

## DIMENSI BATANG TERSUSUN

### 1. TUJUAN PERKULIAHAN

#### A. TUJUAN UMUM PERKULIAHAN (TUP)

Setelah mempelajari materi tentang dimensi batang tersusun, secara umum anda diharapkan :

1. Mampu menjelaskan pengertian batang tersusun yang menahan beban lentur
2. Mampu menghitung batang tersusun yang menahan beban tertentu
3. Mampu menggambar hasil perhitungan batang tertentu yang menahan beban tertentu

#### B. TUJUAN KHUSUS PERKULIAHAN (TKP)

Setelah mempelajari materi tentang dimensi batang tersusun yang menahan beban lentur, secara khusus anda diharapkan :

1. dapat menjelaskan kembali pengertian batang tersusun yang menahan beban lentur
2. dapat menjelaskan kembali perbedaan antara batang tunggal dan batang ganda (tersusun)
3. dapat menghitung gaya dalam akibat beban terlentur
4. dapat menghitung tegangan yang timbul pada batang tersusun yang menerima beban lentur
5. dapat menghitung alat penyambung yang diperlukan
6. dapat menentukan posisi alat penyambung pada balok tersusun
7. dapat menggambar hasil perhitungan batang tersusun yang menerima beban terlentur

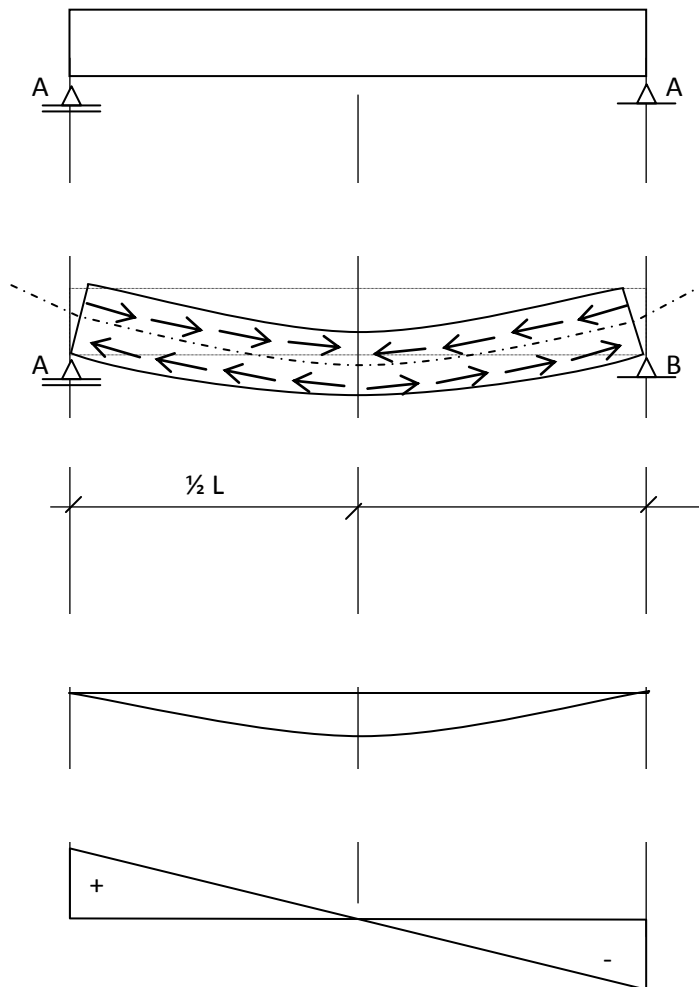
#### C. PRASYARAT

Untuk mempermudah pencapaian tujuan perkuliahan di atas, paling sedikit anda dituntut :

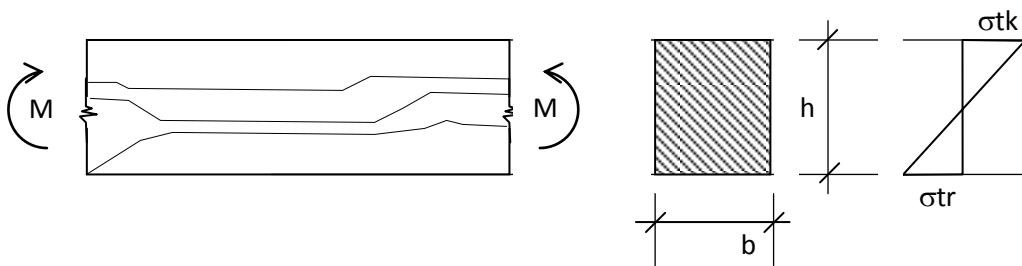
1. sudah mengetahui materi Konstruksi Kayu I
2. sudah menguasai perhitungan gaya dalam statis tertentu dan statis tak tentu

## 2. Balok Tunggal

Batang kayu yang berada di atas dua tumpuan atau lebih, jika dibebani dengan beban terpusat (P) atau beban merata (q) yang melampaui batas kekuatan batang maka batang kayu tersebut akan mengalami perubahan bentuk yaitu melentur. Didalam keadaan tersebut bagian sisi bawah batang akan tertarik (+) dan bagian atas batang akan tertekan (-). Konstruksi tersebut misalnya dapat dilihat pada balok induk konstruksi jembatan kayu dan balok lantai atau balok loteng rumah tinggal



Potongan Balok A-B



Dimensi balok :

Dalam hal ini terdapat hubungan antara momen (M) dengan tahanan (W)

$$\text{Rumus : } \sigma_{lt} = \frac{M}{W} \quad \sigma_{lt} = \bar{\sigma}_{lt} \quad W = \frac{M}{\sigma_{lt}}$$

Balok persegi :

$$W = \frac{1}{6} bh^2$$

$$\frac{1}{6} bh^2 = \frac{M}{\sigma_{lt}}$$

$$h = \sqrt{\frac{6M}{\sigma_{lt} b}} \quad b = \text{dicoba - coba}$$

$$\begin{aligned} \text{- Blok bulat : } W &= \frac{1}{32} \Pi D^3 & W &= \frac{M}{\sigma_{lt}} \\ &= \frac{1}{32} \Pi D^3 = \frac{M}{\sigma_{lt}} \\ &= \sqrt[3]{32 \cdot \frac{M}{\sigma_{lt}}} \end{aligned}$$

