

2. TEORI DASAR

2.1 Poros

Poros merupakan suatu elemen mesin yang meneruskan daya baik secara berputar maupun diam. Poros terdiri dari beberapa macam, antara lain:

- o Poros transmisi

Daya pada poros tersebut ditransmisikan melalui kopling, roda gigi, puli-sabuk, atau sproket-rantai. Poros tersebut umumnya mendapat beban puntir dan lentur dalam pengoperasiannya.

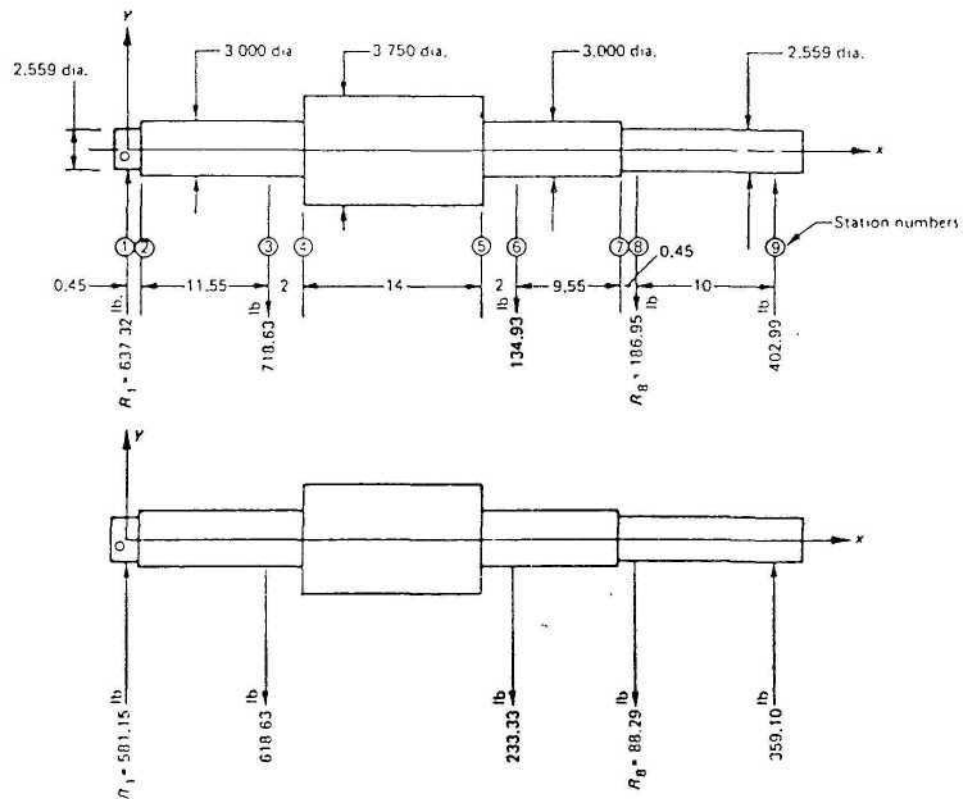
- o *Spmdle*

Poros tersebut umumnya berbentuk pendek dan presisi dalam penggunaannya. Poros ini banyak digunakan pada mesin-mesin perkakas.

- o *Gardan*

Poros jenis gardan ini banyak digunakan untuk roda dari kereta api, kereta barang, dimana poros tersebut umumnya tidak mendapat beban puntir. karena tidak ikut berputar. Poros tersebut hanya mendapat beban lentur.

Poros umumnya terbuat dari bahan pejal dengan penampang bulat dan diameter yang disesuaikan dengan kekuatan saat pengoperasiannya, seperti padaGb.2.1



Gambar 2.1 Poros

2.1.1. Poros Transmisi

Jenis poros transmisi ini digunakan untuk menransmisikan daya dengan putaran-putaran yang digerakkan oleh roda gigi, sehingga poros akan rmendapatkan beban aksial, beban puntir atau lentur dan torsi. Dengan putaran dan gaya berat dari komponen-komponen yang dipasangkan pada poros maka dapat ditentukan diameter poros akibat gaya aksial (tekan atau tarik), momen *bending* dan momen puntir yang terjadi pada poros.

