

MATERI KULIAH PROSES PEMESINAN
PROSES FRAIS

Pengefraisan Roda Gigi Lurus dan Rack

Oleh:

Dwi Rahdiyanta
Fakultas Teknik
Universitas Negeri Yogyakarta

Kegiatan Belajar

Pengefraisan Roda Gigi Lurus dan Rack

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

Setelah mempelajari modul ini diharapkan mahasiswa memiliki kompetensi:

- 1) Memahami dan mampu membuat perhitungan pembuatan rack dan gear
- 2) Memahami dan mampu membuat rack dan gear

b. Uraian Materi

Pengefraisan Roda Gigi Lurus dan Rack

1. Fungsi Roda Gigi

Roda gigi merupakan batang bulat yang mempunyai gigi-gigi hasil dari pemotongan. Roda gigi dipasangkan pada sebuah poros yang akan mentransmisikan gerak tersebut kepada poros kedua dan selanjutnya. Roda gigi dapat pula digunakan untuk merubah arah putaran/gerakan, meningkatkan kecepatan artau menurunkan kecepatan.

Berbagai macam bentuk roda gigi dapat dibedakan berdasarkan posisi poros antara roda gigi penggerak dan roda gigi yang digerakkan.

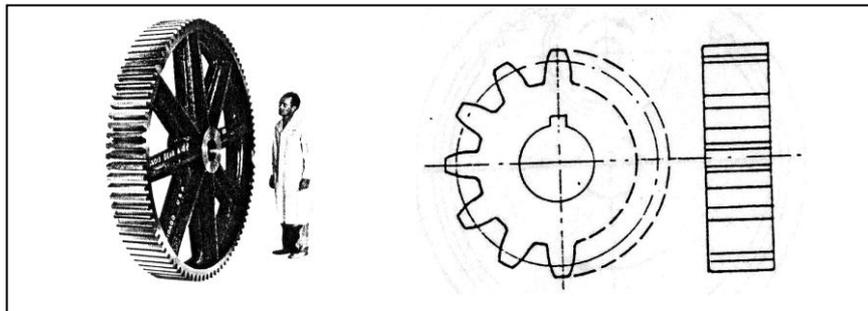
- a. poros sejajar (roda gigi lurus, roda gigi helik , roda gigi helik ganda, roda gigi dalam, roda gigi rack dan pinion)
- b. poros yang berpotongan (cacing dan roda cacing, roda gigi helik)
- c. untuk poros yang bersinggungan (roda gigi payung/konis)

2. Berbagai Macam Roda Gigi

a. Roda gigi lurus

Roda gigi lurus pada umumnya digunakan untuk memindahkan putaran antara dua poros yang sejajar. Gigi-gigi berbentuk lurus dan sejajar dengan poros yang digunakan. Apabila dua buah roda gigi dengan ukuran yang berbeda dipasangkan, roda gigi yang mempunyai ukuran lebih besar disebut *gear* dan roda gigi yang mempunyai ukuran lebih kecil disebut *pinion*. Roda gigi lurus biasanya digunakan untuk kecepatan-kecepatan rendah hingga sedang

Beberapa contoh penggunaan roda gigi lurus antara lain untuk: roda gigi pemindah pada mesin bubut, mesin frais, roda gigi untuk pemindah cepat pada gearbox, starter pinion pada motor, hand winches untuk menggerakkan benda yang berat. Keuntungan penggunaan roda gigi ini adalah: pembuatannya mudah, perbedaan kesenteran antar poros masih bisa ditoleransi.



