

GEAR / RODA GIGI

www.BANDICAM.COM

1. PENDAHULUAN

Sistem transmisi roda gigi banyak digunakan pada berbagai mesin. Sebagai contoh di Bidang otomotif, sistem transmisi yang digunakan adalah transmisi roda gigi. Sistem transmisi roda gigi digunakan karena :

- efisiensinya yang tinggi,
- kehandalan dalam operasional,
- tidak mudah rusak,
- dapat meneruskan daya dan putaran yang tinggi.
- kemudahan dalam pengoperasian dan perawatan.

Roda gigi merupakan elemen mesin yang digunakan untuk memindahkan daya dan putaran dari satu poros ke poros lain tanpa terjadi slip.

Prinsip dasar dari sistem transmisi roda gigi merupakan pengembangan dari prinsip transmisi roda gesek. Gerakan dan daya yang ditransmisikan melalui roda gigi, secara kinematis ekuivalen dengan yang ditransmisikan melalui roda gesek atau cakram.



Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.

GEAR / RODA GIGI

www.BANDICAM.COM

2. KLASIFIKASI RODA GIGI

Roda gigi dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- Menurut letak poros
- Menurut arah putaran
- Menurut bentuk jalur gigi atau cakram.

a. Menurut letak poros

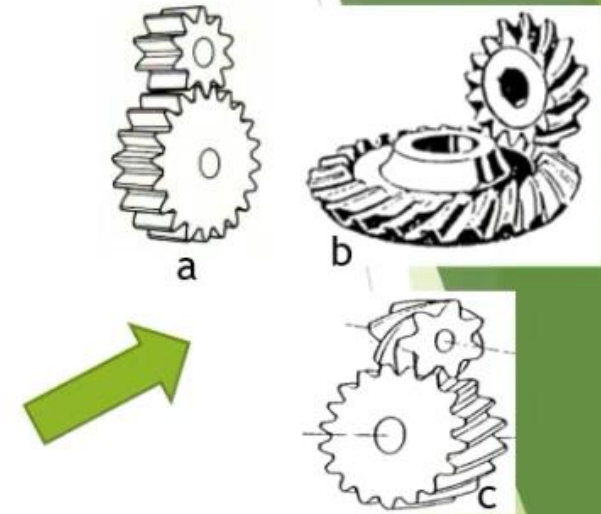
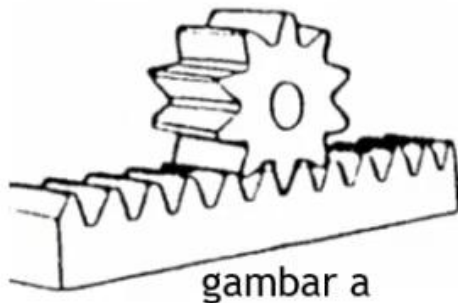
Menurut letak poros, maka roda gigi diklasifikasikan

- sebagai berikut:
- Roda gigi lurus dengan poros sejajar (gambar.a)
 - Roda gigi dengan poros berpotongan (gambar.b)
 - Roda gigi dengan poros silang (gambar.c)

b. Menurut arah putaran

Menurut arah putarannya, roda gigi dapat dibedakan atas :

- Roda gigi luar; arah putarannya berlawanan, gambar a
- Roda gigi dalam dan *pinion*; arah putarannya sama, gambar b



Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.

GEAR / RODA GIGI

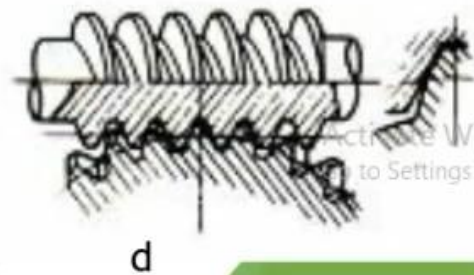
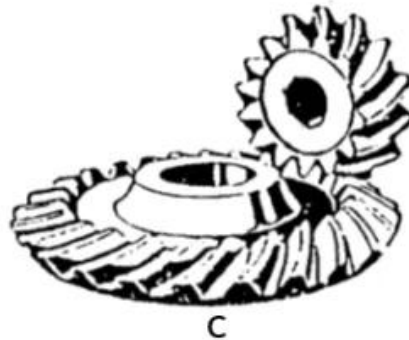
www.BANDICAM.com

2. KLASIFIKASI RODA GIGI

c. Menurut bentuk jalur gigi

Menurut bentuk jalur gigi, roda gigi dapat dibedakan atas :

