

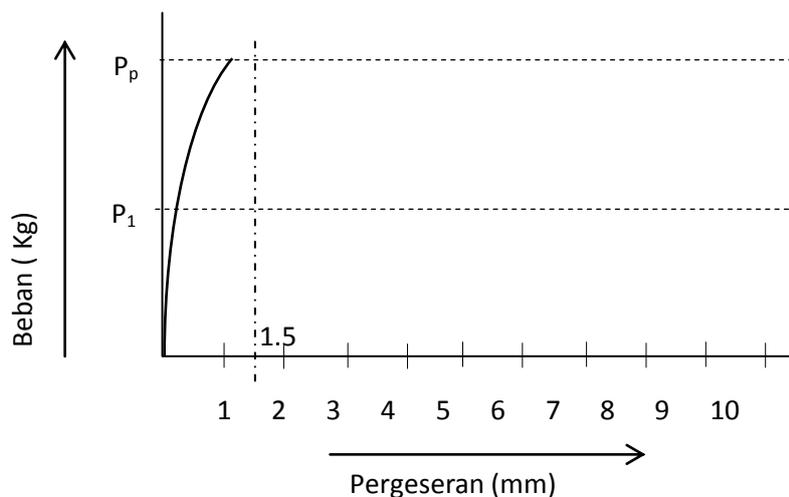
## SAMBUNGAN DENGAN ALAT PENYAMBUNG

Sambungan dengan alat penyambung adalah sambungan-sambungan yang terdiri dari, antara lain :

- 1) Sambungan dengan Bout
- 2) Sambungan dengan Paku
- 3) Sambungan dengan Pasak
- 4) Sambungan dengan Perekat
- 5) Sambungan tegak (butt joint) dengan plat penyambung.

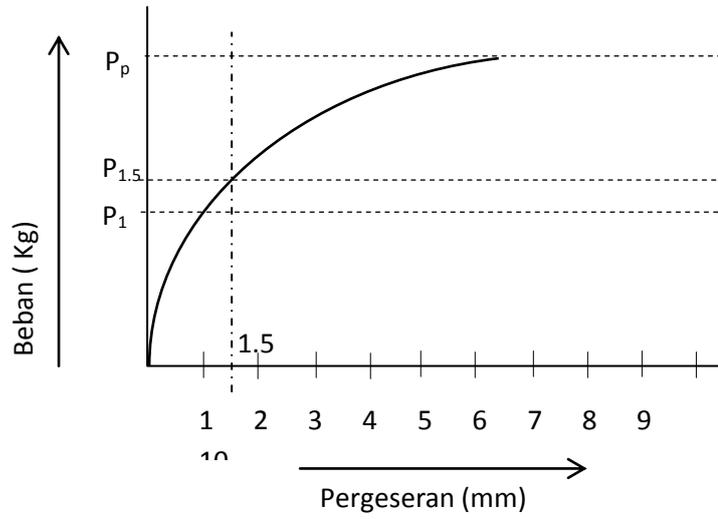
Sambungan pada konstruksi kayu dikenal adanya deformasi-deformasi atau pergeseran-pergeseran, tidak seperti pada sambungan konstruksi baja yang dianggap kaku. Tiap-tiap sambungan seperti diatas mempunyai kekakuan yang berlainan. Kekakuan pada sambungan konstruksi kayu ialah perbandingan antara besarnya pergeseran terhadap penambahan beban. Untuk mengetahui nilai kekakuan suatu alat penyambung dibuat suatu diagram yang disebut diagram pergeseran-beban (dalam diagram berikut,  $P_i = P_p / 2,75$ ) Pergeseran dibatasi hingga max 1.5 mm dan koefisien keamanan  $n = 2 \sim 3$

Ket :  $P_p = P(\text{patah})$ ,  $P_i = P_{ijin} = \frac{P_p}{2,75}$



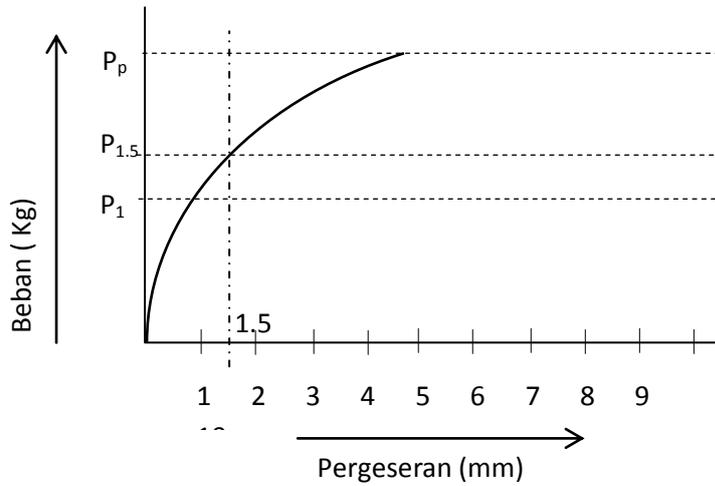
**Gb. 3.10**

**Diagram Pergeseran - Beban (Perekat)**



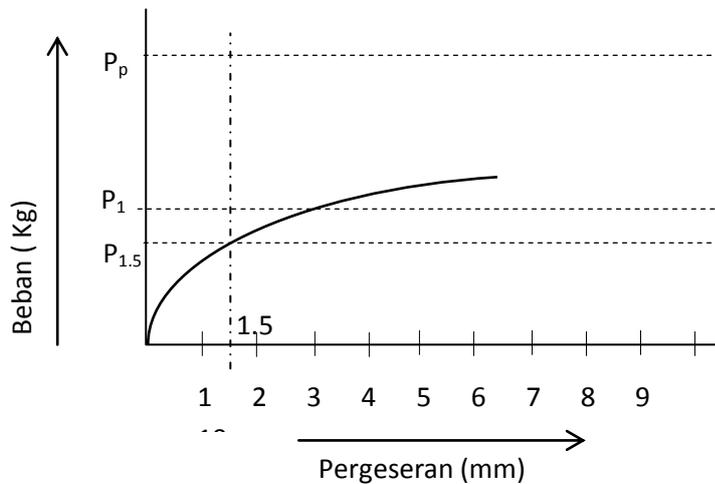
**Gb. 3.11**

**Diagram Pergeseran - Beban (Pasak)**



**Gb. 3.12**

**Diagram Pergeseran - Beban (Paku)**



**Gb. 3.13**

**Diagram Pergeseran - Beban (Bout)**

Untuk menentukan gaya yang diijinkan atau  $P_{ijin}$  diambil dari harga-harga sebagai berikut :

a.  $P_{1,5}$  = besarnya beban pada pergeseran 1,5 mm

b. 
$$P_i = \frac{P_p}{n}$$

$P_{ijin}$  adalah harga terkecil dari a & b atau,  $P_{ijin} = P_{1,5}$  jika  $P_{1,5} < P_i$   
 $= P_i$  jika  $P_i < P_{1,5}$

Dengan menganggap bahwa efisiensi suatu konstruksi kayu tanpa sambungan adalah 100%, maka tingkat kekakuan alat penyambung adalah sbb:

- 1) Dengan sambungan Bout 30 %
- 2) Dengan sambungan Paku 50 %
- 3) Dengan sambungan Pasak 60 %
- 4) Dengan sambungan Perekat 100 %

Untuk memungkinkan kerjasama yang baik antara dua macam alat penyambung pada suatu konstruksi sambungan, perlu dipilih alat-alat penyambung yang mempunyai kekakuan sama atau hampir bersamaan.

Misalnya :

Kerjasama antara sambungan perekat dengan Bout.

Kerjasama tersebut tidak mungkin terjadi dengan baik karena tingkat kekakuan yang berbeda.

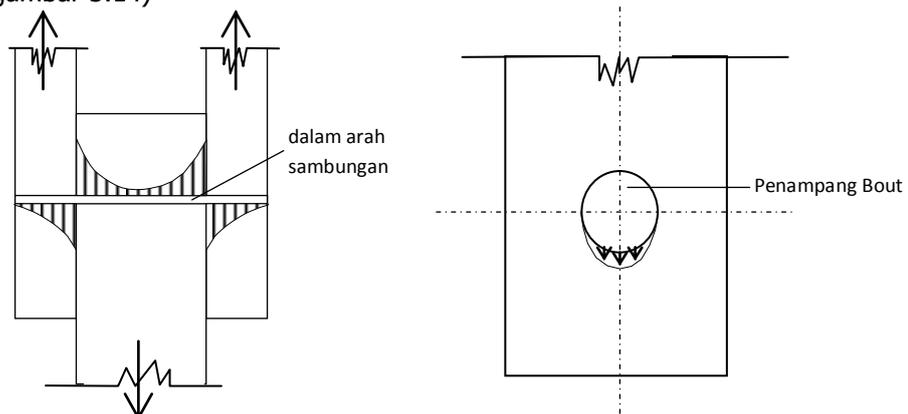
Perekat akan putus lebih dahulu sebelum bout bekerja secara efektif.

Berikut akan dijelaskan alat penyambung tersebut diatas, satu persatu.

