

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 cm^2
- Sampel 2 patah diantara titik 9 dan titik 12 dengan luas penampang rata-rata (A_{rt}) = 1,5872 cm^2
- Sampel 3 patah diantara titik 6 dan titik 10 dengan luas penampang rata-rata (A_{rt}) = 1,5995 cm^2

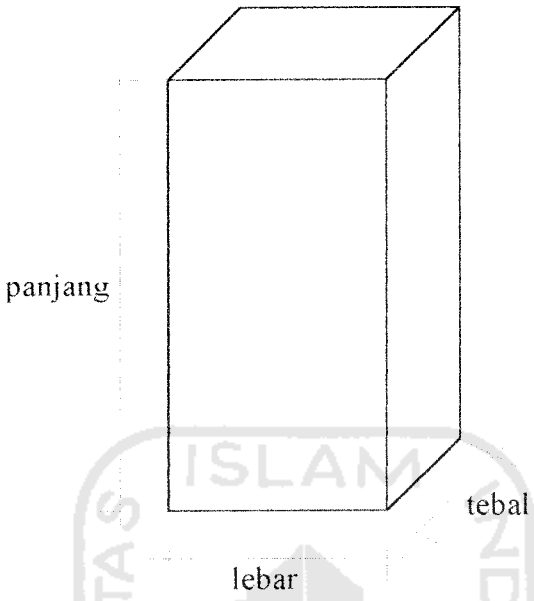
Setelah itu, kemudian dihitung tegangan tarik kayu untuk masing-masing sampel seperti ditunjukkan pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hasil uji tarik kayu // serat

Sampel (1)	Luas rata-rata (A) (cm^2) (2)	P_{tarik} (Kg) (3)	Teg.Tarik σ_{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



Gambar 5.3 Bentuk sampel uji desak kayu // serat

Tabel 5.4 Ukuran sampel uji desak kayu // serat

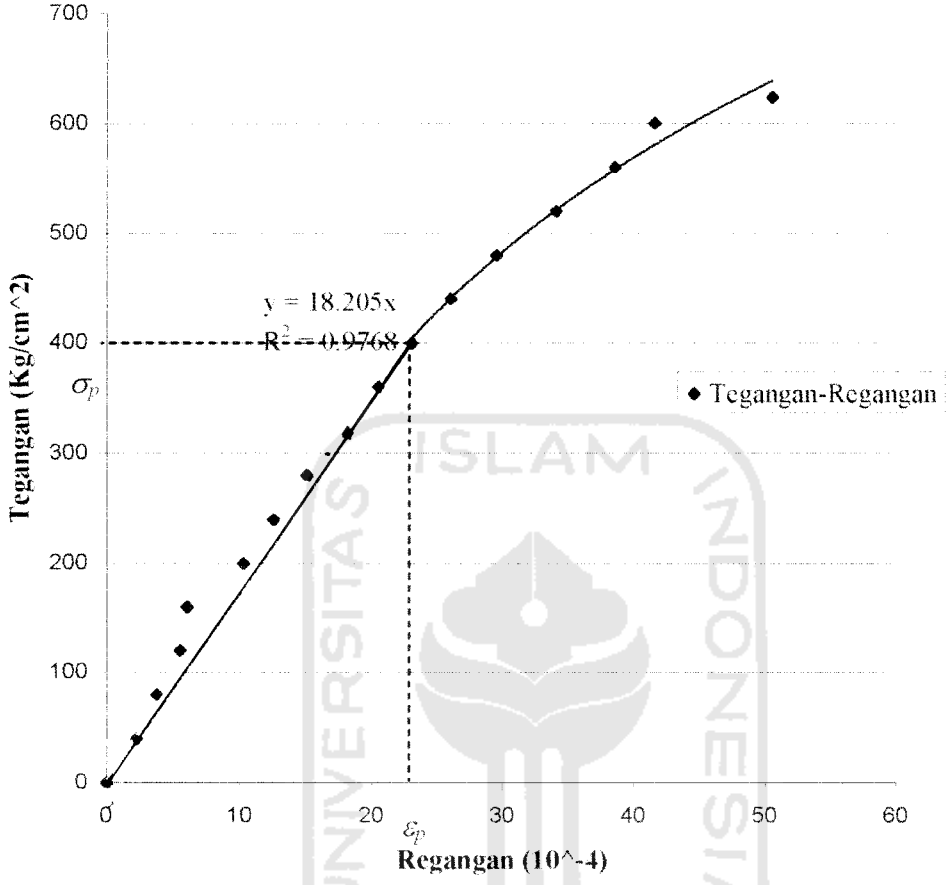
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Panjang = p (cm)	20,00	20,00	20,00
Lebar = b(cm)	6,10	6,10	6,10
Tebal = t (cm)	4,10	4,10	4,10
Luas = $A = b \times t$(cm^2)	25,01	25,01	25,01

Hasil pengujian kuat desak kayu // serat untuk masing-masing sampel ditunjukkan pada Tabel 5.5, Tabel 5.6 dan Tabel 5.7 serta grafik hasil pengujian seperti terlihat pada Gambar 5.4, Gambar 5.5 dan Gambar 5.6.

- Sampel 1 (A = 25,01 cm^2)

Tabel 5.5 Hasil uji desak kayu // serat sampel 1

No.	Beban P (Kg)	Panjang p (cm)	ΔL (10^{-2} cm)	Tegangan σ_{ds} = P/A (Kg/cm^2)	Regangan $\varepsilon = \Delta L/p$ (10^{-4})
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