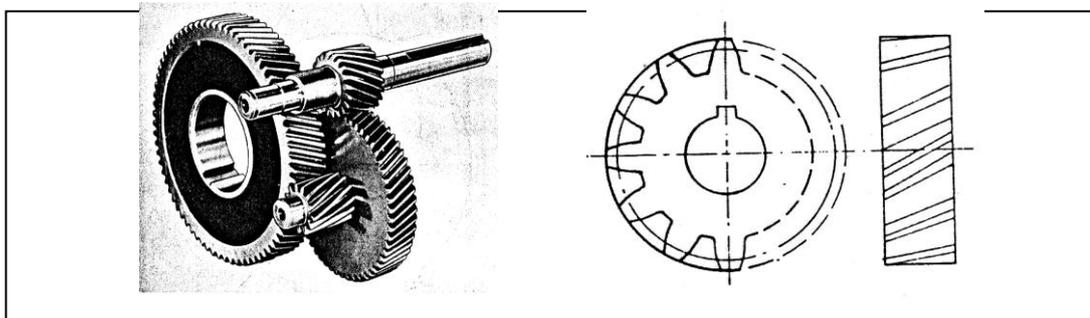
Gambar 1. Roda Gigi Lurus

b. Roda gigi helik

Roda gigi helik dapat digunakan untuk menghubungkan poros yang sejajar atau untuk poros yang menyudut. Gigi-gigi penyusunnya dibuat menyudut dengan poros roda gigi. Roda gigi ini dipakai untuk menghubungkan poros yang sejajar, atau pada kecepatan yang tinggi. Contoh penggunaannya seperti pada gearbox (*synchromesh*), *valve timing gears*. Beberapa keuntungan menggunakan roda gigi helik antara lain:

- roda gigi helik dapat dioperasikan pada kecepatan tinggi daripada pada roda gigi lurus
- roda gigi helik lebih mudah pengoperasiannya daripada roda gigi lurus
- perbedaan senter dapat diatur sesuai dengan sudut gigi
- roda gigi helik lebih kuat daripada rodagigi lurus

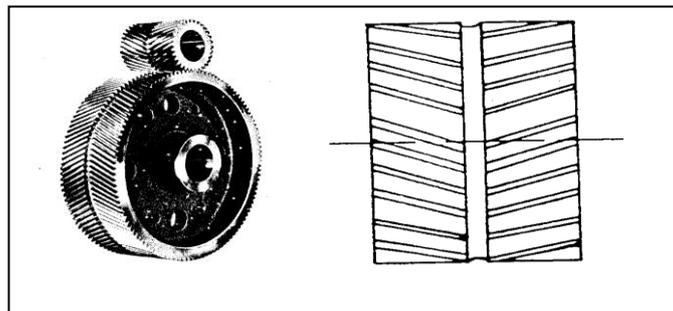
Namun demikian kelemahannya adalah pembuatan roda gigi helik lebih mahal daripada pembuatan roda gigi lurus



Gambar 2. Roda Gigi Helik.

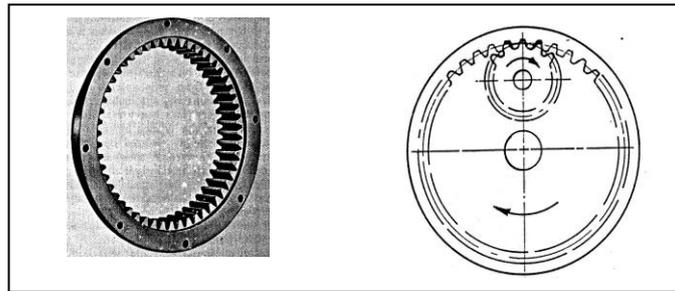
c. Roda gigi helik ganda (*Herringbone Gears*)

Roda gigi helik ganda merupakan roda gigi helik yang memiliki dua buah alur gigi dengan sudut yang berlawanan. Roda gigi ini digunakan bila kedudukan poros sejajar, diperlukan kecepatan sangat tinggi, dan pada pemakanan yang kasar(berat)