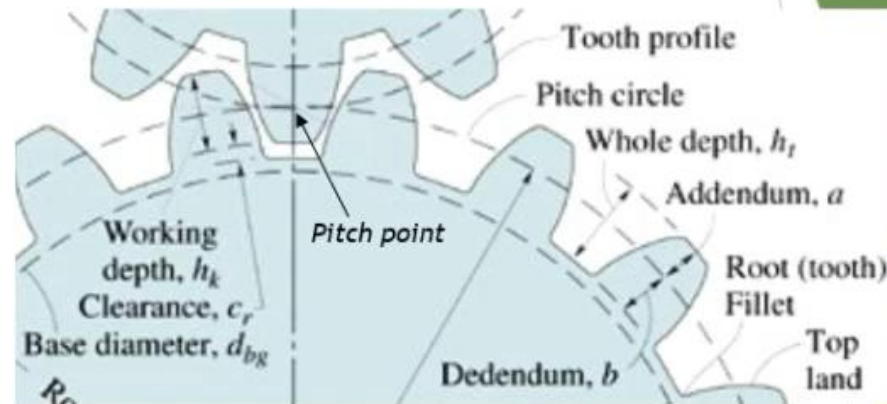
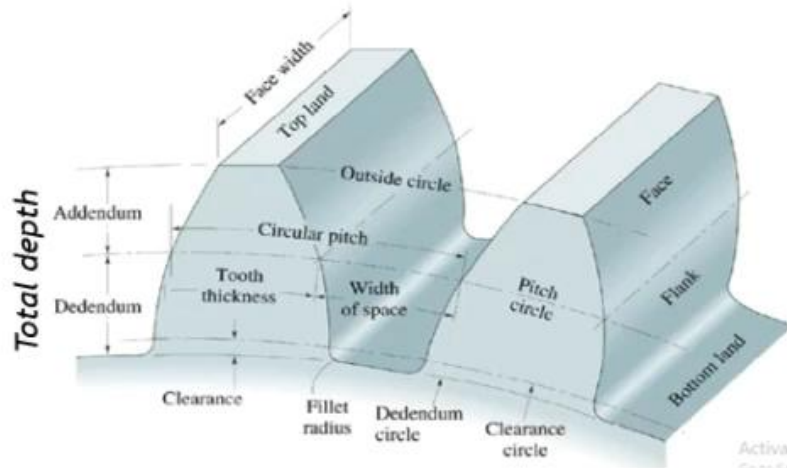
- **Roda gigi lurus (Spure gears)** ; roda gigi dimana giginya berjajar pada dua bidang silinder, gambar a
- **Roda gigi miring (Helical gears)**; Roda gigi miring mempunyai jalur gigi yang membentuk ulir pada silinder jarak bagi, gambar b
- **Roda gigi kerucut (bevel gears)**; Roda gigi ini digunakan untuk mentransmisikan dua buah poros yang saling berpotongan, dimana bidang jarak bagi merupakan bidang kerucut yang puncaknya terletak pada titik potong sumbu poros, gambar c
- **Roda gigi cacing (worm gears)**; Roda gigi yang kedua sumbu saling bersilang dengan jarak sebesar a, biasanya sudut yang dibentuk kedua sumbu sebesar 90° , gambar d



GEAR / RODA GIGI

www.BANDICAM.COM

3. NOMENKLATUR RODA GIGI DAN UKURANNYA



- a. **Circular pitch** (Lingkaran jarak bagi), adalah lingkaran imajiner yang oleh aksi putar akan memberikan gerak yang sama pada roda gigi. Lingkaran *pitch circle* disebut juga dengan *pitch diameter*. Ukuran roda gigi biasanya dispesifikasikan oleh *pitch circle diameter* (PCD). Jika diameter lingkaran jarak bagi dinyatakan dengan **d (mm)** dan jumlah gigi adalah **z** , maka lingkaran jarak bagi **t (mm)** adalah:

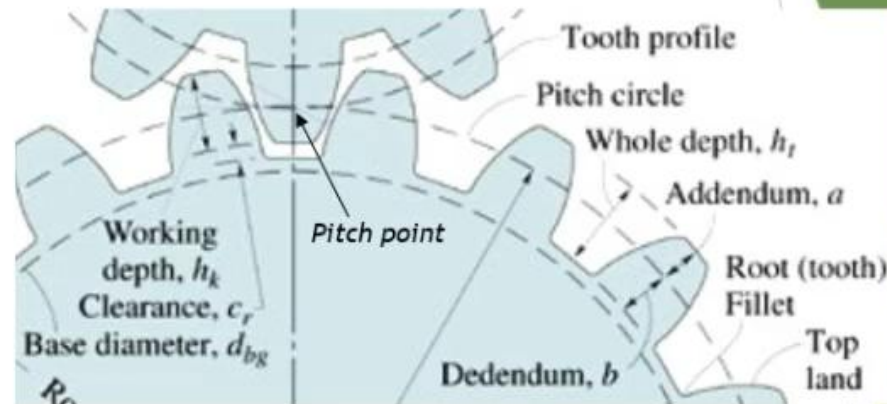
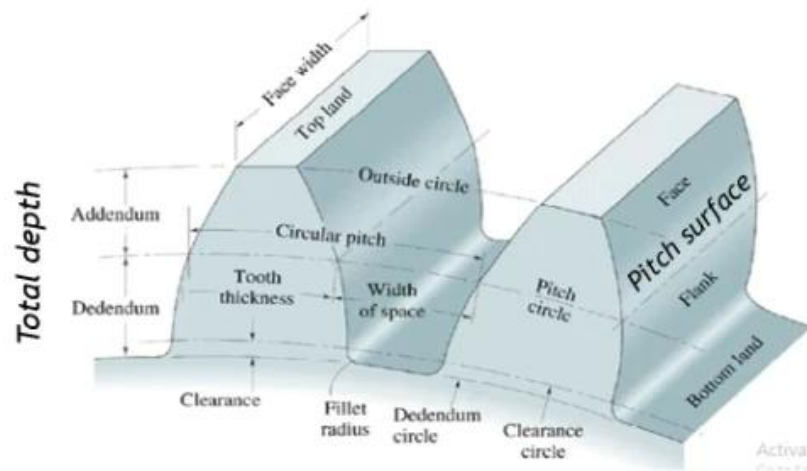
$$t = \frac{\pi d}{z}$$

