

**BUKU DIKTAT  
ELEMEN MESIN I**



**Disusun Oleh:  
TIM DOSEN**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS WIJAYA PUTRA  
2010**

## **TINJAUAN MATA KULIAH**

**A. Nama dan Kode Mata Kuliah** : Elemen Mesin I

**B. Jurusan / Program Studi** : Teknik Mesin

**C. Deskripsi Mata Kuliah**

Memahami dasar dasar perhitungan macam macam sambungan pada komponen dan konstruksi mesin baik yang bersifat tetap maupun tidak tetap

**D. Kegunaan Mata Kuliah**

Mata kuliah ini bertujuan untuk memberikan prinsip dan prosedur menghitung berbagai bentuk sambungan pada perencanaan konstruksi mesin

**E.. Tujuan Instruksional Umum**

Diharapkan mahasiswa mampu menghitung berbagai macam sambungan pada kontruksi mesin baik yang tetap ( keling, las, susut tekan ) maupun tidak tetap ( pasak dan sekrup )

**F. Susunan dan Materi Pengajaran**

1. Sambungan tetap
  - a. Sambungan keling : lap dan bilah, beban eksentrik
  - b. Sambungan las : lap dan kampuh, beben eksentrik
  - c. Sambungan susut dan tekan
2. Sambungan tidak tetap ( dapat dilepas )
  - a. Sambungan pasak : memanjang, melintang, pena
  - b. Sambungan sekrup

**G. Petunjuk Pengajaran bagi Mahasiswa**

Mahasiswa harus memahami rumus dasar berbagai sambungan kemudian mencermati contoh soal dilanjutkan berlatih mengerjakan soal soal latihan. Sebaiknya untuk mengikuti mata kuliah ini mahasiswa telah lulus mata kuliah mekanika teknik dan mekanika bahan.

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis panjatkan ke hadhirat Tuhan Yang Maha Esa karena telah memberikan kekuatan kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan bahan kuliah Elemen Mesin I yang isinya bersifat konstruksi statis.

Tujuan penulisan bahan kuliah ini sebagai tambahan acuan pada mahasiswa Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Wijaya Pura mengingat buku buku acuan resmi agak sulit diperoleh di pasaran dan bila ada harganya relatif mahal atau di luar jangkauan daya beli mahasiswa serta sifatnya terlalu teoritis dan kurang contoh aplikasinya. Diharapkan dengan adanya bahan kuliah ini mahasiswa bisa belajar sendiri dan memperbanyak latihan mengerjakan soal sehingga target perkuliahan bisa tercapai.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih terhadap berbagai pihak yang telah membantu terwujudnya bahan kuliah yang ringkas dan padat ini. Penulis juga menyadari adanya kekurangan pada tulisan ini, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun

Semarang, Mei 2010

Penulis,

TIM DOSEN

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i.
Deskripsi Mata Kuliah.....	ii.
Kata Pengantar .....	iii.
Daftar Isi .....	iv.
Daftar Gambar .....	v.
Daftar Lampiran .....	vi.
System of Units .....	1.
Bab I. Sambungan Keling	
A. Sambungan Lap .....	2.
B. Sambungan Bilah .....	2
C. Contoh soal .....	3.
Bab II. Sambungan Las	
A. Sambungan Lap .....	13.
B. Sambungan Kampuh .....	13
C. Contoh soal .....	14.
Bab III. Sambungan Paksa .....	18
Bab IV. Sambungan Pasak	
A. Sambungan Memanjang .....	21.
B. Sambungan Melintang .....	24..
C. Sambungan Pena .....	24
D. Contoh soal .....	25.
Bab V. Sambungan Sekrup .....	26
Daftar Pustaka.....	31
Lampiran –lampiran .....	32

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dimensi Paku Keling .....	32.
Lampiran 2. Dimensi Lasan .....	34.
Lampiran 3. Dimensi Pasak Memanjang .....	35.
Lampiran 4. Dimensi Baut dan Mur .....	36.
Lampiran 5. Soal soal Ujian .....	38.

## SISTEM OF UNITS

CGS : Centi, Gram, Second (detik)

FPS : Feet, Pound, Second

MKS : Metre, Kilogram, Second

SI	:	Mass density	$\text{kg/m}^3$
		Force	$\text{N (Newton)} = \frac{\text{kg}}{9,81}$
		Pressure	$\text{N/mm}^2$
		Work / energi	$\text{Joule} = \text{N} \cdot \text{m} = \frac{\text{kg}}{9,81} \cdot \text{m} = \text{Watt} \cdot \text{sec}$
		Power	$\text{Watt} = \frac{\text{Joule}}{\text{sec}}$
		Velocity	$\text{m/sec}$
		Acceleration	$\text{m/sec}^2$
		Angular Acdeleration	$\text{rad/sec}^2$

Transfer MKS  $\longrightarrow$  SI :

$$1 \text{ kgm} = 9,8 \text{ joule} \longrightarrow 1 \text{ kgm/det} = 9,8 \text{ joule/det} = 9,8 \text{ watt.}$$

$$1 \text{ TK} = 75 \text{ kgm/det} = 75 \times 9,8 \text{ watt} = 736 \text{ watt}$$

$$\longrightarrow 1 \text{ KW} = 1,36 \text{ TK} ; 1 \text{ KW Jam} = 1,36 \text{ TK Jam}$$

$$1 \text{ KW} = 1 \text{ KVA} = 1000 \text{ Watt}$$

Tingkatan berat dan panjang :

Tera (T); giga (G); mega (M); kilo (K); hecto (h); deca (da); deci (d); centi (c); mili (m); micro ( $\mu$ ); nano (n); pico (p).

Satuan MKS pada elemen mesin :

Gaya	kg
Momen	kgm, kg cm
Tegangan	$\text{kg/cm}^2$
Daya	kgm/det, tk
Putaran	rpm (rotasi per menit)

## SAMBUNGAN

1. Tetap : a). Tidak dapat dilepas : keeling, las  
b). Dapat dilepas : pasak, sekrup.
2. Bergerak : Kopling

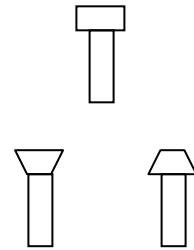
## SAMBUNGAN KELING

Bentuk dan ukuran keling mengacu pada tabel/normalisasi.

Dasar ukuran adalah diameter (batang paku keling).