## 1. SAMBUNGAN DENGAN BOUT

Ketentuan-ketentuan dalam perhitungan sambungan dengan bout-bout :

1. Bout dibuat dari baja mutu baja St.37
2. Selisih antara cabang bout dianeter bout  $\leq 1,5$  mm
3. Diameter bout min 10 mm ( $\frac{3}{8}$  inch) Untuk kayu dengan tebal  $\geq 8$  cm dipakai  $\varnothing$  bout min = 12,7 mm ( $\frac{1}{2}$  inch).
4. Bout harus disertai dengan plat ikutan (washer) , dimana tebal plat min = 0,3 D dan max 5 mm.  $[0,3 D \leq t \leq 5\text{mm}]$
5. Jika berbentuk bulat, garis tengah nya = 3 D  
Jika bentuk bujur sangkar, diambil  $3D \times 3D \rightarrow D = \text{diameter bout mm}$
6. Jika dipasang bout pelengkap, tebalnya pelat ikutan diambil min 0,2 D dan max = 4 mm
7. Tegangan-tegangan dalam arah sambungan ataupun pada penampang bout dianggap rata (gambar 3.14)



**Gb. 3.14**

### **Pembagian Tegangan**

Sambungan dengan bout dibagi menjadi 3 (tiga ) golongan sesuai dengan kekuatan kayu, yakni golongan I,II dan golongan III.

Kekuatan sambungan bout tiap golongan adalah sbb :

#### GOLONGON I

Tampang satu ( $\lambda b = 4,8$ )

$$\bar{S} = 50 db_1 (1 - 0,6 \sin \alpha)$$

$$\bar{S} = 240 d^2 (1 - 0,35 \sin \alpha)$$

Tampang dua ( $\lambda b = 3,8$ )

$$\bar{S} = 125 db_3 (1 - 0,6 \sin \alpha)$$

$$\bar{S} = 250 db_1 (1 - 0,6 \sin \alpha)$$

$$\bar{S} = 480 d^2 (1 - 0,35 \sin \alpha)$$

### Golongan II

Tampang satu ( $\lambda b = 5,4$ )

$$\bar{S} = 40 db_1 (1 - 0,6 \sin \alpha)$$

$$\bar{S} = 215 d^2 (1 - 0,35 \sin \alpha)$$

Tampang dua ( $\lambda b = 4,3$ )

$$\bar{S} = 100 db_3 (1 - 0,6 \sin \alpha)$$

$$\bar{S} = 200 db_1 (1 - 0,6 \sin \alpha)$$

$$\bar{S} = 430 d^2 (1 - 0,35 \sin \alpha)$$

### Golongan III

Tampang Satu ( $\lambda b = 6,8$ )

$$\bar{S} = 25 db_1 (1 - 0,6 \sin \alpha)$$

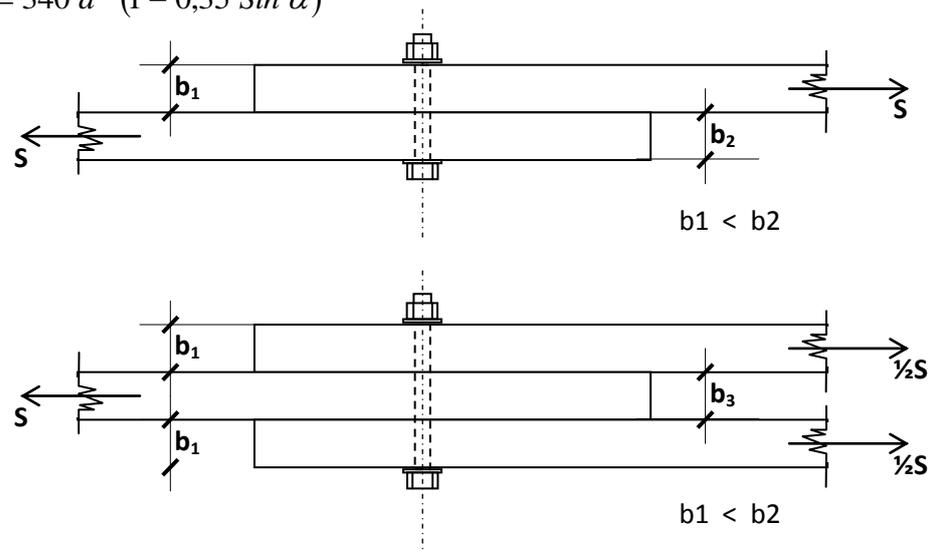
$$\bar{S} = 170 d^2 (1 - 0,35 \sin \alpha)$$

Tampang dua ( $\lambda b = 5,7$ )

$$\bar{S} = 60 db_3 (1 - 0,6 \sin \alpha)$$

$$\bar{S} = 120 db_1 (1 - 0,6 \sin \alpha)$$

$$\bar{S} = 340 d^2 (1 - 0,35 \sin \alpha)$$



**Gb. 3.15**

**Batang Tarik**

$$\text{Ket : } \lambda b = \frac{b}{d}$$

$\bar{S}$  = Kekuatan sambungan (kg)

$\alpha$  = Sudut antara gaya dan arah serat kayu

$b_1$  = Tebal kayu tepi (cm)

$b_3$  = Tebal kayu tengah (cm)

$d$  = Garis tengah bout (cm)

gol I = Semua kelas satu + rasamala

gol II = Semua kayu kelas dua

gol III = Semua kayu kelas kuat tiga

Koefisien Keamanan : { faktor dibawah dikalikan dengan kekuatan sambungan yang diperoleh }

Faktor : 125 % :

- Sambungan tampang satu, jika salah satu batangnya dari besi (baja).
- Sambungan tampang dua, jika plat-plat penyambungannya dari besi (baja)
- Konstruksi yang tegangannya diakibatkan oleh muatan tetap dan muatan angin
- Konstruksi yang tegangannya diakibatkan oleh muatan tetap dan muatan tidak tetap (kekuatan dinaikan 25%)

Faktor 2/3

- Konstruksi yang selalu terendam air
- Konstruksi yang tidak terlindungi dan kemungkinan besar kadar lengas kayu akan selalu tinggi

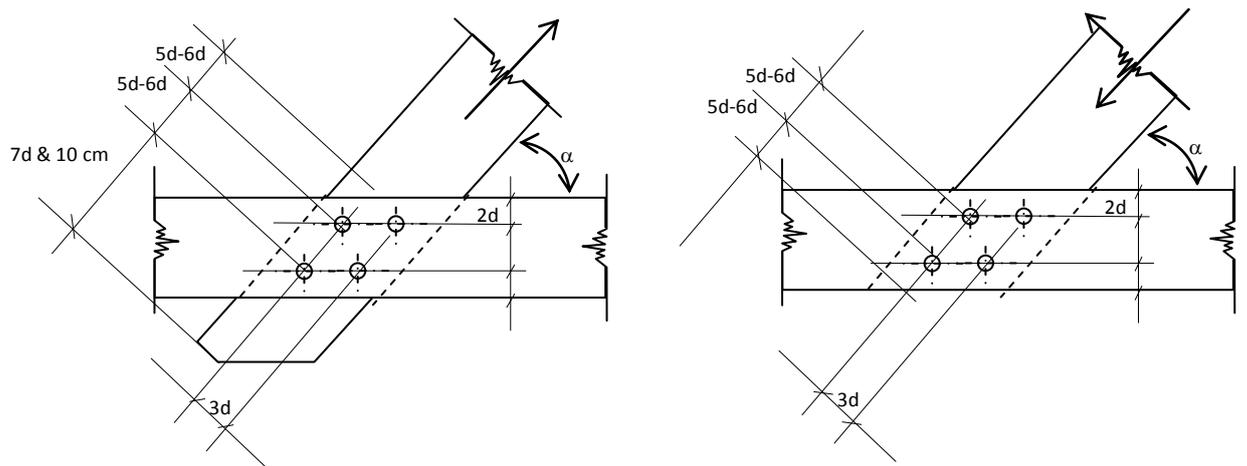
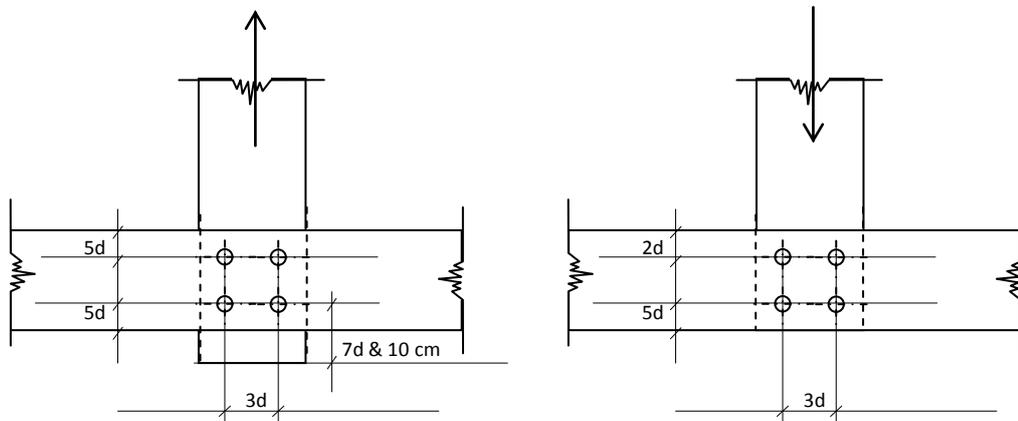
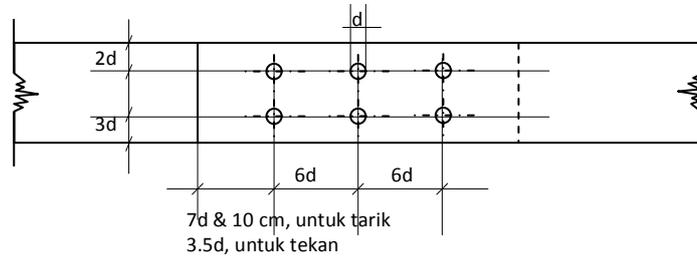
Faktor 5/6 :

- Konstruksi Tidak terlindungi tetapi kayu itu dapat mengering dengan cepat.