Gambar 3. Roda Gigi Helik Ganda

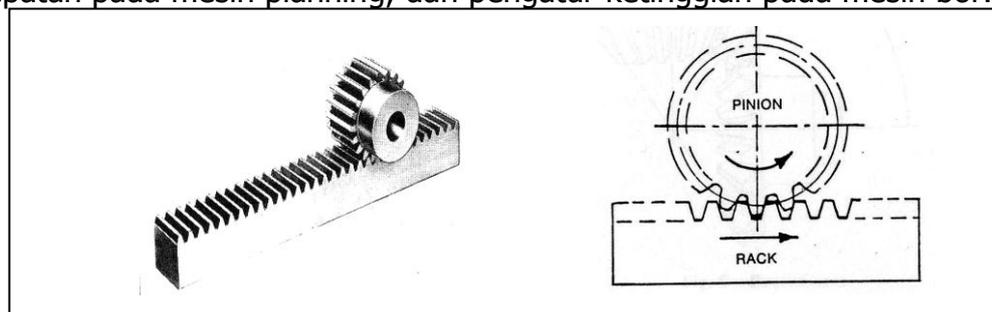
Roda gigi dalam merupakan roda gigi yang gigi-giginya dipotong pada bagian dalam silinder dan memerlukan pasangannya berupa roda gigi lurus kecil yang diletakkan di dalam sebagai pasangannya. Roda gigi ini digunakan pada posisi sumbu sejajar namun jarak antar senter terlalu kecil untuk mengakomodasi pemasangan roda gigi.



Gambar 4. Roda Gigi Dalam

d. Roda Gigi Rack dan Pinion

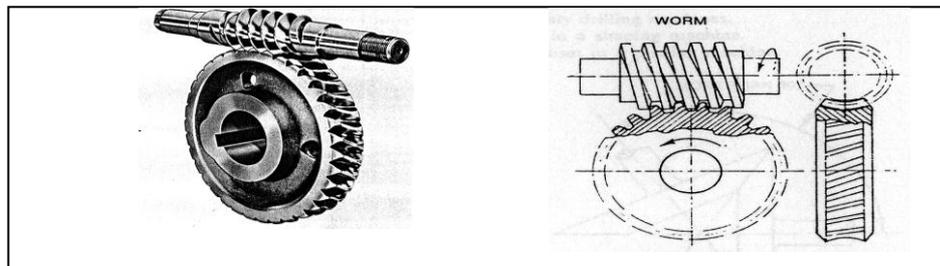
Roda gigi rack merupakan roda gigi dengan gigi-gigi yang dipotong lurus. Sedangkan roda gigi penggeraknya dinamakan pinion. Roda gigi ini bertujuan untuk merubah gerak putar roda gigi menjadi gerak lurus. Pinion pada umumnya mempunyai jumlah gigi dan ukuran yang lebih kecil dengan gigi lurus ataupun helik. Beberapa contoh penggunaan rack dan pinion ini adalah: pada penggerak eretan di mesin bubut, mekanisme kecepatan pada mesin planning, dan pengatur ketinggian pada mesin bor.



Gambar 5. Roda Gigi Rack dan Pinion

e. Roda gigi cacing.

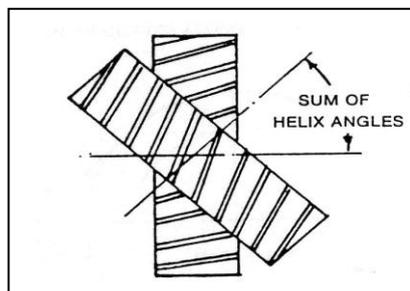
Roda gigi cacing mempunyai gigi yang dipotong menyudut seperti pada roda gigi helik dan dipasangkan dengan ulir yang dinamakan ulir cacing. Penggunaan roda gigi ini biasanya untuk mereduksi kecepatan. Roda gigi ini dalam operasionalnya akan mengunci sendiri sehingga tidak dapat diputar pada arah yang berlawanan. Keuntungan dari roda gigi ini adalah dengan memberikan input minimal dapat dihasilkan output dengan kekuatan maksimal. Roda gigi ini biasanya digunakan untuk kecepatan-kecepatan tinggi dengan kemampuan mereduksi kecepatan yang maksimal.