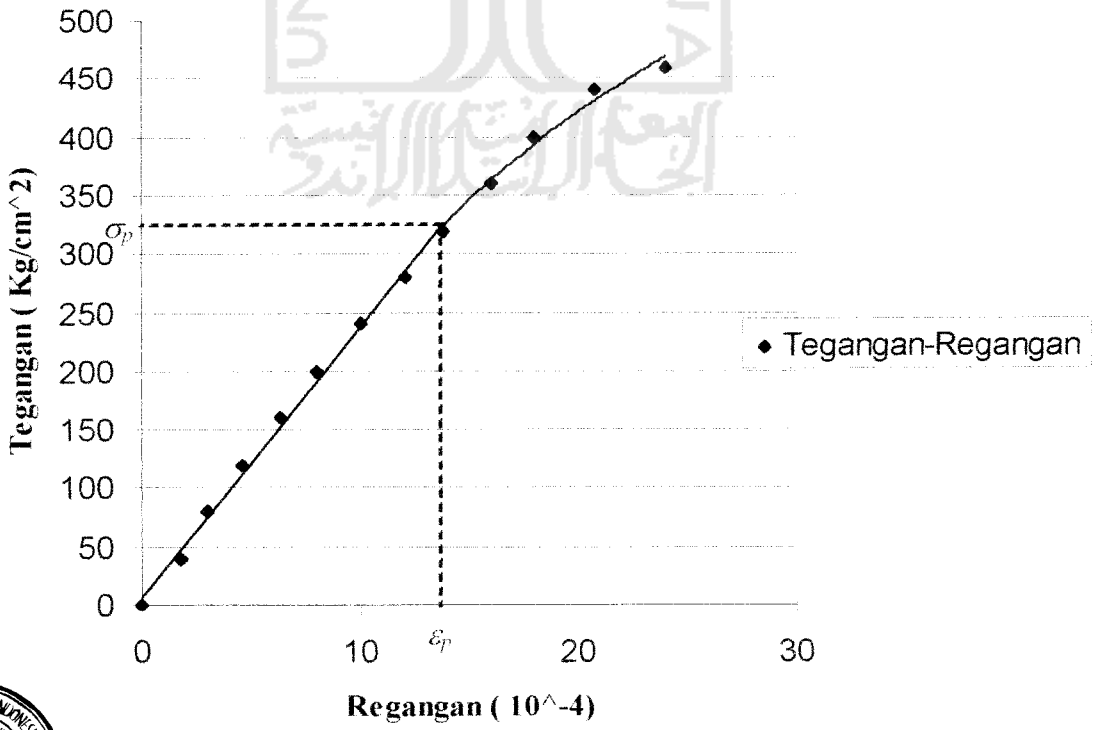


Gambar 5.4 Grafik Tegangan-Regangan sampel 1

- Sampel 2 (A = 25,01 cm^2)

Tabel 5.6 Hasil uji desak kayu // serat sampel 2

No.	Beban P (Kg)	Panjang Batang p (cm)	ΔL (10^{-2} cm)	Tegangan σ_{ds} = P/A (Kg/cm^2)	Regangan $\varepsilon = \Delta L/p$ (10^{-4})
1	0	20	0.0000	0.0000	0.0000
2	1000	20	0.3500	39.9840	1.7500
3	2000	20	0.6000	79.9680	3.0000
4	3000	20	0.9000	119.9520	4.5000
5	4000	20	1.2500	159.9360	6.2500
6	5000	20	1.6000	199.9200	8.0000
7	6000	20	2.0000	239.9040	10.0000
8	7000	20	2.4000	279.8880	12.0000
9	8000	20	2.7500	319.8721	13.7500
10	9000	20	3.2000	359.8561	16.0000
11	10000	20	3.6000	399.8401	18.0000
12	11000	20	4.1500	439.8241	20.7500
13	11500	20	4.8000	459.8161	24.0000



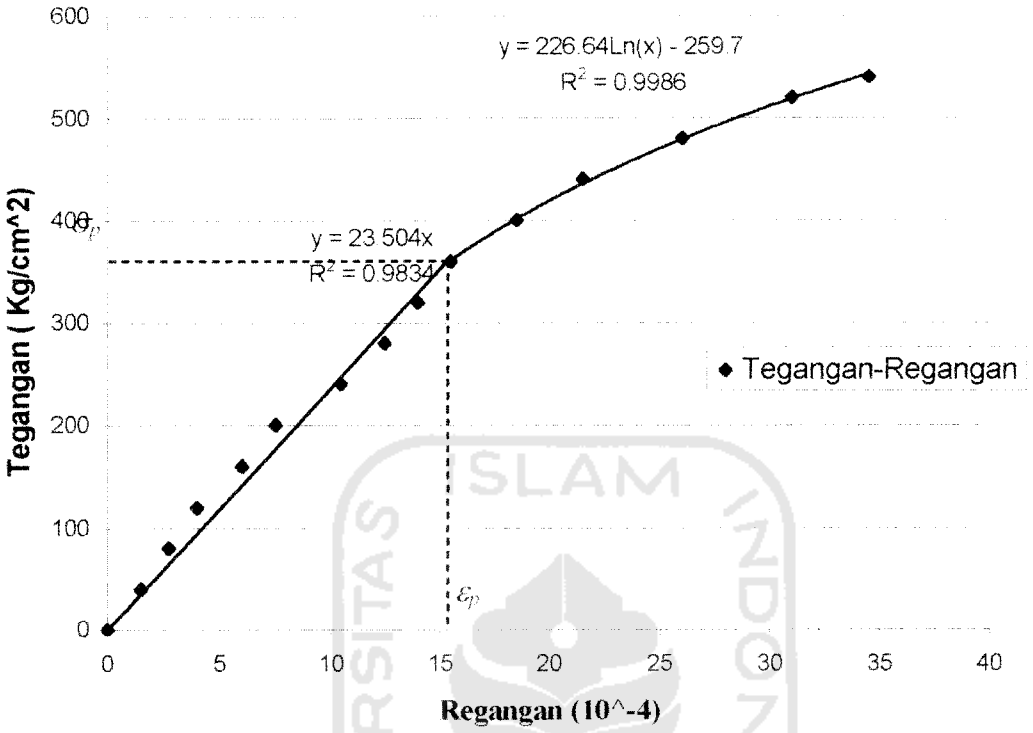
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
PERPUSTAKAAN
YOGYAKARTA

Gambar 5.5 Grafik Tegangan-Regangan Sampel 2

- Sampel 3 (A = 25,01 cm^2)

Tabel 5.7 Hasil uji desak kayu // serat sampel 3

No.	Beban P (Kg)	Panjang Batang p (cm)	ΔL (10^{-2} cm)	Tegangan σ_{ds} = P/A (Kg/cm^2)	Regangan $\varepsilon = \Delta L/p$ (10^{-4})
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



Gambar 5.6 Grafik Tegangan-Regangan Sampel 3

Dari hasil penelitian didapat beban desak maksimal (*P desak*), kemudian dihitungan tegangan desak kayu untuk masing-masing sampel seperti ditunjukkan pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Hasil analisis uji desak kayu // serat

Sampel	Luas A(cm^2)	P_{desak} (Kg)	*Teg. Desak* $\sigma_{ds} = P/A$ (Kg/cm^2)	σ_p (Kg/cm^2)	ε_p (10^{-4})	Modulus Elastisitas $E = \sigma_p/\varepsilon_p$ (Kg/cm^2)
1	25,01	15600	623,75	399,84	23,00	173843,52
2	25,01	11500	459,81	319,87	13,50	232634,26
3	25,01	13500	539,78	359,86	15,00	232165,23
	$\sigma_{rata-rata}$ (Kg/cm^2)		541,11	$E_{rata-rata}$ (Kg/cm^2)		212881,00