Sambungan keling mempunyai persyaratan :

1. Rapat dan kuat : ketel uap, badan kapal.
2. Rapat : bejana tekanan < 1 atm
3. Kuat : kontruksi bangunan / mesin.



Bentuk sambungan keling ;

1. Sambungan lap :
  - a. Keling tunggal
  - b. Keling ganda : berliku, rantai
  - c. Keling tripel : berliku
2. Sambungan bilah :
  - a. Keling tunggal
  - b. Keling ganda
  - c. Istimewa → rowe

Kerusakan sambungan keling :

1. Plat melengkung
2. Plat sobek antar paku tarik
3. Paku keling patah geser
4. Rusak lubang desak
5. Plat pinggir tergeser
6. Plat pinggir sobek karena tarik

Perhitungan kekuatan :

1. Kekuatan plat berlubang

$$P_t = (p - d^1) t \sigma_t$$

2. Kekuatan paku menahan geser

$$P_g = \frac{\pi}{4} d^2 T_g$$

3. Kekuatan paku menahan patah

$$P_g = 2 n \frac{\pi}{4} d^2 T_g ; T_g = 0,8 \sigma_t$$

4. Kekuatan paku menahan desak

$$P_d = n d^1 t \sigma_d ; \sigma_d = 1,5 \sigma_t$$

5. Kekuatan plat pinggir menahan geser

$$P_g = d^1 t T_g$$

6. Kekuatan plat pinggir menahan tarik

$$P_t = d^1 t \sigma_t$$

7. Kekuatan plat utuh (belum berlubang)

$$P_t = p t \sigma_t$$

8. Efisiensi plat :  $\eta_{plat} = \frac{p - d^1}{p} \times 100\%$   
=

9. Efisiensi paku :  $\eta_{paku} = \frac{\pi/4 d^2 T_g}{p t \sigma_t} \times 100\%$



10. Efisiensi sambungan :  $\eta_{samb.} = \frac{kek. sambungan}{kekua tan plat utuh}$

Harga efisiensi

Sambungan lap :	Tunggal	45 – 60	Samb. Bilah tunggal	55 – 60
	Ganda	63 – 70	ganda	70 – 83
	Triple	72 – 80	triple	80 – 90
			Quadruple	85 – 94

$P_b = 0,33 p + 0,67 d$  (berliku)

$P_b = 2d$  (rantai)

Contoh soal 1 :

$L 3 \frac{1}{2}'' \times 2 \frac{1}{2}'' \times \frac{3}{8}''$

$d = 19 \text{ mm} \quad d^1 = d + 0,5 \text{ mm}$

$\sigma_t = 1200 \frac{kg}{cm^2}$

$\sigma_g = 1800 \frac{kg}{cm^2}$

$T_g = 900 \frac{kg}{cm^2}$

Hitung beban maksimal yang diperbolehkan !

**Penyelesaian :**

Kekuatan plat penampang A-A :  $P \leq (p - d^1) t \sigma_t = \dots\dots\dots \text{ kg}$

Kekuatan putus geser paku :  $P \leq 2 n \frac{\pi}{4} d^2 T_g = \dots\dots\dots \text{ kg}$

Kekuatan plat terhadap desak :  $P \leq n d^1 t \sigma_d = \dots\dots\dots \text{ kg}$

Kekuatan plat penampang B-B dan putus geser paku :

$$P \leq (p - 2 d^1) t \sigma_t + 2 \frac{\pi}{4} d^2 T_g = \dots \text{ kg}$$

Kekuatan plat penampang B-B dan kekuatan desak plat :

$$P \leq (p - 2 d^1) t \sigma_t + d^1 t \sigma_d = \dots \text{ kg}$$

∴ Beban maksimal adalah kekuatan terkecil (plat A-A)

Contoh 2 :

Sambungan bilah tunggal

$$T = 10 \text{ mm} \quad t^1 = 0,8 t \quad d^1 = d + 0,5 \text{ mm}$$

$$T_g = 0,7 \sigma_t$$

$$P = 2 \text{ ton}$$

Bahan plat + bilah Bj. 34

Bahan paku Bj. 35

Angka keamanan  $v = 5$

Tentukan :

- Diameter paku
- Jarak paku
- $\eta_{\text{plat}}$
- $\eta_{\text{paku}}$

**Penyelesaian :**

$$T_{g \text{ paku}} = 0,7 \frac{3500}{6} = \dots \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{t \text{ plat}} = \frac{3400}{6} = \dots \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{a. } P \leq \frac{\pi}{4} d^2 T_{g \text{ paku}} \quad d = \dots \text{ cm} \quad d^1 = \dots \text{ cm}$$

$$\text{b. } P \leq (p - d^1) t^1 \sigma_{t \text{ bilah}} \quad p = \dots \text{ cm}$$

$$\text{c. } \eta_{\text{plat}} = \frac{(p - d^1) t^1}{p \cdot t} \times 100\% = \dots \%$$

$$d. \eta_{\text{paku}} = \frac{2\pi/4 d^2 T_g}{p.t.\sigma_t} \times 100\% = \dots\dots\dots\%$$

Contoh 3 :

Sambungan bilah ganda Rowe :

$$T = 16 \text{ mm}; t^1 = 0,7 t; d^1 = d + 5,5 \text{ mm}$$

$$d = 26 \text{ mm}; T_g = 700 \text{ kg/cm}^2;$$

$$\sigma_t = 900 \text{ kg/cm}^2; \sigma_d = 1500 \text{ kg/cm}^2$$

Hitung : Gaya maksimal yang diijinkan ?

**Penyelesaian :**

Putus tarik penampang A-A :  $P \leq (p - d^1) t^1 \sigma_t = \dots\dots\dots \text{ kg}$

Putus geser paku :  $P \leq g\pi/4 d^2 T_g = \dots\dots\dots \text{ kg}$

Desak plat dan bilah :  $P \leq 4 d^1 t \sigma_d + d^1 t^1 \sigma_d = \dots\dots\dots \text{ kg}$

Putus tarik plat B-B dan putus geser A-A :

$$P \leq (p - 2d^1) t \sigma_t + \pi/4 d^2 T_g = \dots\dots\dots \text{ kg}$$

Putus tarik B-B dab bilah A-A :

$$P \leq (p - 2d^1) t \sigma_t + d^1 t^1 \sigma_d = \dots\dots\dots \text{ kg}$$

Desak plat B-B dab geser A-A :

$$P \leq 4d^1 t \sigma_d + \pi/4 d^2 T_g = \dots\dots\dots \text{ Kg}$$

∴ Gaya maksimal yang diijinkan → sambungan terlemah (penampang A-A)

**Soal latihan :** (diambil dari Khurmi)

1. Sambungan lap tunggal ,  $t = 1,5 \text{ cm}$  ,  $d = 2 \text{ cm}$  ,  $p = 6 \text{ cm}$  ,  $\sigma_t = \text{kg/cm}^2$  ,  $T_g = 900$   
1200

$\text{kg/cm}^2$  ,  $\sigma_d = 1600 \text{ kg/cm}^2$  . Ditanyakan  $P_{\text{maks}} = \dots\dots\dots?$  (2827 kg) (264 no.1).

2. Sambungan bilah ganda  $t = 1,2 \text{ cm}$  ,  $d = 1,5 \text{ cm}$ ,  $p = 8 \text{ cm}$ ,  $\sigma_t = \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ ,  $T_g = 800$   
 1150

$$\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}, \sigma_d = 1600 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \cdot \eta_{\text{sambungan}} = \dots\dots\dots? (62,6 \%) (265 \text{ no.4})$$

## Beban Eksentrik

$$M = P.e = n_1.P_1.r_1 = n_2.P_2.r_2 = n_3.P_3.r_3$$

$$P_1 = k.r_1 ; P_2 = k.r_2 ; P_3 = k.r_3$$

$$M = P.e = n_1.k.r_1^2 + n_2.k.r_2^2 + n_3.k.r_3^2$$

n = jumlah paku

k = konstanta perbandingan

r = jarak paku ke titik berat

Contoh 1 :

$$T_g = 800 \text{ kg/cm}^2$$

Tentukan : diameter paku ?