Penempatan Bout :

Penempatan bout disesuaikan dengan arah gaya, diantaranya :

- gaya // serat kayu
- gaya  $\perp$  serat kayu
- gaya dengan sudut  $\alpha$  terhadap serat kayu



**Gb. 3.16**  
**Penempatan Bout**

## 2. SAMBUNGAN DENGAN PAKU

1. Apabila dibandingkan dengan sambungan *bout*, maka sambungan dengan *paku* mempunyai karakteristik sebagai berikut :
  - a. Lebih kaku
  - b. Beban pada penampang lebih merata
  - c. Kekuatan tidak tergantung pada arah serat
  - d. Perlemahan yang terjadi lebih kecil :  $\pm 10 \%$
  - e. Efisiensi lebih besar
  - f. Pengerjaannya lebih mudah
2. Kekuatan tiap paku tergantung kepada :
  - a. Tebal kayu
  - b. Kelas kuat kayu
  - c. Diameter dan panjang paku
  - d. Mutu paku

Besarnya kekuatan tiap-tiap paku dapat dilihat dalam tabel Va. PKKI

3. Sambungan paku dapat ditentukan antara lain :

### 3.a Sambungan menurut PKKI

Sambungan yang menyimpang dari tabel Va (PKKI), dapat diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut :

- a. Sambungan tampang satu

$$\bar{S} = \frac{1}{2} b.d.\bar{\sigma}_{kd} \rightarrow b \leq 7d$$

$$\bar{S} = 3,5 d^2.\bar{\sigma}_{kd} \rightarrow b > 7d$$

- b. Sambungan tampang dua

$$\bar{S} = b.d.\bar{\sigma}_{kd} \rightarrow b \leq 7d$$

$$\bar{S} = 7 d^2.\bar{\sigma}_{kd} \rightarrow b > 7d$$

Keterangan :

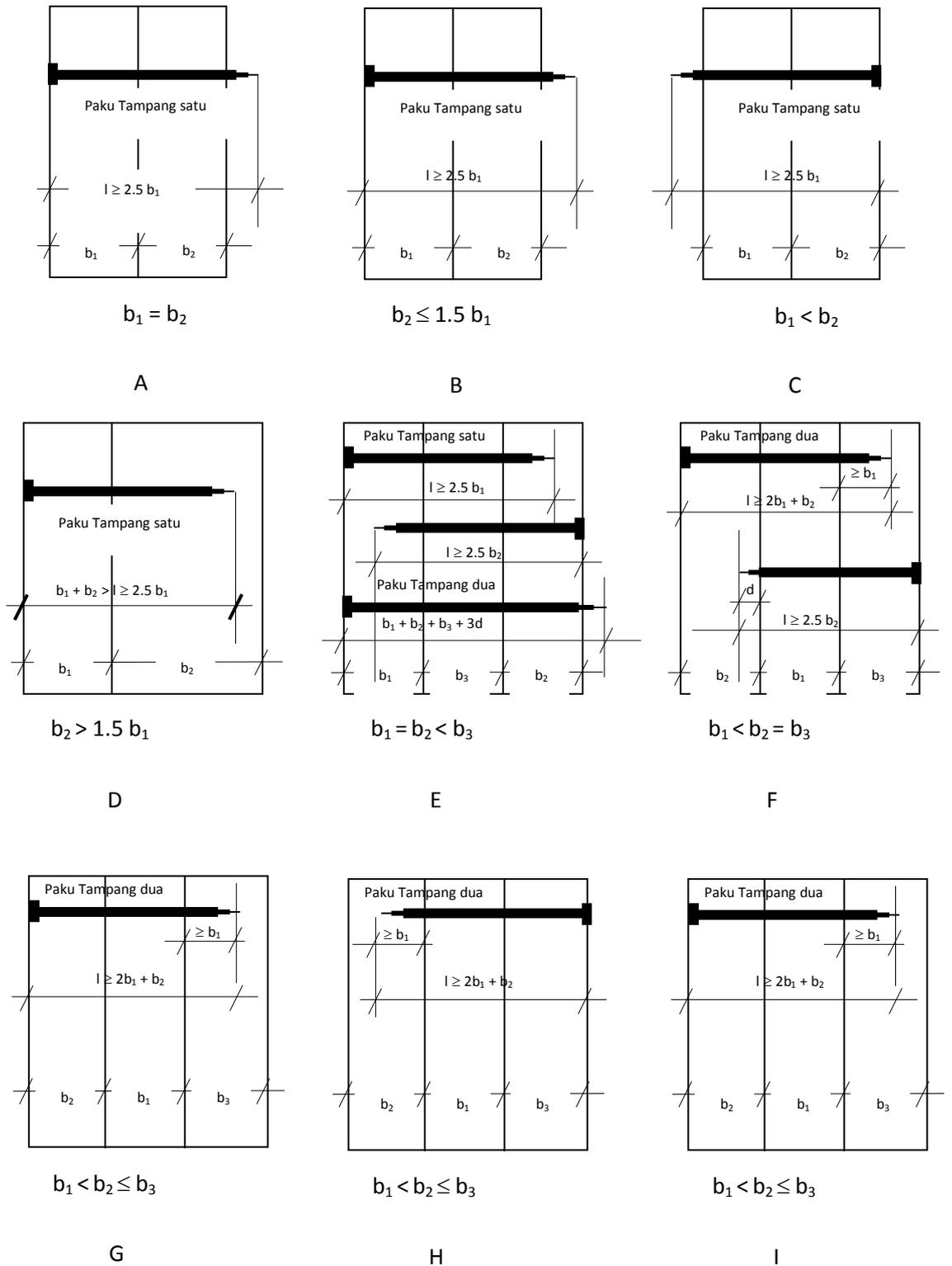
$\bar{S}$  = Gaya tiap paku yang diijinkan

b = tebal paku

d = diameter paku

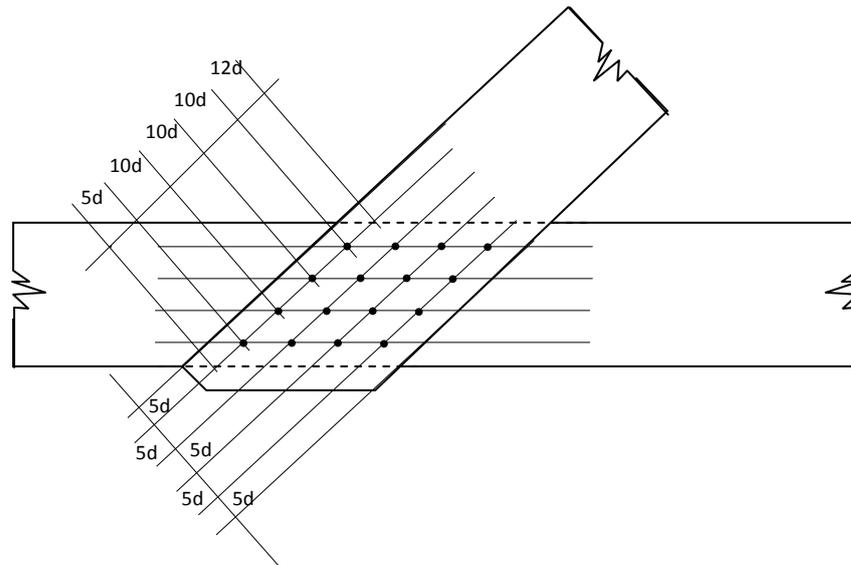
$\bar{\sigma}_{kd}$  = Tegangan desak kayu

### 3.b Panjang paku minimum menurut DIN 1052



**Gb. 3.17**  
**Panjang Paku Minimum**

4. Ujung paku yang keluar dari sambungan harus dibengkokkan tegak lurus arah serat kayu, asalkan pembengkokan tersebut tidak merusak kayu.
5. Jika didalam satu baris paku terdapat lebih dari 10 batang paku, maka kekuatan paku harus dikurangi 10 %, dan jika lebih dari 20 buah batang kayu harus dikurangi 20 %.
6. Pada sambungan dengan paku, digunakan minimal 4 batang paku.  
Jarak minimum paku adalah sebagai berikut :



12d untuk tepi kayu yang dibebani

**Gb. 3.18**  
**Jarak Paku Minimal**

7. Koefisien keamanan yang digunakan adalah sebagai berikut :
  - 2/3 :
    - Jika paku digunakan pada konstruksi yang selalu terendam air
    - Pada konstruksi yang terlindungi dan kemungkinan besar kadar lengas kayu selalu tinggi
  - 5/6 :
    - Jika paku digunakan pada konstruksi yang tidak terlindungi tetapi kayu tersebut dapat mengering dengan cepat
  - 5/4 :
    - Jika muatan terdiri atas muatan tetap dan tidak tetap
    - Jika muatan terdiri atas muatan tetap dan angin
8. Jika konstruksi dengan paku berbentuk lengkung maka :  
 $R \geq 400 b$

Dimana :

R = Jari-jari lengkungan

b = Tebal papan kayu

### 3. SAMBUNGAN DENGAN PASAK

Pada prinsipnya *Pasak* adalah suatu benda yang dimasukan sebagian, pada bidang sambungan, dalam tiap-tiap bagian kayu yang disambung, untuk memindahkan beban dari bagian yang satu kepada yang lain.