- Sampel 3 (A = 25,01 cm^2)

Tabel 5.7 Hasil uji desak kayu // serat sampel 3

No.	Beban P (Kg)	Panjang Batang p (cm)	ΔL (10^{-2} cm)	Tegangan σ_{ds} = P/A (Kg/cm^2)	Regangan $\varepsilon = \Delta L/p$ (10^{-4})
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

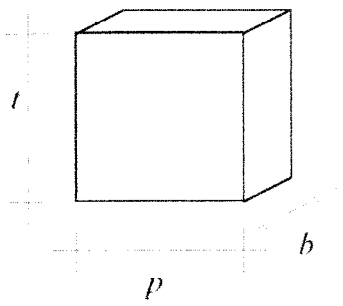
Uji geser paku dilakukan dengan menguji 3 batang paku untuk setiap diameter paku, yang hasil pengujian seperti ditunjukkan pada Tabel 5.9.

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} cm^2) $0.25\pi D^2$	Teg. Geser τ = 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

Tabel 5.10 Tabel ukuran benda uji berat jenis kayu

	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Tebal = t (cm)	5,00	5,00	5,00
Panjang = p (cm)	5,00	5,00	5,00
Lebar = b (cm)	4,70	4,70	4,70
Volume=V = $pxbxt$ (cm^3)	117,50	117,50	117,50

Setelah sampel dikeluarkan dari oven, kemudian ditimbang dan dihitung berat jenisnya, untuk masing-masing sampel seperti ditunjukkan pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11 Tabel hasil pengujian berat jenis kayu

Benda uji	Volume (cm^3)	Berat kering Kayu (gr)	Berat Jenis Kayu	Berat Jenis Kayu rata-rata
Sampel 1	117,50	94,00	0,80	0,80
Sampel 2	117,50	95,00	0,80	
Sampel 3	117,50	93,20	0,79	

5.1.6 Hasil Uji Kuat Geser Sambungan Paku

5.1.6.1 Hubungan Beban - Slip

1. Hubungan Beban – Slip Hasil Penelitian

Pengujian tekan sambungan papan dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Pada sampel sambungan papan kayu tersebut diberi beban pada satu titik secara bertahap. Dipasang *dial gauge* sebanyak dua buah yang diletakkan pada sisi kiri dan kanan sambungan untuk mengetahui slip yang terjadi pada papan kayu yang diberi tekanan. Slip yang terjadi dicatat, yang hasilnya

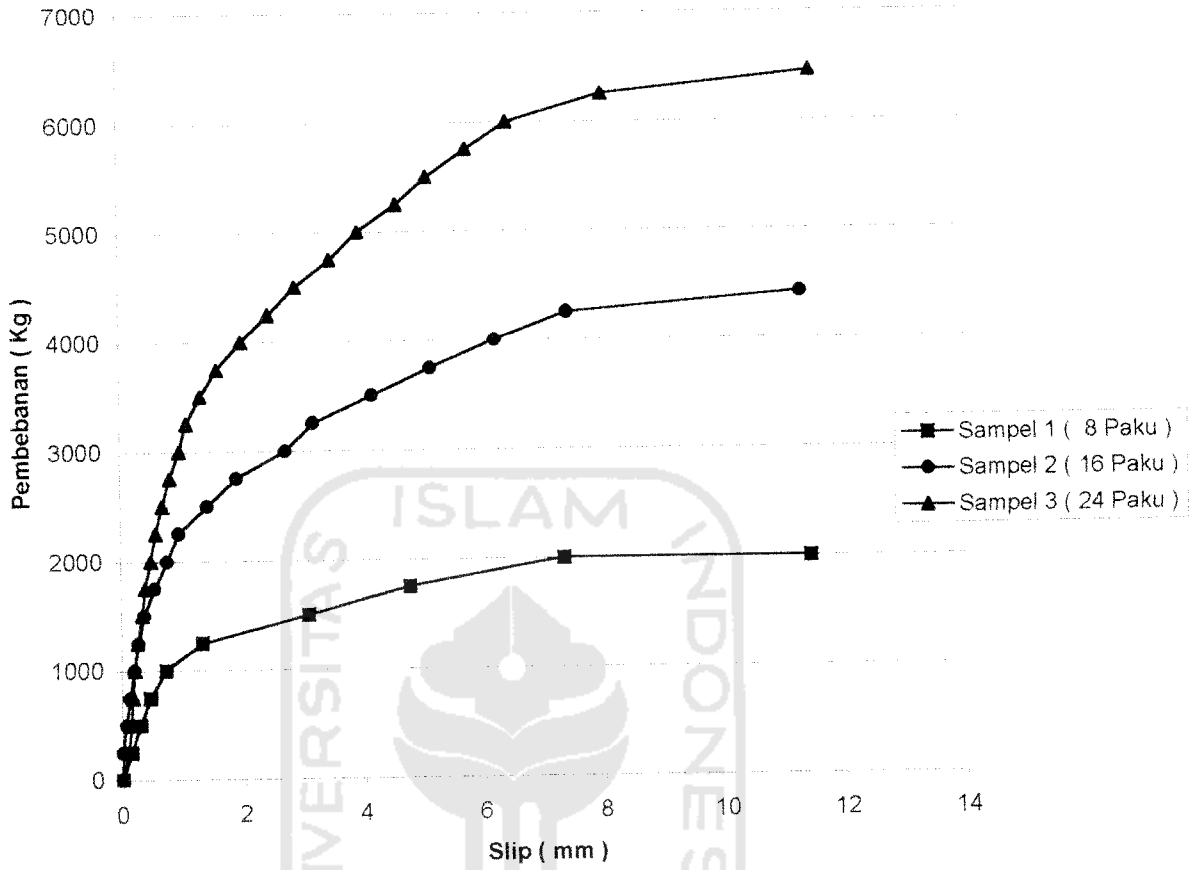
ditunjukkan pada Tabel 5.12, sedangkan untuk hasil selengkapnya disajikan dalam lampiran 3.