- b. **Pitch point**, adalah titik kontak (titik singgung) antara lingkaran *pitch* dari sepasang roda gigi yang berkontak yang juga merupakan titik potong antara garis kerja dan garis pusat.

GEAR / RODA GIGI

www.BANDICAM.COM

3. NOMENKLATUR RODA GIGI DAN UKURANNYA



c. **Pitch surface**, adalah permukaan rolling terjadinya kontak.

d. **Addendum** (tinggi kepala), adalah jarak radial gigi dari *pitch circle* ke bagian atas gigi. Sedangkan *Addendum circle* (lingkaran kepala gigi), yaitu lingkaran yang membatasi gigi.

e. **Dedendum** (tinggi kaki), adalah jarak radial gigi *pitch circle* ke bagian bawah gigi. *Dedendum circle* (lingkaran kaki gigi), yaitu lingkaran yang membatasi kaki gigi.

f. **Module (modul)**, adalah perbandingan dari *pitch circle diameter* terhadap jumlah gigi, disimbolkan dengan ***m***, yaitu;

$$m = \frac{d}{z}$$

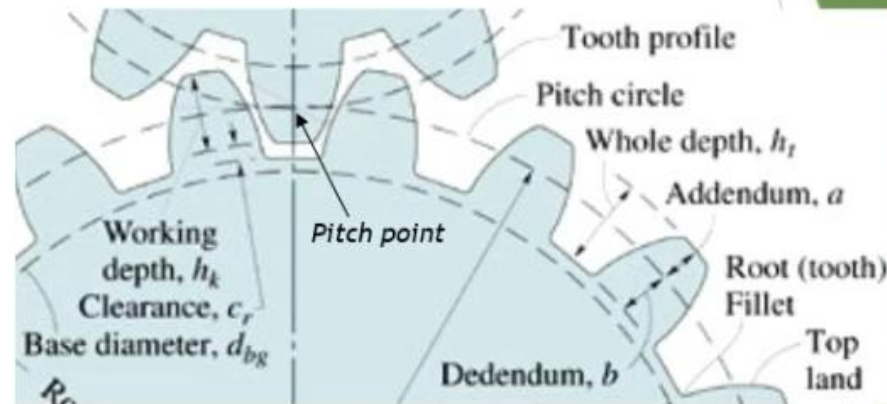
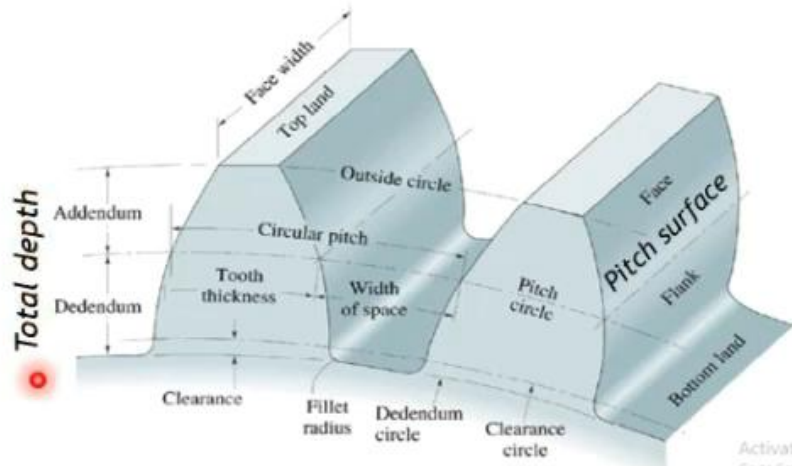
dimana $t = \cdot \pi m$

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.