- Syarat - syarat dimensi batang / balok terlentur

$$* \text{ Tegangan : } \sigma_{lt} < \bar{\sigma}_{lt}$$

$$* \text{ lendutan : } f_{\max} < \bar{f}$$

Untuk suatu konstruksi dengan muatan yang cukup besar, batang tunggal tidak lagi mampu menahan beban lentur, hal ini juga disebabkan karena terbatasnya ukuran balok dipasaran

Untuk mengatasi hal ini dicoba dengan menyusun beberapa balok sedemikian rupa. Sehingga dapat mendukung beban terlentur

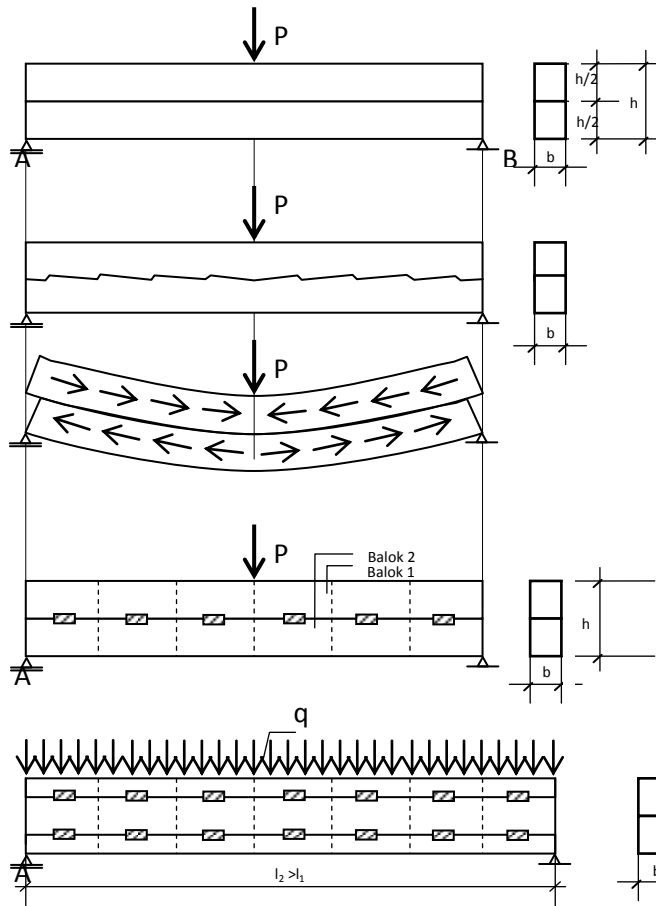
### 3. Balok tersusun dengan pasak

Balok ini disusun secara vertikal dengan posisi masing-masing balok tersebut berdiri. Ini dimaksudkan untuk memperoleh momen dukung yang lebih besar

Cara menyusun balok :

1. Menumpang balok begitu saja, tanpa alat penahan geser (gambar 1, 1A)
2. Memberi bentuk gigi pada kedua sisi balok yang saling berhubungan, lihat gambar 2.

3. Menempatkan alat sambung seperti : pasak kayu, kokot bulldog diantara kedua balok yang saling berhubungan (gambar 3.4)



Gambar : 1

Balok menerima beban sendiri-sendiri

Gambar : 1.A

Balok bergeser (kedua balok terpisah)

Gambar : 2

Balok tidak bergeser. dengan gigi pada

Gambar : 3

Balok tidak bergeser. dengan alat

Gambar : 4

Balok tidak bergeser. dengan alat

Momen yang timbul pada penampang masing-masing balok akan sebanding  $E.I$ -nya dari masing-masing baloknya

Misalkan :

$M$  = momen karena beban luar diatas balok

$M_1$  = Momen yang timbul di dalam balok atas (balok 1)

$M_2$  = Momen yang timbul di dalam balok bawah (balok 2)

$E$  = Modulus Elastisitas balok dimana  $E_1 = E_2$

Maka :

$$M_1 = \frac{E \cdot I_1}{E \cdot I_1 + E \cdot I_2} M = \frac{I_1}{I_1 + I_2} \cdot M$$

$$M_2 = \frac{E \cdot I_2}{E \cdot I_1 + E \cdot I_2} M = \frac{I_2}{I_1 + I_2} \cdot M$$

Perhatikan gambar : 3

Ukuran lebar balok – b, tinggi balok = h, maka

$$I_1 = I_2 \rightarrow M_1 = M_2 = \frac{1}{2} M$$

$$W_1 = W_2 = \frac{1}{6} b h^2$$

$$\sigma_{t \max} = \frac{M}{W} = \frac{\frac{1}{2} M}{\frac{1}{6} b h^2} = \frac{3M}{b h^2}$$

Bila balok bekerja sendiri-sendiri (gambar 1 )

$$\begin{aligned} \sum I_A &= I_1 + I_2 \\ &= \frac{1}{12} b h^3 + \frac{1}{12} b h^3 \\ &= 2 \left( \frac{1}{12} b h^3 \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum W_A &= W_1 + W_2 \\ &= \frac{1}{6} b h^2 + \frac{1}{6} b h^2 \\ &= 2 \left( \frac{1}{6} b h^2 \right) \end{aligned}$$