Pasak terdiri atas 3 macam

- a. Pada bidang sambungan, dimasukan ke dalam takikan-takikan didalam bagian-bagian kayu yang disambung
- b. Pada bidang sambungan, dimasukan didalam bagian-bagian kayu dengan cara "dipress".
- c. Kombinasi antara (a) dan (b)

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam sambungan dengan "pasak" adalah :

- a. Pasak hanya boleh dibuat dari kayu keras, besi atau baja.
- b. Pasak kayu keras yang mempunyai tampang persegi panjang, memasangnya harus sedemikian rupa sehingga serat-seratnya terletak sejajar dengan serat-serat batang-batang kayu yang disambung.
- c. Jika dalam suatu sambungan dipergunakan alat-alat penyambung yang khusus keluaran dari perusahaan maka harus menggunakan daftar kekuatan yang dikeluarkan oleh perusahaan yang bersangkutan atau oleh hasil laboratorium resmi di Indonesia.
- d. Koefisien keamanan yang dipergunakan : Kekuatan pasak dikalikan dengan faktor  $2/3$ ,  $5/6$  atau  $1,25$ . Untuk kondisi sebagai berikut :

$2/3$  :

- Konstruksi yang selalu terendam air
- Konstruksi yang terlindungi tetapi kemungkinan besar kadar lengas kayu selalu tinggi

$5/6$  :

- Konstruksi yang tidak terlindungi tetapi kayu tersebut dapat mengering dengan cepat

$1,25$  :

- Jika muatan terdiri atas muatan tetap dan tidak tetap
- Jika muatan terdiri atas muatan tetap dan angin

## Jenis-jenis pasak

### 1. Pasak Sederhana

Kekuatan sambungan dengan pasak ini adalah sebagai berikut :

(Kekuatan ijin diambil diabil yang terkecil dari harga-harga s1, s2 atau s3)

$$S_1 = u \cdot b \cdot \bar{\tau} //$$

$$S_2 = b \cdot t \cdot \bar{\sigma}_{tk} //$$

$$S_3 = b \cdot t \cdot \bar{\sigma}_{tk} \alpha$$

Keterangan :

S = Kekuatan sambungan dengan pasak

U = Panjang pasak

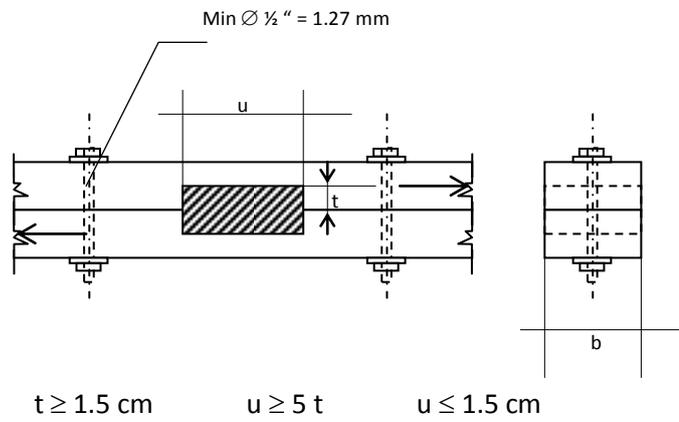
b = lebar pasak

t = 1/2 dari tebal pasak

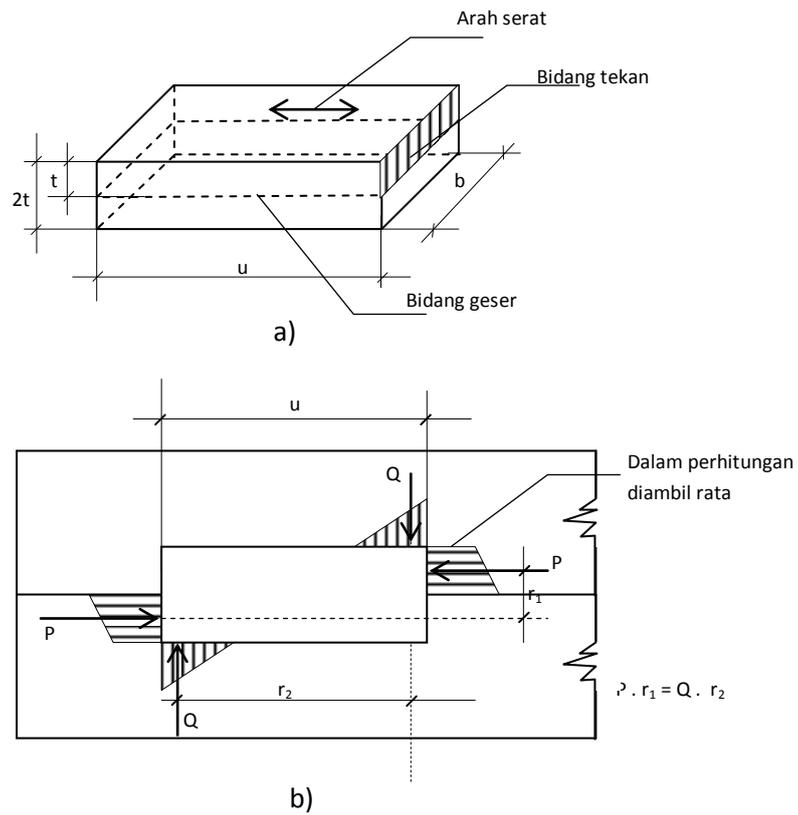
$\bar{\tau} //$  = Tegangan geser ijin sejajar serat kayu

$\bar{\sigma}_{tk} //$  = Tegangan tekan ijin sejajar serat kayu

$\bar{\sigma}_{tk} \alpha$  = Tegangan tekan ijin bersudut  $\alpha$  dengan serat kayu



**Gb. 3.19**  
**Pasak Kayu**

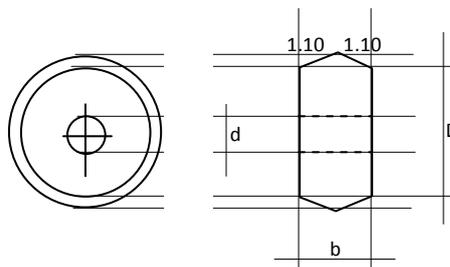


**Gb. 3.20**  
**Detail Pasak Kayu**

2. Pasak Semi-Modern

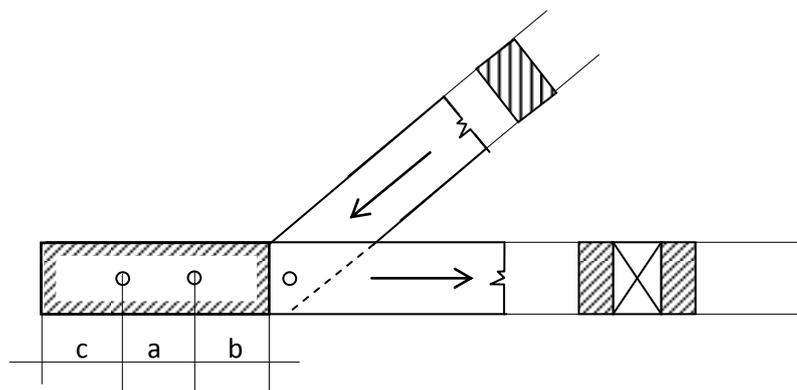
a. Pasak Kubler

Pasak kayu yang agak modern adalah pasak kayu model "Kubler" yang berbentuk bulat. Pasak kubler dan takikannya dibuat dengan alat-alat khusus. Terbuat dari kayu keras yang tahan terhadap geseran. Misalnya : Jenis kesambi, merbau dan sebagainya. Beberapa sarat yang berhubungan dengan ukuran, kekuatan ijin dan jarak pasak kubler adalah sebagai berikut :



**Gb. 3.21**  
**Pasak Kubler**

D (cm)	B (cm)	Garis Tengah		P Kekuatan (ton)	Lebar Kayu minimum (cm)
		d (cm)	Bout (inchi)		
6,1	2,6	1,6	½	1	8
8	3,0	1,6	½	1,5	10
10	2,0	1,6	½	1,7	12



**Gb. 3.22**  
**Jarak Pasak**

D (cm)	Jarak-jarak dalam (cm)		
	a	b	c = b + 5
6,1	14	10	15
8	18	13	18
10	20	14	19

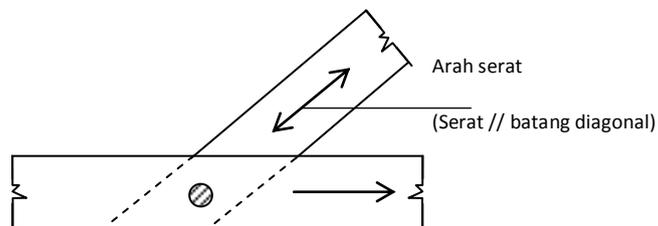
Dianjurkan agar pemasangan pasak kayu kubler diatur sedemikian rupa sehingga serat-serat kayu dari pasak kayu kubler sejajar dengan serat-serat batang kayu yang disambung.