GEAR / RODA GIGI

www.BANDICAM.COM

3. NOMENKLATUR RODA GIGI DAN UKURANNYA

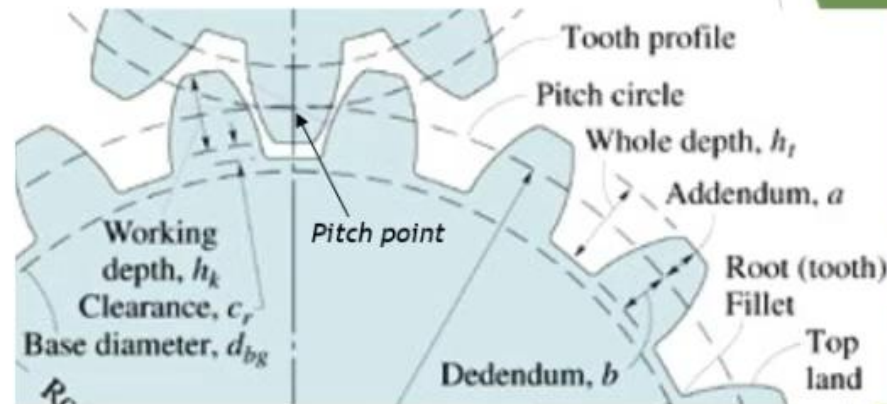
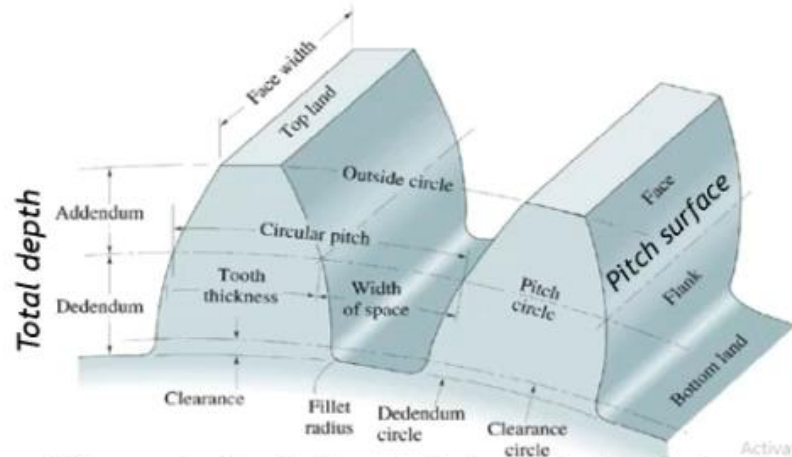


- g. **Clearance Circle**, adalah Jarak radial dari puncak gigi ke gigi bagian bawah. Atau lingkaran yang bersinggungan dengan lingkaran *addendum* dari gigi yang berpasangan.
- h. **Total depth (kedalaman total)**, adalah jumlah addendum dan dedendum.
- i. **Tooth thickness (tebal gigi)**, adalah lebar gigi diukur sepanjang *pitch circle*.
- j. **Top land (puncak kepala)**, adalah permukaan atas roda gigi.
- k. **Flank (sisi kaki)**, adalah permukaan gigi dibawah permukaan pitch.
- l. **Pressure angle (sudut kontak)**, adalah sudut yang dibentuk oleh dua buah gigi pada *pitch point* atau sudut yang dibentuk dari garis normal dengan kemiringan dari sisi kepala gigi.

GEAR / RODA GIGI

www.BANDICAM.COM

3. NOMENKLATUR RODA GIGI DAN UKURANNYA



m. **Diametral pitch**, adalah rasio jumlah gigi terhadap *diameter pitch circle*, dalam hal ini diameter lingkaran jarak bagi diukur dalam inch, maka jarak bagi diametral DP adalah jumlah gigi per inch diameter tersebut. Jika diameter lingkaran jarak bagi dinyatakan sebagai d'' (inch), maka:

$$DP = \frac{z}{d} \frac{1}{in} \Rightarrow m = \frac{25,4}{DP} \Rightarrow \text{(Jika DP kecil maka giginya besar)}$$

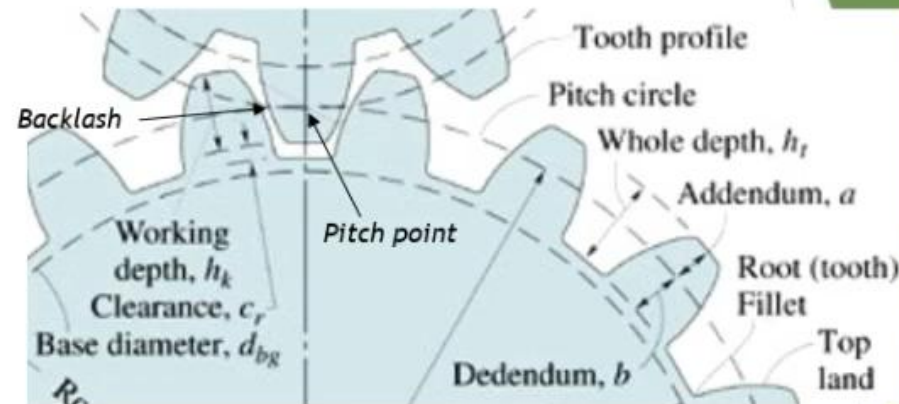
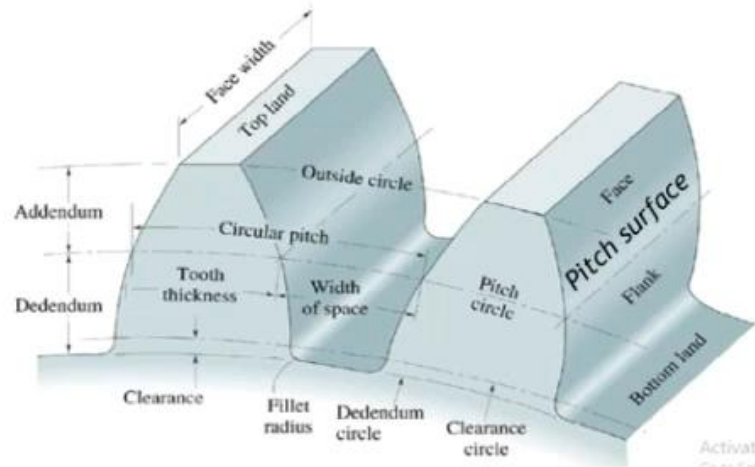
n. **Pinion**, adalah roda gigi yang lebih kecil dalam suatu pasangan roda gigi.

o. **Working Depth**, jumlah jari-jari lingkaran kepala dari sepasang roda gigi yang berkontak dikurangi dengan jarak poros.