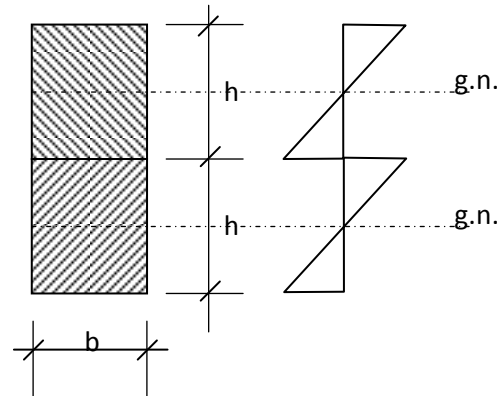


Diagram Tegangan

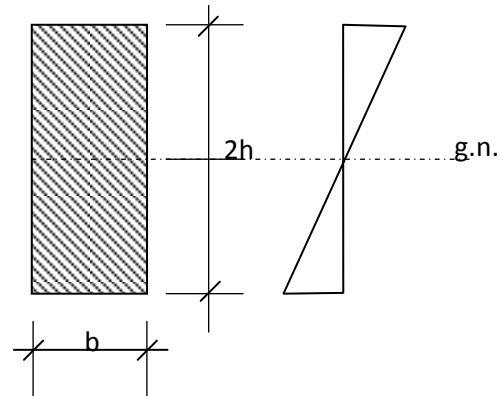
- Bila balok bekerja sama (dalam satu kesatuan, gambar 3)

$$\sum I_B = 2 \left( \frac{1}{12} b (2h)^3 \right) = 8 \cdot \frac{1}{12} b h^3$$

$$\sum W_A = 2 \left( \frac{1}{6} b (2h)^2 \right) = 4 \cdot \frac{1}{6} b h^2$$

kesimpulan :

$$\begin{aligned} \sum I_B &= 4 \sum I_A \\ \sum W_B &= 2 \sum W_A \end{aligned}$$



- Pada dasarnya kita menginginkan lenturan di tengah bentang  $f = 0$ , atau paling tidak  $f$ -nya diusahakan sekecil mungkin
- Tegangan geser yang timbul pada masing-masing penampang balok yang diperkuat dengan alat sambung pasak kayu atau kokot bulldog

$$\tau = \frac{D.S}{b.I} = \frac{3}{2} \frac{D}{b.h}$$

Catatan :

$\tau$  = Tegangan geser ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

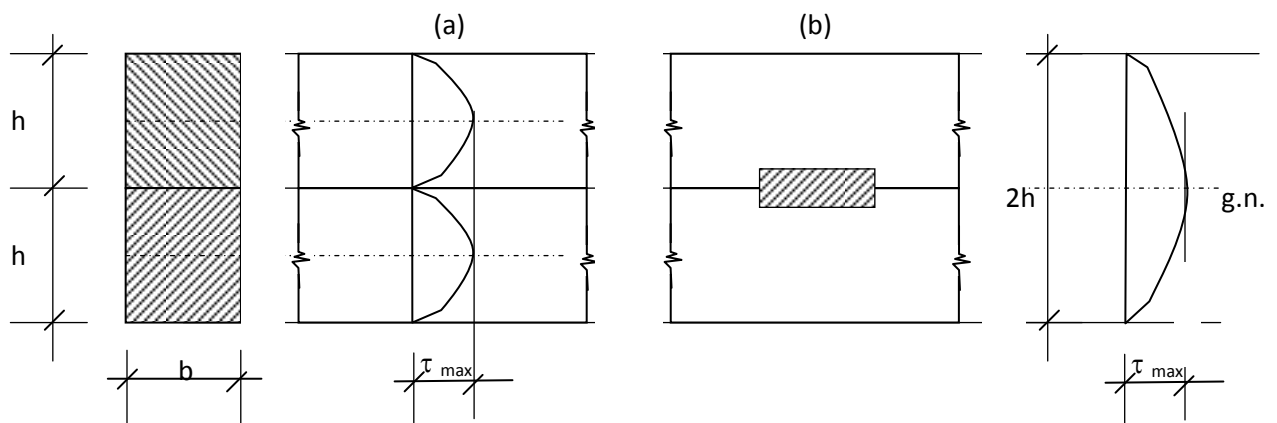
$D$  = Gaya lintang ( $\text{kg}$ )

$S$  = Statis momen irisan penampang terhadap garis netral ( $\text{cm}^3$ )  $\rightarrow$  variable

$b$  = lebar penampang balok ( $\text{cm}$ )

$I$  = Inersia penampang ( $\text{cm}^4$ )

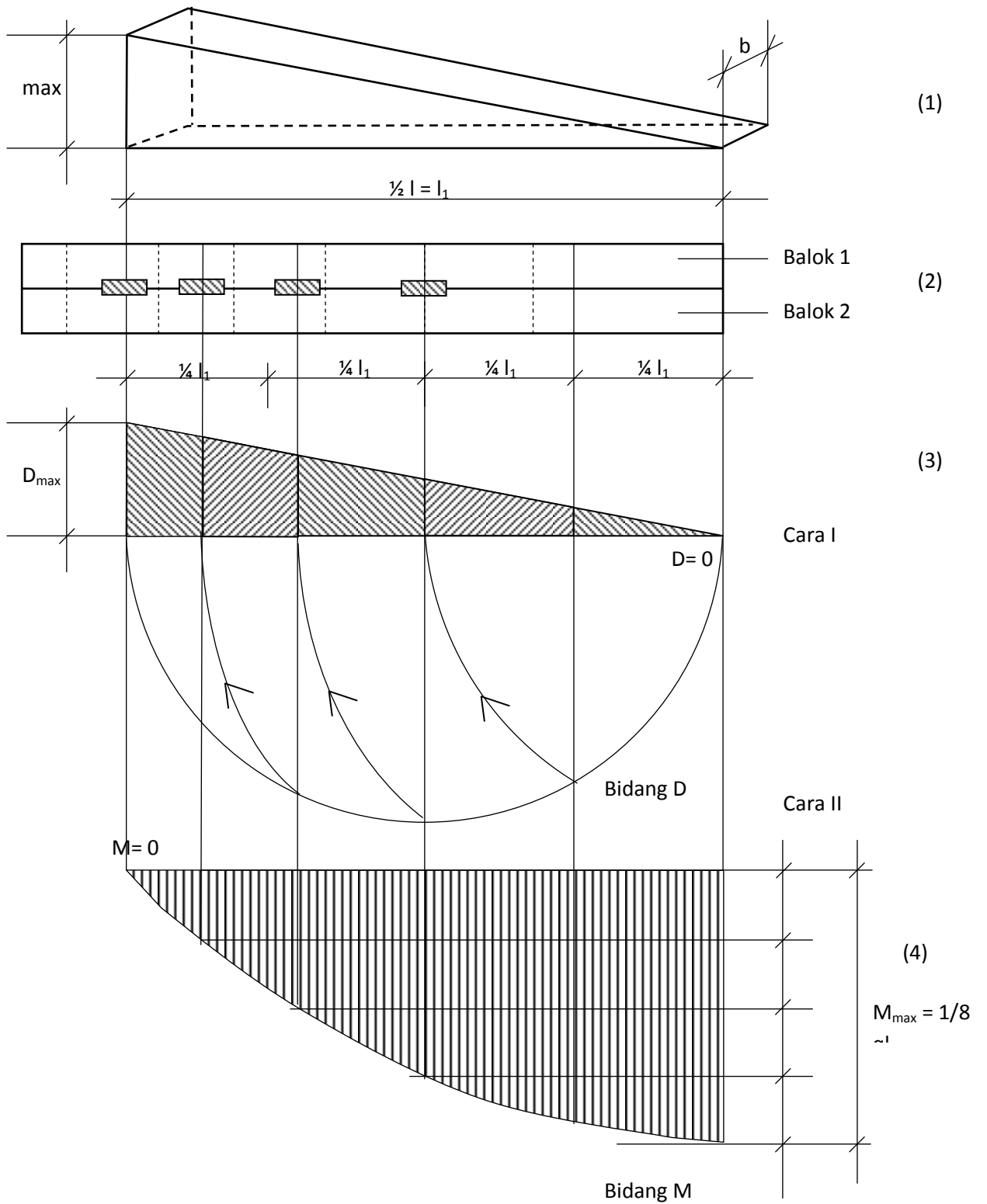
- Cara menempatkan pasak kayu adalah :
  1. Dengan bantuan bidang  $D$  (bidang gaya lintang)
  2. Dengan bantuan bidang  $M$  (bidang momen)
- Pembagian tegangan geser ( $\tau$ ) :