- Diameter poros yang dijiakan akibat gaya aksial

$$\sigma_t = \frac{F_a}{A} \leq \frac{\sigma_{max}}{Ak} \quad (2.1)$$

$$\sigma_t = \frac{4.F_a}{\pi.d^2} \leq \frac{\sigma_{max}}{Ak} \quad (2.2)$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{4 F_a A k}{\pi \sigma_{\max}}} \quad (2.3)$$

Dimana

A = luas penampang poros = $\frac{1}{4} \pi d^2$ (m²)

F_a = gaya aksial yang terbesar pada poros (diagram N untuk gaya aksial) (N)

d = diameter poros yang diijinkan akibat gaya aksial (m)

σ_{\max} = tegangan tarik maksimum poros (N/m²)

Ak = angka keamanan

- Diameter poros yang diijinkan akibat momen bending dan

momen puntir

$$d^3 = \frac{16}{n \times \tau_{\min}} \sqrt{(k_b \times M_b)^2 + (k_t \times M_t)^2} \quad (2.4)$$

Dimana

d = diameter poros (m)

τ_{\min} = tegangan ijin bahan (N/m²)

k_b = faktor koreksi untuk beban bending

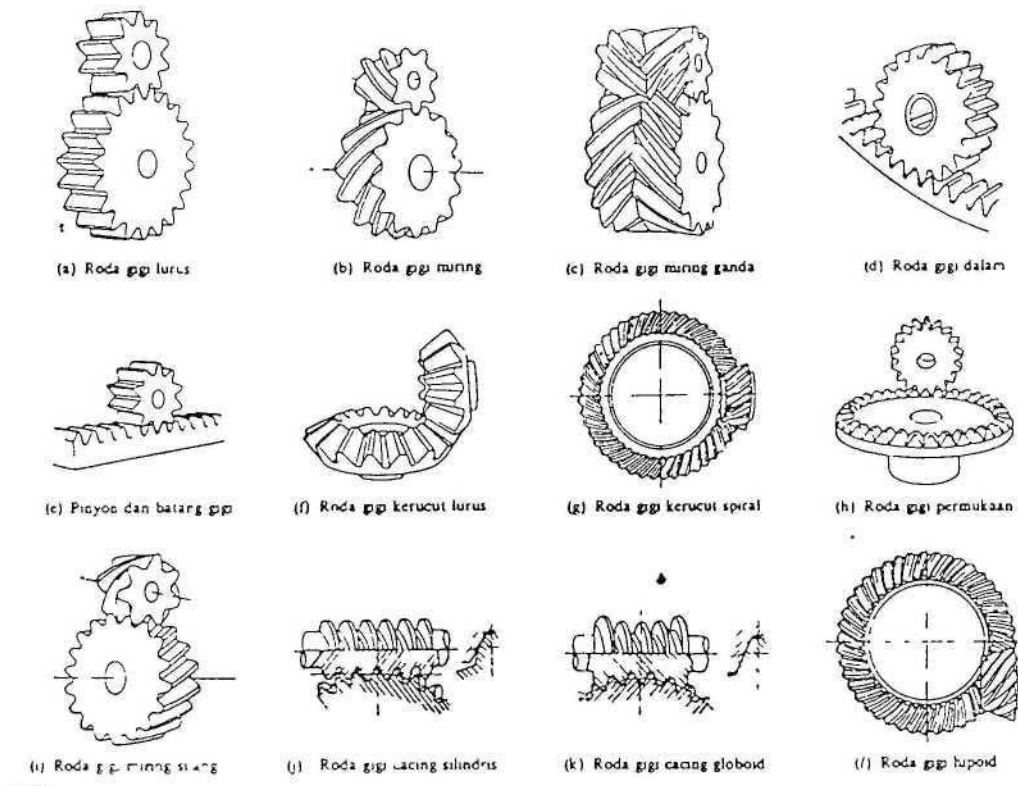
k_t = faktor koreksi untuk beban puntir

M_b = momen bending pada poros (Nm)

M_t = momen puntir pada poros (Nm)

2.2 Roda Gigi

Roda gigi adalah suatu elemen mesin yang digunakan untuk mentransmisikan daya yang besar, dimana transmisi roda gigi mempunyai keunggulan dibandingkan dengan sabuk atau rantai, karena lebih ringkas, putaran lebih tinggi, dan tepat. Roda gigi terdapat dalam bermacam-macam bentuk seperti dapat dilihat pada Gambar 2.2. Pemilihan bentuk roda gigi biasanya didasarkan pada tingginya putaran, suara yang ditimbulkan dan letak poros, apakah sejajar atau melintang.