GEAR / RODA GIGI

www.BANDICAM.COM

3. NOMENKLATUR RODA GIGI DAN UKURANNYA



- p. **Operating pitch circle**, adalah lingkaran-lingkaran singgung dari sepasang roda gigi yang berkontak dan jarak porosnya menyimpang dari jarak poros yang secara teoritis benar.
- q. **Width of space**, adalah tebal ruang antara roda gigi diukur sepanjang lingkaran *pitch*.
- r. **Tooth space (lebar ruang)**, yaitu ukuran ruang antara dua gigi sepanjang lingkaran *pitch*.
- s. **Backlash**, adalah selisih antara *tooth thickness*/tebal gigi dengan *tooth space*/lebar ruang.

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.

4. PERBANDINGAN PUTARAN DAN PERBANDINGAN RODA GIGI

Jika putaran roda gigi yang berpasangan dinyatakan dengan n_1 (rpm) pada poros penggerak dan n_2 (rpm) pada poros yang digerakkan, diameter lingkaran jarak bagi d_1 dan d_2 (mm) serta jumlah gigi z_1 dan z_2 , maka perbandingan putaran u adalah:

$$u = \frac{n_2}{n_1} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{m \cdot z_1}{m \cdot z_2} = \frac{z_1}{z_2} = \frac{1}{i}$$

Harga i adalah perbandingan antara jumlah gigi pada roda gigi dan pinion, disebut perbandingan transmisi atau perbandingan roda gigi

Maka; $\frac{z_2}{z_1} = i$

Jarak sumbu poros minimum (mm) dan diameter lingkaran jarak bagi d_1 dan d_2 (mm) dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$a = \frac{(d_1 + d_2)}{2} = \frac{m(z_1 + z_2)}{2}$$

$$d_1 = \frac{2a}{1+i} \quad \text{dan} \quad d_2 = \frac{2a \cdot i}{1+i}$$

4. PERBANDINGAN PUTARAN DAN PERBANDINGAN RODA GIGI

Roda lurus standart, dibentuk pada posisi dimana lingkaran jarak bagi yang berdiameter $z.m$ menggelinding tanpa slip pada garis datum batang gigi dasar. Roda-roda gigi yang dihasilkan karena mempunyai sudut tekanan dan modul yang sama maka dapat saling bekerja sama tanpa tergantung pada jumlah giginya, disebut dengan roda gigi yang dapat saling dipertukarkan. Ukuran proporsional roda gigi lurus standart yang didasarkan atas modul diantaranya:

Diameter luar (diameter kepala) d_k

$$d_k = (z + 2) \times m$$

Tinggi gigi atau kedalaman pemotongan H

$$H = 2.m + c_k$$

Dimana c_k adalah kelonggaran puncak, $\rightarrow c_k = 0,25 \times m$

Diameter kaki (diameter feet) d_f

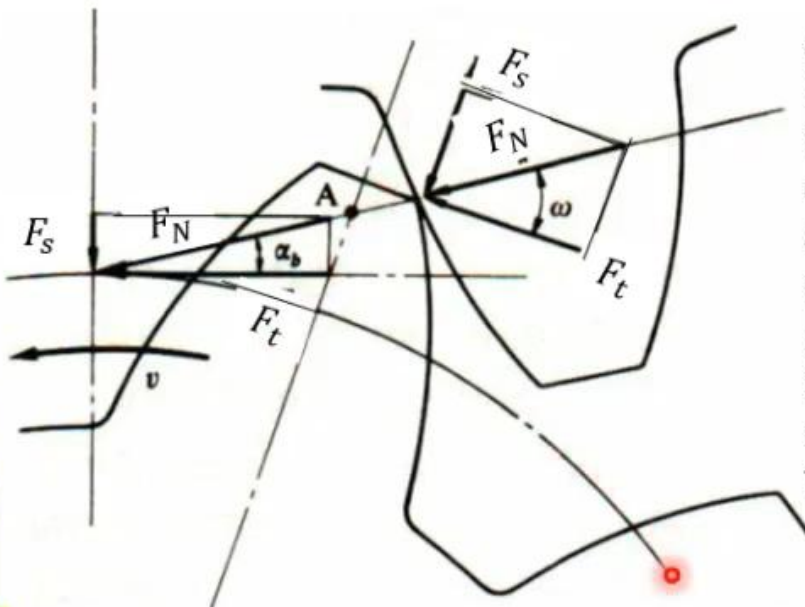
$$d_f = (z - 2) \times m - 2c_k$$

GEAR / RODA GIGI

www.BANDICAM.COM

5. RODA GIGI LURUS

Dalam perancangannya roda gigi berputar bersamaan dengan roda gigi lurus lainnya dengan nilai perbandingan putaran yang ditentukan. Roda gigi ini dapat mengalami kerusakan berupa gigi patah, aus atau berlubang-lubang (bopeng) permukaannya, dan tergores permukaannya karena pecahnya selaput minyak pelumas. Kekuatan gigi terhadap lenturan dan tekanan permukaan merupakan hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perhitungan kekuatan gigi.



