

POROS

AAN BURHANUDIN  
BAMBANG SUPRIYADI  
ELEMEN MESIN 1  
UNIVERSITAS PGRI SEMARANG

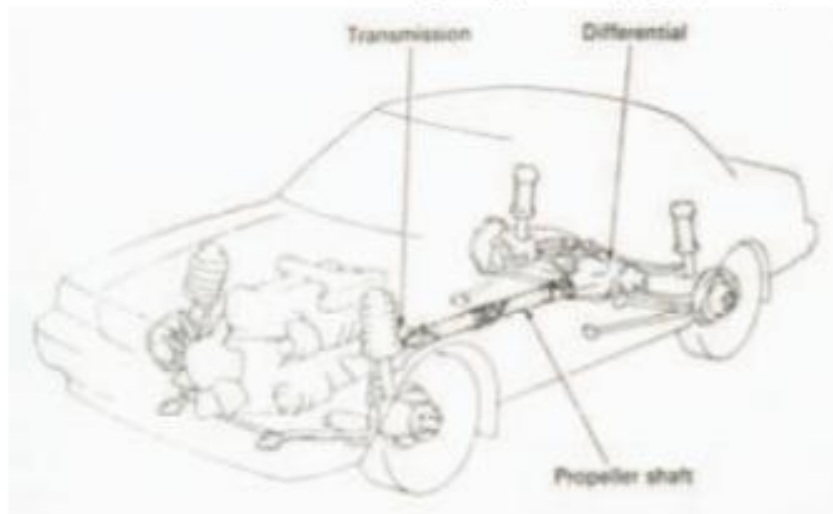
# POROS-SHAFT

Poros merupakan salah satu komponen terpenting dari suatu mesin yang membutuhkan putaran dalam operasinya. Secara umum poros digunakan untuk meneruskan daya dan putaran.

## 1. Jenis-jenis poros:

### a. Poros transmisi

- Beban berupa : momen puntir dan momen lentur
- Daya dapat ditransmisikan melalui : kopling, roda gigi, belt, rantai.



### **b. Spindel**

- Poros transmisi yang relatif pendek, misal : poros utama mesin perkakas dengan beban utama berupa puntiran.
- Deformasi yang terjadi harus kecil dan bentuk serta ukurannya harus teliti.



### **c. Gandar**

- Poros yang tidak berputar
- Menerima beban lentur, misalnya pada roda-roda kereta



# HAL PENTING DLM PERANCANGAN POROS

## a. Kekuatan Poros :

- Beban poros transmisi : puntir, lentur, gabungan puntir dan lentur, beban tarikan atau tekan (misal : poros baling-baling kapal, turbin)
- Kelelahan, tumbukan, konsentrasi tegangan seperti pada poros bertingkat dan beralur pasak.
- Poros harus didesain dengan kuat.

## b. Kekakuan Poros

- Untuk menerima beban lentur atau defleksi akibat puntiran yang lebih besar.

## c. Putaran Kritis

- Jika suatu mesin putarannya dinaikkan maka pada suatu harga putaran tertentu dapat terjadi getaran yang luar biasa. Putaran ini disebut putaran kritis.
- Putaran kerja harus lebih kecil dari putaran kritis ( $n < n_s$ )

## d. Korosi

- Perlindungan terhadap korosi untuk kekuatan dan daya tahan terhadap beban.

## e. Bahan Poros

- Disesuaikan dengan kondisi operasi.
- Baja konstruksi mesin, baja paduan dengan pengerasan kulit tahan terhadap keausan, baja krom, nikel, baja krom molibden dll.

# POROS DGN TORSI MURNI

## a. Poros bulat (pejal)

- $\frac{T}{J} = \frac{\tau}{r}$

T : torsi (N-m)

J : momen inesia polar (m<sup>4</sup>)

$\tau$  : tegangan geser ijin torsional (N/m<sup>2</sup>)

r : jari-jari poros (m) = d/2

- $J = \frac{\pi}{32} d^4$

- $\frac{T}{\frac{\pi}{32} d^4} = \frac{\tau}{\frac{d}{2}}$

$$T = \frac{\pi}{16} \cdot \tau \cdot d^3$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T}{\pi \cdot \tau}} \quad (\text{rumus diameter poros beban torsi murni})$$

# SYARAT PEMAKAIAN RUMUS

## Syarat pemakaian rumus :

- Beban torsi murni
- Poros bulat, pejal, masif
- Beban lain tidak diperhitungkan.
- Diameter poros yang dihasilkan merupakan diameter poros minimum, sehingga harus diambil yang lebih besar.