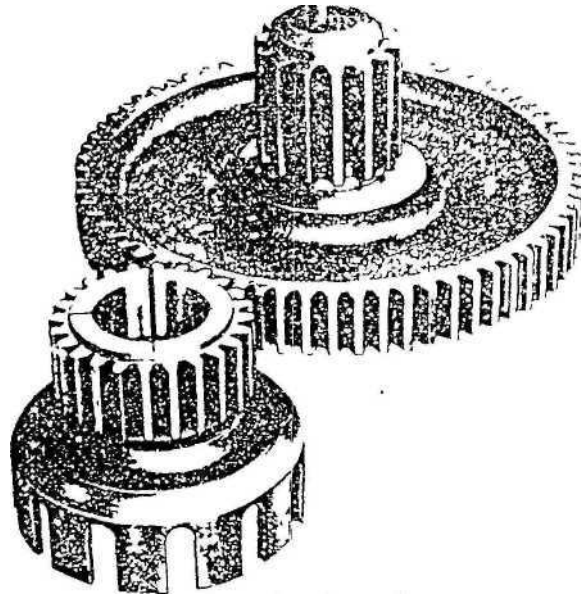


Gambar 2 2 Macam-macam roda gigi

Untuk letak poros yang sejajar biasanya digunakan roda gigi lurus jika kecepatan lebih kecil dari 5000 ft /min dan putarannya lebih kecil dan 3600 rpm Sedangkan untuk roda gigi minng biasanya digunakan untuk putaran lebih besar dan 3600 rpm dan kecepatannya lebih besar dan 5000 ft/mm Dan untuk poros dengan poros yang tegak lurus dihubungkan dengan *be\el gear*

2 2 1 Roda Gigi Lurus

Roda gigi mi senng dipakai pada mesm dengan putaran \ang tidak terlalu tinggi, dimana bagian roda gigi tersebut dapat dilihat pada Gb 2 3



Gambar 2 3 Roda aisi lurus

Untuk bagian-bagian tersebut sudah ditabelkan secara standar seperti pada tabel 2.1.

Dengan menggunakan tabel tersebut perlu diketahui dahulu *diameter pitch* (P) yang didapat dan :

$$P = \frac{\pi}{p} \quad (2.5)$$

$$p = \frac{\pi d}{N_t} \quad (2.6)$$

Dimana

P = *diameter pitch* (in)

p = *pitch* (in)

d = *diameter roda gigi* (in)

N_t = *jumlah roda gigi*

Jumlah gigi dan diameter roda gigi dapat dicari dengan persamaan:

$$\frac{N_{t1}}{N_{t2}} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (2.7)$$

Dimana:

N_1 = jumlah gigi roda gigi 1

N_2 = jumlah gigi roda gigi 2

d_1 = diameter roda gigi 1

d_2 = diameter roda gigi 2

n_1 = putaran roda gigi 1 (rpm)

n_2 = putaran roda gigi 2 (rpm)

2.2.2 Kekuatan Gigi

Dalam proses kerja sebuah roda gigi perlu diketahui apakah mampu menahan beban yang diberikan sampai tidak menyebabkan gigi pada roda gigi tersebut patah. Untuk mengetahui kekuatan gigi tersebut oleh AGMA telah dirumuskan dalam persamaan :

$$\sigma_t = \frac{F_t \times k_o \times P \times k_s \times k_m}{k_v \times b \times \gamma} \quad (2.8)$$

Dimana harga-harga konstanta dapat dilihat pada

σ_t = tegangan pada gigi (psi)

F_t = gaya tangensial

k_o = faktor koreksi beban

P = diameter *pitch*

k_s = faktor koreksi ukuran gigi

k_m = koreksi distribusi beban

k_v = faktor dinamik

b = lebar gigi

γ = faktor geometri

Dan

$$S_{ad} = \frac{S_o \times K_L}{K_T \times K_R} \quad (2.9)$$

Dimana:

S_{ad} = tekanan ijin maksimum gigi (psi)

S_o = tekanan ljin material (psi)

K_L = faktor umur

K_T = faktor temperatur

K_R = faktor keamanan

Tegangan yang terjadi pada gigi harus lebih kecil atau sama dengan tegangan yang diijmkan pada roda gigi tersebut. Apabila terjadi tegangan pada gigi lebih besar dari tegangan ijin gigi maka perlu didesain ulang.