a) Kekuatan terhadap lenturan

Karena perbandingan kontak adalah 1,0 atau lebih maka beban penuh tidak selalu dikenakan pada satu gigi tetapi demi keamanan perhitungan dilakukan atas dasar anggapan bahwa beban penuh dikenakan pada titik perpotongan A antara garis tekanan dan garis hubung pusat roda gigi, pada puncak gigi. Jika tekanan normal pada permukaan gigi dinyatakan dengan F_N , maka gaya F_t (tegak lurus OA) dalam arah keliling atau tangensial pada titik A adalah:

1) Gaya tangensial (F_t) yang bekerja dalam arah putaran roda gigi:

$$F_t = F_N \cdot \cos \alpha$$

F_t = Gaya tangensial

F_N = Tekanan normal

α = Sudut tekanan kerja

5. RODA GIGI LURUS

- 2) Jika diameter jarak bagi adalah db_1 (mm), maka kecepatan keliling V (m/s) pada lingkaran jarak bagi roda gigi yang mempunyai putaran n_1 (rpm), adalah:

$$V = \frac{\pi d n}{60 \times 1000}$$

- 3) Hubungan antara daya yang ditransmisikan P (kW), gaya tangensial F_t (kg) dan kecepatan keliling V (m/s), adalah:

$$P = \frac{F_t \times V}{102}$$

Jika P menyatakan daya rata-rata maka perlu ditaksir besarnya daya pada beban puncak dan waktu start. Dalam perencanaan dapat dipergunakan pemakaian faktor koreksi f_c pada daya rata-rata untuk keamanan, meskipun dapat juga dilakukan pada beban dengan menggunakan factor tumbukan dan faktor beban. Namun jika daya yang ditransmisikan merupakan daya nominal dari sebuah motor listrik, dapat dipilih $f_c = 1$

$$P_d = f_c \times P$$

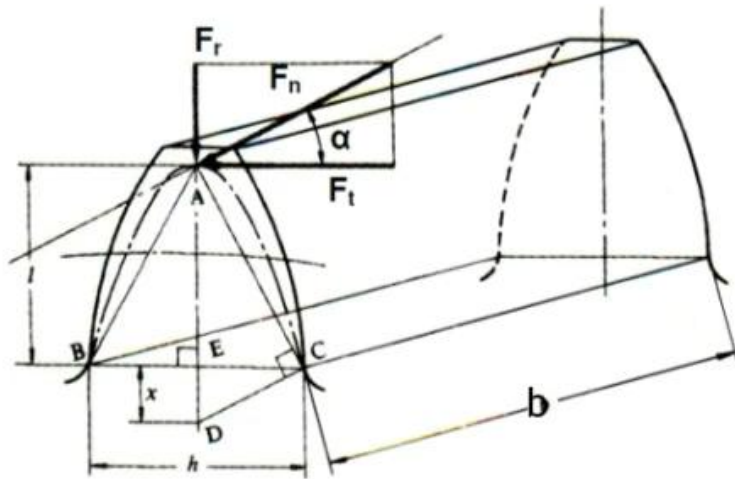
$$P_d = \frac{F_t \times v}{102}$$

$$F_t = \frac{102 \times P_d}{v}$$

5. RODA GIGI LURUS

4) Beban gaya tangensial F_t pada puncak gigi:

Jika b adalah lebar sisi, $BC = h$ (tebal gigi), dan $AE = l$ (tinggi total gigi), maka tegangan lentur σ_b (kg/mm^2) pada titik B dan C (dimana ukuran penampangnya adalah $b \times h$), dengan beban gaya tangensial F_t maka besarnya tegangan bengkok (lentur) adalah:



$$\sigma_b = \frac{F_t \times l}{b \times h^2 / 6}$$

$$F_t = \sigma_b \times b \times \frac{h^2}{6L}$$

Besarnya $h^2/6L$ ditentukan dari ukuran dan bentuk gigi, besaran ini mempunyai dimensi panjang, jika dinyatakan dengan perkalian antara Y dan modul m maka:

$$h/(6l) = m \times Y$$

$$Y = \frac{h^2}{6l \times m}$$

$$F_t = \sigma_b \times b \times m \times Y$$

5. RODA GIGI LURUS

Karena ada pengaruh dari kecepatan keliling roda gigi, dimana semakin tinggi kecepatannya maka semakin besar pula variasi beban atau tumbukan yang terjadi. Untuk itu diperlukan faktor keamanan yang disebut dengan faktor dinamis (F_v), yang tergantung pada kecepatan keliling dan ketelitian, sehingga persamaannya menjadi:

$$F_t = \sigma_b \cdot b \cdot Y \cdot m \cdot F_v$$

- 5) Beban lentur yang diijinkan persatuan lebar sisi F_{1b} (kg/mm) dapat dihitung dari besarnya modul (m), faktor bentuk gigi (Y) dari roda gigi standar dengan sudut tekanan 20° dan faktor dinamis (F_v), yaitu:

$$F_b^1 = \sigma_a \cdot Y \cdot m \cdot F_v \quad \sigma_a = \text{tegangan lentur roda gigi yang diijinkan (kg/mm}^2\text{)}$$

