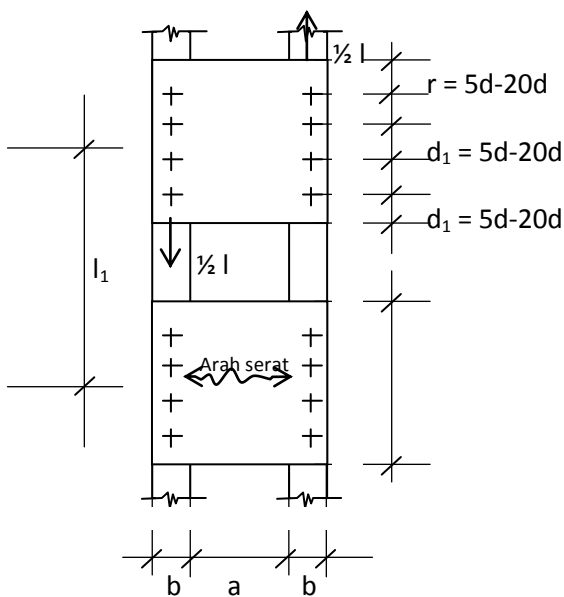


BATANG GANDA DENGAN PLAT KOPEL

2.1 Batasan-batasan

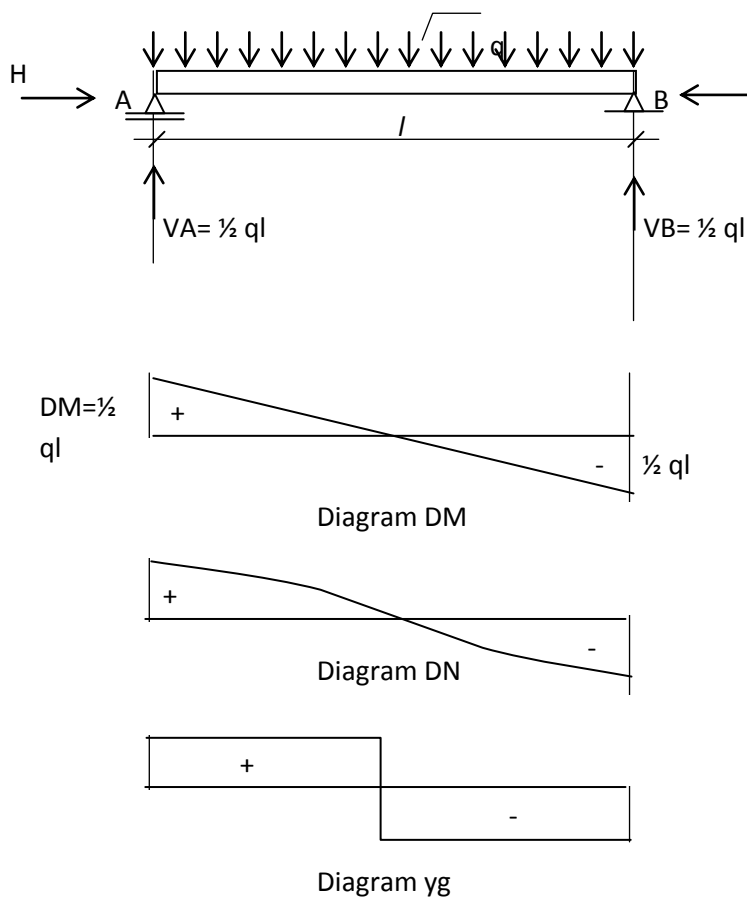
- Pelat kopel digunakan jika jarak kosong "a" sebagai berikut : $3b \leq a \leq 6b$
- Plat kopel dipasang pada jarak yang satu sama lain sebesar L_1 . Pemasangannya harus setangkup (simetris) atas dan bawah, atau berpasangan, jadi tidak boleh digeser satu sama lain
- Arah serat plat kopel dipasang tegak lurus terhadap sumbu batang ganda
- Alat penghubung yang digunakan hanya diperbolehkan paku dan dipasang minimal 4 buah paku tiap masing-masing batang ganda untuk sebuah plat kopel. Paku bekerja dalam keadaan satu irisan.
- Plat kopel dipelajari dalam kuliah ini hanya untuk batang ganda yang terdiri dari 2 bagian.