- A. Tegangan geser ( $\tau$ ) yang bekerja pada masing-masing balok (balok bekerja sendiri-sendiri)
- B. Tegangan geser ( $\tau$ ) pada balok yang disatukan dengan pasak kayu (balok bekerja dalam satu kesatuan/bersama-sama)

- Cara menentukan letak/posisi alat sambung pasak kayu sebagai berikut

Gaya geser mendatar yang ditahan oleh pasak kayu sepanjang  $\frac{1}{2} l$



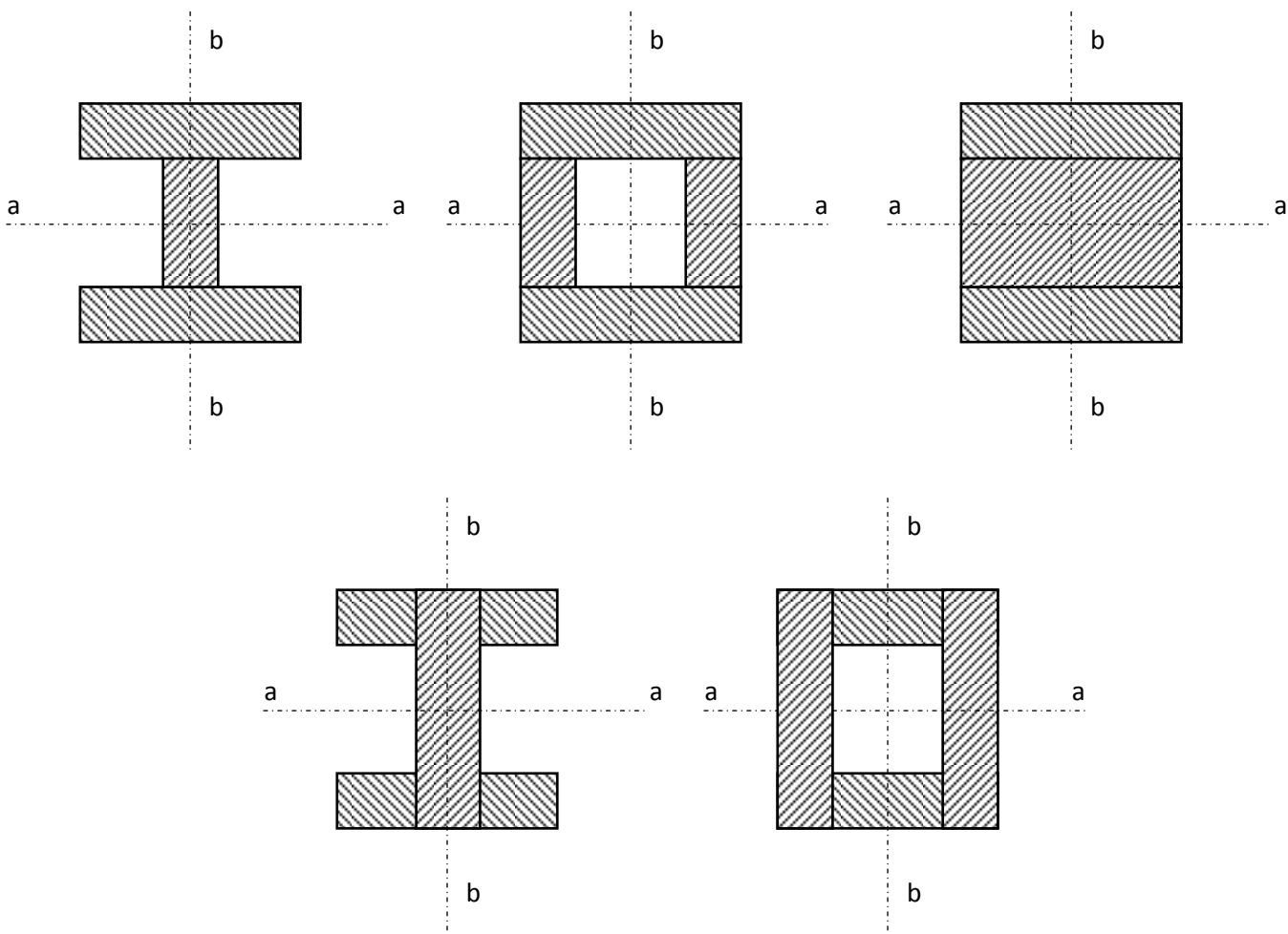
3. Balok tersusun dengan paku

Dua balok atau lebih yang disusun sedemikian rupa sehingga balok menjadi satu kesatuan dalam menerima beban luar. Balok susun ini diharapkan stabil dalam tegangan maupun lenturan atau :