Seperti pada perhitungan lenturan, beban permukaan yang diizinkan persatuan lebar F_H^1 (kg/mm) dapat diperoleh dari K_H , d_1 , Z_1 , Z_2 , F_v dengan persamaan:

$$F_H^1 = F_v \cdot K_H \cdot d_1 \cdot \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2} \quad \text{Dimana} \rightarrow K_H = \text{factor keamanan}$$

d_1 = Diameter lingkaran jarak bagi

- 6) Faktor tegangan kontak yang diizinkan pada roda gigi adalah:

$$K = 2 \cdot F_v \cdot K_H$$

GEAR / RODA GIGI

www.BANDICAM.COM

5. RODA GIGI LURUS

7) Seperti pada perhitungan lenturan, beban permukaan yang diizinkan persatuan lebar

F_H^1 (kg/mm) dapat diperoleh dengan persamaan:

$$F_H^1 = F_V \cdot K_H \cdot d_1 \cdot \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

Tabel 1, Faktor Bentuk Gigi Y

Jumlah gigi z	Y	Jumlah gigi z	Y
10	0,201	25	0,339
11	0,226	27	0,349
12	0,245	30	0,358
13	0,261	34	0,371
14	0,276	38	0,383
15	0,289	43	0,396
16	0,295	50	0,408
17	0,302	60	0,421
18	0,308	75	0,434
19	0,314	100	0,446
20	0,320	150	0,459
21	0,327	300	0,471
23	0,333	Batang gigi	0,484

Tabel 2, Faktor Dinamis F_v

Kecepatan rendah	$v = 0,5 \sim 10 \text{ m/s}$	$F_v = \frac{3}{3+v}$
Kecepatan sedang	$v = 10 \sim 20 \text{ m/s}$	$F_v = \frac{6}{6+v}$
Kecepatan tinggi	$v = 20 \sim 50 \text{ m/s}$	$F_v = \frac{5,5}{5,5+v^{1/2}}$

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.

GEAR / RODA GIGI

www.BANDICAM.COM

5. RODA GIGI LURUS

Tabel 3, Tegangan lentur yang diijinkan σ_a pada bahan roda gigi

Kelompok bahan	Lambang bahan	Kekuatan tarik σ_b (kg/mm ²)	Kekerasan (Brinell) H_b	Tegangan lentur yang diijinkan σ_a (kg/mm ²)
Besi cor	FC 15	15	140 ~ 160	7
	FC 20	20	160 ~ 180	9
	FC 25	25	180 ~ 240	11
	FC 30	30	190 ~ 240	13
Baja cor	SC 42	42	140	12
	SC 46	46	160	19
	SC 49	49	190	20
Baja karbon untuk konstruksi mesin	S 25 C	45	123 ~ 183	21
	S 35 C	52	149 ~ 207	26
	S 45 C	58	167 ~ 229	30
Baja paduan dengan pengerasan kulit	S 15 CK	50	400 (dicelup dingin dalam minyak)	30
	SNC 21 SNC 22	80 100	600 (dicelup dingin dalam air)	35 ~ 40 40 ~ 55
Baja khrom nikel	SNC 1	75	212 ~ 255	35 ~ 40
	SNC 2	85	248 ~ 302	40 ~ 60
	SNC 3	95	269 ~ 321	40 ~ 60
Perunggu Logam delta		18	85	5
Perunggu fosfor (coran)		35 ~ 60	—	10 ~ 20
Perunggu nikel (coran)		19 ~ 30	80 ~ 100	5 ~ 7
		64 ~ 90	180 ~ 260	20 ~ 30
Damar phenol, dll.				3 ~ 5