Untuk penjelasan, perhatikan gambar berikut ini.



Keterangan :

1. Lebar pelat kopel minimal $c = 40d$
2. $r \rightarrow$ ujung dibebani tapi tidak ada kemungkinan lepasnya ujung-ujung karena gaya tegak lurus plat kopel
3. $d \rightarrow d \perp$ plat kopel $5d - 20d$
 $d //$ batang ganda = $10d - 40d$



Keterangan :

Arah DM \perp sumbu x-x penampang

Arah DN \perp sumbu y-y penampang

DM = gaya lintang akibat momen lentur

DN = gaya lintang semu akibat gaya normal tekan

Gaya yang bekerja dan tegangan

Kita perhatikan dulu gaya yang bekerja pada plat kopel akibat gaya normal P , yang merupakan gaya tekan.

Seperti pada jenis perkuatan dengan klos, plat kopel dipasang apabila arah DN tegak lurus sumbu penampang Y-Y.

DN adalah gaya geser tekuk, dan identik pada perhitungan klos.

$$DN = \frac{\omega w}{60} P \rightarrow \text{untuk } \lambda w \geq 60$$

$$DN = \frac{\omega w}{60} P \left(\frac{\lambda w}{60} \right) \rightarrow \text{untuk } \lambda w < 60$$

Gaya geser pelat kopel L dihitung berdasarkan tegangan geser tekuk :

$$\tau = \frac{DN \cdot Sy}{(2t)Iy}$$

gaya geser persatuan panjang :

$$ty = \tau(2t) = \frac{DN \cdot Sy}{Iy}$$

gaya geser plat kopel :

$$L = ty \cdot l1 = \frac{DN \cdot l1}{Iy / sy}$$

dimana :

$$\begin{aligned} \frac{Iy}{sy} &= \frac{2 \left[\frac{1}{12} b^3 h + bh e1^2 \right]}{bh e1} \\ &= 2e1 + \frac{b^2}{6 e1} \end{aligned}$$

harga : $\frac{b^2}{6 e1}$, umumnya sangat kecil, praktis dapat diabaikan

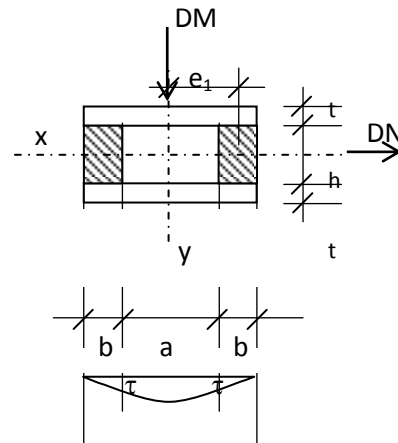
$$\text{jadi : } \frac{Iy}{Sy} \approx 2 \cdot e1 = a + b$$

Gaya geser pelat kopel "praktis" :

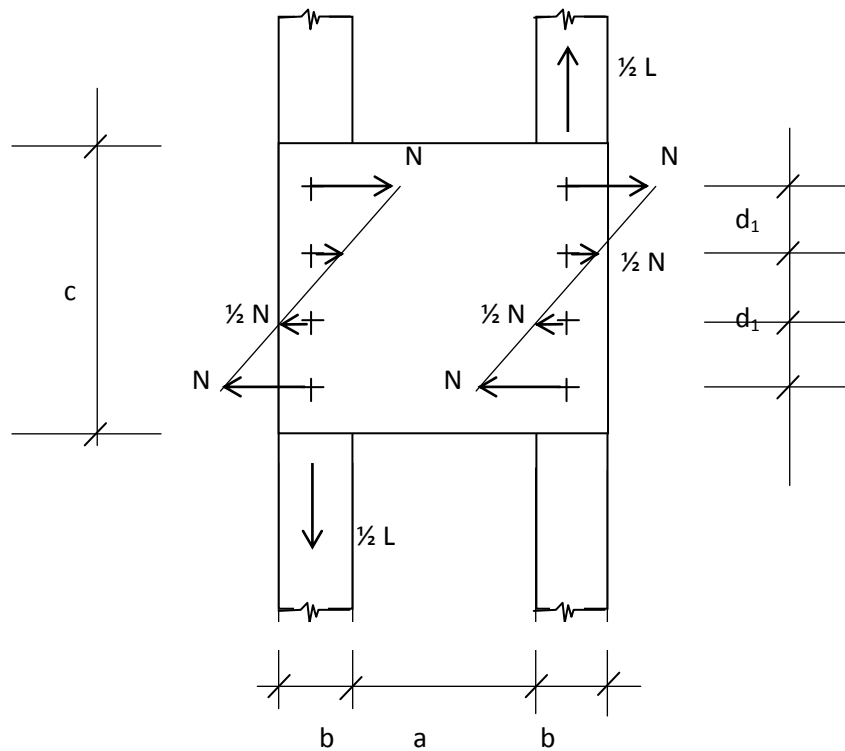
$$L_{\text{praktis}} = \frac{DN \cdot l1}{(a + b)}$$