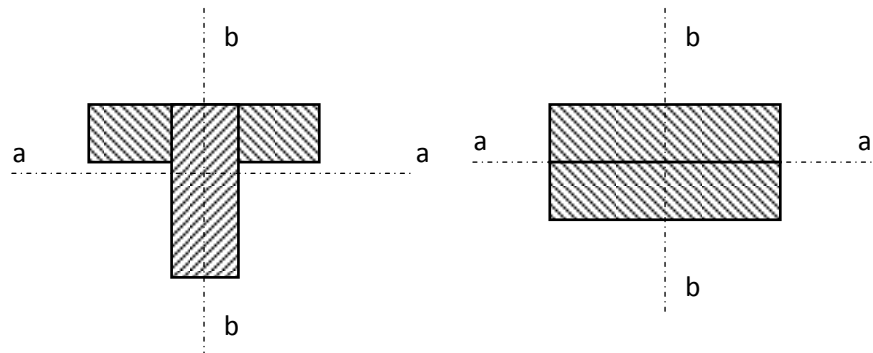
$$f_{\max} \leq \bar{f} \rightarrow f = \text{lenturan}$$

$$\tau_{\max} \leq \bar{\tau} \rightarrow \tau = \text{tegangan geser}$$

Type-type penampang balok tersusun sebagai berikut :







Catatan :

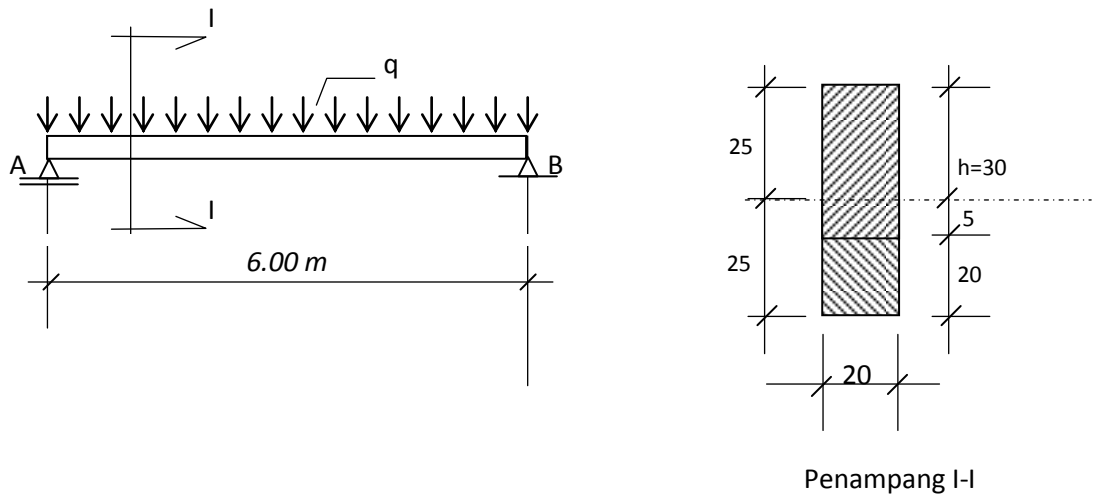
Sumbu : a-a = sumbu bebas bahan

Sumbu : b-b = sumbu bahan

- Langkah-langkah dalam perhitungan :
  - Mencari besarnya momen Inersia
  - Menentukan besarnya angka/nilai reduksi dari I
  - Mencari besarnya momen tahanan w
  - Mencari momen maksimum (lapangan)
  - Menentukan besarnya,  $D_{mx}$  dan  $S_{max}$  (gaya lintang dan statis momen)
  - Menentukan besarnya  $f_{max} \leq \bar{f}$
  - Menentukan besarnya  $\tau_{max} \leq \bar{\tau}$

Contoh Perhitungan :

1. Diketahui : Lihat gambar



- Balok kayu : (terlindung)

$$\bar{\sigma}_{lt} = 105 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_{tk //} = 90 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\tau} = 12 \text{ kg/cm}^2$$

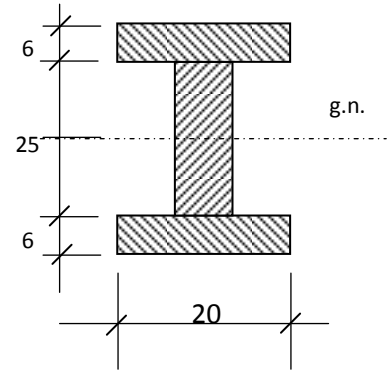
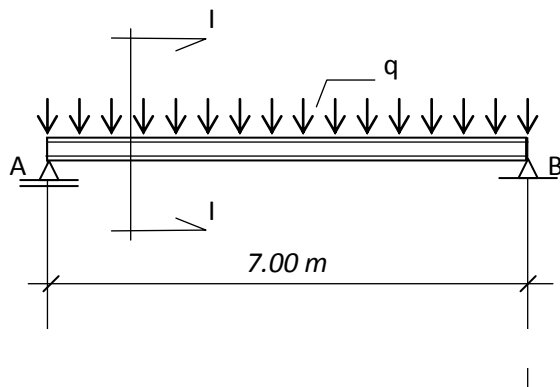
- Alat sambung :

Kokot Bulldog persegi 13x13 cm<sup>2</sup> dengan bout  $\varnothing 1''$

Diminta :

1. Menghitung besarnya beban merata q
2. Menghitung jumlah kokot Bulldog dan gambar penempatannya

2. Diketahui : lihat gambar



Penampang I-I

- Balok Kayu : (terlindungi)

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

$$\bar{\sigma}_{tk //} = 150 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\tau} = 12 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 100 \cdot 10^3 \text{ kg/cm}^2$$

Alat sambung :Paku

Diminta :

1. Menghitung besarnya beban merata  $q$
2. Menghitung jumlah paku ( $n$ ) beserta gambar posisi penempatannya

## KUNCI JAWABAN

Soal No. 1

Penyelesaian :