Tabel 5.12 Hasil uji geser sambungan paku 2.5", tebal kayu 25 mm

Sampel 1 (8 paku)				Sampel 2 (16 paku)				Sampel 3 (24 paku)			
P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)	P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)	P (Kg)	Dial 1 (mm)	Dial 2 (mm)	slip (mm)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
250	0.25	0.06	0.15	250	0.01	0.01	0.01	250	0.15	0.06	0.11
500	0.48	0.12	0.30	500	0.03	0.12	0.07	500	0.20	0.10	0.15
750	0.72	0.21	0.47	750	0.05	0.24	0.14	750	0.25	0.12	0.19
1000	1.01	0.43	0.72	1000	0.08	0.33	0.21	1000	0.30	0.15	0.22
1250	1.77	0.87	1.32	1250	0.13	0.44	0.29	1250	0.36	0.17	0.27
1500	3.56	2.60	3.08	1500	0.20	0.56	0.38	1500	0.49	0.21	0.35
1750	5.25	4.27	4.76	1750	0.39	0.73	0.56	1750	0.55	0.25	0.40
2000	7.91	6.76	7.34	2000	0.55	0.97	0.76	2000	0.69	0.31	0.50
2000	11.62	11.25	11.44	2250	0.69	1.22	0.95	2250	0.78	0.38	0.58
				2500	1.10	1.74	1.42	2500	0.92	0.45	0.69
				2750	1.60	2.21	1.91	2750	1.10	0.53	0.81
				3000	2.35	3.07	2.71	3000	1.30	0.65	0.97
				3250	2.77	3.59	3.18	3250	1.42	0.77	1.10
				3500	3.72	4.60	4.16	3500	1.68	0.96	1.32
				3750	4.68	5.57	5.13	3750	2.02	1.18	1.60
				4000	5.76	6.66	6.21	4000	2.47	1.52	2.00
				4250	6.94	7.87	7.41	4250	2.97	1.89	2.43
				4425	11.35	11.21	11.28	4500	3.48	2.29	2.89
								4750	4.15	2.77	3.46
								5000	4.65	3.24	3.94
								5250	5.37	3.78	4.58
								5500	5.88	4.28	5.08
								5750	6.58	4.90	5.74
								6000	7.35	5.50	6.43
								6250	8.45	7.57	8.01
								6450	11.46	11.46	11.46

2. Grafik Hubungan Beban – Slip

Dari hasil pengujian ke-39 sampel sambungan paku yang diuji, maka dapat dibuat grafik hubungan beban – Slip untuk tiap ketebalan kayu dan jenis paku yang digunakan. Grafik hubungan beban – slip dapat dilihat pada Gambar 5.8, sedangkan untuk grafik selengkapnya disajikan pada lampiran 3.



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 5.13 Analisa beban maksimum perpaku

Tebal kayu (mm) (1)	Jenis paku (2)	Pmax 8paku samp1 (kg) (3)	Pmax 16paku samp2 (kg) (4)	Pmax 24paku samp3 (kg) (5)	Pmax 1paku samp1 (kg) (6)=(3)/8	Pmax 1paku samp2 (kg) (7)=(4)/16	Pmax 1paku samp3 (kg) (8)=(5)/24	Pmax 1paku samp1 % (9)	Pmax 1paku samp2 % (10)	Pmax 1paku samp3 % (11)
20	2"	1520.00	2990.00	4725.00	190.00	186.88	196.88	100.00	98.35	103.60
	2.5"	2750.00	5800.00	6830.00	343.75	362.50	284.58	100.00	105.45	82.79
	3"	5250.00	8525.00	8900.00	656.25	532.56	370.83	100.00	81.15	56.50
25	2.5"	2000.00	4425.00	6450.00	250.00	276.56	269.75	100.00	110.62	100.79
	3"	3987.50	6925.00	9525.00	498.44	432.81	397.88	100.00	86.83	79.82
	3.5"	5362.50	8375.00	8750.00	670.31	523.44	364.58	100.00	78.09	54.39
30	3"	2962.50	5487.50	8350.00	370.31	342.97	347.96	100.00	92.62	93.96
	3.5"	4487.50	7862.50	10250.00	560.94	491.41	347.92	100.00	87.60	62.02
	4"	6100.00	8975.00	11150.00	762.50	560.94	464.58	100.00	73.56	60.93
35	3.5"	2900.00	6100.00	8150.00	362.50	381.25	381.25	100.00	105.52	105.17
	4"	5925.00	10762.00	15125.00	740.63	672.63	630.21	100.00	90.82	93.69
40	4"	3825.00	8800.00	11600.00	478.75	550.00	483.33	100.00	114.88	100.95
	5"	8150.00	15525.00	17900.00	1018.75	970.31	745.83	100.00	95.24	73.21
Rata-rata		4247.70	7734.80	9823.50	531.00	483.40	406.58	100.00	93.90	82.14

Tabel 5.14 Analisa kekakuan sambungan keadaan elastis

Tebal kayu (mm)	Jenis paku	Py8 (kg)	Py16 (kg)	Py24 (kg)	Δy8 (mm)	Δy16 (mm)	Δy24 (mm)	K8 (P/Δ) (kg/m) x10^{-3}	K16 (P/Δ) (kg/m) x10^{-3}	K24 (P/Δ) (kg/m) x10^{-3}	K1S1 (P/Δ) (kg/m) x10^{-3}	K1S2 (P/Δ) (kg/m) x10^{-3}	K1S3 (P/Δ) (kg/m) x10^{-3}	K1S1 %	K1S2 %	K1S2 %
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)=(3)/(6)	(10)=(4)/(7)	(11)=(5)/(8)	(12)=(9)/8	(13)=(10)/16	(14)=(11)/24	(15)	(16)	(17)
20	2"	600	1400	2500	0.76	0.56	1.19	794.70	1854.3	2092.05	99.34	115.89	87.17	100.00	116.67	87.75
	2.5"	1250	2250	2600	1.55	0.94	0.88	806.45	2393.62	2954.55	100.81	149.60	123.11	100.00	148.40	122.12
	3"	1250	2000	3250	0.61	0.65	0.89	2066.11	3076.92	3631.28	258.26	192.31	151.30	100.00	74.40	58.58
25	2.5"	1000	1750	2750	0.72	0.56	0.81	1388.89	3125.00	3384.61	173.61	195.31	141.03	100.00	112.46	81.23
	3"	1250	2500	3500	1.16	1.66	0.93	1077.58	1706.48	3763.44	134.70	106.65	156.81	100.00	79.18	116.42
	3.5"	2000	3000	5000	1.71	1.27	2.56	1169.59	2371.54	1953.12	146.20	148.22	81.38	100.00	101.38	55.66
30	3"	1250	2500	3000	1.52	1.47	0.71	822.37	1706.48	4210.53	102.80	106.65	175.44	100.00	103.75	170.67
	3.5"	1500	3250	3500	0.81	1.33	0.53	1863.35	2439.02	6572.77	232.92	152.44	273.86	100.00	65.45	117.58
	4"	1750	2750	3750	0.68	0.94	0.68	2583.03	2934.90	5555.55	322.88	183.43	231.43	100.00	56.81	71.69
35	3.5"	1250	2250	4000	1.13	0.54	0.65	1111.11	4205.61	6130.27	138.89	262.85	255.43	100.00	189.25	183.91
	4"	2000	4500	6250	0.93	1.29	2.65	1544.40	3571.43	2356.27	193.05	223.21	98.18	100.00	115.62	50.86
40	4"	1250	3000	3750	1.05	1.26	1.03	1190.47	2380.95	3640.78	148.81	148.81	162.87	100.00	100.00	101.94
	5"	2500	5000	6000	1.40	1.58	1.54	1788.91	3174.60	3908.79	223.61	223.61	162.87	100.00	87.73	72.83
						Rata-rata		1400.53	2687.56	3858.00	175.07	167.98	160.75	100.00	104.01	99.33