Akibat bekerjanya gaya L, maka timbul gaya-gaya N yang harus dipikul paku-paku menurut diagram (lihat gambar).

Kita perhatikan sebuah plat kopel, misalnya plat kopel atas.



$$\begin{aligned} \frac{1}{2}L(2e1) &= 2\left[N \cdot 3d1 + \frac{1}{3}N \cdot d1\right] \\ &= 6\frac{2}{3}N d1 \\ N &= \frac{L \cdot e1}{6\frac{2}{3} d1} \rightarrow \text{dalam kg} \end{aligned}$$



Paku terberat memikul :

$$R = \sqrt{\left(\frac{1}{8}L\right)^2 + N^2} \leq M1$$

Jika tidak terpenuhi, maka :

diameter paku diperbesar

jumlah paku ditambah

jumlah pelat kopel ditambah (medan ditambah)

jarak $d1$, diperbesar

Tegeangan geser yang harus dipikul plat kopel :

$$\tau_{\max} = \frac{3}{2} \frac{\frac{1}{2} L}{C \cdot t} \leq \bar{\tau} // \text{ pelat kopel}$$

Jika tidak terpenuhi, maka :

C diperbesar

t dipertebal

L diperkecil

Momen lentur yang harus dipikul oleh plat kopel :

$$M_{1-1} = N \cdot 3d_1 + \frac{1}{3} N \cdot d_1 = \frac{1}{2} L \cdot e_1 = \frac{1}{4} L(a + b)$$

$$\sigma = \frac{M_{1-1}}{\frac{1}{6} t (80\% \cdot c)^2} \leq \bar{\sigma} // \text{ pelat kopel}$$

Jika tidak terpenuhi, maka :

M diperkecil

T dipertebal

C diperbesar

Dimensionering pelat Kopel

- 1) Ukuran lebar plat kopel (lebar papan) dihitung *berdasarkan jumlah paku* yang diperlukan dalam jarak-jarak pemasangan paku. Jika dipasang minimal sudah memadai, berarti 4 buah paku perbatang ganda untuk satu plat kopel, maka lebar plat kopel :

$$c \geq (3 \cdot d_1 + 2 \cdot r) \text{ atau}$$

$$c \geq 40d$$

dimana : d = diameter paku

- 2) Ukuran tebal plat kopel (tebal papan) dihitung *berdasarkan tegangan geser* ;

$$\tau_{\max} = \frac{3}{2} \frac{\frac{1}{2} L}{C \cdot t} \leq \bar{\tau} // \text{ pelat kopel}$$

Jika tidak terpenuhi, maka :

C diperbesar

t dipertebal

L diperkecil

3) Berdasarkan harga c dan t, kontrol kekuatan lentur plat kopel terhadap :

$$M_{1-1} = \frac{1}{2} L \cdot e1$$

$$\sigma = \frac{M_{1-1}}{\frac{1}{6} t (80\% \cdot c)^2} \leq \bar{\sigma} \text{ plat kopel}$$