Gambar 6. Roda Gigi Cacing.

f. Roda gigi helik

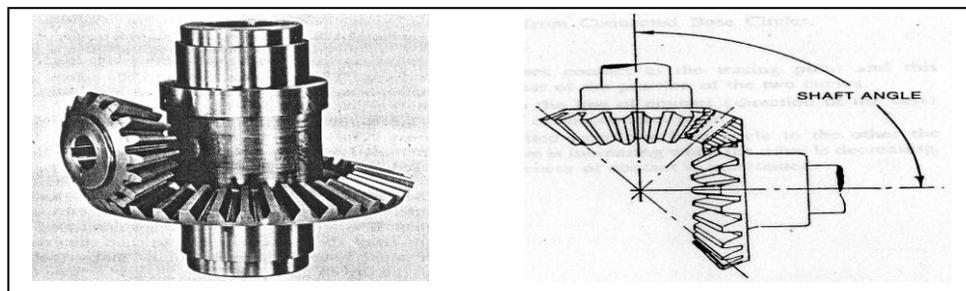
Selain digunakan pada posisi poros sejajar roda gigi helik dapat pula digunakan pada sisi yang berpotongan. Dalam hal ini gigi-gigi dibuat menyudut terhadap poros roda gigi.



Gambar 7. Roda gigi helik

g. Roda gigi payung/konis

Apabila diinginkan memindah daya pada posisi poros yang bersinggungan (*intersection*) dapat digunakan roda gigi payung. Contoh penggunaan roda gigi ini misalnya pada: *drill chuck*, jalur vertical pada mesin planing, mekanisme pengatur langkah pada mesin skrap dan pengatur arah pada mesin bor pekerjaan berat. Pada umumnya pasangan roda gigi payung membentuk sudut 90° namun dalam hal tertentu dapat dibuat pasangan roda gigi payung dengan sudut lebih besar dan lebih kecil dari 90° .



Gambar 8. Roda Gigi Payung/konis

3. Sistem Standar Roda Gigi

Roda gigi lurus dapat dibuat di mesin frais. Untuk membuat roda gigi pada mesin frais diperlukan pisau frais yang sesuai dengan standar dari gigi (roda gigi) yang dibuatnya. Sistem standar pembuatan roda gigi ada dua yaitu:

- sistem modul
- sistem diametral pitch dan circular pitch

a. Sistem Modul

Sistem modul digunakan di berbagai negara yang cenderung menggunakan satuan metris seperti Belanda, Jerman dan Jepang. Hal ini tertuang dalam standar NEN 1629 dan standar DIN 780 dan JIS B 1701 -1973. Demikian juga ISO yang mengacu pada standar metris.

Modul merupakan kependekan dari kata modulus yaitu suatu perbandingan antara diameter jarak bagi dari suatu roda gigi dengan jumlah giginya. Jika roda gigi mempunyai ukuran diameter jarak bagi D dalam satuan mm dengan jumlah giginya z buah gigi, maka modulusnya adalah:

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

Keterangan:

$D =$ diameter jarak bagi, mm

$Z =$ jumlah gigi dari roda gigi

$m =$ modul

Dari suatu roda gigi yang mempunyai jumlah gigi z buah, dengan jarak busur antara giginya t (mm), maka satu keliling roda gigi tersebut adalah $(t \times z)$. sedangkan kita ketahui bahwa satu keliling lingkaran roda gigi yang berdiameter D mm mempunyai keliling $(\pi \times D)$. dengan demikian dapat ditulis:

$$\pi D = t \times z$$

$$\frac{D}{z} = \frac{t}{z} = m$$

$$m = t / \pi$$

Modul ini selanjutnya digunakan sebagai standar untuk menentukan ukuran-ukuran pisau frais pada pembuatan roda gigi standar. Harga atau nilai standar yang telah diterbitkan Jepang dengan standar JIS B 1701 -1973 terdiri atas tiga seri. yang tercantum dalam Tabel 6, Tabel 7 dan Tabel 8. berikut:

Tabel 1. Modul standar JIS B 1701-1973

Seri	Nilai-nilai modul m dalam satuan mm						
Seri 1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
	1	1,25	1,5	2	2,5	3	4
	5	6	8	10	12	16	20
	25	32	40	50	-	-	-
Seri 2	0,15	0,25	0,35	0,45	0,55	0,7	0,75
	0,9	1,75	2,25	2,75	3,5	4,5	5,5
	7	9	11	14	18	22	28
	36	45	-	-	-	-	-
Seri 3	0,65	3,25	3,75	6,45	-	-	-