2 2.3 Keausan Gigi

Selain kekuatan gigi perlu juga diketahui apakah gigi tersebut tahan terhadap keausan, karena pada umumnya roda gigi lebih sermg aus dari pada patah. Oleh karena itu perlu juga diketahui keausan gigi, yang oleh AGMA dirumuskan dalam :

$$\sigma_c = C_p \sqrt{\frac{F_t \cdot C_o \cdot C_s \cdot C_m \cdot C_f}{C_v \cdot d \cdot b \cdot l}} \quad (2.10)$$

Dimana :

σ_c = tegangan yang terjadi akibat kelelahan pada gigi (psi)

C_p = koefisien dari sifat material

F_t = gaya tangensial (lb)

C_o = faktor beban

C_s = faktor ukuran gigi

C_m = faktor distribusi beban

C_f = faktor kondisi permukaan

C_v = faktor dinamik

d = diameter gigi (in)

l = faktor geometri

Dan

SH = tegangan ijin terhadap kelelahan

S_{ac} = kekerasan permukaan terhadap kelelahan (kpsi)
 $= 0.4(HB) - 10$

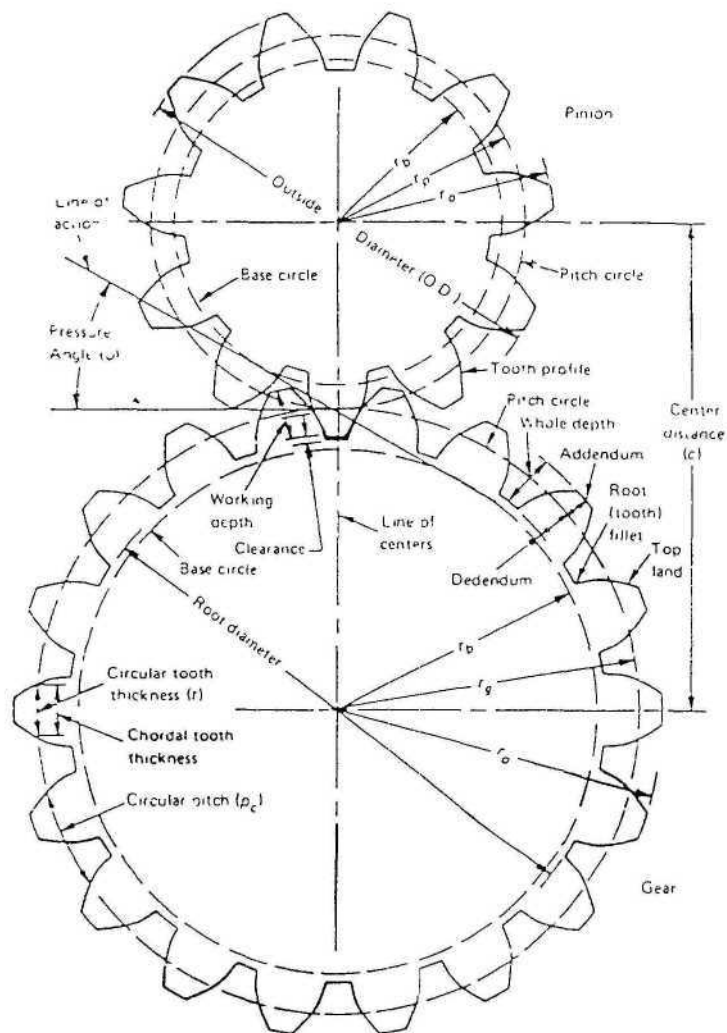
CL = faktor umur

CH = perbandingan faktor kekerasan

CT = faktor temperatur

CR = faktor keamanan

Tegangan yang terjadi akibat kelelahan harus lebih kecil daripada tegangan ijin terhadap kelelahan sehingga gigi tersebut dapat dinyatakan tahan keausan.