Hal yang dipergunakan sebagai alasan diatas adalah :

- a. Susut kayu tegak lurus serat kayu ternyata jauh lebih besar daripada susut kayu arah sejajar kayu
- b. Geseran arah tegak lurus serat-serat kayu tidak begitu jelas dan tidak begitu berarti

Batang yang mana yang dijadikan acuan ?

Yang menjadi patokan arah serat kayu adalah arah serat kayu dari batang yang berakhir pada titik buhul



**Gb. 3.23**  
**Arah Serat Pasak**

Kubler sebagai orang pertama yang menerapkan prinsip pendukung pada sambungan-sambungan.

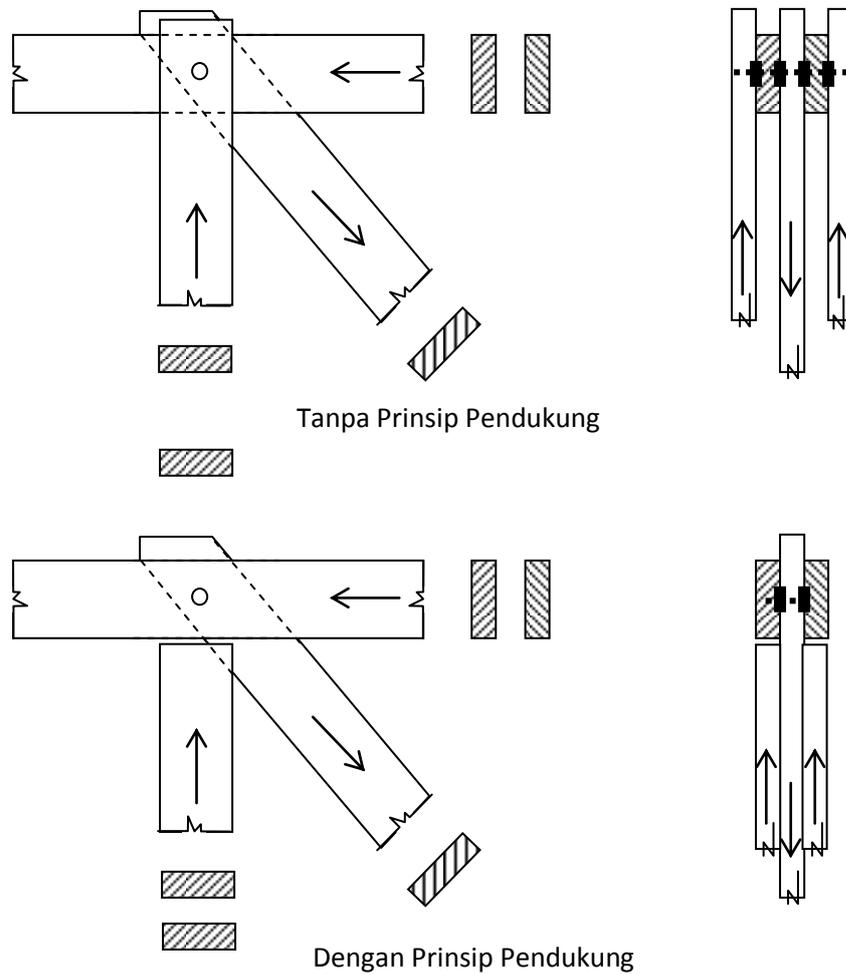
Pertama :

Sambungan tidak menggunakan prinsip pendukung. Akibatnya batang tepi mendapat beban tarik primer yang tegak lurus serat. Hal ini menimbulkan bahaya retak.

Keuntungannya, mudah dalam pelaksanaannya.

Kedua :

Sambungan dengan menggunakan prinsip pendukung, akibatnya bahaya retak akibat tarikan diagonal dalam batang tepi pada sambungan menjadi kecil.



**Gb. 3.24**  
**Sambungan Batang**  
**Tepi**

### 3. Pasak Modern

Pasak modern yang sering dipergunakan diantaranya adalah :

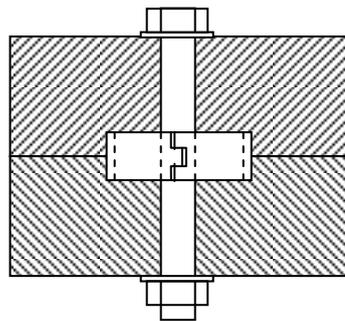
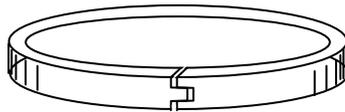
- a. *Split Ring Connector (Cincin belahan)*
- b. *Toothed Ring Connector (Cincin Bergigi)*
- c. *Bulldog Connector (Bulldog)*
- d. *Claw Plate Connector (Plat kaku)*
- e. *Shear plate Connector (Plat geser)*
- f. *Spike grid Connector (Paku besar berjaring)*

Berikut ini uraian dari setiap pasak modern tersebut diatas :

a. *Split Ring Connector (Cincin belahan)*

- Pasak terbuat dari baja berbentuk cincin
- Takikan dibuat secara khusus
- Digunakan untuk sambungan kayu pada kayu
- Fungsi belahan (split) untuk mendapatkan fleksibilitas sehingga memungkinkan adanya pemikulan yang bersamaan pada teras kayu didalam cincin dengan kayu diluar cincin
- Angka-angka kekuatan ijin pada berat jenis kering udara 50%, dan dapat dilihat dalam tabel.
- Untuk arah gaya yang membentuk sudut  $\alpha$  dengan arah serat kayu, maka kekuatan ijin adalah :

$$P_{\alpha} = P (1 - 0.25 \sin \alpha)$$

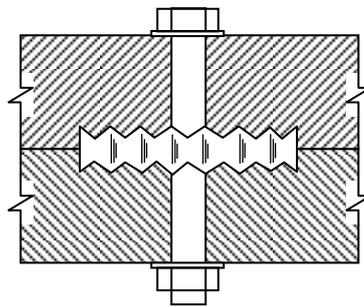
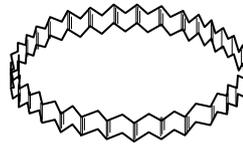


**Gb. 3.25**  
**Pasak Cincin Belahan**

b. *Toothed Ring Connector (Cincin Bergigi)*

- Pasak ini dibuat dari baja
- Kekuatan pasak ini sama dengan kekuatan pasak cincin belahan

- Tidak memerlukan takikan khusus, dimasukkan dengan cara di press
- Digunakan untuk sambungan kayu pada kayu

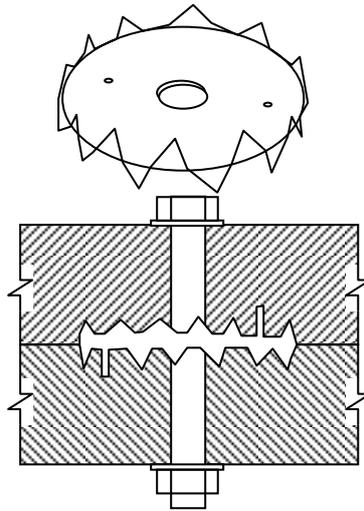


**Gb. 3.26**  
**Pasak Cincin Bergigi**

c. *Bulldog Connector (Bulldog)*

- Pasak ini terbuat dari bahan baja, berbentuk bulat atau persegi (biasa disebut kokot bulldog)
- Pelaksanaannya, perlu takikan khusus
- Perbedaanya dengan pasak cincin, antara lain :
  - Pelat pasak menjamin penetrasi yang rata kedalam bidang-bidang kayu yang disambung
  - Bisa digunakan untuk sambungan kayu pada kayu, dan sambungan kayu pada logam
- Angka kekuatan ijin pasak dapat dilihat dalam daftar, khusus untuk kayu dengan berat jenis kering udara 50 %
- Untuk arah gaya yang membuat sudut  $\alpha$  dengan arah serat kayu digunakan :

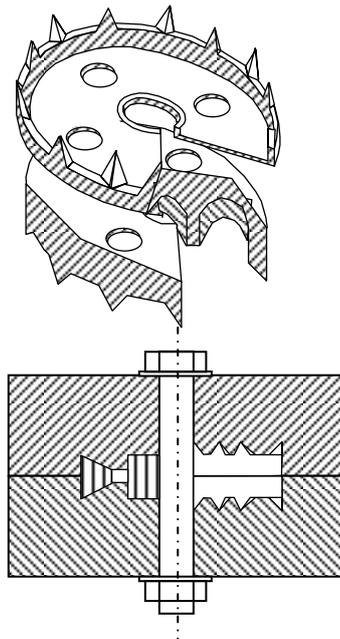
$$P_{\alpha} = P (1 - 0.25 \sin \alpha)$$



