

# BAB 2

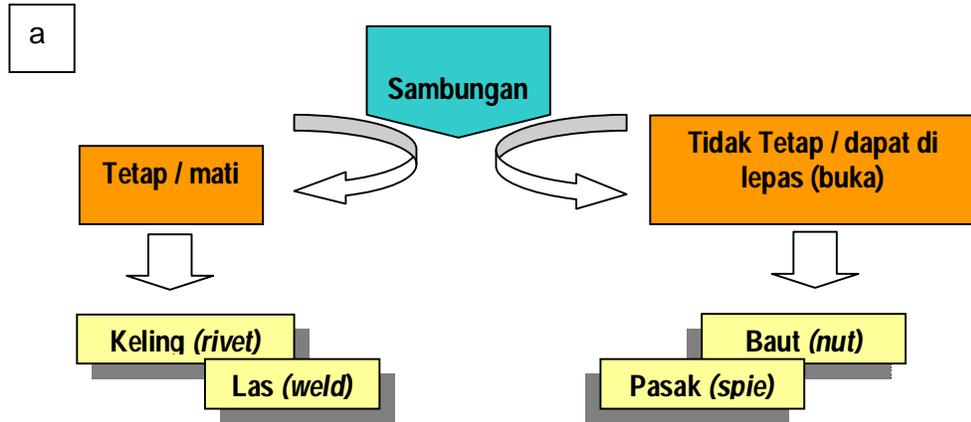


## **SAMBUNGAN (*JOINT*)**

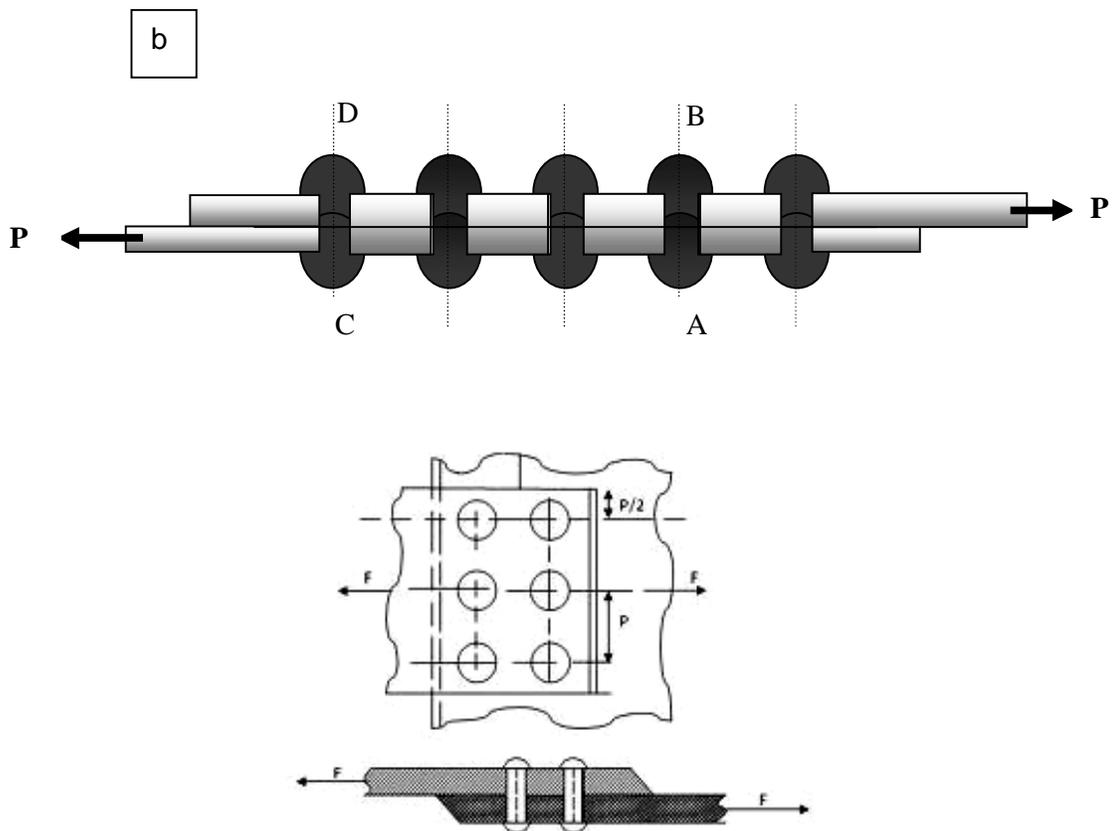
### **2.1. Sambungan Keling (*Rivet*)**

Pada umumnya mesin – mesin terdiri dari beberapa bagian yang disambung-sambung menjadi sebuah mesin yang utuh. Sambungan keling umumnya diterapkan pada jembatan-jembatan, bangunan, ketel, tangki, kapal dan pesawat terbang. Ada 2 kategori pada pembebanan sambungan keling :