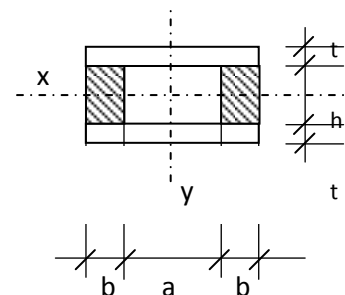
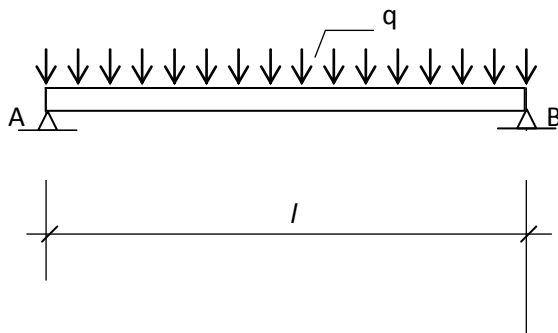
Kalau tidak terpenuhi, maka :

- cek efek yang paling menentukan dari harga-harga di atas, kemudian diperbesar
- Jika masih tidak memenuhi ; perlu ditinjau kemungkinan medan ditambah, dengan memperhatikan tempat untuk pemasangannya

4) Kontrol kekuatan paku yang terberat (misalnya untuk 4 buah paku)

$$R = \sqrt{\left(\frac{1}{8} L\right)^2 + N^2} \leq N1$$

Contoh Perhitungan



Diketahui :

Balok AB seperti tergambar

$L = 4,50 \text{ m}$

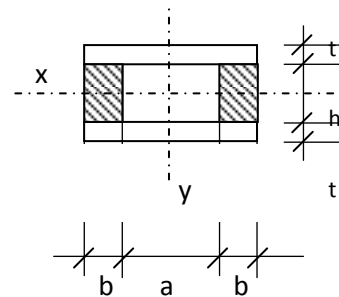
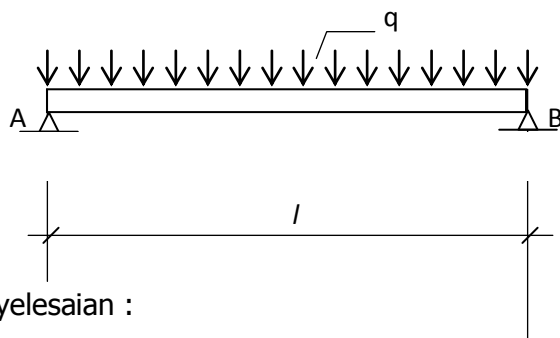
$b = 6 \text{ cm}$

$h = 18 \text{ cm}$

$N = 923 \text{ kg}$

Kayu kelas kuat II mutu kayu A

Rencanakan pelat-kopel tersebut !



Penyelesaian :

1. Mencari angka kelangsingan

$$\lambda_x = \frac{l}{i_{\min}} = \frac{450}{0,289 (19)} = 86,5$$

kemungkinan tekuk terjadi terhadap sumbu x-x, jika $\lambda_x > \lambda_w$

$$\lambda_w = \sqrt{\lambda_y^2 + f \cdot \frac{m}{2} \cdot \lambda_1^2}$$

$$\begin{aligned} i_y &= \sqrt{\frac{I_y}{F}} = \sqrt{\frac{1}{12} b^2 \frac{1}{4} (a+b)^2} \\ &= \sqrt{\frac{1}{12} 6^2 \frac{1}{4} (18+6)^2} = 12,12 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\lambda_y = \frac{450}{12,12} = 37,12$$

slip factor f untuk alat penyambung paku dan penghubung pelat kopel

$f = 450$

$m = 2$ bagian

$$\lambda_1 = \frac{l_1}{i_1} = \frac{\frac{1}{n} l_y}{0,289 \cdot b} = \frac{450}{0,289 \cdot b \cdot n} = \frac{259,5156}{n}$$