**Gb. 3.27**  
**Pasak Bulldog**

d. *Claw Plate Connector (Plat kaku)*

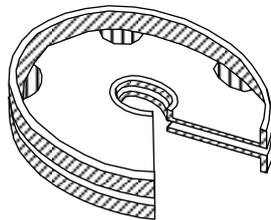
- Pasak pelat kuku ini terbuat dari plat besi
- Pengerjaannya : dibuat takikan dengan alat khusus, kemudian dipress dengan alat khusus pula
- Bisa digunakan untuk sambungan kayu pada kayu, juga kayu pada logam
- Untuk kayu pada kayu : pasak digunakan secara berpasangan (male and female) untuk kayu pada logam : pasak digunakan sendirian
- Memiliki kekuatan yang tinggi, dan cocok terhadap pembebanan utama bolak-balik (tekan dan tarik)



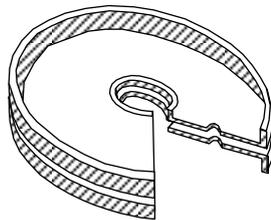
**Gb. 3.28**  
**Pasak Pelat Kuku**

e. *Shear plate Connector (Plat geser)*

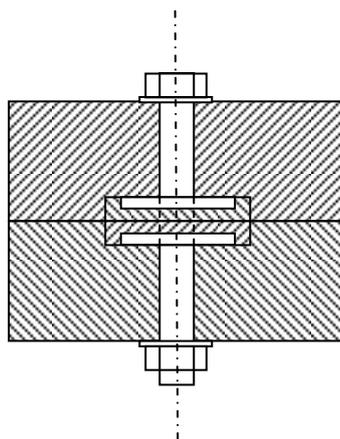
- Pasak pelat geser ini terbuat dari besi atau baja
- Dilaksanakan dengan cara takikan dengan alat khusus
- Digunakan untuk sambungan kayu pada kayu dan sambungan kayu pada logam
- Karena bagian pasak dan bidang sambungan adalah rata, maka sangat cocok untuk konstruksi yang dapat dibongkar pasang
- Dapat dimanfaatkan jika komponen dibuat di pabrik dan dipasang di tempat proyek (site assembly)



a) Besi



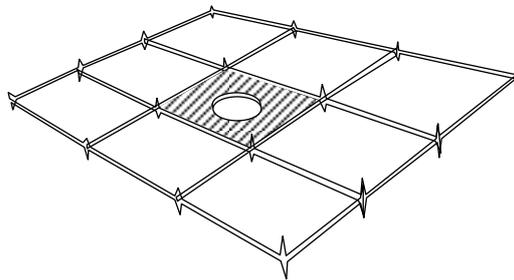
b) Baja



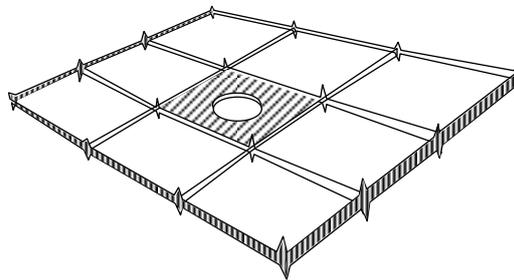
**Gb. 3.29**  
**Pasak Pelat Geseran**

f. *Spike grid Connector (Paku besar berjaring)*

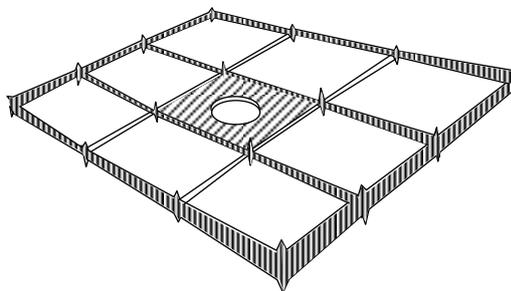
- Pasak dibuat dari baja, bidang hubung rata dan melengkung
- Digunakan untuk sambungan kayu pada kayu
- Dilaksanakan dengan cara di press dengan alat khusus
- Kekuatan pasak ini sangat tinggi, sehingga cocok untuk pekerjaan besar seperti jembatan, dok dan pelabuhan



a) Flatgrid



b) Single-curve grid



c) Double-curve grid

**Gb. 3.30**  
**Pasak Jaring**

#### 4. SAMBUNGAN DENGAN PEREKAT

Perbedaan sambungan perekat dengan sambungan baut, paku atau pasak adalah :

- a. Pada sambungan perekat bagian-bagian kayu di sambung pada bidang
- b. Sambungan perekat memiliki kekuatan sangat tinggi.

Perekat untuk sambungan konstruksi kayu dibagi menjadi beberapa golongan yakni :

- a. *Vegetable adhesives* (perekat tumbuh-tumbuhan) dibuat dari starch (sari putih) atau suatu bahan yang mengandung banyak starch
- b. *Animal glues* (perekat binatang) dibuat dari tulang, kulit dan ikan
- c. *Casien glues* (perekat Kasien) dibuat dari casien yang dikeringkan dari susu
- d. *Blood albumen glues* (perekat-perekat darah bercampur zat putih telur), dibuat dari darah binatang yang dikeringkan.
- e. *Synthetic resin glues*, dibagi kedalam :

- *Thermosetting glues*

Perekat golongan ini terjadi pengerasan jika terkena pengaruh panas atau karena reaksi kimia dengan sebuah katalisator yang disebut pengeras (*hardenes*), atau karena keduanya

Pengaruh panas akan mempercepat waktu pengerasan. Sifat lain dari perekat ini adalah, jika sudah mengeras tidak dapat dijadikan lunak kembali.

Yang termasuk golongan ini adalah phenol formaldehyde, urea formaldehyde, resorcinol, formaldehyde dan melamine formaldehyde

- *Thermo plastic glues*

Sifat dari perekat golongan ini adalah :

- Menjadi lunak jika terkena panas dan sambungan akan meregang pada tegangan yang tinggi
- Jika temperatur tinggi, maka daya ikatnya berkurang, bahkan bisa hilang sama sekali
- Jika terkena temperatur yang rendah, perekat menjadi keras dan mempunyai daya ikat yang besar

Untuk menyempurnakan pekerjaan perekat maka diadakan pengempaan, yakni upaya agar kontak kedua bidang sambungan menjadi sempurna.

Tinggi rendahnya tekanan dalam pengempaan tergantung dari :

- Kekakuan bagian-bagian kayu
- Kerataan bidang-bidang sambungan

Pengempaan dapat dilaksanakan dengan berbagai cara antara lain, (menurut urutan kesempurnaannya) sebagai berikut :

- Dengan mesin penekan hidrolis
- Dengan alat-alat pengapit yang dibantu oleh bout dan sekerup (klem)
- Dengan bout dan paku

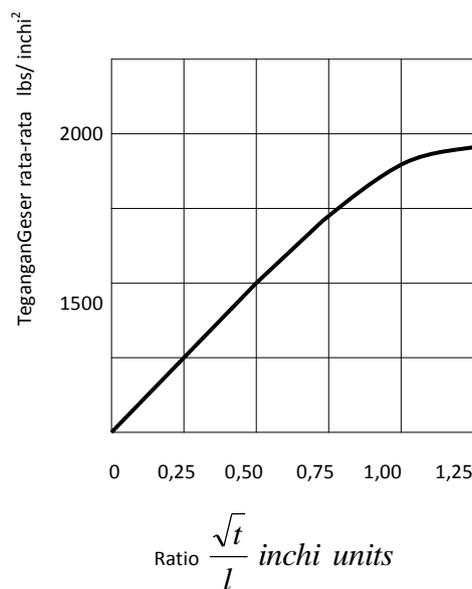
Penggunaan perekat dalam konstruksi kayu dibedakan sebagai berikut :

- Digunakan sebagai alat-alat penyambung batang-batang kayu
- Digunakan untuk konstruksi kayu berlapis majemuk

Untuk sambungan serong (plain scanjoint) perlu diberikan faktor-faktor reduksi kekuatan penampang kayu sesuai dengan besar kecilnya sudut  $\alpha$

Tg $\alpha$	Faktor reduksi
1:20	1,00
1:21	0,85
1:10	0,80
1:8	0,70
1:5	0,60

Pada sambungan eksentrisitas (lap joint) tegangan rata-rata pada keruntuhan tidak konstan tetapi tergantung dari harga-harga tebal bagian kayu yang disambung ( $t$ ) dan panjang overlap ( $l$ )



**Gb. 3.31**  
**Grafik Ratio Vs Tegangan**  
**Geser**

Apabila kita perhatikan diagram diatas mulai titik nol sampai dengan 0,50 ternyata merupakan garis lurus.