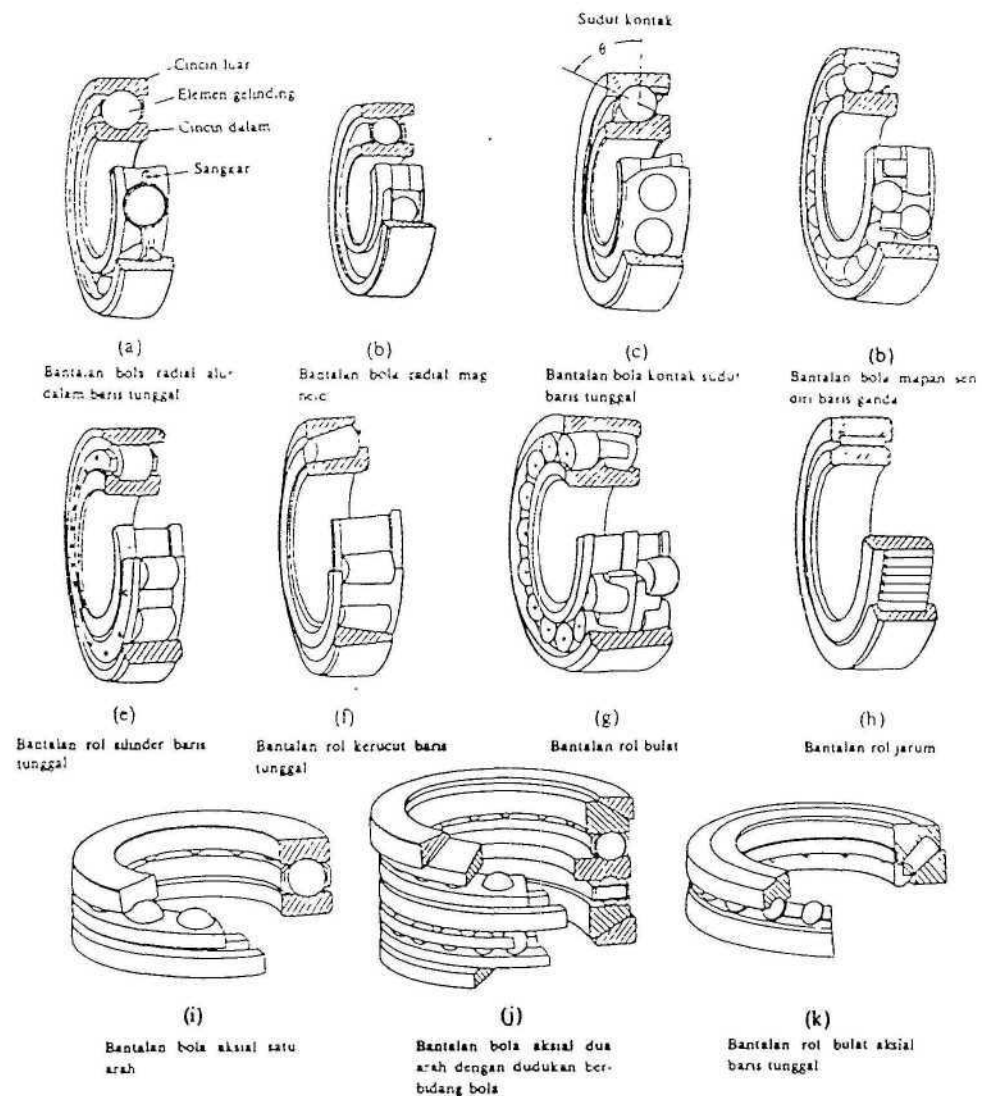


Gambar 2.4 Bagian-bagian dari roda gigi

2.3 Bantalan

Bantalan adalah elemen mesin yang menumpu poros berbeban, sehingga putaran atau gerakan bolak-balik poros dapat berlangsung secara halus, aman, dan umurnya panjang. Bantalan harus cukup kokoh untuk memungkinkan elemen mesin lainnya bekerja dengan baik, karena jika bantalan tidak berfungsi dengan baik maka kerja seluruh sistem akan menurun atau tidak dapat bekerja secara optimal.

2.3.1. Bantalan Gelinding



Gambar 2.5 Macam-macam bantalan

Bantalan yang sering digunakan adalah bantalan gelinding atau disebut juga bantalan anti gesek. Keuntungan dan kerugian bantalan gelinding