Keterangan : *Py*8 = Beban fase1 pada sambungan 8 paku, *Py*16 = Beban fase1 pada sambungan 16 paku, *Py*24 = Beban fase1 pada sambungan 24 paku, *Δy*8 = Slip fase1 pada sambungan 8 paku, *Δy*16 = Slip fase1 pada sambungan 16 paku, *Δy*24 = Slip fase1 pada sambungan 24 paku, *K*8 = Kekakuan sambungan 8 paku, *K*16 = Kekakuan sambungan 16 paku, *K*24 = Kekakuan sambungan 24 paku, *K1S*1 = Kekakuan 1 paku sampel 1, *K1S*2 = Kekakuan 1 paku sampel 2, *K1S*3 = Kekakuan 1 paku sampel 3.

4. Analisa Kerusakan pada Sampel Uji

Kerusakan yang terjadi pada ke-39 sampel yang diuji pada penelitian ini adalah pada sebagian sampel terjadi retak pada plat kayu dan sebagian sampel yang lain plat kayu tidak rusak. Kerusakan pada sampel ini terjadi karena sebagian sampel kayu lebih dulu retak dan pada sebagian sampel yang lain paku lebih dulu patah. Kerusakan yang terjadi pada benda uji dapat dilihat pada lampiran 8.

5.1.6.2 Perhitungan Kekuatan Paku

1. Kekuatan Paku Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian tekan terhadap sambungan papan dengan alat sambung paku yang dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, maka dapat dilakukan perhitungan untuk mencari kekuatan paku seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.15 dan Tabel 5.16.

Tabel 5.15 Kekuatan sambungan berdasarkan hasil pengujian dengan BJ = 0,8, nilai $\bar{P}=1/3P_{max}$

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)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6) = (3) / 8	(7) = (4)/16	(8) = (5)/24		(10) = (9)/2
20	2"	506.67	996.67	1575.00	63.33	62.29	65.63	63.75	31.87
	2.5"	917.67	1933.30	2276.67	114.58	120.83	94.86	110.09	55.05
	3"	1750.00	2841.67	2966.67	218.75	117.60	123.61	153.32	76.66
25	2.5"	666.67	1475.00	2150.00	83.33	92.187	89.58	88.37	44.18
	3"	1329.17	2308.30	3175.00	166.14	144.27	132.29	147.57	73.78
	3.5"	1787.50	2791.67	2916.67	223.44	174.48	121.53	173.15	86.57
30	3"	987.50	1829.17	2783.30	123.44	114.32	115.97	117.91	58.95
	3.5"	1495.83	2620.83	3416.67	186.98	163.80	142.36	164.38	82.20
	4"	2033.33	2991.67	3716.67	254.16	186.98	154.86	198.67	99.33
35	3.5"	966.67	2033.33	2716.67	120.83	127.08	113.19	120.37	60.18
	4"	1975.00	3587.33	5041.67	246.88	224.21	210.07	227.05	113.52
40	4"	1275.00	2933.33	3866.67	159.38	183.33	161.11	167.94	83.97
	5"	2716.67	5175.00	5966.67	339.58	323.44	248.61	303.88	151.94

Berdasarkan Tabel 5.15, 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 mm, 7.0,28 = 1,96 $\rightarrow$ $m \geq 7.d$

$$\bar{P} = 7.d^2.Tk$$
$$63.748 = 7.0{,}28^2.Tk$$
$$Tk = 116.16 \text{ Kg / cm}^2$$

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

$$\bar{P} = d.m.Tk$$
$$110.09 = 0{,}31.2.Tk$$
$$Tk = 177.56 \text{ Kg / cm}^2$$

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

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)	Kekuatan Rata-rata (1 paku. tampang 1)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6) = (3) / 8	(7) = (4)/16	(8) = (5)/24	(9)= ((6)+(7)+ (8))/3	(10) = (9)/2
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. $m = 20$ mm, $7.0{,}28 = 1{,}96 \rightarrow m \geq 7.d$

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

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

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

2. Beban Maksimum Hasil Perhitungan

Nilai kekuatan paku pada sambungan dapat dicari secara teoritis menggunakan nilai *Tk* hasil dari penelitian. Hasil perhitungan sambungan paku secara teoritis ditunjukkan pada Tabel 5.17 dan Tabel 5.18, dan untuk perhitungan selengkapnya disajikan pada lampiran 7.

Tabel 5.17 Kekuatan sambungan berdasarkan hasil pengujian dengan nilai $P=1/3P_{max}$

Tebal Kayu (mm)	Jenis paku	Kekuatan 1 paku tampang 1 (Kg) Tk = 160 kg/cm^2 Bj = 0,8
20	2" 2.5" 3"	44 50 54
25	2.5 3" 3.5"	54 65 76
30	3" 3.5" 4"	65 81 99
35	3.5" 4"	81 99
40	4" 4.5"	99 151

Tabel 5.18 Kekuatan sambungan berdasarkan hasil pengujian dengan nilai $\bar{P}=P_{1.5mm}$

Tebal Kayu (mm) (1)	Jenis paku (2)	Kekuatan 1 paku tampang 1 (Kg) Tk = 200 kg/cm^2 Bj = 0,8 (3)
20	2" 2.5" 3"	55 62 68
25	2.5 3" 3.5"	67 81 95