- Beban Sentris
- Beban Eksentris



1. Beban Sentris (Centrist Load)



Gambar 2.1 (a). Jenis sambungan (b). Beban sentries pada sebuah sambungan keling

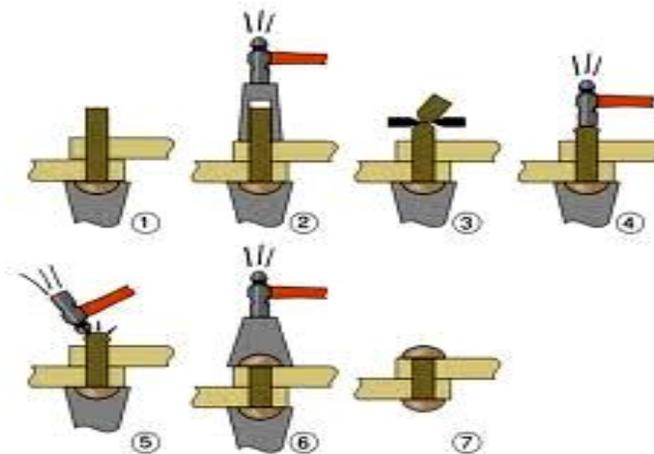
Dari gambar diatas, dua buah plat disambung dengan satu deret paku keling. Biasanya dalam perhitungan diasumsikan bahwa seluruh paku keling akan mendapat tegangan yang sama, ya atau tidak ..?

Yang sebenarnya terjadi, Plat dibagian B dan C akan mengalami perpanjangan yang besar, karena memikul hampir seluruh beban P. Plat dibagian A dan D mengalami perpanjangan yang kecil karena beban yang dipikul relatif kecil.

Karena mengalami perubahan panjang yang tidak sama : paku keling yang terletak diujung akan mendapat beban yang paling besar, paku keling berikutnya lebih kecil.

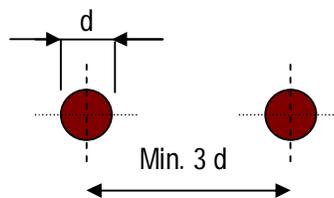
### 2.1.1. Pemasangan Paku Keling

Pada gambar 2.2 dibawah ini adalah proses pengerjaan pemasangan paku keling yang terdiri dari beberapa tahap.



Gambar 2.2 Proses pemasangan paku keling

- Tidak terlalu berdekatan atau berjauhan jaraknya.

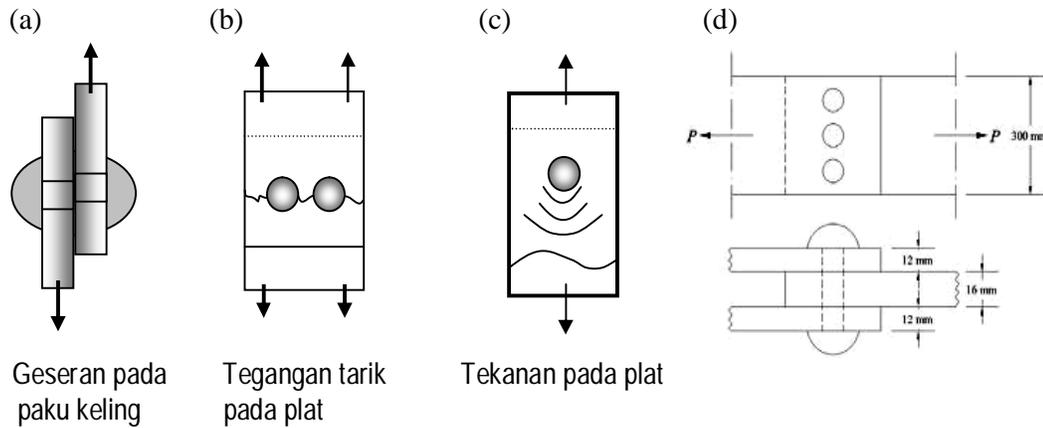


- Jika jarak antar paku yang terlalu besar dapat terjadi *buckling*. Jarak maksimum biasanya adalah 16 x tebal pelat.