1. Mencari besarnya beban  $q = \dots$  kg/cm

$$\begin{aligned} W_n &= 0,9 W_{br} = 0,9 \frac{1}{6} b \cdot h^2 \\ &= 0,9 \frac{1}{6} 20 \cdot 50^2 \\ &= 7500 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= \frac{1}{8} q l^2 \rightarrow \text{Lihat materi kuliah Mekanika Teknik} \\ &= \frac{1}{8} q 600^2 \\ &= \frac{360000}{8} q \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\sigma_{lt}}{E} &= \frac{M_{\max}}{W_n} \rightarrow 105 = \frac{\frac{360000}{8} \cdot q}{7500} \\ 105 &= \frac{\frac{36}{8} \cdot q \cdot 10000}{7500} \\ 105 &= 6 \cdot q \\ q &= \frac{105}{6} = 17,50 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau_{\max} &= \frac{3}{2} \frac{D}{b \cdot h} \rightarrow D = \frac{1}{2} q l \\ &= \frac{1}{2} \cdot 17,50 \cdot 600 \\ &= 5250 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\tau_{\max} = \frac{3}{2} \frac{5250}{20 \cdot 50} = 7,88 \text{ kg/cm}^2 < 12 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{Ok!}$$

2. Menghitung jumlah kokot bulldog  $n = \dots$  Buah

3. Tegangan geser ( $\tau$ ) pada garis netral g.n antara kedua balok

$$\tau = \frac{D \cdot S}{b \cdot I} \rightarrow I \text{ dan } S \text{ dihitung tan pa faktor reduksi}$$

$$I = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} 20 \cdot 50^3 = 208333,3 \text{ cm}^4$$

$$S = b \cdot h \cdot e = 20 \cdot 20 \cdot 15 = 6000 \text{ cm}^3$$

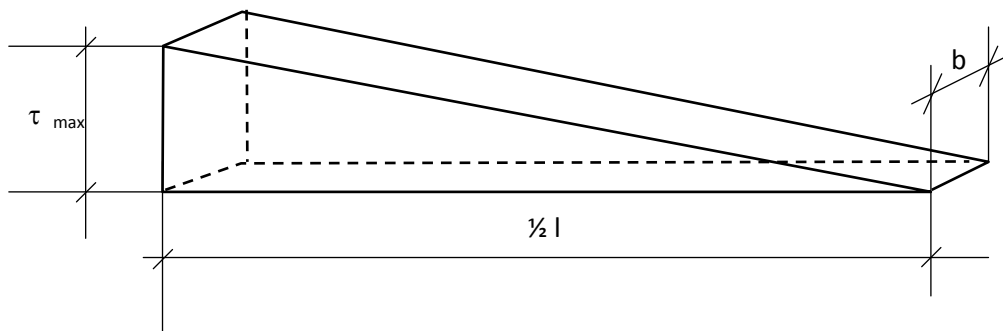
$$D = \frac{1}{2} q l = \frac{1}{2} \cdot 17,50 \cdot 600 = 5250 \text{ kg}$$

$$\tau = \frac{3}{2} \frac{D}{b \cdot h} \rightarrow D = \frac{1}{2} q l$$

$$= \frac{3}{2} \frac{5250 \cdot 6000}{20 \cdot 208333,30} = 7,56 \text{ kg/cm}^2 < 12 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{Ok!}$$

Untuk bentang 1/2 l, besarnya gaya geser (L) mendatar yang harus didukung oleh kokot Bulldog adalah :

$$\begin{aligned} L &= \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} L \cdot \tau \cdot m_{zx} \cdot b \\ &= \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot 600 \cdot 7,56 \cdot 20 \\ &= 22,680 \text{ kg} \end{aligned}$$



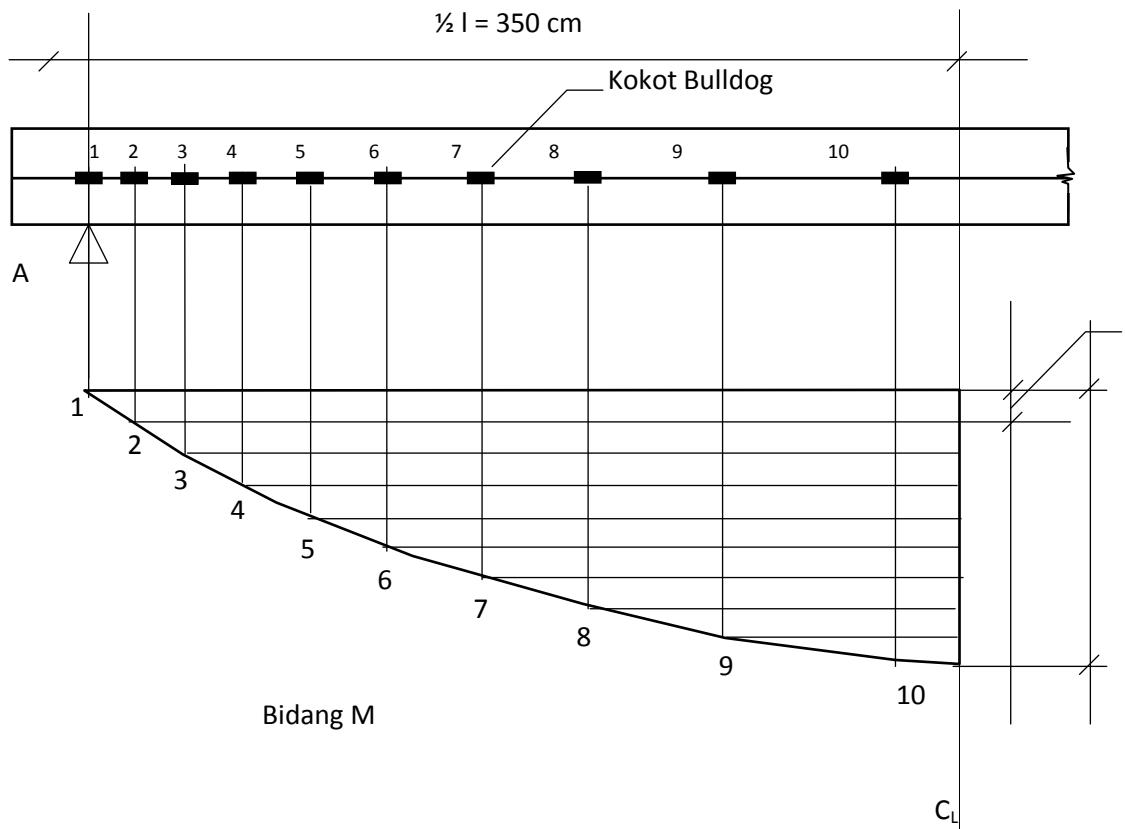
- Digunakan kokot bulldog persegi 13x13 cm<sup>2</sup> dengan bout  $\varnothing$  1" dapat mendukung gaya sebesar 2 ton (tabel)
- Sebuah kokot bulldog dapat mendukung gaya sebesar