Penyelesaian :

$$\sum M \text{ paku} = 0$$

mencari titik berat  $\longrightarrow$  misalnya titik 0 dipaku 2

$$x = \frac{-30 - 22,5 - 15 + 10}{5} = \frac{57,5}{5} = 11,5 \text{ cm}$$

Titik berat 11,5 cm dari paku 2

Momen :

$$\begin{aligned} M &= P.e = 5000 \times 20 = 100.000 \text{ kg cm} \\ &= k (n_1.r_1^2 + n_2.r_2^2 + n_3.r_3^2 + n_4.r_4^2 + n_5.r_5^2 + n_6.r_6^2) \end{aligned}$$

$$100.000 = k (22,5^2 + 11,5^2 + 3,5^2 + 11^2 + 18,5^2)$$

$$\longrightarrow k = 93,4 \text{ kg/cm}$$

Paku terjauh diperiksa :  $P_1 = k.r_1 = 9,34 \cdot 21,5 = 2008 \text{ kg}$

$$\text{Beban langsung : } P_o = \frac{P}{n} = \frac{5000}{5} = 1000 \text{ kg}$$

$$\text{Resultan : } R_1 = \sqrt{F_6^2 + P_1} = \sqrt{1000^2 + 2008^2} = 224,3 \text{ kg}$$

$$\text{Diameter : } R_1 = \frac{\pi}{4} d^2 T_g$$

$$224,3 \leq \frac{3,14}{4} d^2 800 \quad \therefore d \leq 1,9 \text{ cm}$$

Contoh 2 :

$$\sin \alpha = \frac{3}{5} \quad \cos \alpha = \frac{4}{5}$$

$$T_g = 700 \text{ kg/cm}^2$$

Tentukan diameter paku !

(Arah horisontal dan arah beban)

**Penyelesaian :**

$$P_x = P \sin \alpha = \frac{3}{5} \times 10.000 = 6.000 \text{ kg}$$

$$P_y = P \cos \alpha = \frac{4}{5} \times 10.000 = 8.000 \text{ kg}$$

$$\text{Momen : } M = P_y \cdot x = 8.000 \times 4 = 32.000 \text{ kg cm}$$

$$M = k (n_1 r_1 + n_2 r_2 + n_3 r_3 + n_4 r_4 + n_5 r_5 + n_6 r_6)$$

$$r_1 = r_6 ; r_2 = r_5 ; r_3 = r_4$$

$$32.000 = k (2 \cdot 4^2 + 2 \cdot 12^2 + 2 \cdot 20^2)$$

$$\longrightarrow k = 28,6 \text{ kg/cm}$$

Beban langsung :

$$P_o = \frac{P}{n} = \frac{10.000}{4}$$

$$P_o = 2.500 \text{ kg}$$

Beban terbesar pada paku 6 :

$$P_6 = k \cdot r_6 = 28,6 \cdot 20 = 572 \text{ kg}$$

Paku arah horizontal :

$$P_{oy} = \frac{P_y}{6} = \frac{8000}{6} = 1333 \text{ kg}$$

$$P_{ox} = \frac{P_x}{6} = \frac{6000}{6} = 1000 \text{ kg}$$

$$R_y = P_6 + P_{oy} = 572 + 1333 = 1005 \text{ kg}$$

$$R_x = P_{ox} = 1000 \text{ kg}$$

Resultan :

$$R_6 = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{1000^2 + 1333^2} = 2200 \text{ kg}$$

Ternyata gaya maksimum terjadi pada arah beban  $P_o = 2500 \text{ kg}$

Diameter paku arah horizontal

$$R_6 \leq \frac{\pi}{4} d^2 T_g \longrightarrow d = 2 \text{ cm}$$

Diameter paku arah beban P

$$P_o \leq \frac{\pi}{4} d^2 T_g \longrightarrow d = 2,2 \text{ cm}$$

### Soal latihan !

Seperti contoh soal, beban 9 ton, paku arah beban 3 buah, paku arah horizontal 4 buah dengan jarak sama 6 cm.

Tentukan diameter paku (arah beban dan arah horizontal)!

$$t = 25 \text{ mm}; T_g = 650 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2};$$

$$\sigma_d = 1200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Tentukan diameter paku !

Penyelesaian :

Titik berat G

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7}{n} = \frac{10 + 20 + 20 + 20}{7} = 10 \text{ cm}$$

$$\bar{y} = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6 + y_7}{n} = \frac{20 + 20 + 20 + 10 + 0 + 0 + 10}{7} = 11,43 \text{ cm}$$

$$\text{Beban geser tiap paku : } P_o = \frac{P}{n} = \frac{5000}{7} = 714,3 \text{ kg}$$

$$\text{Momen bengkok : } M = P.e = 5000 \times 40 = 200.000 \text{ kg cm}$$

Jarak tiap paku ke titik berat G :

$$l_1 = l_3 = \sqrt{10^2 + (20 - 14,3)^2} = \sqrt{173,5} = 13,4 \text{ cm}$$

$$l_2 = 20 - 14,3 = 8,57 \text{ cm}$$

$$l_4 = l_7 = \sqrt{10^2 + (11,43 - 10)^2} = \sqrt{102,05} = 10,1 \text{ cm}$$

$$l_5 = l_6 = \sqrt{10^2 + 11,43^2} = \sqrt{231} = 15,2 \text{ cm}$$

$$P. e = \frac{F_1}{l_1} (l_1^2 + l_2^2 + l_3^2 + l_4^2 + l_5^2 + l_6^2 + l_7^2) = \frac{F_1}{l_1} (2l_1^2 + l_2^2 + 2l_4^2 + 2l_5^2)$$

$$\longrightarrow F_1 = 2420 \text{ kg}$$

Beban sekunder :

$$F_2 = F_1 \frac{l_2}{l_1} = 1575 \text{ kg} \quad F_3 = F_1 \frac{l_3}{l_1} = 2420 \text{ kg} \quad F_4 = F_1 \frac{l_4}{l_1} = 1856 \text{ kg}$$

$$F_5 = F_1 \frac{l_5}{l_1} = 2793 \text{ kg} \quad F_6 = F_1 \frac{l_6}{l_1} = 2793 \text{ kg} \quad F_7 = F_1 \frac{l_7}{l_1} = 1856 \text{ kg}$$

Beban resultan maximum paku 3 :

$$R_3 = \sqrt{F_3^2 + P_o^2 + 2F_3P_o \cos \theta}$$

$$= \sqrt{2420^2 + 714,3^2 + 2.2420.714,3.0,76} = 3000 \text{ kg}$$

$$R_3 = \frac{\pi}{4} d^3 \quad d = \sqrt[3]{\frac{R_3 \cdot 4}{3,14.650}} = 2,42 \text{ cm}$$

$$\text{Tabel : } d = 24 \text{ cm; } d^1 = 25,5 \text{ cm}$$

Cek tegangan desak :

$$\sigma_d = \frac{R_3}{d^1.t} = \frac{3000}{2,4.2,5} = 500 \text{ kg/cm}^2 < 1200 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{Aman})$$

Latihan soal Khurmi hal 266 no.13



## SAMBUNGAN LAS

Macam sambungan las :

1. Lap :

- melintang  
      $\Rightarrow$  tunggal  
      $\Rightarrow$  ganda
- parallel (memanjang)

2. Kampuh : I, V, U, dobel V, dobel U.

Lainnya : sudut pinggir T, K, J.