- Jarak dan pusat paku keling dengan tepi pelat tidak boleh terlalu kecil, sebab dapat terjadi kegagalan.

### 2.1.2. Tegangan – tegangan pada Paku Keling

Kegagalan yang dapat terjadi pada sambungan keling diantaranya :



Karena sambungan keling banyak dipakai pada ketel dan tangki maka perlu diketahui tegangan yang terjadi pada silinder berdinding tipis yang mendapat tekanan dalam,

$$\left( \frac{\text{diameter}}{\text{dinding}} \right) > 10$$

Analisa tegangan pada silinder berdinding tipis :

Asumsi yang digunakan adalah bahwa distribusi tegangan sepanjang tebal dinding adalah sama dan merata.

Dari gambar (a).kesetimbangan gaya horizontal :

$$\int_0^{\pi} \ell p \sin \theta r d\theta = 2\sigma_t t \ell$$

→ tegangan

$$\ell p r \int_0^{\pi} \sin \theta d\theta = 2\sigma_t t \ell$$

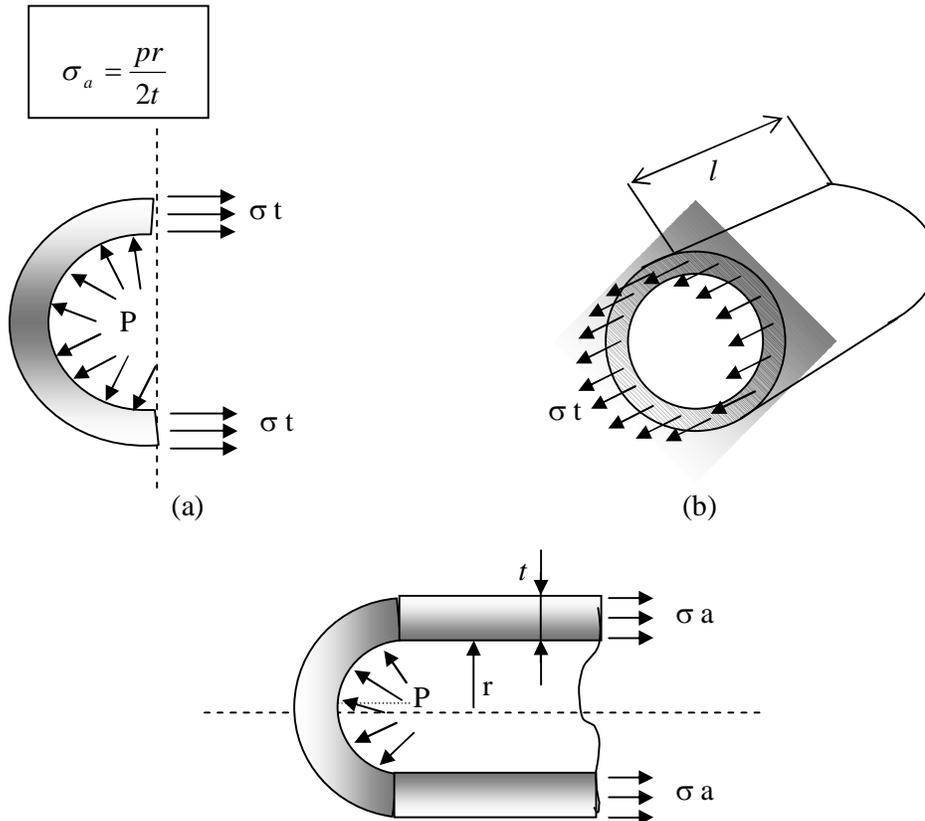
$$\ell p r (-\cos \theta)_0^{\pi} = 2\sigma_t t \ell$$

$$2 \ell p r = 2\sigma_t t \ell \rightarrow \sigma_t = \frac{pr}{t}$$

dalam arah longitudinal (aksial) : lihat gambar (c) :

$$\sigma_a t (\pi 2r) = \pi r^2 p \rightarrow \text{gaya yang bekerja pada tutup silinder}$$