Lanjutan **Tabel 5.18**

(1)	(2)	(3)
30	3"	81
	3.5"	101
	4"	124
35	3.5"	101
	4"	124
40	4"	124
	4.5"	189

5.2 Pembahasan

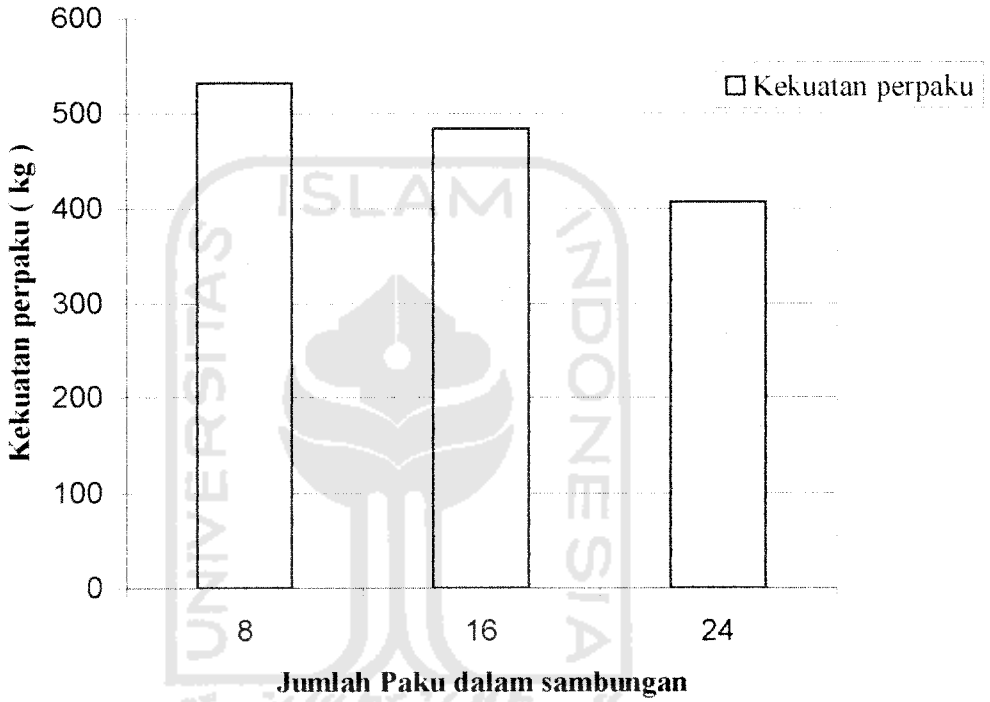
5.2.1 Hubungan Beban – Slip Hasil Penelitian

Dengan mengamati gambar-gambar Grafik hubungan beban-slip pada lampiran 3, dapat dilihat bahwa sambungan memiliki kecenderungan yang sama, yaitu grafik beban-slip berbentuk kurva melengkung

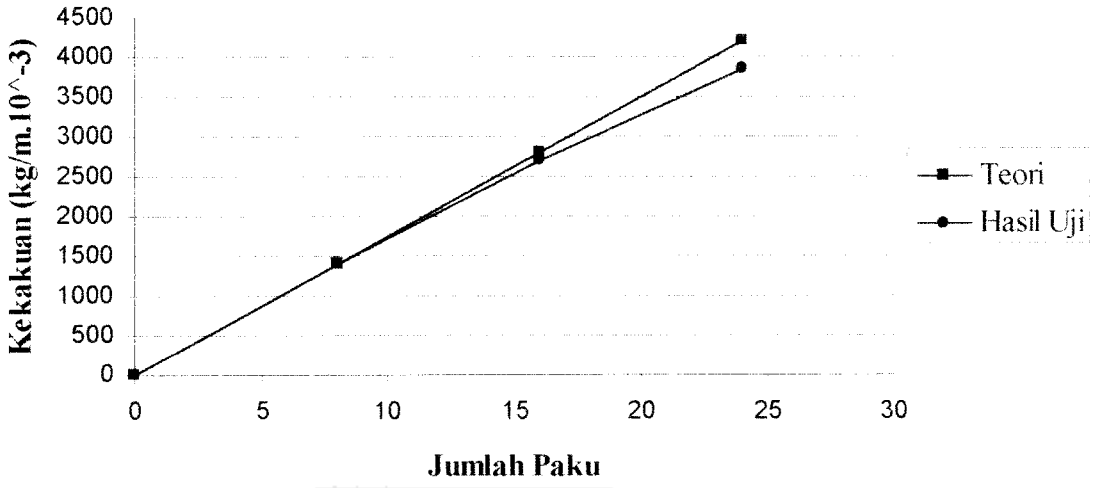
Dari hasil penelitian di dapat hubungan beban-slip (P-Δ), kemudian dapat dicari nilai kekuatan dan kekakuan dari sambungan. Nilai kekuatan sambungan dapat diketahui berdasarkan catatan nilai gaya yang ditanggung oleh sambungan, sedangkan nilai kekakuan dicari dengan menggunakan persamaan P/Δ. Dalam pengujian ini, nilai kekakuan dari sampel berbeda-beda. Hal ini dapat dilihat pada pola grafik beban-slip hasil pengujian pada lampiran 5.

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan (ditunjukkan pada Tabel 5.13 dan Tabel 5.14), maka telah diketahui bahwa untuk sambungan variasi 1 dengan jumlah paku 8 batang, beban maksimum rata-rata perpaku sebesar 531,01 kg dan rata-rata kekakuan pada keadaan elastis sebesar 1400,535. Untuk sambungan variasi 2 dengan jumlah paku 16 batang, beban maksimum yang dapat ditahan rata-rata perpaku sebesar 483,40 kg dan kekakuan dalam keadaan elastis

sebesar 2687,758, sedangkan untuk sambungan variasi 3 dengan jumlah paku 24 batang, beban maksimum rata-rata perpakunya mengalami slip sebesar 406,58 Kg dan kekakuan dalam keadaan elastisnya sebesar 3858.



Gambar 5.9 Grafik Hubungan Kekuatan perpaku sambungan kayu dengan berat jenis kayu 0.8 dengan Jumlah Paku



Gambar 5.10 Grafik Hubungan Kekakuan sambungan keadaan elastis dengan Jumlah paku dalam sambungan

Dari Gambar 5.9 dan Gambar 5.10 tampak bahwa telah terjadi penurunan nilai kekuatan dan kekakuan perpaku untuk setiap penambahan jumlah paku yang dipakai dalam sambungan, hal ini disebabkan karena semakin banyak paku yang dipakai dalam sambungan maka semakin besar pula perlemahan yang terjadi karena pola perletakan paku yang digunakan menyebabkan semakin kecilnya luas netto pada sambungan dengan jumlah paku yang lebih banyak..