## b. Untuk poros berlubang dengan beban puntir murni

$d_o$  : diameter luar

$d_i$  : diameter dalam

$$J = \frac{\pi}{32} (d_o^4 - d_i^4)$$

$$r = \frac{d_o}{2}$$

maka :

$$\frac{T}{J} = \frac{\tau}{\frac{d_o}{2}}$$

$$\frac{T}{\frac{\pi}{32}(d_o^4 - d_i^4)} = \frac{\tau}{\frac{d_o}{2}}$$

$$\begin{aligned} 16T d_o &= \pi \cdot \tau (d_o^4 - d_i^4) \\ &= \pi \cdot \tau \cdot d_o^4 \left(1 - \left[\frac{d_i}{d_o}\right]^4\right) \\ &= \pi \cdot \tau \cdot d_o^4 (1 - k^4) \end{aligned}$$

$$T = \frac{\pi}{16} \tau \cdot d_o^3 (1 - k^4)$$

k adalah faktor diameter (ratio) =  $\frac{d_i}{d_o}$

**Catatan :**

- Hubungan : torsi, daya, putaran :

$$T = \frac{P \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot n} (Nm)$$

- Untuk *belt drive*, besar T :

$$T = (T_1 - T_2) R \quad (N.m)$$

R : jari-jari puli

T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> : tegangan tali

# CONTOH SOAL

1. Poros berputar 200 r/min untuk meneruskan daya : 20 kW. Poros dibuat dari *mild steel* dengan tegangan geser ijin 42 MPa. Hitung diameter poros.

**Jawab :**

Diketahui :

$$n = 200 \text{ r/min}$$

$$P = 20 \text{ kW} = 20\,000 \text{ W}$$

$$\bar{\tau} = 42 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad T &= \frac{P \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot n} = \frac{20000 \times 60}{2 \cdot \pi \cdot 200} \\ &= 955 \text{ Nm} = 955 \times 10^3 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\bullet \quad T = \frac{\pi}{16} \cdot \pi \cdot d^3$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad d &= \sqrt[3]{\frac{16 \times 955 \times 10^3}{42 \cdot \pi}} \\ &= 48,7 \text{ mm} \end{aligned}$$

Diameter poros yang digunakan = 50 mm



# CONTOH SOAL

2. Hitung diameter poros pejal terbuat dari baja untuk menerskan daya 20 kW pada putaran 200 r/min. Tegangan geser maksimum bahan poros dari baja 360 MPa dan SF = 8. Hitung pula jika poros berlubang dengan rasio diameter dalam dan luar : 0,5.

**Jawab :**

$$P = 20 \text{ kW} = 20\,000 \text{ W}$$

$$n = 200 \text{ r/min}$$

$$\tau_u = 360 \text{ MPa}$$

$$\text{SF} = 8$$

$$\bar{\tau} = \frac{360}{8} = 45 \text{ MPa}$$

(i) Diameter poros pejal

$$\begin{aligned} \bullet \quad T &= \frac{P \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot n} = \frac{20000 \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot 200} = 955 \text{ N.m} \\ &= 955 \times 10^3 \text{ N mm.} \end{aligned}$$

$$\bullet \quad T = \frac{\pi}{16} \cdot \tau \cdot d^3$$

$$\bullet \quad d = \sqrt[3]{\frac{16 \times 955000}{\pi \cdot 45}} = 47,6 \text{ mm}$$

Diameter poros yang digunakan = 50 mm

(ii). Diameter poros berlubang.

- $\frac{d_i}{d_o} = k = 0,5$  maka  $d_i = 0,5 d_o$
- $T = \frac{\pi}{16} \tau d_o^3 (1 - k^4)$
- $d_o = \sqrt[3]{\frac{16.T}{\pi.\tau(1-k^4)}} = \sqrt[3]{\frac{16 \times 955000}{\pi.45.(1-0,5)^4}}$   
 $= 48,6 \text{ mm} = 50 \text{ mm}$
- $d_i = 0,5 d_o = 0,5 \cdot 50 = 25 \text{ mm}$

# POROS DENGAN BEBAN LENTUR

## a. Poros pejal dengan beban lentur murni

- $\frac{M}{I} = \frac{\sigma_b}{y}$

M : momen lentur (N-m)

I : momen inersia (M<sup>4</sup>)

$\sigma_b$  : tegangan lentur : N/m<sup>2</sup>

y : jarak dari sumbu netral ke bagian terluar

$$y = \frac{d}{2}$$

- $I = \frac{\pi}{64} d^4$

- $\frac{M}{\frac{\pi}{64} d^4} = \frac{\sigma_b}{\frac{d}{2}}$

- $M = \frac{\pi}{32} \cdot \sigma_b \cdot d^3$

- $d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M}{\pi \cdot \sigma_b}}$