- t. Bantalan gelinding pada umumnya lebih cocok untuk beban kecil dan pada bantalan luncur, tergantung pada bentuk elemen gelindingnya
- b. Putaran pada bantalan ini dibatasi oleh gaya sentrifugal yang timbul pada elemen gelinding tersebut
- c. Karena konstruksinya yang sukar dan ketelitiannya yang tinggi, maka bantalan gelinding hanya dapat dibuat oleh pabrik-pabrik tertentu saja
- d. Harganya pada umumnya lebih mahal dan pada bantalan luncur
- e. Untuk menekan biaya pembuatan serta memudahkan pemakaian, bantalan gelinding diproduksi menurut standar dalam berbagai ukuran dan bentuk
- f. Dengan gesekan yang sangat rendah pelumasan pun sangat sederhana, cukup dengan gemuk bahkan pada jenis tertentu yang memakai sil sendi tidak perlu pelumasan lagi.
- g. Meskipun ketelitiannya tinggi, namun karena adanya gerakan elemen gelinding dan sangkar, pada putaran tinggi bantalan ini agak gaduh dibandingkan dengan bantalan luncur

Bentuk bantalan gelinding dapat dilihat pada Gb 2.5, sedangkan macam-macam bantalan gelinding adalah sebagai berikut

- a. Bantalan gelinding dengan bola (*ball bearing*)
 - Bantalan gelinding bola radial (*radial ball bearing*)
 - Bantalan gelinding bola kontak menyudut (*angular contact ball bearing*)
 - Bantalan gelinding bola aksial (*thrust ball bearing*)

b. Bantalan gelinding dengan rol (*roller bearing*)

- Bantalan gelinding rol silinder (*cylindrical roller bearing*) !*
- Bantalan gelinding rol jarum (*needle roller bearing*)
- Bantalan gelinding rol tirus (*tapered roller bearing*)
- Bantalan gelinding rol lengkung (*spherical roller bearing*)

Walaupun bantalan gelinding disebut juga sebagai bantalan anti gesekan (*anti friction bearing*), tetapi karena adanya beban dan putaran maka akan timbul slip, sehingga menimbulkan gesekan antara komponen bantalan, yaitu : ring luar, bola atau rol, dan ring dalamnya.

Untuk menentukan jenis bantalan yang akan digunakan dalam mekanisme yang direncanakan, ciri masing-masing bantalan harus dipertimbangkan sesuai dengan pemakaian, lokasi, macam beban yang akan dialami, dan diperlukannya rumah bantalan atau tidak.

2.3.2 Umur Bantalan

Umur bantalan adalah umur yang dapat dicapai dalam jumlah perputaran yang berdasarkan kepercayaan (*reliability*) 90%, atau diagram 10% kegagalan (disimbolkan dengan L_{10})

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^p \cdot 10^6 \quad (2.11)$$

Dimana :

L_{10} = umur bantalan dalam jumlah putaran

P = beban ekuivalen (N)

P = konstanta yang tergantung dari tipe bantalan

= 3, untuk *ball bearing*

= 10/3. untuk *roller bearing*

C = beban dinamis (N)

Yang dimaksud dengan beban dinamis adalah beban yang mampu diterima dalam keadaan dinamis berputar dalam jumlah putarankonstan (10- putaran), dan kalau ingin dinyatakan dalam jumlah kerja, maka rumus umum bantalan menjadi:

$$L_{10h} = \left(\frac{C}{P} \right)^p \cdot \frac{10^6}{60n} \text{ jam} \quad (2.12)$$

Dimana:

L_{10h} = umur bantalan (jam kerja)

n = jumlah putaran (rpm)

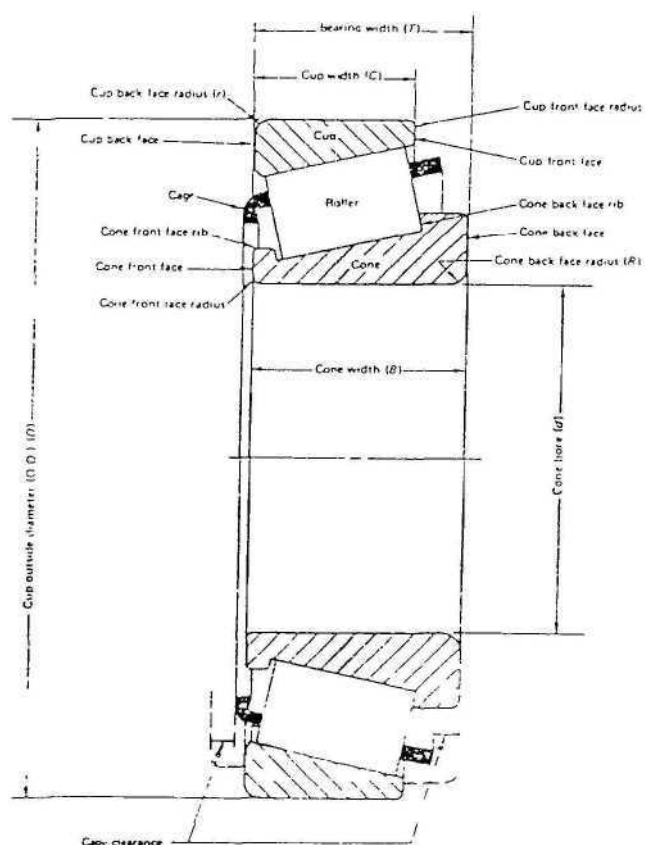
p = konstanta yang tergantung dari tipe bantalan