$$\lambda_w < \lambda_x$$

$$\sqrt{(37,12)^2 + 4,50 \left(\frac{2}{2}\right) \lambda_1^2} < 86,50$$

$$\lambda_1^2 < \frac{(86,5)^2 - (37,12)^2}{4,50} = 1356,60$$

$$\left(\frac{259,5156}{n}\right)^2 < 1356,60$$

$$n > 7,05 \rightarrow \text{Coba dengan } n=8$$

$$l_1 = \frac{450}{8} = 56,25 \text{ cm}$$

$$\text{Syarat : } 30 \leq \lambda_1 \leq 60$$

$$\lambda_1 = \frac{259,5156}{8} = 32,44 \rightarrow \text{ok!}$$

$$\lambda_w = \sqrt{(37,12)^2 + 4,50(32,44)^2} = 78,20$$

$$\lambda_w = 78,20 < \lambda_x = 86,5 \rightarrow \text{ok!}$$

$$\omega_w = 2,136$$

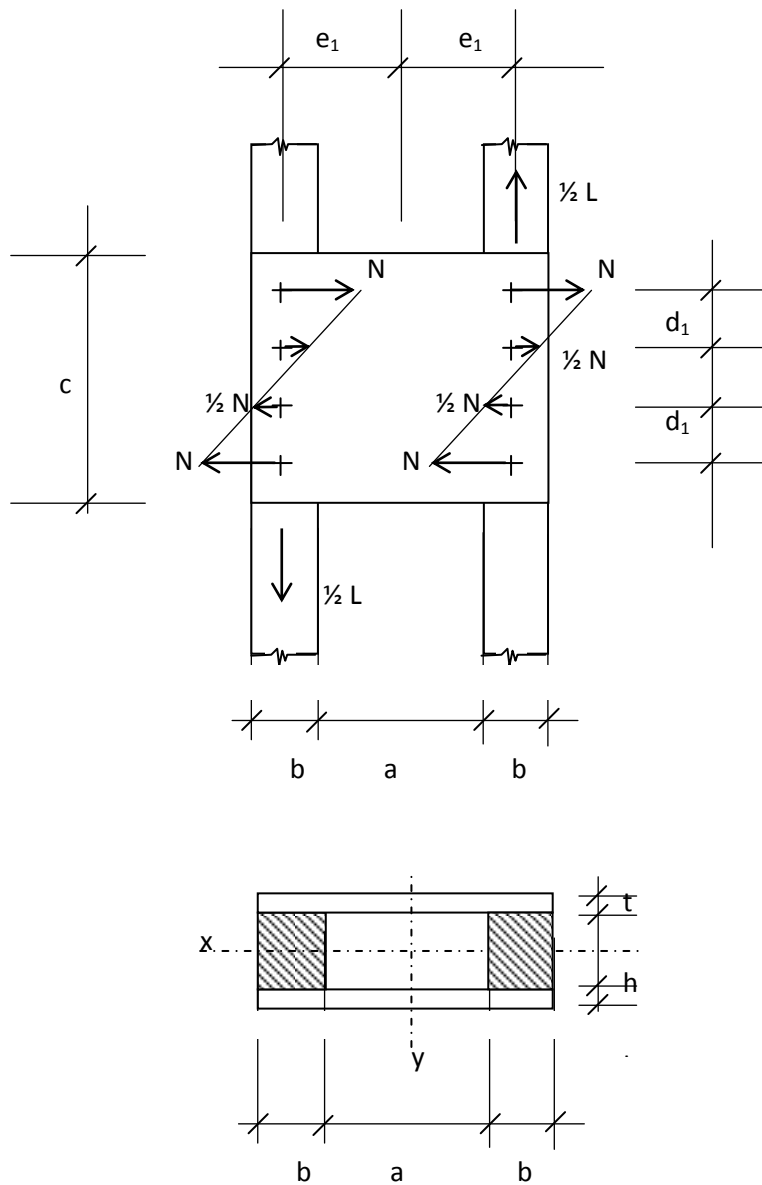
2. Mencari gaya geser pelat kopel

$$L = t \cdot l_1 = \frac{DN \cdot S_y}{I_y} \cdot l_1 = \frac{DN \cdot l_1}{I_y / S_y} \approx \frac{DN \cdot l_1}{(a+b)}$$

$$DN = \frac{\omega_w}{60} N = \frac{2,136}{60} (923) = 32,90 \text{ kg}$$

$$L = \frac{DN \cdot l_1}{(a+b)} = \frac{32,90 \cdot 56,25}{(18+6)} = 77,08 \text{ kg}$$