*Keterangan: Seri ke 1 merupakan pilihan pertama.
Jika tidak memungkinkan dipilih seri ke 2 atau ke 3*

Tabel 2. Modul standar NEN 1630

Nilai-nilai modul m yang dianjurkan (mm)						
0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
1	1,25	1,5	2	2,5	3	4
5	6	8	10	12	16	20

Tabel 3. Modul standar DIN 780

Nilai-nilai modul m yang dianjurkan (mm)						
0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5
2,75	3	3,25	3,5	3,75	4	4,5
5	5,5	6	6,5	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
18	20	22	24	27	30	33
36	39	42	45	50	55	60
65	70	75	-	-	-	-

b. Sistem *diametral pitch* dan *circular pitch*

Sistem diametral pitch dan circular pitch digunakan di sebagian negara Amerika dan Eropa yang menggunakan sistem satuan inchi.

Diametral pitch adalah perbandingan dari jumlah gigi dengan ukuran diameter jarak bagi yang mempunyai satuan inchi. Jika jumlah gigi dari roda gigi adalah z buah dengan ukuran diameter jarak bagi D dalam satuan inchi, maka diametral pitchnya adalah:

$$D_p = \frac{z}{D''}$$

Circular pitch (C_p) yaitu jarak antara gigi dalam satuan inchi. Jika diameter lingkaran jarak bagi mempunyai ukuran D dalam satuan inchi dengan jumlah gigi z buah gigi, maka circular pitchnya adalah:

$$C_p = \frac{\pi \cdot D''}{z} \text{ (inch)}$$

Keterangan:

D_p = *diametral pitch*

D = *diameter jarak bagi dalam satuan inchi*

C_p = *circular pitch dalam satuan inchi*

Z = *jumlah gigi*

c. Hubungan antara sistem modul dengan system diametral pitch dan circular pitch

Dari persamaan $m = \frac{D}{z}$ atau $D = z \cdot m$, $D'' = \frac{z}{D_p}$ (inchi) dan 1 inchi = 25,4 mm maka:

$$D = D'' \cdot 25,4 = \frac{z \cdot 25,5}{D_p} \text{ mm}$$

$$D = z \cdot m = \frac{z \cdot 25,5}{D_p}$$

$$m = \frac{25,5}{D_p} \text{ atau } D_p = \frac{25,5}{m}$$

Tabel 4 berikut merupakan hubungan antara sistem modul dengan diametral ptch dan circular pitch

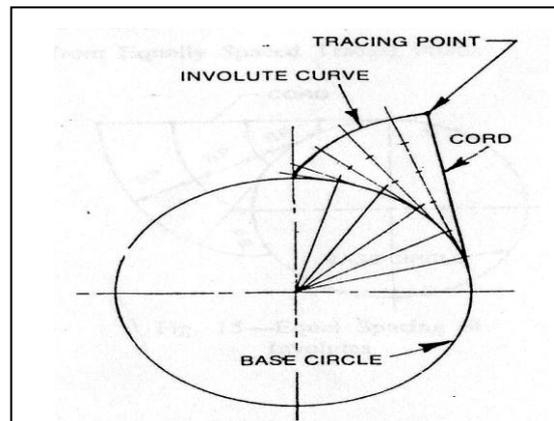
Tabel 4. Hubungan antara sistem modul dengan diametral ptch dan circular pitch

Modul	Diametral Pitch	Circular Pitch	
		Satuam mm	Satuan inchi
0,3	84,667	0,943	0,0371
0,6	42,333	1,885	0,0742
1	25,400	3,142	0,1237
2	12,700	6,283	0,2474
3	8,466	9,425	0,3711
4	6,350	12,566	0,4947
6	4,233	18,850	0,7421
8	3,175	25,132	0,9895
10	2,540	31,420	1,2368

4. Bentuk Gigi Involut

Roda gigi merupakan komponen yang digunakan untuk meneruskan/menerima gerakan kepada/dari komponen bergigi lain dengan cara menempelkan pasangan gigi dari kedua belah pihak secara berurutan. Supaya perpindahan gerak ini berlangsung dengan halus tanpa gesekan yang merugikan, maka profil gigi dibuat mengikuti bentuk garis lengkung (kurva) yang disebut dengan involute.