= 3, untuk *ball bearing*

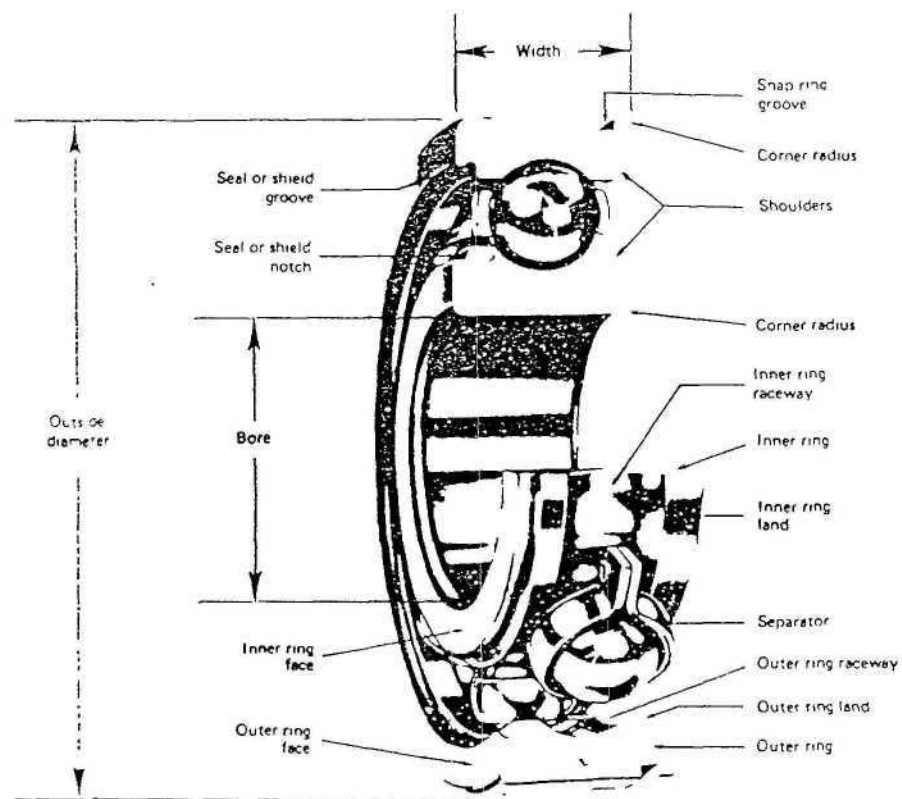
= 10/3, untuk *roller bearing*

C = beban dinamis (N)

P = beban ekuivalen (N), tergantung dari jenis bantalan yang digunakan.



Gambar 2.6 Bagian-bagian dari *roll bearing*



Gambar 2.7 Bagian-bagian dari ball bearing

2.4 Baut

Baut merupakan pengikat yang sangat penting. Untuk mencegah kecelakaan atau kerusakan pada mesin, pemilihan baut sebagai alat pengikat yang harus ditentukan dengan seksama untuk mendapatkan ukuran yang sesuai.

Gaya-gaya yang bekerja pada baut adalah:

1. Beban statis aksial murni.
2. Beban aksial bersama dengan beban puntir.
3. Beban geser

4. Beban tumbukan aksial

2.4.1 Baut Dengan Beban Berulang

Pengetahuan tentang tata cara perhitungan ulir yang dikenai beban dinamis atau berulang adalah sangat penting. Baut-akan mempengaruhi perpanjangan dan pengurangan pada tebalnya plat pada saat dikenai beban berulang

2.5 Daya Motor

Daya motor adalah kemampuan untuk melakukan kerja per satuan waktu. Sedangkan kerja adalah kemampuan untuk melakukan gaya untuk suatu jarak tertentu. Melalui daya dapat diketahui kekuatan dari sebuah motor. Pada motor listrik terjadi gaya tangensial yang menyebabkan terjadinya torsi.