↓  
gaya aksial



Gambar 2.3 Tegangan pada silinder berdinding tipis

### 2.1.3. Penggunaan Paku Keling

Paku keling / sambungan keling seperti halnya sambungan las dapat juga dipakai untuk :

- ☑ Sebagai sambungan *Kekuatan* dalam konstruksi baja dan konstruksi logam ringan (konstruksi bertingkat, konstruksi jembatan dan konstruksi pesawat terbang), pada umumnya dipakai juga pada konstruksi Mesin.
- ☑ Sebagai sambungan *Kedap* untuk tangki, cerobong asap plat, pipa penurunan dan pipa pelarian yang tidak memiliki tekanan.

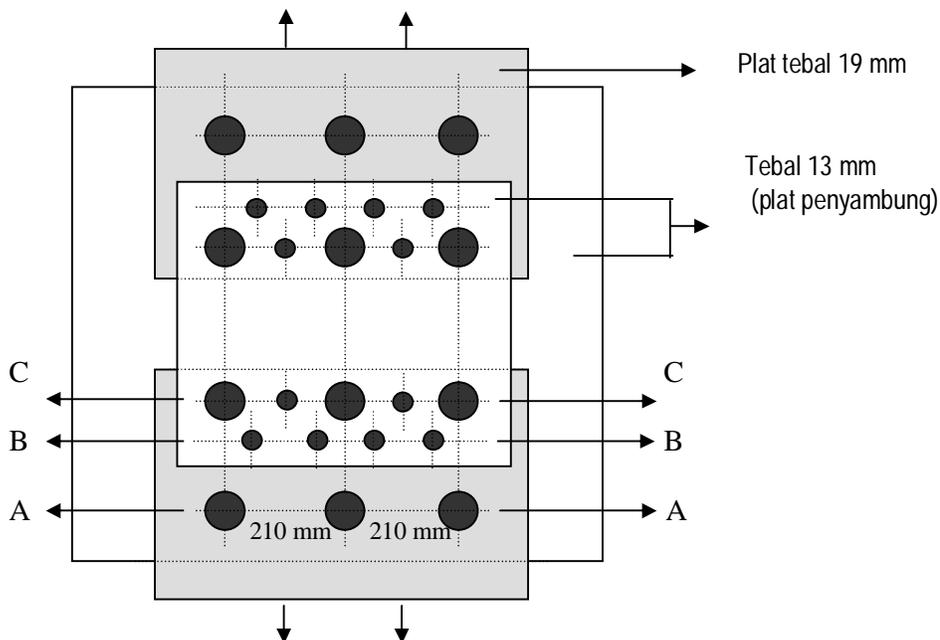
- ☑ Sebagai sambungan *Kekuatan Kedap* dalam konstruksi Ketel (ketel, tangki dan pipa dengan tekanan tinggi).
- ☑ Sebagai sanbungan *Paku* untuk kulit plat (konstruksi kendaraan dan pesawat udara).
- ☑ Sebagai pemasangan *Bahan Gesek* pada kopling dan rem (lapis rem).

Dalam banyak kasus, penggunaan paku keling atau sambungan keling dapat diganti dengan sambungan las, karena sambungan keling memerlukan waktu lebih lama, juga komponen las seringkali lebih sederhana sehingga lebih murah digunakan. Pada sisi lain sambungan keling terlihat lebih jauh lebih aman dan mudah untuk dilakukan pengontrolan yang baik (dibunyikan dengan pukulan).

Khususnya untuk sambungan logam ringan orang lebih suka menggunakan pengelingan, untuk menghindari penurunan kekuatan disebabkan tingginya suhu seperti karena pengelasan (pengaruh dari struktur pengelasan).

*Contoh Soal :*

Diketahui diameter paku keling = 31 mm



Buatlah perhitungan gaya yang menyebabkan terjadinya kegagalan-kegagalan yang mungkin terjadi. Hitung besarnya efisiensi sambungan jika sambungan ini digunakan pada tangki silindris berdiameter 1500 mm, dan tentukan besarnya tekanan dalam yang di izinkan.