Profil gigi dibentuk oleh dua buah involute yang bertolak belakang sehingga arah putaran pasangan roda gigi dapat dibalik. Pada saat gigi mulai bersinggungan akan terjadi garis kontak sepanjang lebar gigi. Selama pasangan roda gigi berputar, pada penampangnya akan terlihat titik kontak yang mengikuti garis lurus. Garis tersebut dinamakan garis aksi (*line of action*) yang merupakan garis singgung dari kedua lingkaran dasar. Melalui garis aksi inilah gaya atau tekanan diteruskan oleh pasangan gigi untuk sepanjang jarak kontak (*length of contact*). Oleh karena itu sudut antara garis aksi dengan garis yang tegak lurus garis penghubung kedua pusat roda gigi disebut sudut tekan.



Gambar 9. Bentuk Gigi Involut

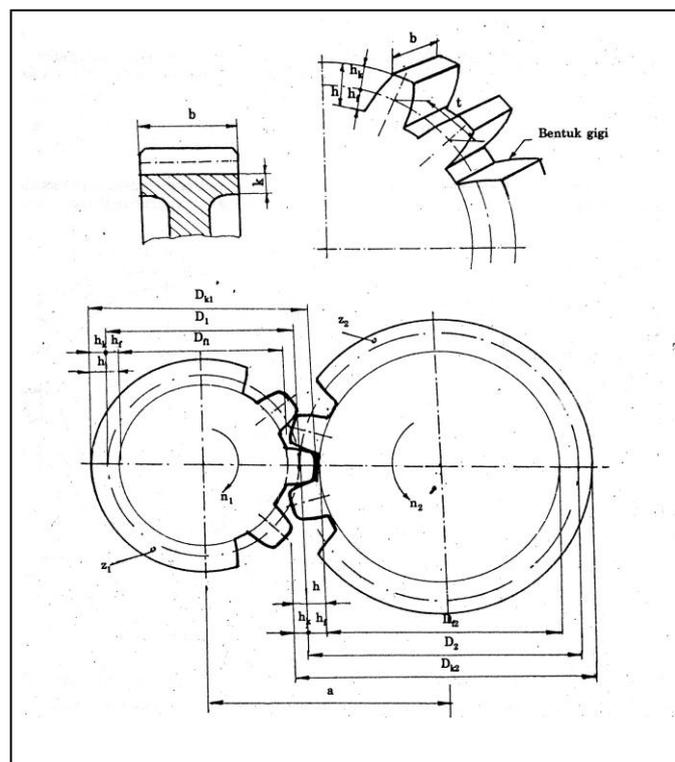
5. Bagian-bagian utama Roda gigi Lurus

Beberapa bagian utama dari roda gigi lurus adalah:

- Lingkaran dasar (*base circle*) merupakan lingkaran semu dengan diameter yang merupakan dasar pembentukan involute
- Lingkaran referensi (*reference circle*) merupakan lingkaran semu dengan diameter d dimana kelilingnya merupakan hasil kali dari pitch dengan jumlah gigi
- Pitch merupakan panjang busur pada lingkaran referensi diantara dua involut yang berurutan. $P = \pi m$
- Modul merupakan parameter yang menentukan jumlah gigi bagi suatu lingkaran referensi yang tertentu.
- Sudut tekan (*pressure angle*) merupakan sudut terkecil antara garis normal pada involut dengan garis singgung pada lingkaran referensi di titik potong antara involut dengan lingkaran referensi. Menurut standar ISO sudut tekan berharga 20°
- Tebal gigi (*tooth thickness*) merupakan panjang busur pada lingkaran referensi diantara dua buah sisi pada satu gigi
- Jarak gigi merupakan panjang busur pada lingkaran referensi diantara dua sisi gigi yang bersebrangan

- h. Adendum merupakan jarak radial antara lingkaran puncak dengan lingkaran referensi
- i. Dedendum merupakan jarak radial antara lingkaran referensi dengan lingkaran kaki
- j. Tinggi gigi merupakan jarak radial antara lingkaran puncak dengan lingkaran kaki
- k. Lebar gigi merupakan jarak antara kedua tepi roda gigi yang diukur pada permukaan referensi.