Dirumuskan sebagai:

$$T = Ft \cdot R \quad (2.13)$$

Dimana:

T = Torsi (N.m)

Ft = Gaya tangensial (N)

R = Jarak lengan (m)

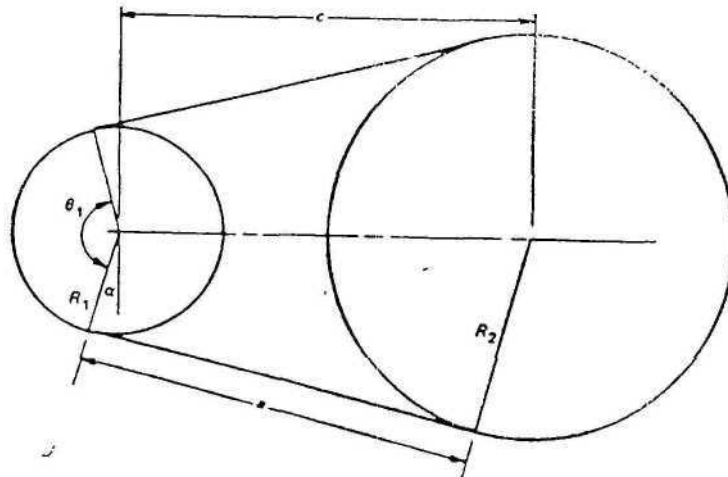
2.6 Sabuk V (V-Belt)

Transmisi Sabuk-V dan *Pulley*.

Jarak yang jauh antara dua buah poros sering tidak memungkinkan untuk transmisi langsung dengan roda gigi. Maka, cara transmisi putaran atau

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{D_p}{d_p} \quad (2.14)$$

daya yang lain dapat diterapkan, yaitu dengan menggunakan sebuah sabuk yang dililitkan disekelilingnya.



Gambar 2.8 Data-datadari V-belt

Sebagian besar transmisi sabuk menggunakan sabuk-V karena mudah penangannya dan harganya pun lebih murah dibandingkan dengan menggunakan transmisi rantai beserta roda giginya. Rumus-rumus untuk transmisi *pulley* beserta sabuk-V antara lain:

Dimana : n_1 = putaran *pulley* penggerak (rpm)

n_2 = putaran *pulley* yang digerakkan (rpm)

D_p = diameter *pulley* yang digerakkan (mm)

d_p = diameter *pulley* penggerak (mm)

Sedangkan untuk menghitung kecepatan linier sabuk-V :

$$V = \frac{\pi \cdot d_p \cdot n_1}{60 \times 1000} \quad (2.15)$$

Jarak sumbu poros (C):

$$C = \frac{b + \sqrt{b^2 - 8(D_p - d_p)^2}}{8} \quad (2.16)$$

$$\text{Dimana : } b = 2L - 3,14 (D_p + d_p) \quad (2.17)$$

Panjang keliling sabuk-V:

$$L = 2C - \frac{\pi}{2}(d_p + D_p) + \frac{1}{4C}(d_p + D_p)^2 \quad (2.18)$$

2.7 Pasak

Pasak adalah suatu elemen mesin yang dipakai untuk menetapkan bagian-bagian mesin seperti roda gigi, *pulley*, kopling, dan lain-lain pada poros. Untuk pasak, umumnya dipilih bahan yang mempunyai kekuatan tarik lebih dari 60 kg/mm^2 , lebih kuat dari porosnya.

Jika poros mengalami momen sebesar T (kg.mm), dan diameter poros adalah d_s (mm), maka gaya tangensial F (kg) pada permukaan poros adalah:

$$F = \frac{T}{(d_s/2)} \quad (2.19)$$

Gaya geser yang bekerja pada penampang mendatar $b \times l$ (mm^2) oleh gaya F (kg). Dengan tegangan geser τ_k (kg/mm^2) yang menimbulkan adalah :

$$\tau_k = \frac{F}{b.l} \quad (2.20)$$

Dari tegangan geser yang diizinkan τ_{ka} (kg/mm^2), panjang pasak l_1 (mm) yang diperlukan dapat diperoleh :

$$\tau_{ka} \geq \frac{F}{b.l_1} \quad (2.21)$$

Gambar 2 9 Macam-macam pasak