Sambungan melintang :  $\sigma_t = T_g$

e.f = 1,5 (dinamis)

$$\text{Tunggal : } P = \frac{t.l}{\sqrt{2}} \sigma_t$$

$$\text{Ganda : } P = \sqrt{2} \text{ t.l. } \sigma_t$$

Sambungan memanjang :  $\Rightarrow$  geser

$$\text{Tunggal : } P = \frac{t.l}{\sqrt{2}} T_g$$

$$\text{Ganda : } P = \sqrt{2} \text{ t.l. } T_g$$

Sambungan kampuh : e.f = 1,2 (dinamis)

$$\text{Tunggal : } P = \text{t.l. } \sigma_t$$

$$\text{Dobel V : } P = (t_1 + t_2) \text{ l. } \sigma_t$$

Tegangan lengkung  $\Rightarrow$  eksentrik

$$\sigma_b = \frac{M_b \cdot \text{momen.bengkok.r}}{W_b \cdot \text{momen.inersia}} = \frac{P.e.r}{I_G}$$

$$\sigma_{\text{total}} = \sqrt{\sigma_b^2 + \sigma_t^2 + 2\sigma_b \sigma_t \cos\theta}$$

Tergantung bentuk sambungan

Contoh 1 :

Plat lebar 10 cm tebal 1,25 cm dilas melintang ganda  $\sigma_t = \frac{kg}{cm^2}$ .  
700

Tentukan panjang lasan untuk beban statis dan dinamis !

**Penyelesaian :**

Beban maksimal :  $P = b \times t \times \sigma_t = 10 \times 1,25 \times 700 = 8750 \text{ kg}$

$$\text{Statis} \quad P = \sqrt{2} \cdot t \cdot l \cdot \sigma_t \Rightarrow l = \frac{8750}{\sqrt{2} \cdot 1,25 \cdot 700} = 7,07 \text{ cm}$$

$$\text{Ditambah ujung : } l = 7,07 + 1,25 = 8,32 \text{ cm}$$

$$\text{Beban dinamis :} \quad \sigma_t = \frac{700}{1,5} = 465 \frac{kg}{cm^2}$$

$$P = \sqrt{2} \cdot t \cdot l \cdot \sigma_t \Rightarrow l = \frac{8750}{\sqrt{2} \cdot 1,25 \cdot 465} = 10,6 \text{ cm}$$

$$\text{Ditambah ujung : } l = 10,6 + 1,25 = 11,85 \text{ cm}$$

Contoh 2 :

Plat lebar 100 mm tebal 1,25 mm dilas melintang (paralel) beban 50 kN.

Tentukan : panjang lasan (statis dan dinamis)

**Penyelesaian :**

$$\text{Beban statis :} \quad P = \sqrt{2} \cdot t \cdot l \cdot T_g$$

$$l = \frac{50 \cdot 10^3}{\sqrt{2} \cdot 12,5 \cdot 56} = 50,5 \text{ cm}$$

$$\text{ditambah ujung : } l = 50,5 + 12,5 = 63 \text{ mm}$$

$$\text{beban dinamis :} \quad T_g = \frac{5 \cdot 6}{2,7} = 20,74 \frac{N}{mm^2}$$

$$l = \frac{P}{\sqrt{2} \cdot t \cdot T_g} = \frac{50 \cdot 10^3}{\sqrt{2} \cdot 12,5 \cdot 20,74} = 136,4 \text{ mm}$$

$$\text{ditambah ujung : } l = 136,4 + 12,5 = 148,9 \text{ mm}$$

Paralel tidak sama panjang :

Contoh 3 :

Sambungan las melintang dan memanjang :

Lebar  $b = 57$  cm; tebal  $t = 1,25$  cm

$$\sigma_t = 700 \text{ kg/cm}^2; T_g = 560 \text{ kg/cm}^2$$

Tentukan : panjang lasan ( $l_1$  dan  $l_2$ )

**Penyelesaian :**

$$l_1 = b - t = 7,5 - 1,25 = 6,25 \text{ cm}$$

Beban statis :  $P = b \cdot t \cdot \sigma_t = 7,5 \cdot 1,25 \cdot 700 = 6562,5 \text{ kg}$

Beban melintang :  $P_1 = \frac{t \cdot l_1}{\sqrt{2}} \sigma_t = \frac{1,25 \cdot 6,25}{\sqrt{2}} 700 = 3867,5 \text{ kg}$

Beban memanjang :  $P_2 = \sqrt{2} \cdot l_2 \cdot T_g = \sqrt{2} \cdot l_2 \cdot 560 = 989 l_2$

$$P = P_1 + P_2 \Rightarrow l_2 = \frac{6562,5 - 3864,5}{989} = 2,73 \text{ cm}$$

Ditambah pinggiran  $\Rightarrow l_2 = 2,73 + 1,25 = 3,98 \text{ cm}$

Contoh 4 :

Profil L 20 x 15 x 1

Dilas parallel tidak sama panjang,

Tebal  $t = 1$  cm; dengan beban 20 ton

$$T_g = 750 \text{ kg/cm}^2$$

Tentukan : panjang lasan ( $l_a$  dan  $l_b$ )

**Penyelesaian :**  $l = l_a + l_b$

$$P = \frac{t \cdot l}{\sqrt{2}} T_g \Rightarrow l = \frac{20 \cdot 10^3 \sqrt{2}}{1 \cdot 750} = 37,7 \text{ cm}$$

Mencari titik berat :

$$b = \frac{(19.9,5) + (15.0,5)}{19 + 15} = 5,53 \text{ cm (dari dasar profil L)}$$

$$a = 20 - b = 20 - 5,53 = 14,47 \text{ cm}$$

$$I_a = \frac{l.b}{a + b} = \frac{37,7.5,53}{14,47 + 5,53} = 10,42 \text{ cm}$$

$$I_b = l - I_a = 37,7 - 10,42 = 27,28 \text{ cm}$$

Contoh 5 : (beban eksentrik)

$$T_g = 80 \text{ N/mm}^2$$

Ditanyakan : tebal las (t)

Penyelesaian :

$$l = 50 \text{ mm}; \quad b = 80 \text{ mm}$$

$$T_g = \frac{P}{\sqrt{2}.l} = \frac{15000}{\sqrt{2}.50} = \frac{212}{t} \text{ N/mm}^2$$

Momen inersia : 
$$I_G = \frac{t.l.(36^2 + l^2)}{6} = 181000 \text{ t mm}^4$$

Jari-jari : 
$$r = \sqrt{\left(\frac{80}{2}\right)^2 + \left(\frac{50}{2}\right)^2} = 47 \text{ mm}$$

Tegangan bengkok : 
$$\sigma_t = \frac{P.e.r}{I_G} = \frac{15000.1,25.47}{181000.t} = \frac{486}{t} \text{ N/mm}^2$$

$$\cos \varphi = \frac{25}{47} = 0,532$$

Tegangan ijin : 
$$T_g = \sqrt{T_{g1}^2 + \sigma_b^2 + 2T_{g1}\sigma_b \cos \varphi}$$

$$80^2 = \left(\frac{212}{t}\right)^2 + \left(\frac{486}{t}\right)^2 + \left(2 \cdot \frac{212}{t} \cdot \frac{486}{t} \cdot 0,532\right)$$

Tebal

las :

$t^2 =$

$$\frac{390000}{6400} = 61$$

$$\Rightarrow \frac{t}{7,8 \text{ mm}} = 61$$

$\sqrt{\quad}$

Momen inersia  $I_G$  untuk berbagai bentuk sambungan las mengacu pada tabel momen inersia (lihat pada mekanika teknik).