Bagian-bagian utama tersebut dapat digambarkan dalam Gambar 112. sebagai berikut:



Gambar 10. Bagian-bagian Utama Roda Gigi

Keterangan:

D = diameter jarak bagi
 D_k = diameter kepala gigi
 D_f = diameter kaki gigi

a = jarak antara poros
 t = jarak busur antara gigi
 b = lebar gigi

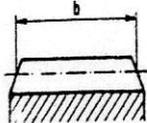
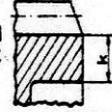
hk= tinggi kepala gigi
hf= tinggi kaki gigi
h= tinggi gigi

k= tebal gigi
z= jumlah gigi
n= putaran roda gigi
m= modul gigi

6. Perhitungan Roda Gigi Lurus

Perhitunganroda gigi lurus akan meliputi ukuran-ukuran yang tercantum dalam bagian-bagian utama roda gigi. Perhitungan-perhitungan tersebut secara rinci dapat disajikan dalam Tabel 10 berikut:

Tabel 5. Perhitungan Roda Gigi Lurus

No.	Nama	Simbol (tanda)	Perhitungan (rumus)		
1	Modulus (modul)	m	$m = \frac{t}{\pi} = \frac{d_1}{z_1} = \frac{d_{k1}}{z_1 + 2} = \frac{d_{k1} - d_1}{2} = \frac{2a}{z_1 + z_2}$		
2	Tusuk gigi	t	$t = \pi \cdot m = \frac{d_1 \cdot \pi}{z_1} = \frac{d_{k1} \cdot \pi}{z_1 + 2}$		
3	Jumlah gigi	Z	$z_1 = \frac{d_1}{m} = \frac{d_1 \cdot \pi}{t} = \frac{d_{k1} - 2m}{m} = \frac{2a}{m} - z_2 = z_2 \cdot \frac{n_2}{n_1}$		
4	Diameter lingkaran tusuk	d	$d_1 = z_1 \cdot m = d_{k1} - 2m = \frac{z_1 \cdot d_{k1}}{z_1 + 2} = 2a - d_2$		
5	Diameter lingkaran tusuk (roda gigi penggerak)	d_1	$d_1 = \frac{2 \cdot a}{1 + i}$		
6	Diameter lingkaran tusuk (roda gigi yang digerakkan)	d_2	$d_2 = \frac{2 \cdot a \cdot i}{1 + i}$		
			$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{d_2}{d_1}$ $i =$ perbandingan perpindahan Bila tanda-tanda 1 menyangkut roda gigi penggerak dan tanda-tanda 2 menyangkut roda-gigi yang digerakkan ...		
7	Tinggi kepala gigi	h_k	$h_k = 1 m$		
8	Diameter lingkaran kepala	d_k	$d_{k1} = d_1 + 2m = m(z_1 + 2)$		
9	Tinggi kaki gigi	h_f	Menurut NEN 1629	Menurut DIN 780	
			$h_f = 1,25 m = 1\frac{1}{4} m$	$h_f = 1\frac{1}{8} m = 1,166 m$	
10	Tinggi gigi	h	$h = h_k + h_f = 2,25 m = 2\frac{1}{4} m$	$h = h_k + h_f = 2\frac{1}{8} m = 2,166 m$	
11	Diameter lingkaran kaki	d_f	$d_{f1} = d_1 - 2,5 m = m(z_1 - 2,5)$	$d_{f1} = d_1 - 2\frac{1}{8} m = m(z_1 - 2\frac{1}{8})$	
12	Jarak-hati roda-roda gigi yang bekerja sama	a	$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = m \left(\frac{z_1 + z_2}{2} \right) = m \cdot z_1 \left(\frac{1 + i}{2} \right) = m \cdot z_2 \left(\frac{1 + i}{2 \cdot i} \right)$		
13	Lebar gigi 	b	Roda-roda gigi tuangan dan penopangan tidak baik	Roda-roda gigi yang dikerjakan dan ditopang normal	Roda-roda gigi yang dikerjakan sangat baik
			$b = 6-8 m$	$b = 10-15 m$	$b = 15-30 m$
14	Tebal pelek 	k	$k \geq 1,6 \cdot n$		