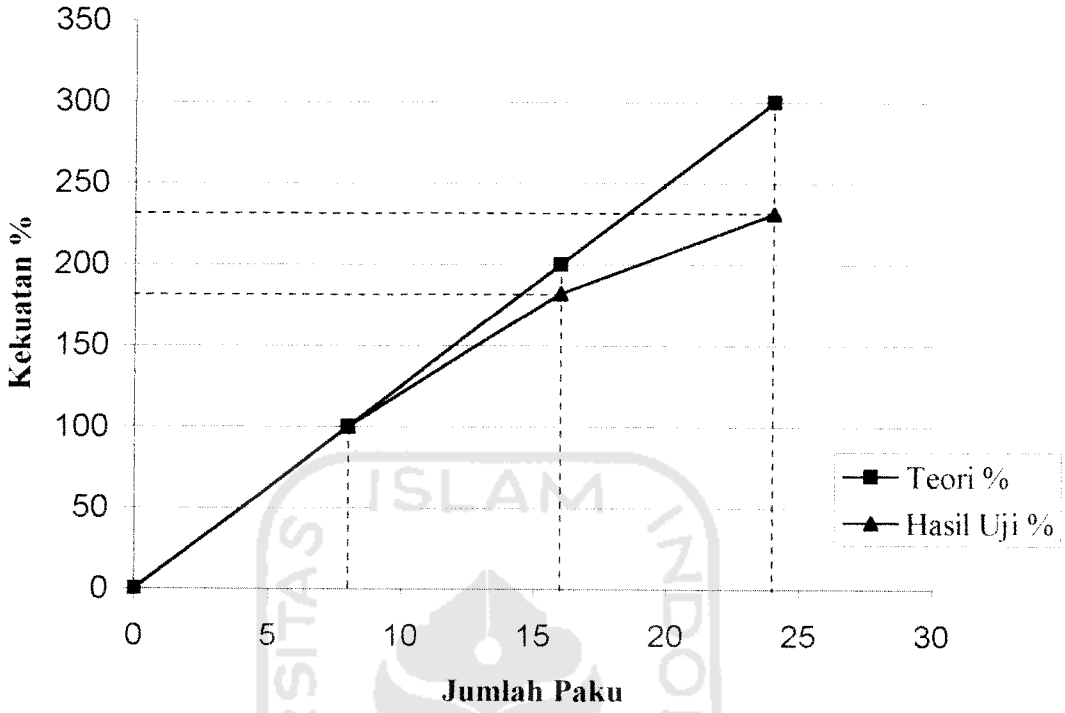
5.2.2 Hubungan Kekuatan sambungan – Jumlah paku

Apabila sambungan dengan 8 paku dijadikan sebagai pembandingnya, maka berdasarkan Tabel 5.13 dapat diketahui bahwa pada sambungan 16 paku mengalami peningkatan kekuatan pada sambungan sebesar 182,09 %, sedangkan sambungan 24 paku mengalami peningkatan kekuatan pada sambungan sebesar 231,27 %, peningkatan kekuatan yang terjadi pada sambungan tidak linier karena

terjadi penurunan nilai kekuatan perpaku, yaitu sebesar 6,10 % untuk sambungan 16 paku dan 17,86 % untuk sambungan 24 paku, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.11.

Penurunan nilai kekuatan perpaku yang terjadi antara lain disebabkan oleh beberapa hal berikut.

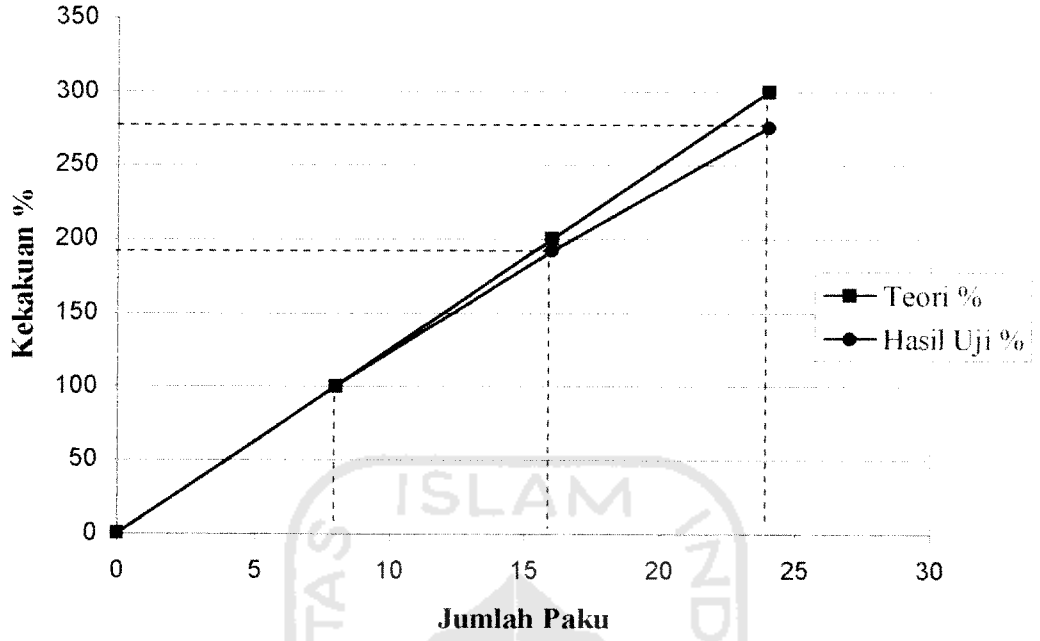
1. Paku yang digunakan adalah paku yang tersedia dipasaran, ternyata berdasarkan hasil penelitian di Laboratorium kekuatan perpaku untuk satu jenis paku yang sama, kekuatannya tidak sama besar. Akibat ketidakseragaman kekuatan paku ini dapat menyebabkan penyimpangan kekuatan pada sambungan, sehingga kekuatan sambungan hasil pengujian tidak sesuai dengan kekuatan sambungan yang diharapkan berdasarkan teori.
2. Pada beberapa sampel dengan jumlah paku 24 buah dengan diameter paku yang besar, pola kerusakan yang terjadi adalah sesar pada kayu. Hal ini menunjukkan kekuatan paku pada sambungan dengan jumlah paku 24 buah belum mencapai nilai maksimal namun kayu sudah mengalami rusak.
3. Beberapa sampel tidak memenuhi syarat panjang paku minimal untuk sambungan tampang dua.
4. Model/pola perletakan paku.