Misal :

$$t \left\{ \frac{(b+2l)^3}{12} - \frac{l^2(b+l)^2}{b+2l} \right\} \quad \frac{tl^3}{12}$$

$$\frac{tl(3b^2 + l^2)}{6}$$

$$\frac{t.l(b^2 + 3l^2)}{6}$$

Contoh 6 :

Tentukan : t ?

**Penyelesaian :** 
$$x = \frac{(5t \cdot 2 \cdot 2,5) + (8t \cdot 0)}{(5t \cdot 2) + 8t} = \frac{25t}{18t} = 1,39 \text{ cm}$$

Eksentrik :  $e = 10 + 5 - 1,39 = 13,61 \text{ cm}$

Sumbu x :  $I_{xx} = (\frac{1}{2} \cdot t \cdot 8^3) + (2 \cdot 5t \cdot 4^2) = 203 t$

Sumbu y :  $I_{yy} = \left( 2 \cdot \frac{t \cdot 5^3}{12} \right) + \left( 2 \cdot 5t \cdot (2,5 - 1,39)^2 \right) + \left( 8t \cdot 1,39^2 \right) = 49t$

Momen inersia :  $I_G = I_{xx} + I_{yy} = 252t$

$$r_1 = 5 - 1,39$$

Jari-jari maks. :  $r_2 = \sqrt{4^2 + (5 - 1,39)^2} = 5,38 \text{ cm}$

$$\cos \varphi = \frac{r_1}{r_2} = 0,67$$

Tegangan geser :  $T_g = \frac{P}{\frac{t.l}{2\sqrt{2}} + 8t} = \frac{132,6}{t} \text{ kg/cm}^2$

Tegangan bengkok :  $\sigma_b = \frac{P.e.r_2}{I_G} = \frac{585}{t} \text{ kg/cm}^2$

$$T_g = \sqrt{T_g^2 + \sigma_b^2 + 2.T_g.\sigma_b.\cos\varphi}$$

$$(800)^2 = \left(\frac{132,6}{t}\right)^2 + \left(\frac{585}{t}\right)^2 + 2\left(\frac{132,6}{t} \cdot \frac{585}{t} \cdot 0,67\right)$$

$$t = 0,85 \text{ cm}$$

Soal latihan : (hal 303 no. 2 dan 4)

1.

2. Plat 10 cm lebar, 10 mm tebal,  $P = 7 \text{ ton}$ ,  $T_g = 560 \text{ kg/cm}^2$ .

Disambung paralel (ganda). Tentukan  $l$  ! statis dan dinamis (9,51 cm; 25,9 cm)

## SAMBUNGAN PAKSA

Tegangan permukaan :

$$p = \frac{\delta}{d \left( \frac{c_1}{E_1} + \frac{c_2}{E_2} \right)} \quad \text{kg/cm}^2$$

$$c_1 = \left( \frac{d_2^2 + d_1^2}{d_2^2 - d_1^2} - \mu_1 \right) \quad c_2 = \left( \frac{d_2^2 + d_1^2}{d_2^2 - d_1^2} - \mu_2 \right)$$

Kekuatan gaya tekan :

$$P = \pi \cdot d \cdot l_e \cdot p \cdot f \quad f = \text{Koef. Gesek (paksa} = 0,08 - 1,12; \text{ susut} = 0,14 - 0,18)$$

Momen puntir :

$$M_p \leq P \cdot \frac{d}{2} \Rightarrow M_e \leq \pi \cdot d \cdot l_e \cdot p \cdot f \cdot \frac{d}{2}$$

$$2\delta = \left( \frac{1}{1800} - \frac{1}{2000} \right) d \Rightarrow Bt - Bjc$$

$$\text{Ukuran kerut :} \quad 2\delta = \left( \frac{1}{650} - \frac{1}{1000} \right) d \Rightarrow Bj - Bjt$$

$$2\delta = \left( \frac{1}{750} \right) d \Rightarrow Bjc / Bjt - Bt$$

Tegangan maks :

$$\text{Tangensial :} \quad \sigma_{tg} = p \frac{d_2^2 + d_1^2}{d_2^2 - d_1^2}$$



Radial :  $\sigma_{rad} = -p$

Suhu pemanasan :

$$\Delta T_{po} = \frac{\delta_{maks} + \delta_0}{\lambda \cdot d} + t_k$$

$\delta$  = toleransi minimum = 0,005 cm

$\lambda$  = koefisien muai ruang.

$t_k$  = suhu ruangan (0°C - 25°C)

contoh soal 1 :

]

Poros E =  $2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$      $\mu = 0,3$

Naf : E =  $0,8 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$      $f = 0,12$

Ditanyakan : a. Ukuran kerut ( $2\delta$ )

b. Gaya tekan

c. Momen puntir

**Penyelesaian :**

$$\sigma_{tg} = p \frac{d_2^2 + d^2}{d_2^2 - d^2} \Rightarrow p = 350 \left( \frac{30^2 - 15^2}{30^2 + 15^2} \right) = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$P = d \left( \frac{c_1}{E_1} + \frac{c_2}{E_2} \right)$$

$$c_1 = 1 \quad \Rightarrow \quad \mu = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$c_2 = \left( \frac{30^2 + 15^2}{30^2 - 15^2} \right) - \mu = 1,97$$

$$\delta = 15 \left( \frac{0,7 \cdot 10^{-4}}{2,1 \cdot 10^6} + \frac{1,97 \cdot 10^{-4}}{0,8 \cdot 10^6} \right) \cdot 210 = 88 \text{ mc}$$

a. Ukuran kerut :  $2\delta = 176 \text{ mc}$      $\frac{1}{825} d$  (cukup)  
atau

b. Gaya tekan :  $P = \pi \cdot d \cdot l \cdot p \cdot f$   
 $= 58600 \text{ kg}$

$$l_e = L - 2e = 250 - \left(\frac{1}{1000} - 250 + 2\right)2$$

$$= 241 \text{ mm}$$

c. Momen puntir :  $M_p = P \cdot \frac{d}{2} = 214500 \text{ kg cm.}$

Contoh 2 :

Baja karbon :