Kekuatan bahan; (baja pelat)

$$\text{Tarik} : \sigma_{ut} = 380 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Tekan} : \sigma_{uc} = 650 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Kekuatan paku : Geser} : \tau = 300 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Faktor keamanan yang digunakan} = 5$$

*Penyelesaian :*

- (a). Tegangan tarik pada pelat di penampang A – A :

$$F = \frac{380}{5} (210 - 31 \text{ mm}) \times 19 \text{ mm}$$

$$F = 258476 \text{ N}$$

- (b). Geseran pada paku, terdapat 9 penampang yaitu 4 di B – B, 4 di C – C dan 1 di A – A.

Luas penampang yang mengalami tegangan geser :

$$A = \frac{\pi}{4} (31 \text{ mm})^2 = 754,77 \text{ mm}^2$$

$$F = \frac{300}{5} \times 9 \times 754,77$$

$$F = 407574,80 \text{ N}$$

- (c). Tekanan paku terhadap plat, di B–B dan C–C kegagalan terjadi pada plat Utama, di A–A terjadi pada plat penyambung. Luas permukaan yang mengalami tekanan adalah :

$$A = \underbrace{4 \times 31 \text{ mm} \times 19}_{\text{B-B dan C-C}} + \underbrace{31 \text{ mm} \times 13 \text{ mm}}_{\text{A - A}} = 2759 \text{ mm}^2$$

$$F = \frac{650}{5} \times 2759 = 358670 \text{ N}$$

- (d). Tegangan tarik di B – B dan geseran di A – A :

Luas penampang yang mengalami tegangan tarik ,

$$A = (210 \text{ mm} - 2 \times 31 \text{ mm}) \times 19 \text{ mm}$$

$$A = 2812 \text{ mm}^2$$

$$F = \frac{380}{5} (2812) + \frac{300}{5} (754,77)$$

$$F = 258998,2 \text{ N}$$

- (e). Tegangan tarik di B – B dan tekanan di A – A :

$$F = \frac{380}{5} (2812) + \frac{650}{5} (31 \text{ mm} \times 13 \text{ mm})$$

$$F = 266102 \text{ N}$$

- (f). Tekanan di B – B dan C – C dengan geseran di A – A :

$$F = \frac{650}{5} (4 \times 31 \text{ mm} \times 19 \text{ mm}) + \frac{300}{5} (754,77)$$

$$F = 351566,2 \text{ N}$$

- (g). Tegangan tarik pada plat yang tidak berlubang :

$$F = \frac{380}{5} (210 \text{ mm} \times 19 \text{ mm})$$

$$F = 303240 \text{ N}$$

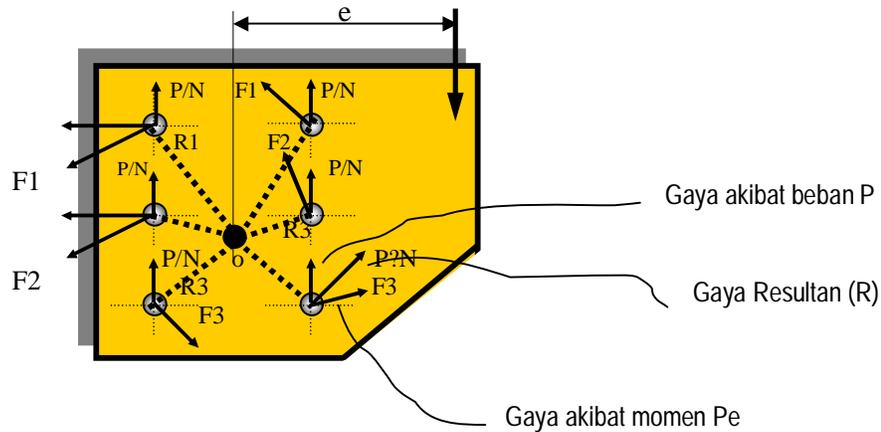
- (h). Efisiensi sambungan  $F = \frac{258476}{303240} = 85,24 \%$