3. Mencari lebar pelat kopel (lebar papan)



Kita coba dengan jumlah paku minimal yaitu : 4 buah

$$C \geq 3d_1 + 2r$$

$$\left. \begin{array}{l} 10d \leq d_1 \leq 20d \\ 5d \leq r \leq 20d \end{array} \right\} c \geq 40d$$

paku terkecil : 22x45

$$c \geq 40 (2,2) \text{ mm} = 88 \text{ mm}$$

$$\geq 8,80 \text{ cm}$$

4. Mencari tebal pelat kopel

$$\tau_{\max} = \frac{3}{2} \frac{\frac{1}{2} L}{C \cdot t} \leq \bar{\tau} // = 12 \text{ kg/cm}^2$$

$$c \cdot t \geq \frac{\frac{3}{4} 77,08}{412} = 4,82 \text{ cm}$$

jika dihitung berdasarkan $C_{\min} = 8,8 \text{ cm}$

$$t \geq \frac{4,82^2}{8,8} = 0,55 \text{ cm}$$

jika dihitung berdasarkan jarak paku dan paku minimal :

$$d \leq \frac{1}{7} t$$

$$t \geq 7d = 1,54 \text{ cm}$$

5. Kontrol penempatan paku

Coba tebal plat kopel $t = 2 \text{ cm}$

$$d \leq \frac{1}{7} t = \frac{20}{7} = 2,85 \text{ mm}$$

Coba paku 86×65

Syarat penetrasi : $s \geq 12 d = 3,36 \text{ cm}$

Sada = $65 - 20 = 45 \text{ mm} = 4,50 \text{ cm}$

Sada = $4,50 \text{ cm} > s = 3,36 \text{ cm} \rightarrow \text{ok !}$

6. Kontrol kekuatan paku

Coba : $d_1 = 10d = 2,8 \text{ cm}$

Ambil saja $d_1 = 3 \text{ cm}$

$$e_1 = \frac{1}{2} (a + b) = \frac{1}{2} (8 + 6) = 12 \text{ cm}$$

Cari harga "N"

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}L \cdot 2 e1 &= 2 \left[N \cdot 3d1 + \frac{1}{3} N \cdot d1 \right] \\ &= \frac{20}{3} N d1 \\ N &= \frac{L e1}{6 \frac{2}{3} d1} = \frac{77,08 (12)}{6 \frac{2}{3} (3)} = 46,25 \text{ kg} \end{aligned}$$

paku yang terberat memikul :

$$R = \sqrt{\left(\frac{1}{8}L\right)^2 + N^2} = \sqrt{\left(\frac{77,08}{8}\right)^2 + (46,25)^2} = 47,24 \text{ kg}$$

kekuatan satu paku :

$$N1 = \frac{500d^2}{1+d} = \frac{500(0,28)^2}{1,28} = 30,625 \text{ kg}$$

$$R = 47,24 \text{ kg} > N1 = 30,625 \text{ kg} \text{ (paku tidak kuat)}$$

7. Dicoba dengan tebal plat kopel yang lain.

Ambil : $t = 3 \text{ cm}$

$$d \leq \frac{1}{7}t = 4,28 \text{ mm} \rightarrow \text{kayu tidak dibor dulu}$$

$$d \leq \frac{1}{6}t = 5 \text{ mm} \rightarrow \text{kayu dibor dulu}$$

Syarat penetrasi :

$$s \geq 12 d = 4,56 \text{ cm}$$

$$\text{Sada} = 10 - 3 = 7 \text{ cm} \rightarrow \text{ok !}$$

Kekuatan paku :

$$N1 = \frac{500d^2}{1+d} = 52,3 \text{ kg}$$

Ambil $d1 = 10d = 3,8 \text{ cm} \sim 4 \text{ cm}$

$e1 = 12 \text{ cm}$

$$N = \frac{L e1}{6 \frac{2}{3} d1} = \frac{77,08 (12)}{6 \frac{2}{3} (4)} = 34,69 \text{ kg}$$