$d = 100\text{mm}; D = 200 \text{ mm}; P = 27 \text{ ton}$

$t_p \dots\dots? \quad L_t \dots\dots\dots?$

**Penyelesaian :**

$$\sigma_g \text{ Bj } 10 = \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \quad E = 2,1 \cdot 10^4 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \quad \delta_{\text{maks}} = 0,014$$

$$\mu = 0,3 \quad f = 0,16 \quad 2\delta = 0,00001 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_p = \frac{\delta_{\text{maks}} + \delta}{\lambda \cdot d} + t_k$$

$$P = \pi \cdot d \cdot l_e \cdot p \cdot t \Rightarrow l_e = 11.2 \text{ cm}$$

$$= 197 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_k = 2 l_e + 4e = \dots\dots = 240 \text{ mm}$$

$$p = \sigma \left( \frac{d_2^2 - d_1^2}{d_2^2 + d_1^2} \right) = \dots\dots = 480 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Soal latihan :

Contoh 1 dengan data :

$$d_2 = 44 \text{ cm}; d = 25 \text{ cm}; L = 30 \text{ cm}; d_1 = 12 \text{ cm}; \sigma_{tg} = \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}; \mu_1 = \mu_2 = 0,3$$

$$f = 0,18; E = 2,1 \cdot 10^4 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}.$$

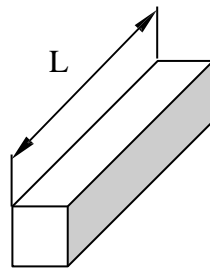
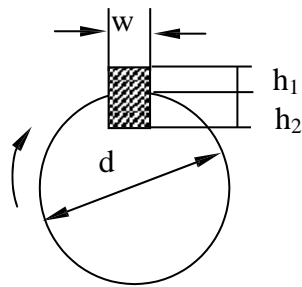
$$2\delta = \dots\dots? \quad P = \dots\dots?$$

## SAMBUNGAN PASAK

Macam sambungan pasak :

- a) Sambungan memanjang (Key)
- b) Sambungan melintang (Cotter) dan sambungan pena (knuckle)

### Sambungan Memanjang



Momen yang bekerja :

$$M_{\mu} = \frac{4500 N}{2\pi} \text{ kgm}$$

$$\text{atau } M_p = 71620 \frac{N}{n} \text{ kgcm}$$

$$\text{atau } M_p = P_1 r$$

Kekuatan pasak pada alur pasak :  $P \leq h_1 L \sigma_d$

Kekuatan pada alur poros :  $P \leq h_2 L \sigma_d$

Putus geser pasak :  $P \leq L \cdot w \cdot T_g$

$T_g$

$$\frac{1}{3} \frac{LW^2}{h} \sigma_d$$

Akibat momen (yang membalikkan pasak) :  $P \leq \frac{1}{3} \frac{LW^2}{h} \sigma_d$

Keterangan : L = panjang pasak

h = tinggi pasak (  $\frac{2}{3} \square w$ ,  $\square w$  )

N = daya poros, tk

n = putaran poros, rpm

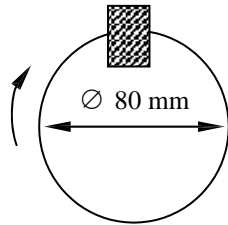
r = jari – jari poros =  $d/2$

$M_p$  = momen puntir =  $W_p \sigma_p$

$$W_p = \text{tahan puntir} = \frac{I_p}{r} = \frac{\pi}{16} d^3$$

$I_p$  = momen inersia

**Contoh soal 1 :**



Penampang pasak 22 x 22 mm, bahan pasak Bj 48, poros Bj 50,  $\nu = 5$ , bahan roda Bt 38 ( $\sigma_d = 1300 \text{ kg/cm}^2$ ),  $\sigma_p = 0,6$

$\sigma_t$ ,

$\tau_g = 0,7 \sigma_t$ ;  $\sigma_d = 1,5 \sigma_t$ .

Tentukan : Panjang pasak !

**Penyelesaian :**

$$M_p = W_p \cdot \sigma_p$$

$$\sigma_p = 0,6 \frac{5000}{5} = \dots \text{ kg/cm}^2$$

$$W_p = \frac{I_p}{r} = \frac{\pi}{15} d^3 = \dots \text{ cm}^3$$

$$M_p = \dots \text{ kg cm}$$

$$h = w = 8 \text{ cm}$$

$$h_1 = h_2 = \frac{1}{2} h = 4 \text{ cm}$$

$$P = \frac{M_p}{r} = \dots \text{ kg}$$

$$\text{Alur poros : } P \leq h_1 L \sigma_d \quad \sigma_{d \text{ pasak}} = 1,5 \frac{4800}{5} = \dots \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{AE L} = \dots \text{ cm} \quad \tau_{g \text{ pasak}} = 0,7 \frac{4800}{5} = \dots \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Alur poros : } P \leq h_2 L \sigma_d \quad \text{AE L} = \dots \text{ cm}$$

$$\text{Putus geser pasak : } P \leq L w \tau_g \quad \text{AE L} = \dots \text{ cm}$$

Akibat momen pembalik pasak

$$P \leq \frac{1}{3} \frac{L w^2}{h} \quad \sigma_d ; = 1300 \text{ kg/cm}^2 \text{ (bahan roda)}$$

$$\sigma_d$$

$$\text{AE L} = \dots \text{ cm}$$

Ukuran panjang pasak yang aman  $L = \dots$  cm (yang terpanjang)

**Contoh soal 2 :**

Diketahui :  $d = 60 \text{ mm}$  ;  $w = 12,5 \text{ mm}$  ;  $h = 10 \text{ mm}$  ;  $N = 50 \text{ tk}$  ;  $n = 150 \text{ rpm}$  ;  $\sigma_{t \text{ roda}} = 900 \text{ kg/cm}^2$  ;  $\sigma_{t \text{ pasak}} = 980 \text{ kg/cm}^2$  ;  $\sigma_{t \text{ poros}} = 100 \text{ kg/cm}^2$  ;  $\tau_g = 0,6 \sigma_t$  ;  $\sigma_d = 1,6 \sigma_t$ .

Tentukan

panjang pasak !

**Penyelesaian :**

$$M_p = 71620 \frac{N}{n} = 71620 \frac{50}{150} = \dots \text{ kg/cm}$$

$$P = \frac{M_p}{r} = \dots \text{ kg}$$

$$P \leq L h_1 \sigma_d \quad \text{Æ } L = \dots \text{ cm}$$

$$P \leq L h_2 \sigma_d \quad \text{Æ } L = \dots \text{ cm}$$

$$P \leq L w \tau_g \quad \text{Æ } L = \dots \text{ cm}$$

$$P \leq \frac{L w^2}{h} \sigma_d \quad \text{Æ } L = \dots \text{ cm}$$

➤ Ukuran panjang pasak yang aman  $L = \dots \text{ cm}$  (terpanjang)

**Contoh soal 3 :**

Diketahui : Pasak gigi segi empat  $z = 10$  (jumlah gigi) ;  $N = 1000 \text{ tk}$ ,  $n = 200 \text{ rpm}$ ,  $D = 100 \text{ mm}$ ,  $d = 90 \text{ mm}$ ,  $\sigma_t = 1200 \text{ kg/cm}^2$ ,  $\tau_g = 0,7 \sigma_t$ . Tentukan panjang pasak gigi !