- (i).  $F = r \ell$

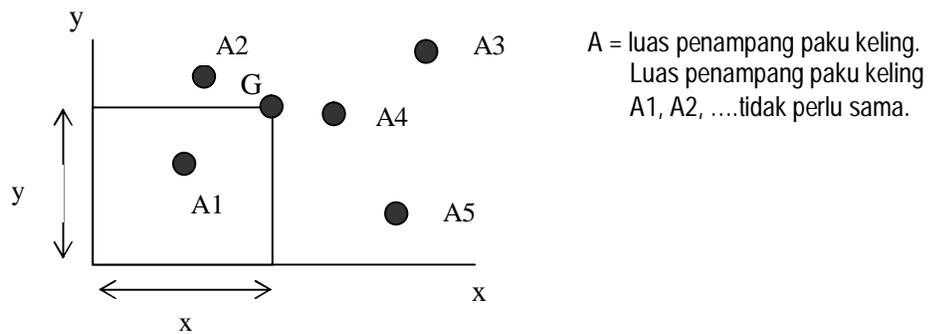
$$P = \frac{F}{r \ell} = \frac{258476}{(750)(210)} = 1,64 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

2. Beban Eksentris (*Eccentrics Load*)

Apabila beban yang bekerja pada sistem paku keling adalah eksentris maka harus diperhitungkan pula pengaruh teori atau momen yang terjadi. Misalkan suatu sambungan keling mendapat momen  $Pe$ . Titik O adalah titik berat dari sekelompok paku keling tersebut.



Menentukan titik berat (kesetimbangan) :



Maka lokasi G (titik berat) adalah ; .....(Shigley Jilid 1 Hal. 407)

$$\bar{x} = \frac{(x_1 \cdot A_1) + (x_2 \cdot A_2) + (x_3 \cdot A_3) + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots} \quad 1.1$$

$$\bar{y} = \frac{(y_1 \cdot A_1) + (y_2 \cdot A_2) + (y_3 \cdot A_3) + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots} \quad 1.2$$

Hubungan antara momen  $Pe$  dengan gaya-gaya  $F_1, F_2, \dots$

$$M = Pe = (F_1 \cdot r_1) + (F_1 \cdot r_1) + (F_2 \cdot r_2) + (F_2 \cdot r_2) + (F_3 \cdot r_3) + (F_3 \cdot r_3) + \dots$$

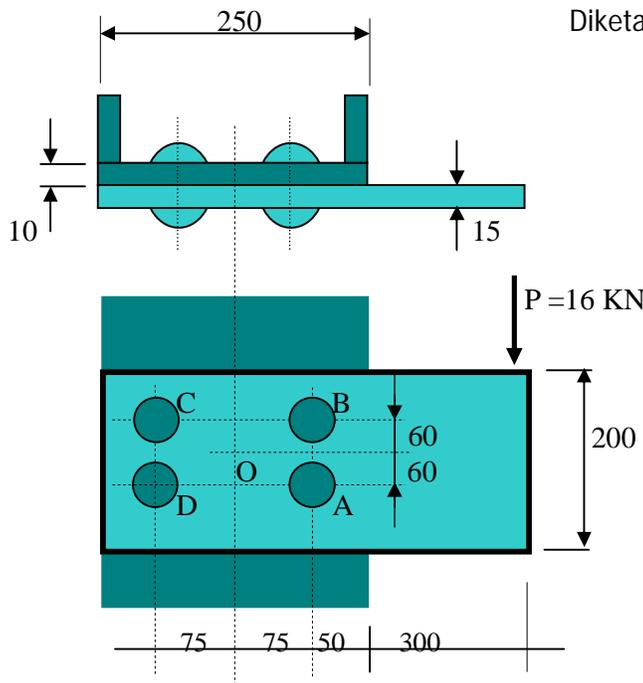
Besarnya gaya yang dialami oleh tiap paku keling tergantung pada jaraknya terhadap c.g. : paku yang terletak paling jauh dari c.g mengalami beban yang terbesar sebaliknya paku yang terdekat dengan c.g mengalami beban yang paling kecil, oleh karena itu :

$$\frac{F_1}{F_1} = \frac{F_2}{F_2} = \frac{F_3}{F_3}$$

dari kedua persamaan tersebut diatas, maka :

$$F_n = \frac{M \cdot r \cdot n}{r^1{}^2 + r^1{}^2 + r^2{}^2 + r^2{}^2 + r^3{}^2 + r^3{}^2 + r^4{}^2 + r^4{}^2 \dots}$$

Soal :