Oleh karena itu maka :

$$u = \frac{v' \sqrt{t}}{l}$$

Keterangan :

U = tegangan geser rata-rata ( $\tau_{\text{rata-rata}}$ )

V' = Konstanta sesuai dengan jenis kayu

t = tebal bagian kayu yang disambung

l = panjang overlap

Tegangan geser yang diijinkan dicari dengan formula

$$u' = \frac{3v \sqrt{t}}{l}$$

Keterangan :

U' = tegangan geser ijin rata-rata ( $\tau_{\text{rata-rata}}$ )

V = tegangan geser kayu sejajar serat kayu ( $\bar{\tau} //$ )

t = tebal bagian kayu yang disambung

l = panjang overlap

Sebagai syarat tegangan geser ijin rata-rata

$$u' \leq 1,5 v$$

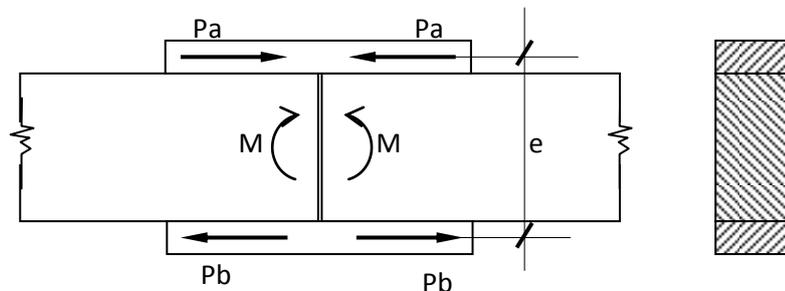
## 5. SAMBUNGAN TEGAK (BUTT JOINT) DENGAN PLAT PENYAMBUNG

1. Sambungan kayu dengan sambungan tegak perlu mendapat bantuan berupa kayu penyambung (plat penyambung). Plat penyambung bisa dipasang diatas dan dibawah balok yang disambung, juga dapat dipasang di bagian samping balok yang disambung.
2. Pada sambungan yang menahan gaya tarik, plat penyambung harus diletakan setangkup (simetris) terhadap sumbu batang yang disambung, lebar atau tingginya harus sama besar dengan lebar atau tinggi batang yang disambung. Ukuran plat penyambung didasarkan atas gaya yang besarnya 1,50 kali gaya tarik yang ditahannya.
3. Pada Sambungan yang menahan gaya tekan ujung-ujung kayu yang akan disambung harus benar-benar melekat satu sama lain. Plat penyambung harus mempunyai momen lembam minimal sama dengan besarnya momen lembam konstruksi yang disambung.

4. Jika sambungan menahan gaya berganti, gaya tarik dan tekan, maka plat penyambung harus diperhitungkan terhadap gaya yang besarnya sama dengan 1,30 kali gaya tarik atau gaya tekan maksimum.
5. Pada sambungan yang menahan momen lentur, momen penahan ( $w$ ) plat penyambung minimal sama dengan momen penahan balok yang disambung  $\rightarrow W_p = W_b$ .

5.a Sambungan dengan plat penyambung diatas dan dibawah balok

Menurut percobaan **Fonrobert** (Jerman) dengan menggunakan alat penyambung yang sama, sambungan dengan alat penyambung diatas dan dibawah balok yang disambung "lebih kuat" dari pada sambungan dengan plat penyambung di bagian samping balok yang disambung.



**Gb. 3.32**  
**Sambungan Dengan Plat Penyambung Diatas Dan Dibawah Balok**

Apabila beban yang harus ditahan lebih kecil daripada beban yang diijinkan menurut perhitungan maka dianggap bahwa :

- Plat penyambung atas menerima gaya tekan
- Plat penyambung atas menerima gaya tarik

Kelemahan sambungan ini adalah penempatan plat penyambung kurang praktis ditinjau dari segi artistik konstruksi

Langkah-langkah perhitungan :

1. Untuk plat penyambung "atas" :

$$P_a = F_{br} \cdot \sigma_{lt}$$

$$F_{br} = b_1 \cdot h_1 = F_{br} \cdot \text{Plat penyambung}$$

$$P_a = \text{Gaya yang dapat ditahan plat penyambung atas}$$

2. Untuk plat penyambung "bawah" :

$$P_b = F_n \cdot \sigma_{lt}$$

$$F_n = 0,75 b_1 \cdot h_1 = F_{netto} \cdot \text{Plat penyambung}$$

$$P_b = \text{Gaya yang dapat ditahan plat penyambung bawah}$$

3. Cari eksentritas gaya

$$e = h + 2 \left( \frac{1}{2} h_1 \right)$$

$$e = \text{jarak antara } P_a \text{ dan } P_b$$

$$h = \text{Tinggi balok yang disambung}$$

$$h_1 = \text{Tinggi plat penyambung}$$

4. Cari momen yang ditahan pelat penyambung

$$M_p = P_{\min} e$$

$$M_p = \text{Momen yang dapat ditahan}$$

$$P_{\min} = \text{gaya yang harus ditahan} = \text{gaya terkecil dari } P_a \text{ dan } P_b$$

$$e = \text{eksentrisitas antara } P_a \text{ dan } P_b$$

5. Cari momen yang ditahan oleh balok

$$M_b = W_n \bar{\sigma}_{lt}$$

$$M_b = \text{Momen yang dapat ditahan oleh balok}$$

$$W_n = \text{Momen Tahanan netto balok}$$

$$\bar{\sigma}_{lt} = \text{Tegangan lentur ijin}$$

6. Bandingkan  $M_p$  dengan  $M_{ada}$

$$M_p > M_b \rightarrow \text{ok}$$

$\therefore$  Plat penyambung sudah memenuhi syarat : jika sebaliknya, plat penyambung diubah dimensinya.

7. Hitung jumlah alat penyambung (bout atau paku)

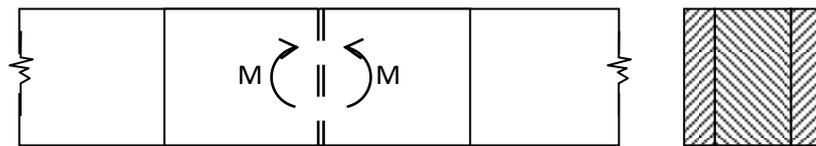
8. Atur penempatan alat penyambung.

Catatan :

Karena sambungan ini menahan Momen (M), alat penyambung ditempatkan secara berkelompok

### 5.b Sambungan Dengan Plat Penyambung di bagian Samping Balok

Keuntungan dari sambungan ini adalah penempatan pelat penyambung lebih artistik jika dibandingkan dengan sambungan pelat penyambung diatas dan dibawah balok. Kelemahannya adalah plat penyambung lebih panjang, alat penyambung lebih banyak, dan perhitungan lebih rumit dibandingkan dengan sambungan dengan pelat penyambung diatas dan dibawah balok



**Gb. 3.33**  
**Sambungan Dengan Plat Penyambung Disamping Balok**

Apabila gaya yang bekerja pada suatu sambungan tidak bekerja melalui titik berat susunan alat penyambung yang bersangkutan, maka pada sambungan tersebut timbul momen

$$M = P \cdot e$$

M = Momen yang timbul

P = gaya yang harus ditahan

e = jarak P terhadap titik berat susunan alat penyambung

Gaya geser P ditahan oleh tiap-tiap alat penyambung :

- Tiap alat penyambung menahan gaya P sama besarnya
- Arahnya sejajar dengan arah gaya P

$$V = \frac{P}{n}$$

V = Gaya vertikal tiap alat penyambung

P = Gaya yang harus ditahan oleh sambungan

N = Jumlah (banyak) alat penyambung

Akibat momen M, tiap alat penyambung. menerima gaya yang besarnya sebanding dengan jarak alat penyambung tersebut ke titik berat susunan alat penyambung, dan arahnya tegak lurus pada garis penghubung gaya dan titik berat susunan alat penyambung

$$K = k \cdot r$$

Dimana :

K = Gaya tiap alat penyambung

k = faktor sebanding

R = jari-jari, atau jarak antara gaya terhadap titik berat susunan alat Penyambung

Momen total dari gaya yang bekerja pada alat penyambung atau momen dalam yaitu :

$$\begin{aligned} M &= \sum K \cdot r \\ &= \sum k \cdot r^2 = k \cdot \sum r^2 \end{aligned}$$

$$k = \frac{M}{\sum r^2}$$

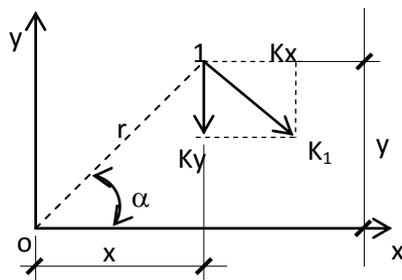
Jadi besarnya gaya tiap alat penyambung

$$K = \frac{M \cdot r}{\sum r^2}$$

ket :

K adalah besarnya gaya yang bekerja pada sebuah alat penyambung sejarak r dari titik berat susunan alat penyambung, akibat momen-luar M

Untuk mempermudah perhitungan, gaya K diuraikan menjadi gaya arah horizontal dan gaya arah vertical



$$K_x = K \sin \alpha$$

$$K_y = K \cos \alpha$$

Absis dan ordinat suatu alat penyambung ; (x,y) adalah

**Gb. 3.34**  
**Penguraian Gaya**

Harga  $K_x$  dan  $K_y$  dapat dicari dengan mensubstitusikan K, dan r kedalam rumus  $K_x$  dan  $K_y$

$$\begin{aligned}
 K_x &= K \cdot \sin \alpha \\
 &= \frac{M \cdot r \cdot \sin \alpha}{\sum r^2} = \frac{M \cdot y}{\sum x^2 + \sum y^2} \\
 &= \frac{M \cdot y}{\sum (x^2 + y^2)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K_y &= K \cdot \cos \alpha \\
 &= \frac{M \cdot r \cdot \cos \alpha}{\sum r^2} = \frac{M \cdot x}{\sum x^2 + \sum y^2} \\
 &= \frac{M \cdot x}{\sum (x^2 + y^2)}
 \end{aligned}$$