**Penyelesaian :**

$$M_p = 71620 \frac{N}{n} = \dots \text{ kg cm} \quad P = \frac{M_p}{R_m}$$

$$\text{Jari – jari roda gigi } R_m = \frac{r}{2} + \frac{(D - d)}{4} = \dots \text{ cm}$$

$$\text{Lebar gigi } w = \frac{\pi d}{2 z} = \dots \text{ cm}$$

$$\text{Putus geser gigi : } P \leq z w L \tau_g : \tau_g = 0,7 \times 1200 = \dots \text{ kg/cm}^2$$

$$L = \dots \text{ cm}$$

Supaya aman diambil  $L = \dots \text{ cm}$  (dibulatkan)



**Soal latihan :**

Diameter poros 50 mm,  $\tau_g = 420 \text{ kg/cm}^2$ ;  $w = 16 \text{ mm}$ ;  $h = 10 \text{ mm}$ ;  $\sigma_p = 700 \text{ kg/cm}^2$ .

Tentukan panjang pasak !

Motor listrik 20 tk, 960 rpm menggerakkan poros  $d = 4 \text{ cm}$ .  $L = 7,5 \text{ cm}$ ,  $\tau_g = 560 \text{ kg/cm}^2$ ,

$\sigma_p = 1120 \text{ kg/cm}^2$ . Tentukan ukuran pasak !

### Pasak Melintang (Cotter)

#### Poros A

1. Putus tarik :  $P \leq \left( \frac{\pi}{4} d^2 - w d \right) \sigma_t$        $P \leq \frac{\pi}{4} d^2 \sigma_t$
2. Rusak karena tekanan bidang :  $P \leq w d_1 \sigma_d$
3. Putus penampang m – m :  $P \leq 2 h_1 d_1 \tau_g$

#### Soket B

1. Putus tarik :  $P \leq \left\{ \frac{\pi}{4} (d^2 - d_1^2) - w (d - d_1) \right\} \sigma_t$
2. Rusak karena tekanan bidang :  $P \leq 2 w a \sigma_d$
3. Putus geser penampang n – n :  $P \leq 2 (d_2 - d_1) h_2 \tau_g$

#### Pasak

Geser penampang I – I :  $P \leq 2 w h \tau_g$

Keterangan :  $d_2$  = diameter luar soket

$d_1$  = diameter dalam soket

$w$  = tebal pasak

$h$  = lebar pasak

$L$  = panjang pasak

$a$  = tebal soket

$d$  = diameter poros A

## **Sambungan Pena (Knuckle)**

### Poros A

1. Putus tarik poros :  $P \leq \frac{\pi}{4} d^2 \sigma_t$   $b =$  tebal kepala poros A
2. Putus tarik n – n :  $P \leq (d_2 - d_1) b \sigma_t$   $d_1 =$  diameter dalam
3. Putus geser m – m :  $P \leq 2 \left( \frac{d_2 - d_1}{2} \right) b \tau_g$   $d_2 =$  diameter luar
4. Rusak lubang karena tekanan bidang :  $P \leq a \cdot d_1 \cdot \sigma_d$   $a =$  tebal garpu

### Soket B :

1. Putus tarik poros :  $P \leq \frac{\pi}{4} d^2 \sigma_t$   $b =$  tebal kepala poros A
2. Putus tarik n – n :  $P \leq 2 (d_2 - d_1) a \sigma_t$   $d_1 =$  diameter dalam
3. Putus geser m – m :  $P \leq 4 \left( \frac{d_2 - d_1}{2} \right) a \tau_g$   $d_2 =$  diameter luar
4. Rusak lubang karena tekanan bidang :  $P \leq 2 a \cdot d_1 \cdot \sigma_d$  .

### Pena

1. Putus geser pena :  $P \leq 2 \frac{\pi}{4} d^2 \tau_g$
2. Rusak karena tekanan bidang :
  - a. Dengan lubang poros A :  $P \leq a \cdot d_1 \cdot \sigma_d$
  - b. Dengan lubang poros B :  $P \leq 2 \cdot a \cdot d_1 \cdot \sigma_d$

### Contoh soal sambungan pena

Diketahui : Sambungan pena  $P = 2500$  kg

Bahan poros dan garpu sama,  $\sigma_t = 1200$  kg/cm<sup>2</sup>

$$\tau_g = 600 \text{ kg/cm}^2 ; \sigma_d = 2000 \text{ kg/cm}^2$$

Hitung : Ukuran pena

**Penyelesaian :**

Diameter poros :  $P \leq \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot \tau \Rightarrow d = \dots \text{ cm}$

$\sigma$  :  $\frac{P}{\frac{\pi}{4} d^2} \leq \sigma$

Diameter dalam :  $P \leq \left( \frac{\pi}{4} d^2 - d \cdot w \right) \tau \Rightarrow d = \dots \text{ cm}$

$\sigma$  :  $\frac{P}{\frac{\pi}{4} d^2 - d \cdot w} \leq \sigma$

$$w = \frac{d}{4} = \dots \text{ cm}$$

Diameter soket :  $P \leq \left\{ \frac{\pi}{4} (d_2^2 - d_1^2) - w (d_2 - d_1) \right\} \tau_g$

$$\Rightarrow d_2 = \dots \text{ cm}$$

tebal soket :  $P \leq 2 \cdot a \cdot w \cdot \sigma_d \Rightarrow a = \dots \text{ cm}$

**Soal latihan :**

1. Sambungan pasak melintang,  $P = 10 \text{ ton}$ ,  $\sigma_t = 500 \text{ kg/cm}^2$ ,  $\tau_g = 400 \text{ kg/cm}^2$ ,  $\sigma_d = 1000 \text{ kg/cm}^2$ . Tentukan ukuran utama !
2. Sambungan pena,  $P = 25 \text{ kN}$ ,  $\sigma_t = 56 \text{ N/mm}^2$ ,  $\tau_g = 40 \text{ kg/cm}^2$ ,  $\sigma_d = 70 \text{ kg/cm}^2$ . Tentukan ukuran utama !

## SAMBUNGAN SEKRUP

Fungsi ulir : 1. Pengikat  $\text{\AA}$  sambungan sekrup  
2. Penggerak  $\text{\AA}$  poros ulir

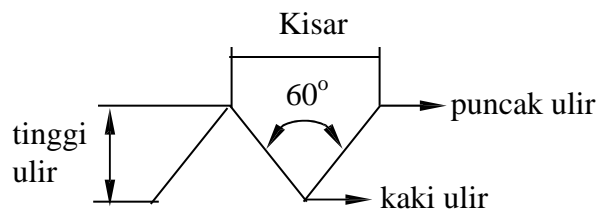
Bentuk ulir :

Jenis ulir : 1. Ulir dalam – ulir luar  
2. Ulir kiri – ulir kanan  
3. Jalan tunggal – jalan dobel

Bentuk kepala baut :

Baut istimewa : baut fondasi dan baut jarak.