Gambar 5.11 Grafik Hubungan Kekuatan Sambungan - Jumlah Paku

5.2.3 Hubungan Kekakuan Sambungan – Jumlah paku

Apabila sambungan dengan 8 paku dijadikan sebagai pembandingnya, maka berdasarkan Tabel 5.14 dapat diketahui bahwa pada sambungan 16 paku mengalami peningkatan nilai kekakuan pada sambungan sebesar 191,91 %, sedangkan sambungan 24 paku mengalami peningkatan nilai kekakuan pada sambungan sebesar 275,47 %, peningkatan kekuatan yang terjadi pada sambungan tidak linier karena terjadi slip pada sambungan, selisih nilai kekakuan perpaku relatif kecil yaitu kurang dari 5 %, seperti terlihat pada Gambar 5.12.



Gambar 5.12 Grafik Hubungan Kekakuan Sambungan keadaan elastis - Jumlah Paku

Semakin banyak jumlah paku yang digunakan dalam sambungan akan mengakibatkan peningkatan nilai kekakuan, namun peningkatan tersebut tidak linier. Hal ini disebabkan karena pada saat pelaksanaan beberapa paku tidak masuk dengan lurus, sehingga mengurangi jarak antar paku yang telah direncanakan, terutama sambungan dengan jumlah paku 24 batang yang jarak antar pakunya cukup rapat.

5.2.4 Kekuatan Sambungan Paku Hasil Penelitian - PKKI

Berdasarkan hasil penelitian maka data beban yang dapat ditahan oleh sambungan paku dapat diketahui, kekuatan paku tampang satu pada Tabel PKKI yang telah dilengkapi dengan kekuatan paku berdasarkan hasil penelitian, seperti ditunjukkan pada Tabel 5.19 dan Tabel 5.20.

Berdasarkan kekuatan paku hasil penelitian, maka nilai *Tk* dapat dicari dengan menggunakan rumus 3 dan 4, sehingga dengan nilai *Tk* yang baru tersebut besar kekuatan sambungan paku dapat dihitung secara teoritis.

Tabel 5.19 Tabel PKKI yang telah dilengkapi hasil penelitian dengan nilai $P=1/3P_{max}$

No	Tebal kayu b (mm)	Diameter paku d =(1/10 mm) Panjang paku l (mm)	Kelang singan $\lambda = h/d$	L/b	Kekuatan 1 paku tampang 1 (kg)				
					BJ Kayu =0,3 g/cm^2 Tk = 75 kg/cm^2	BJ Kayu = 0,4 g/cm^2 Tk=100 kg/cm^2	BJ Kayu = 0,5 g/cm^2 Tk=125 kg/cm^2	BJ Kayu = 0,6 g/cm^2 Tk=150 kg/cm^2	BJ Kayu = 0,8 g/cm^2 Tk=160 kg/cm^2
1	20	28/51 (2"BWG 12)	7.2	2.5	20	27	34	41	32
		31/63(2½" BWG 11)	6.5	3.2	23	31	38	46	55
		34/76(3"BWG 10)	5.9	3.8	25	34	42	51	77
2	25	31/63 (2½"BWG11)	8.1	2.5	24	33	42	50	44
		34/76 (3" BWG 10)	7.4	3.0	32	40	50	60	74
		38/89 (3½"BWG 9)	6.6	3.6	35	47	59	70	87
3	30	34/76 (3"BWG 10)	8.8	2.5	30	40	50	60	59
		38/89 (3½" BWG 9)	7.9	3.0	38	50	63	75	82
		42/102 (4" BWG 8)	6.5	3.4	47	63	78	94	99
4	35	38/89 (3½" BWG 9)	9.2	2.5	38	50	63	75	60
		42/102 (4" BWG 8)	8.3	2.9	46	61	77	92	114
5	40	42/102 (4" BWG 8)	9.5	2.5	46	61	77	92	84
		52/114 (4½" BWG 6)	7.6	2.9	70	94	118	142	152

Tabel 5.20 Tabel PKKI yang telah dilengkapi hasil penelitian dengan nilai $\bar{P}=P_{1.5mm}$

No	Tebal kayu b (mm)	Diameter paku d =(1/10 mm) Panjang paku l (mm)	Kelang singan $\lambda = h/d$	L/b	Kekuatan 1 paku tampang 1 (kg)				
					BJ Kayu =0,3 g/cm^2 Tk = 75 kg/cm^2	BJ Kayu = 0,4 g/cm^2 Tk=100 kg/cm^2	BJ Kayu = 0,5 g/cm^2 Tk=125 kg/cm^2	BJ Kayu = 0,6 g/cm^2 Tk=150 kg/cm^2	BJ Kayu = 0,8 g/cm^2 Tk=200 kg/cm^2
1	20	28/51 (2"BWG 12)	7.2	2.5	20	27	34	41	57
		31/63(2½" BWG 11)	6.5	3.2	23	31	38	46	76
		34/76(3"BWG 10)	5.9	3.8	25	34	42	51	95
2	25	31/63 (2½"BWG11)	8.1	2.5	24	33	42	50	78
		34/76 (3" BWG 10)	7.4	3.0	32	40	50	60	84
		38/89 (3½"BWG 9)	6.6	3.6	35	47	59	70	93
3	30	34/76 (3"BWG 10)	8.8	2.5	30	40	50	60	81
		38/89 (3½" BWG 9)	7.9	3.0	38	50	63	75	109
		42/102 (4" BWG 8)	6.5	3.4	47	63	78	94	119
4	35	38/89 (3½" BWG 9)	9.2	2.5	38	50	63	75	100
		42/102 (4" BWG 8)	8.3	2.9	46	61	77	92	124
5	40	42/102 (4" BWG 8)	9.5	2.5	46	61	77	92	96
		52/114 (4½" BWG 6)	7.6	2.9	70	94	118	142	153

Kekuatan sambungan paku dengan menggunakan nilai $\bar{P} = 1/3\ P_{max}$ ternyata kurang sesuai dengan nilai kekuatan sambungan paku pada tabel PKKI, hal ini disebabkan karena pada beberapa sampel uji paku belum mencapai kekuatan maksimum, sudah terjadi rusak geser sejajar arah serat, selain itu ada bebarapa sampel uji paku tidak memenuhi syarat panjang minimum untuk sambungan tampang dua, sehingga nilai kekuatan ijin yang diambil terlalu kecil dari yang seharusnya.

Karena beberapa sampel belum mencapai nilai maksimum, maka sebaiknya nilai kekuatan yang diusulkan untuk melengkapi tabel PKKI adalah kekuatan sambungan pada saat sesaran mencapai 1,5 mm, yaitu kekuatan sambungan paku yang ditunjukkan pada Tabel 5.20.