Paku yang terberat memikul :

$$R = \sqrt{\left(\frac{1}{8}L\right)^2 + N^2} = 36 \text{ kg}$$

$$RT = 36 \text{ kg} < N1 = 52,30 \text{ kg} \rightarrow \text{ok!}$$

jadi paku : 38 x 100 → cukup kuat

Syarat lebar plat kopel :

$$C \geq 3d1 + 2r = 3,4 + 2,2$$

$$\geq 16 \text{ cm} < \frac{1}{2} l1 \rightarrow \text{ok}$$

8. Kekuatan lentur pelat kopel

$$\begin{aligned} M_{I+I} &= N(3d1) + \frac{1}{3} N(d1) = \frac{1}{2} L (e1) = \frac{1}{4} L (a + b) \\ &= \frac{77,08}{4} (18 + 6) = 462,48 \text{ kg cm} \end{aligned}$$

$$\sigma = \frac{M}{w} = \frac{462,48}{\frac{1}{6} (3) (0,80 \cdot 16)^2} = 5,64 \text{ kg/cm}^2$$

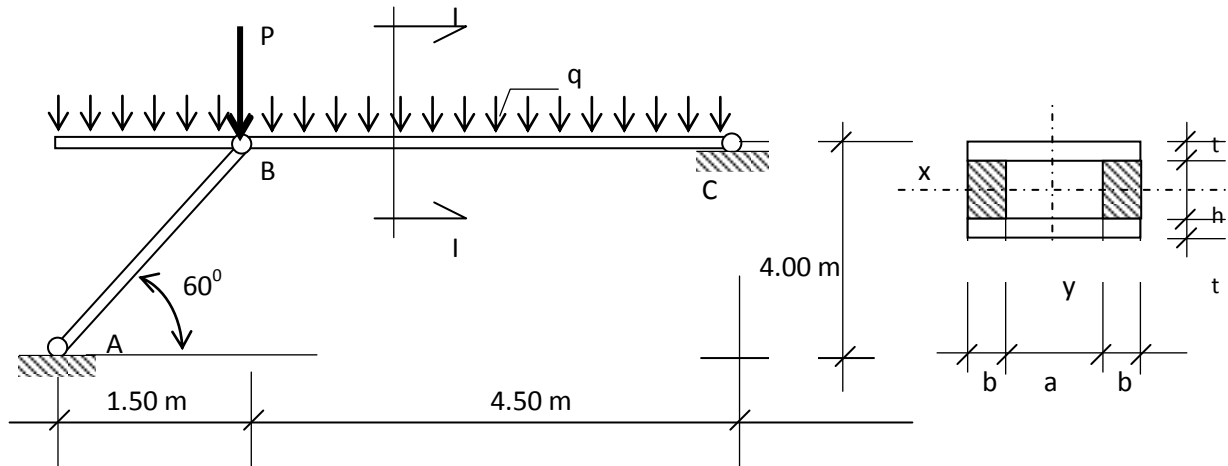
$$\sigma = 5,64 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_{lt} = 100 \text{ kg/cm}^2$$

jadi plat kopel cukup kuat

TES FORMATIF

1. Jelaskan fungsi dari batang ganda dengan pelat kopel
2. Jelaskan batasan-batasan yang dipergunakan dalam perhitungan batang ganda dengan pelat kopel
3. Jelaskan langkah-langkah perhitungan dalam mencari gaya yang bekerja pada pelat kopel
4. Jelaskan langkah-langkah perhitungan dalam mencari tegangan yang timbul pada pelat kopel
5. Jelaskan langkah-langkah perhitungan dalam mencari ukuran pelat kopel

5. TUGAS TERSTRUKTUR



Diketahui :

Struktur balok ABC ditahan oleh pendel dan sendi seperti gambar

Beban mati : $q = 250 \text{ kg/cm}^2$

Beban hidup : $P = 600 \text{ kg}$

Kayu kelas kuat II

Mutu kayu A

Ketentuan lain tentukan sendiri. Jarak kosong $a = 5b$

Pertanyaan:

1. Rencanakan dimensi batang ABC
2. Rencanakan dimensi pendel
3. Hitung pelat kopel pada balok ABC
4. Hitung dan gambar detail di B

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.
- Soedibyo, *Konstruksi Kayu*, Teknik Sipil Universitas Winaya Mukti, Bandung