$$P = \frac{6}{5} \cdot 2000 \text{ kg} = 2400 \text{ kg}$$

- Kebutuhan kokot bulldog :

$$P = \frac{L}{P} = \frac{22680}{2400} \cdot 1 \text{ bh} = 9,45 \rightarrow 10 \text{ buah}$$

- Pengaturan penempatan kokot Bulldog



## KUNCI JAWABAN

Soal No. 2

Penyelesaian :

- Mencari besarnya momen Inersia  $I = \dots \text{ cm}^4$

$$I_t = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} 6 \cdot 20^3 = 4000 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned} 2 \frac{1}{12} h b^3 &= 2 \cdot \frac{1}{12} 20 \cdot 6^3 = 720 \text{ cm}^4 \\ &= 2 \cdot 20 \cdot 13^2 = 40560 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$I_t = 45280 \text{ cm}^4$$

$$I = 0,8 I_t = 0,8 \cdot 45280 = 36224 \text{ cm}^4$$

$$W = \frac{I}{y} = \frac{36224}{16} = 2264 \text{ cm}^3$$

4. Mencari besarnya beban  $q = \dots \text{ kg/cm}$

$$\begin{aligned} W_n &= 0,9 W_{br} = 0,9 \frac{1}{6} b \cdot h^2 \\ &= 0,9 \frac{1}{6} 20 \cdot 50^2 \\ &= 7500 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= \frac{1}{8} q l^2 \\ &= \frac{1}{8} q 7^2 \\ &= 6,125 q \text{ Kgm} = 612,50 q \text{ Kgcm} \end{aligned}$$

$$\sigma_{lt} = \frac{M \max}{W} \leq \bar{\sigma}_{lt} \rightarrow \sigma_{lt} \leq \bar{\sigma}_{lt}$$

$$\frac{612,50 \cdot q}{2264} \leq 100 \rightarrow q = \frac{2264 \cdot 100}{612,50} = 369,63 \text{ kg/cm}$$

agar  $\sigma_{lt} \leq \bar{\sigma}_{lt}$  :

$$f \max = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot l^4}{E \cdot I} \leq \frac{1}{300} l$$

$$f \max = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot 700^4}{10^5 \cdot 36224} \leq \frac{1}{300} 700 = 2,333$$

$$q \leq 2,703 \text{ kg/cm} \rightarrow \text{untuk memenuhi } f \max \frac{1}{300} l$$

$$\begin{aligned} \tau \max &= \frac{3}{2} \frac{D}{b \cdot h} \rightarrow D = \frac{1}{2} q l \\ &= \frac{1}{2} \cdot 17,50 \cdot 600 \\ &= 5250 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\tau \max = \frac{3}{2} \frac{5250}{20 \cdot 50} = 7,88 \text{ kg/cm}^2 < 12 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{Ok!}$$

Jadi yang menentukan :  $q_{\max} = 270 \text{ kg/m}$

- Kontrol tegangan geser maksimum  $\tau_{\max} = \dots \text{ kg/cm}^2$

$$\tau_{// \max} = \frac{D \max \cdot S \max}{b \cdot I t}$$

$$\begin{aligned} D \max &= \frac{1}{2} q \cdot l \\ &= 3,50 \cdot 270 = 945 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$S \max = 20 \cdot 6 \cdot 3 + 10 \cdot 6 \cdot 5 = 1860 \text{ cm}^3$$

$$\tau_{// \max} = \frac{945 \cdot 1860^3}{6 \cdot 45280} = 6,47 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\tau}_{//} = 12 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{ok!}$$

2) Mencari jumlah paku  $n = \dots$  Buah

Digunakan paku  $\varnothing 4 \frac{1}{2}''$  BWG.6  $\rightarrow$  lihat tabel PKKI



Panjang paku :  $2,5 \cdot b = 2,5 \times 6 = 15 \text{ cm}$

Dari tabel panjang paku minimum = 11,4 cm (digunakan) diameter paku  $\rightarrow d = 5,15 \text{ mm}$

Karena tebal  $b = 6 \text{ cm} > 7 \cdot d$ , maka kekuatan paku perlu dihitung

Kekuatan paku :

$$\begin{aligned}\bar{S} &= 3,5 d^2 \cdot \bar{\sigma} \text{ tk //} \\ &= 3,5 \cdot 0,515^2 \cdot 150 \\ &= 139,24 \text{ kg}\end{aligned}$$

Perhitungan jumlah paku :

$$TA = \frac{D \cdot S}{It}$$

$$DA = -DB = 0,5 \cdot q \cdot l$$

$$DA = -DB = 3,5 \cdot 270 = 945 \text{ kg}$$

$$S = b \cdot h \cdot e$$

$$= 20 \cdot 6 \cdot 13$$

$$= 1560 \text{ cm}^3$$

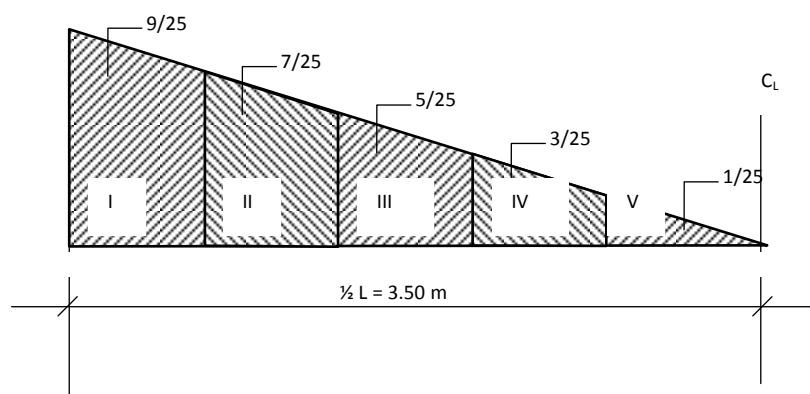
$$TA = \frac{945 \cdot 1560}{45280} = 32,56 \text{ kg/cm}$$

$$L = \frac{32,56}{2} \cdot 350 = 5698 \text{ kg}$$

$$\text{Jadi jumlah paku : } n = \frac{L}{S} = \frac{5698}{139,24} = 40,92 \rightarrow 41 \text{ buah } (4 \frac{1}{2} \text{ BWG.6})$$