Gaya total yang harus ditahan oleh tiap-tiap alat penyambung adalah sebesar resultante dari gaya P dan akibat M

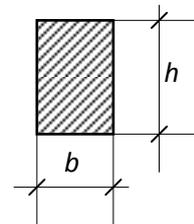
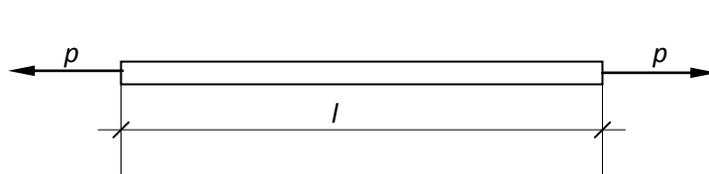
$$R = \sqrt{K_x^2 + [K_y \pm V]^2}$$

Catatan :

Untuk menyederhanakan perhitungan, gaya resultante yang sudah dihitung, dianggap tegak lurus terhadap arah serat kayu

#### D CONTOH SOAL

1. Batang tarik berpenampang persegi empat (balok tunggal) kayu kelas II, Mutu A, gaya tarik : P = 1500 kg. Rencanakan balok tsb! (konstruksi terlindungi)



Penyelesaian

- Kayu kelas II, Mutu A :  $\rightarrow P = 1500 \text{ kg}$

$$\bar{\sigma}_{tr} // = 85 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\bar{\sigma}_{tr} = \frac{P}{Fn} \rightarrow Fn = \frac{P}{\bar{\sigma}_{tr}} = \frac{1500}{85} = 17,70 \text{ cm}^2$$

- Gunakan sambungan dengan "bout" :

$$F_{br} = \frac{P}{F_n} \rightarrow F_n = \frac{17,70}{0,80} = 22,10 \text{ cm}^2$$

Syarat :

$$\left. \begin{array}{l} F \geq 32 \text{ cm}^2 \\ "b" \text{ atau } "h" \geq 4 \text{ cm} \end{array} \right\} \text{PKKI}$$

Coba dengan :

$$\begin{aligned} b &= 5 \text{ cm} \\ h &= 10 \text{ cm} \\ F &= b \cdot h = (5)(10) = 50 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Kontrol :

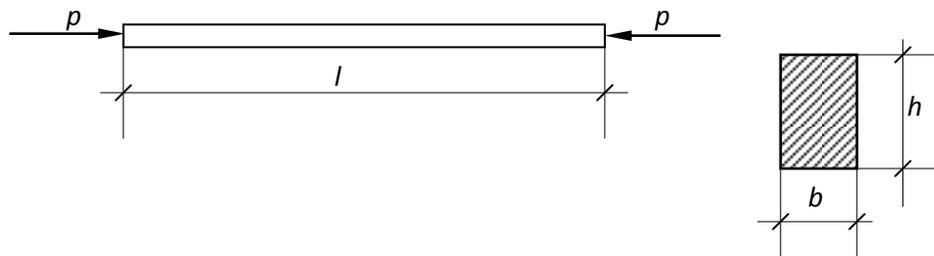
$$\begin{aligned} F_n &= 0,80 F_{br} \\ &= 0,80 (50) = 40 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma_{tr} = \frac{P}{F_n} = \frac{1500}{40} = 37,50 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{tr} = 37,50 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_{tr} = 85 \text{ kg/cm}^2$$

konstruksi aman  $\rightarrow$  ok !

2. Batang tekan berpenampang persegi empat (balok tunggal) kayu kelas II, mutu A gaya tekan  $P = 750$  kg. Panjang batang/jarak perletakan : 2.00 (sendi-sendiri), rencanakan balok tersebut dengan kondisi balok terlindungi



Penyelesaian

- Kayu kelas II, mutu A  $\rightarrow P = -750$  kg,  $l_s = 2$  m

$$\bar{\sigma}_{tr} = \bar{\sigma}_{tk} = 85 \text{ kg/cm}^2$$

- Perletakkan sendi-sendi  $\rightarrow l_k = l = 2 \text{ m}$ .  
Coba dengan batang  $\rightarrow b: h = 1: 2$

$$I = \frac{1}{12} b^3 \cdot h = \frac{1}{12} \left( \frac{1}{2} h \right)^3 h = \frac{1}{96} h^4$$

$$I = 50 \cdot P \cdot l_k^2 \rightarrow \text{Untuk kayu kelas II mutu A}$$

$$I = 50 (0,75)(2)^2 = 150$$

$$\frac{1}{96} h^4 = 150 \rightarrow h^4 = 14400$$

$$h = 11 \text{ cm}$$

$$\text{ambil : } h = 12 \text{ cm}$$

$$b = 6 \text{ cm}$$

$$b:h = 1: 2 \text{ (ok)}$$

- Kontrol :

$$i_{\min} = 0,289 b = 0,289 (6) = 1,734$$

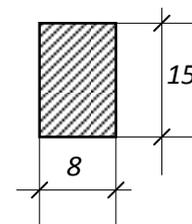
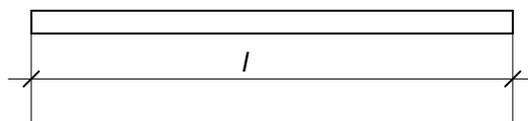
$$\lambda = \frac{l_k}{i_{\min}} = \frac{200}{1,734} = 115,3 \rightarrow \omega = 4,16$$

$$\sigma_{tk} = \frac{\omega \cdot P}{F} = \frac{4,16 (750)}{6 (12)} = 43,3$$

$$\sigma_{tk} = 43,3 \text{ kg/cm}^2 \leq \bar{\sigma}_{tk}$$

3. Batang terlentur (tunggal) kayu kelas I, mutu A ukuran batang : 8/15, kontrol batang tersebut !

$$L = L_u = 4.00 \text{ m (konstruksi terlindungi)}$$



#### Penyelesaian

- Kayu kelas II, Mutu A, dimensi 8/15

$$\bar{\sigma}_{tk} = \bar{\sigma}_{tr //} = 85 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_{lt} = 100 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 100000 \text{ kg/cm}^2$$

-  $L_u = L = 4,00 \text{ m}$

$$L_e = 1,92 L_u = 1,92 (4,00) = 768 \text{ cm}$$

$$C_s = \sqrt{\frac{L_e \cdot h}{b^2}} = \sqrt{\frac{(768)(15)}{(8)^2}} = 13,5$$

$$C_k = \sqrt{\frac{3 \cdot E}{5 \bar{\sigma}_{lt}}} = \sqrt{\frac{3 (100000)}{5 (100)}} = 7,8$$

$$C_k < C_s < 50 \rightarrow \text{balok panjang}$$

$$\sigma_{lt} = \frac{0,4 E}{C_s^2} = \frac{0,4 (100000)}{(13,5)^2} = 219$$

$$\sigma_{lt} = 219 \text{ kg/cm}^2 \geq \bar{\sigma}_{lt} = 100 \text{ kg/cm}^2$$

- Karena  $\sigma_{lt} > \bar{\sigma}_{lt}$ , berarti : kayu tidak kuat menahan tekuk lateral

Saran :

- Ubah dimensi kayu
- Pasang blocking atau, bridging, hingga  $L_u < 2,4 \text{ m}$

Kontrol kembali hingga :  $\sigma_{lt} \leq \bar{\sigma}_{lt}$

$$f = \frac{5 (2)(300)^4}{384 (125000)(2250)} + \frac{3}{2} \frac{22500}{10000 (120)}$$
$$= 0,75 + 0,028 = 0,778 \text{ cm}$$

*Kontrol :*

$$f < \bar{f} \text{ max}$$

$$0,778 < \frac{l}{300}$$

$$0,778 < \frac{300}{300} \quad \rightarrow \quad \rightarrow \text{konstruksi ok!}$$

## DAFTAR PUSTAKA

- Bambang Suryoatmono, *Struktur Kayu*, Fakultas Teknik, Universitas Parahyangan, Bandung.
- Danasasmita, E.Kosasih, *Struktur Kayu I*, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, UPI, 2004.
- Danasasmita, E.Kosasih, *Struktur Kayu II*, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, UPI, 2004.
- DPMB. Dirjen Cipta Karya, *Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia*, DPMB, Dirjen Cipta Karya, DPUTL, 1978.
- D.T Gunawan, *Diktat Kuliah Konstruksi Kayu*, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Parahyangan, Bandung.
- Felix Yap, K.H., *Konstruksi Kayu*, Bina Cipta, Bandung, 1965.
- Frick, Heinz, *Ilmu Konstruksi Kayu*, Yayasan Kanisius, Yogyakarta, 1977.
- Sadji, *Konstruksi Kayu*, Fakultas Teknik Sipil, Institut Teknologi 10 November, Surabaya.
- Soeryanto Basar Moelyono, *Pengantar per kayuan*, Yayasan Kanisius, Yogyakarta, 1974.
- Susilohadi, *Struktur kayu*, Teknik Sipil, Universitas Jenderal Ahmad Yani, Bandung.
- Soediby, *Konstruksi Kayu*, Teknik Sipil Universitas Winaya Mukti, Bandung