Komponen ulir



**Perhitungan Kekuatan :**

A. Beban Aksial  $\text{\AA}$  sejajar sumbu

1. Putus tarik baut :  $P \leq \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot \sigma$
2. Putus geser kepala baut :  $P \leq \pi \cdot d \cdot h \cdot \tau_g$
3. Desak kepala baut :  $P \leq \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot \sigma$
4. Tegangan lengkung  
 $\sigma_b = \frac{M \cdot e}{I}$  ;  $I = \frac{1}{12} \pi \cdot d \cdot h^3$  ; e = eksentrik

#### B. Beban Radial

Putus geser :  $P \leq \frac{\pi}{4} d^2 \cdot \tau_g$

#### C. Kekuatan Ulir

Putus tarik kaki ulir :  $P \leq \frac{\pi}{4} d^2 \cdot \sigma$

Putus geser kaki ulir :  $P \leq \pi \cdot d_k \cdot \beta \cdot \tau_g$

$\beta$  = faktor bidang geser ulir : ulir  $\Delta = 1$ , ulir  $= \frac{1}{2}$

h = tinggi mur =  $(0,8 \div 1) d$

#### D. Tegangan Mula

$$P = p \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2$$

Gaya tiap baut  $P_o^1 = \frac{P}{n}$  (akibat tekanan silinder)

D = diameter silinder

p = tekanan dalam silinder

n = jumlah baut

Gaya pengencang (penyebab tegangan mula)

$$V = \gamma \cdot P_o^1$$

$\gamma$  = faktor perbandingan

$$= 1,2 \div 1,8$$

Gaya tiap baut (total) :  $P = P_o^1 + V$

#### E. Beban tidak simetris (gabungan tarik dan puntir)

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma_t^2 + 3\sigma_p^2}$$



$$\sigma_p = \frac{Mp}{2Ip}$$

$$= \frac{M}{d_k}$$

$\sigma_p$  = tegangan puntir

$\sigma_i$  = tegangan ideal (gabungan)

**Contoh soal :**

Tutup silinder dipasangkan 20 baut metris. Diameter silinder 800 mm. tekanan dalam silinder 6 kg/cm<sup>2</sup>.  $\sigma_t$  baut = 800 kg/cm<sup>2</sup>.  $\sigma_d = 1,5 \sigma_t$ . faktor gaya pengencang  $\gamma = 1,5$ .

Hitung : a. Diameter baut yang diperlukan

b. Bila tinggi mur  $h = 0,8 d$ , apakah aman + d tekanan bidang

**Penyelesaian :**

a) Gaya tekan tutup silinder :  $P = p \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2 = \dots \text{ kg}$

Tiap baut mendapat gaya tarik :  $P_o^1 = \frac{P}{n} = \dots \text{ kg}$

Gaya tegangan mula :  $V = \gamma \cdot P_o^1 = \dots \text{ kg}$

Gaya total tiap baut :  $P_o = P_o^1 + V = \dots \text{ kg}$

Supaya aman, gaya tarik diambil  $1,3 P_o$ .

$$1,3 P_o \leq \frac{\pi}{4} \cdot d_k^2 \cdot \sigma_t \Rightarrow d_k = \dots \text{ cm}$$

$d = \dots$  (lihat Normalisasi)

b) Tinggi mur :  $h = \frac{4 P \cdot k}{(d^2 - d_k^2)} = \dots \text{ mm}$

$$P = P_o, \sigma_d = 1,5 \sigma_t$$

$$k = \text{kisar} = 3,5 \text{ (normalisasi)}$$

**Soal latihan :**

1. Tentukan ukuran baut yang terpasang pada tutup silinder sebanyak 14 buah. Diameter silinder 400 mm. Tekanan dalam silinder 0,12 N/mm<sup>2</sup>. Tegangan tarik 35 N/mm<sup>2</sup>. (M24)
2. Diameter silinder mesin uap 30 cm bertekanan dalam 15 kg/cm<sup>2</sup>. Tutup silinder dipasang 8 baut ukuran M20. Tentukan tegangan pada baut (2.490 kg/cm<sup>2</sup>)

Sambungan baut beban eksentris

1. Paralel sumbu baut
2. Melintang sumbu baut
3. Sebidang pemasangan baut

1. Beban eksektrik paralel sumbu baut

$$\text{Jarak } L_1 : P_1 = w \cdot L_1$$

$$\text{Momen } M_1 = wL_1 \times L_2 = w L_1^2$$

$$\text{Jarak } L_2 : P_2 = wL_2$$

$$\text{Momen } M_2 = wL_2 \times L_2 = wL_2^2$$

$$\text{Momen total } M = 2 wL_1^2 + 2 wL_2^2 = P \cdot L \quad \text{Æ } w = \frac{P \cdot L}{2(L_1^2 + L_2^2)}$$

$$P_2 = wL_2$$

w = beban / satuan jarak

n = jumlah baut

$$\text{Beban langsung } P_o = \frac{P}{n}$$

2. Beban melintang sumbu baut

Beban langsung  $P_o = \frac{P}{n}$

Beban maksimum di 3 dan 4

$$P_t = \frac{P \cdot L \cdot L_2}{2(L_1^2 + L_2^2)}$$

Beban tarik :  $P_{\text{maks}} = \frac{1}{2} (P_t + \sqrt{P_t^2 + P_o^2})$

Beban geser :  $P_{\text{maks}} = \frac{1}{2} \sqrt{P_t^2 + P_o^2}$

3. Beban sebidang pemasangan baut

$$M_{\text{maks}} = \sqrt{M_b^2 + M_t^2}$$

$$M_{\text{maks}} = \frac{\pi}{16} \cdot d^2 \cdot \tau_g$$

### Soal latihan :

1. Eksentrik paralel sumbu baut,  $\sigma_t = 600 \text{ kg/cm}^2$ ,  $P = 3 \text{ ton}$ ;  $L_1 = 8 \text{ cm}$ ;  $L_2 = 25 \text{ cm}$ ,  $L = 20 \text{ cm}$ . Tentukan ukuran baut (M33)
2. Eksentrik melintang sumbu baut  $P = 1300 \text{ kg}$ ,  $\sigma_t = 840 \text{ kg/cm}^2$ .  
 $L = 40 \text{ cm}$ ,  $L_1 = 5 \text{ cm}$ ,  $L_2 = 37,5 \text{ cm}$
3.  $\sigma_t = 110 \text{ N/mm}^2$ ;  $\tau_g = 65 \text{ N/mm}^2$   
Tentukan ukuran baut.

### Penyelesaian

$$M_b = 13500 \times 250 = \dots$$

$$M_t = 13500 \times 250 = \dots$$

$$M_{\text{tot}} = \sqrt{M_b^2 + M_t^2}$$

$$= 0,2 d^2 \tau_g \cdot \pi d = \dots$$

## DAFTAR PUSTAKA

- Khurmi RS & Gupta JK. 1980. **A Text Book of Machine Design**. New Delhi : Eurasia Publishing House Ltd.
- Paul H Black. 1968. **Machine Design**. New York : Mc Graw Hill Book Comp.
- Spott MF. 1951. **Design of Machine Elements** ( 2<sup>nd</sup> Ed ). Tokyo : Maruzen Asian Ed.
- Stolk J & Kros C. 1981. **Elemen Mesin** ( Terjemah Hendarsin ). Jakarta : Erlangga
- Sularso. 1978. **Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin**. Jakarta : Pradnya Paramita.
- Wetwijn G. 1953. **Ilmu Bangunan Pesawat yang Praktis**. Jakarta : H Stam.