Tabel 4, Faktor tegangan kontak pada bahan roda gigi

Bahan roda gigi (kekerasan H_b)		k_H (kg/mm ²)	Bahan roda gigi (kekerasan H_b)		k_H (kg/mm ²)
Pinion gear	Roda gigi besar		Pinion gear	Roda gigi besar	
Baja (150)	Baja (150)	0,027	Baja (400)	Baja (400)	0,311
Baja (200)	Baja (150)	0,039	Baja (500)	Baja (400)	0,329
Baja (250)	Baja (150)	0,053	Baja (600)	Baja (400)	0,348
Baja (200)	Baja (200)	0,053	Baja (500)	Baja (500)	0,389
Baja (250)	Baja (200)	0,069	Baja (600)	Baja (500)	0,569
Baja (300)	Baja (200)	0,086	Baja (150)	Besi cor	0,039
Baja (250)	Baja (250)	0,086	Baja (200)	Besi cor	0,079
Baja (300)	Baja (250)	0,107	Baja (250)	Besi cor	0,130
Baja (350)	Baja (250)	0,130	Baja (300)	Besi cor	0,139
Baja (300)	Baja (300)	0,130	Baja (150)	Perunggu fosfor	0,041
Baja (350)	Baja (300)	0,154	Baja (200)	Perunggu fosfor	0,082
Baja (400)	Baja (300)	0,168	Baja (250)	Perunggu fosfor	0,135
Baja (350)	Baja (350)	0,182	Besi cor	Besi cor	0,188
Baja (400)	Baja (350)	0,210	Besi cor nikel	Besi cor nikel	0,186
Baja (500)	Baja (350)	0,226	Besi cor nikel	Perunggu fosfor	0,155

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.

5. RODA GIGI LURUS

Dalam perencanaan roda gigi lurus, misalkan daya yang akan ditransmisikan, putaran poros, perbandingan reduksi, dan jarak sumbu poros diketahui, setelah dilakukan koreksi pada daya yang ditransmisikan maka diameter lingkaran jarak bagi dapat ditaksir. Selanjutnya modul dapat dipilih untuk sementara dari diagram pemilihan modul, diagram ini diperoleh dari lenturan gigi dengan lebar sisi 10 kali modul pada bahan baja karbon.

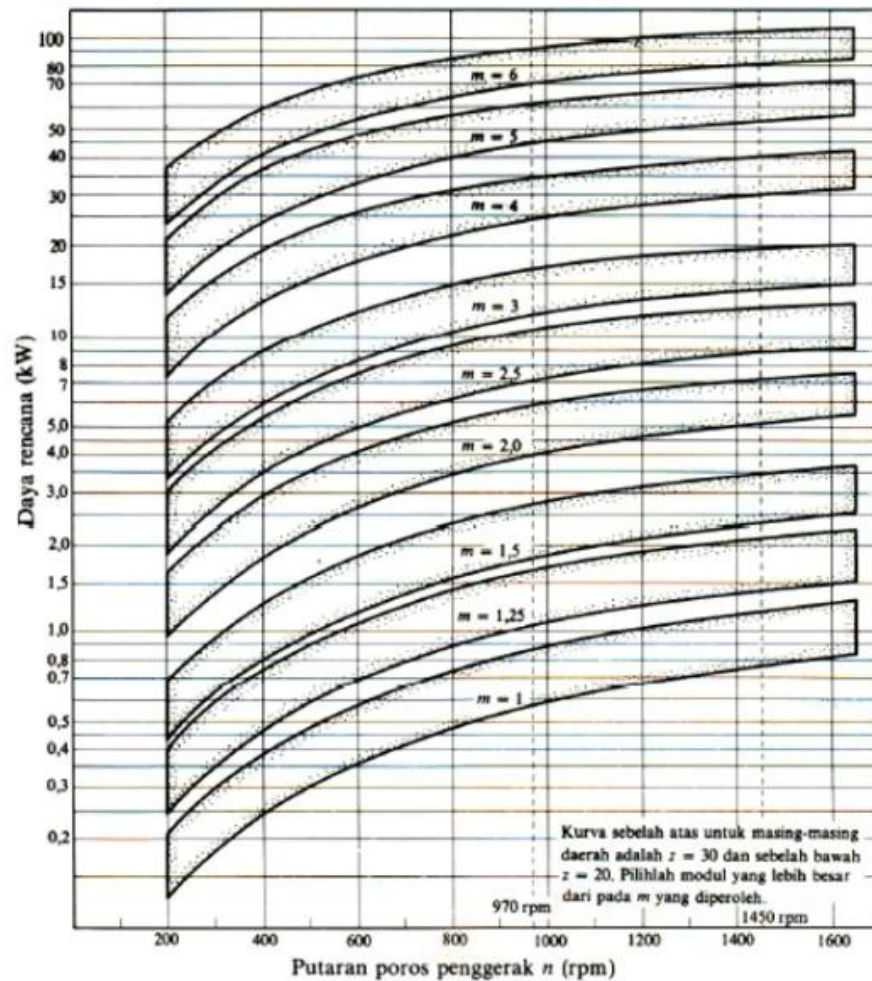
Dua macam perhitungan dalam perencanaan roda gigi, yaitu perhitungan lenturan dan tekanan permukaan. Jika beban yang diijinkan persatuan lebar sisi telah diperoleh, maka lebar sisi yang diperlukan dihitung atas dasar beban ***persatuan lebar yang terkecil***. Dari harga ini, lebar sisi sementara dapat dipilih, kemudian periksalah perbandingan antara lebar dengan modul (b/m), umumnya nilai perbandingan untuk roda gigi lurus $6 \sim 10$, atau umumnya harus kurang dari 10, sekalipun roda gigi besar b dapat sampai 16m, atau perbandingan d/b minimum 1,5

GEAR / RODA GIGI

www.BANDICAM.COM

5. RODA GIGI LURUS

Diagram pemilihan modul roda gigi lurus (lenturan)



Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.