# POROS BERLUBANG DGN BEBAN MURNI

## b. Poros berlubang dengan beban lentur murni

- $I = \frac{\pi}{64} (d_o^4 - d_i^4) , \quad k = \frac{d_i}{d_o}$

$$I = \frac{\pi}{64} d_o^4 (1 - k^4)$$

- $\frac{M}{\frac{\pi}{64} \cdot d_o^4 (1 - k^4)} = \frac{\sigma_b}{\frac{d}{2}}$

- $M = \frac{\pi}{32} \cdot \sigma_b \cdot d_o^3 (1 - k^4)$

## CONTOH SOAL

1. Dua buah roda dihubungkan dengan poros, menerima beban masing-masing 50 kN, sejauh 100 mm dari bagian tengah roda. Jarak antar sumbu roda : 1400 mm. Hitung diameter poros jika tegangan lentur tidak boleh melebihi : 100 MPa.

**Jawab :**

- $M = F \cdot L = 50\,000 \cdot 100 = 5 \times 10^6 \text{ N mm}$

$$M = \frac{\pi}{32} \sigma_b \cdot d^3$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M}{\pi \cdot \sigma_b}}$$

$$= \sqrt[3]{\frac{32 \times 5\,000\,000}{\pi \times 100}}$$

$$= 79,8 \text{ mm} = 80 \text{ mm}$$

#### d. Poros dengan beban kombinasi puntir dan lentur

- Teori penting yang digunakan :
  - (i) Teori *Guest* : teori tegangan geser maksimum, digunakan untuk material yang *ductile* (liat) misal *mild steel*.
  - (ii) Teori *Rankine* : teori tegangan normal maksimum, digunakan untuk material yang *brittle* (getas) seperti *cast iron*.

##### d.1. Teori tegangan geser maksimum

$$(i) \tau_{(max)} = \frac{1}{2} \sqrt{\sigma_b^2 + 4\tau^2}$$

$$(ii) \sigma_b = \frac{32 M}{\pi \cdot d^3}$$

$$(iii) \tau = \frac{16 T}{\pi \cdot d^3}$$

$$(iv) \tau_{(max)} = \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{32 M}{\pi d^3}\right)^2 + \left(\frac{16 T}{\pi d^3}\right)^2}$$
$$= \frac{16}{\pi d^3} \left(\sqrt{M^2 + T^2}\right)$$

Note :  $\sqrt{M^2 + T^2} = T_e$  : torsi ekuvalen.

$$(v) T_e = \frac{\pi}{16} \cdot \tau \cdot d^3$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T_e}{\pi \cdot \tau}}$$

(rumus diameter poros beban kombinasi basis  $T_e$ )

## d.2. Teori tegangan normal maksimum :

$$\begin{aligned} \text{(i)} \quad \sigma_{b(\max)} &= \frac{1}{2} \sigma_b + \sqrt{\left(\frac{1}{2} \sigma_b\right)^2 + \tau^2} \\ &= \frac{1}{2} \left( \frac{32M}{\pi d^3} \right) + \sqrt{\left( \frac{1}{2} \cdot \frac{32M}{\pi d^3} \right)^2 + \left( \frac{16T}{\pi d^2} \right)^2} \\ &= \frac{32}{\pi d^3} \left[ \frac{1}{2} \left( M + \sqrt{M^2 + T^2} \right) \right] \\ \frac{\pi}{32} \sigma_{b(\max)} d^3 &= \frac{1}{2} \left( M + \sqrt{M^2 + T^2} \right) \end{aligned}$$

$$\text{(ii)} \quad \text{Jika : } \frac{1}{2} \left( M + \sqrt{M^2 + T^2} \right) = M_e$$

$M_e$  : momen lentur ekuivalen

$\sigma_b$  : tegangan lentur ijin bahan poros

$$\text{(iii)} \quad M_e = \frac{\pi}{32} \sigma_b \cdot d^3$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_e}{\pi \cdot \sigma_b}}$$

(rumus diameter poros beban kombinasi basis  $M_e$ )

- Untuk poros berlubang dengan beban lentur dan puntir

$$(i) \quad T_e = \sqrt{T^2 + M^2} = \frac{\pi}{16} \tau d_o^3 (1 - k^4)$$

$$(ii) \quad M_e = \frac{1}{2} \left( M + \sqrt{M^2 + T^2} \right) = \frac{\pi}{32} \cdot \sigma \cdot d_o^3 (1 - k^4)$$

$$\text{dengan : } k = \frac{d_i}{d_o}$$



TERIMA KASIH