Diketahui : diameter paku = 16 mm

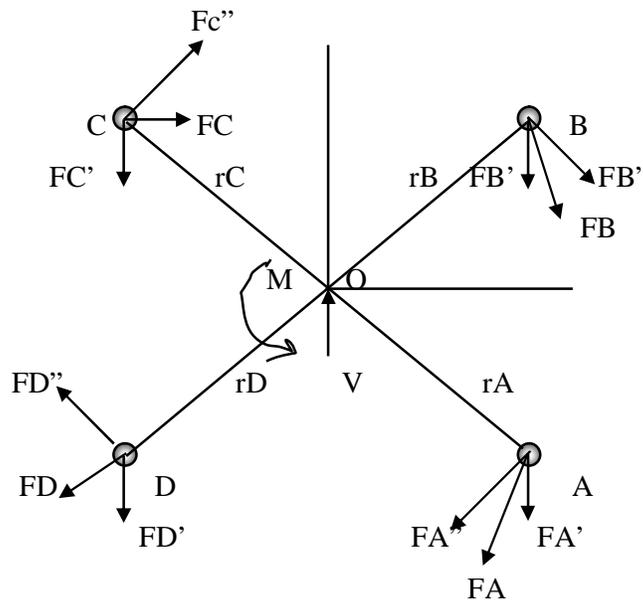
Ukuran dalam mm.

Tentukan :

- gaya resultan tiap paku keling.
- Tegangan geser maksimum pada paku keling.
- Tekanan maksimum yang disebabkan oleh paku.
- Tegangan lentur kritis pada batang akibat momen.

Pembahasan :

Titik berat O dari sistem paku keling dapat ditentukan berdasarkan simetris :



$$V = 16 \text{ KN}$$

$$M = 16 \times (425) = 6800 \text{ N.m}$$

$$r_A = r_B = r_C = r_D = r = \sqrt{(60)^2 + (75)^2} = 96 \text{ mm}$$

Gaya geser pada paku karena adanya gaya lintang :

$$F_A'' = F_B'' = F_C'' = F_D'' = F = \frac{V}{N} = \frac{16}{4} = 4 \text{ KN}$$

Gaya geser pada paku akibat Momen :

$$F_A'' = F_B'' = F_C'' = F_D'' = F = \frac{Mr}{4r^2} = \frac{M}{4r} = \frac{6800}{4(96)} = 17,7 \text{ KN}$$

(a). Gaya-gaya resultan :

$$F_A = F_B = 21 \text{ KN}$$

$$F_C = F_D = 13,8 \text{ KN}$$

(b). Paku A dan B memikul gaya yang paling besar :

$$\tau = \frac{F}{A}$$

$$\tau = \frac{21 \times 1000}{\frac{\pi}{4}(16)^2}$$

$$\tau = 104 \text{ MN/m}^2$$

(c). Oleh karena kanal lebih tipis dari pada pelat Utama, maka tekanan yang terbesar adalah terhadap kanal, luas permukaan yang mendapatkan tekanan :

$$A = td = (10) \cdot (16) = 160 \text{ mm}^2$$

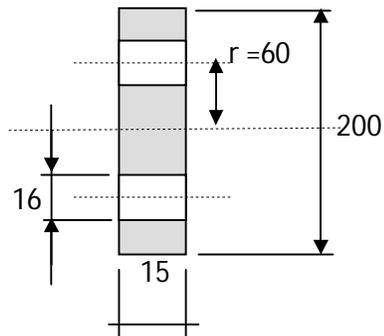
$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{(21) \cdot (1000)}{160} = 131 \text{ MN/m}^2$$

(d). Tegangan lentur kritis pada batang terjadi pada penampang yang sejajar dengan sumbu y dan melalui paku-paku A dan B. Pada penampang tersebut momen lentur yang terjadi :

$$M = 16 (300 + 50) = 5600 \text{ N.m}$$

Momen inersia pada penampang ini :

$$\begin{aligned}
 I &= I_{\text{batang}} - 2 (I_{\text{batang}} + (r^1)^2 A) \\
 &= \frac{15(200)^3}{12} - 2 \left( \frac{15(16)^3}{12} + (60)^2 (15)(16) \right) \\
 &= 8,26 \times 10^6 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$



$$\text{Maka : } \sigma = \frac{Mc}{I} = \frac{(5600) \cdot (100)}{(8,26)(10^6)} (10^3)$$

$$\sigma = 67,8 \text{ MN/m}^2$$