Penempatan paku :

Panjang balok (l) dibagi menjadi 10 bagian atau  $l/21 = 5$  bagian



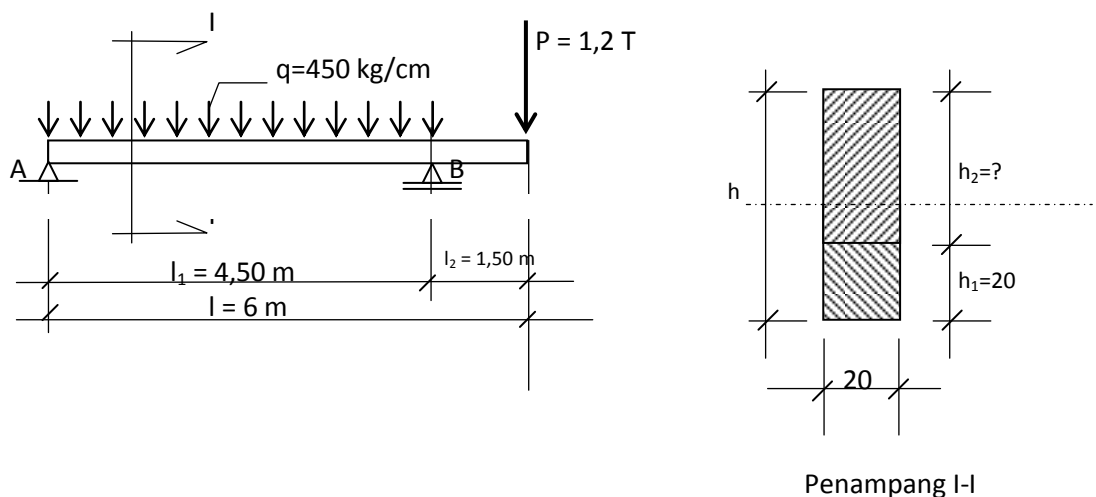
Bagian I	= $9/25 \cdot 41$	= 15 Paku
Bagian II	= $7/25 \cdot 41$	= 11 Paku
Bagian III	= $5/25 \cdot 41$	= 8 Paku
Bagian IV	= $3/25 \cdot 41$	= 5 Paku
Bagian V	= $1/25 \cdot 41$	= 2 Paku
Total		= 41 paku

### TES FORMATIF

1. Jelaskan apa yang terjadi bila balok ytersusun ( dua balok) tidak menggunakan alat penyambung
2. Jelaskan dan gambar cara-cara menyusun balok yang menrima beban lentuer
3. Jelaskan secara singkat langkah-langkah untuk menghitung jumlah alat sambung seperti, kokot bulldog, paku
4. Jelaskan langkah-langkah penggambaran penempatan alat sambung kokot Bulldog pada suatu balok tersusun

### 7. TUGAS TERSTRUKTUR

1. Diketahui : Lihat gambar



- Balok kayu

$$\bar{\sigma}_{lt} = 102 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_{tk //} = 88 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\tau} = 12 \text{ kg/cm}^2$$

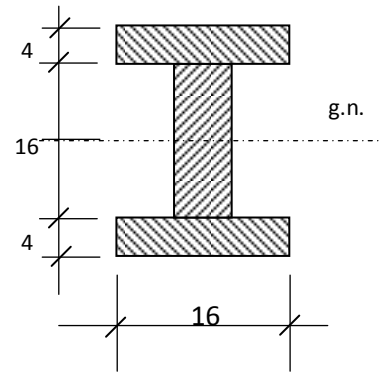
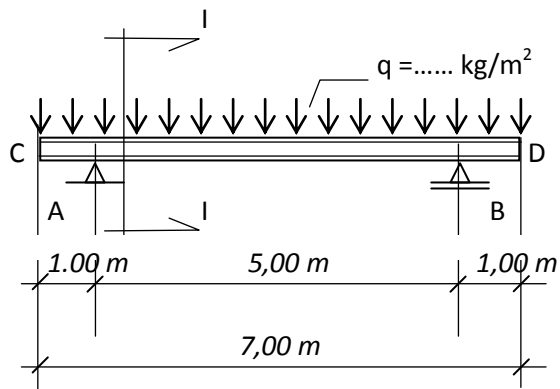
- Alat sambung :

Kokot Bulldog lonjong 3"x5" cm<sup>2</sup> dengan bout Ø1"

Diminta :

1. Menghitung dimensi balok atas (b,h<sub>2</sub>) .....cm
2. Menghitung jumlah kokot Bulldog dan gambar penempatannya

2. Diketahui : Lihat gambar



Penampang I-I

- Balok kayu : (terlindungi)

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

$$\bar{\sigma}_{tk //} = 140 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\tau} = 12 \text{ kg/cm}^2$$

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

Alat sambung : paku

Diminta :

1. Menghitung besarnya beban merata  $q = \dots\dots$  kg/cm
2. Menghitung jumlah kebutuhan paku  $n = \dots\dots$  buah
3. Gambarlah posisi penempatan paku BAB V

## 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 perkayuan*, Yayasan Kanisius, Yogyakarta, 1974.
- Susilohadi, *Struktur kayu*, Teknik Sipil, Universitas Jenderal Ahmad Yani, Bandung.
- Soediby, *Konstruksi Kayu*, Teknik Sipil Universitas Winaya Mukti, Bandung