7. Pengefraisan Roda Gigi Lurus

Untuk pengefraisan roda gigi lurus diperlukan langkah-langkah tertentu agar pembuatan roda gigi yang dikerjakan pada mesin frais sesuai dengan rencana yang ditentukan. Langkah-langkah pembuatan roda gigi lurus akan meliputi:

1. Penyiapan benda kerja termasuk penentuan dimensi
2. Pemasangan Benda kerja
3. Pemilihan, pemasangan dan setting pisau frais
4. Penentuan pembagian dengan kepala pembagi
5. Pemotongan

1. Penyiapan Benda Kerja

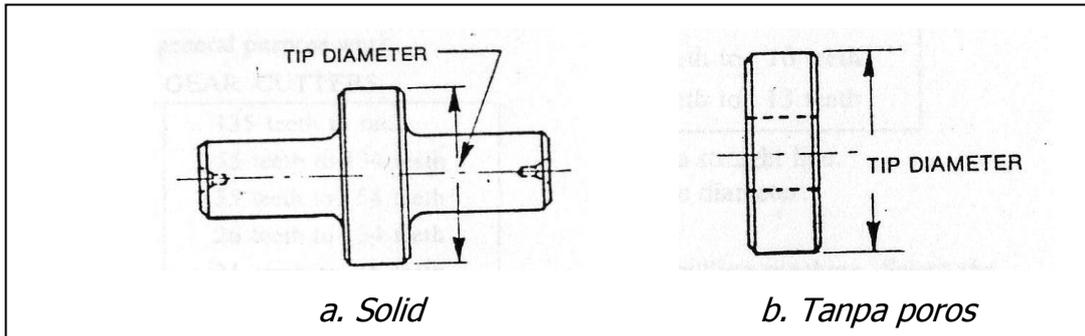
Pengefraisan roda gigi lurus dapat dilakukan pada benda kerja dengan poros menyatu (*solid shaft gear blank*) maupun benda kerja tanpa poros (*hollow gear blank*). Proses pembuatan roda gigi merupakan kelanjutan dari pekerjaan bubut terutama dalam membuat bahan dasarnya (*blank*). Oleh karena itu diperlukan langkah cermat dalam menyiapkan bahan dasar melalui proses bubut.

a. penyiapan bahan roda gigi solid

dalam proses pembubutan ini faktor penting yang harus diperhatikan adalah : 1) telitilah kelurusan senter kepala tetap dan kepala lepas, 2) pastikan center kepala tetap dan kepala lepas bersih agar didapat hasil bubutan yang silindris.

b. Penyiapan bahan roda gigi tanpa poros (Hollow gear blank)

Pada operasionalnya blank ini memerlukan mandrel untuk pengefraisannya. Oleh karena itu pengecekan terhadap konsentrisitas harus dilakukan dengan cermat.



Gambar 11. Bahan Awal Roda Gigi

c. Penentuan diameter bahan awal

Faktor penting yang tidak boleh dilupakan dalam pembuatan bahan awal roda gigi adalah penentuan ukuran diameter. Dalam hal ini penentuan diameter bahan awal mengikuti beberapa rumusan yang telah dikemukakan pada bagian-bagian utama roda gigi.

1) Untuk metric

Jika jumlah gigi dinyatakan dengan z dan modul dinyatakan dengan m , maka dapat ditentukan beberapa dimensi berikut:

Diameter pitch	= $z \times m$
Addendum	= $1 \times m$
Diameter luar (diameter bahan awal)	= $(z \times m) + (2 \times m)$ = $(z + 2) \times m$

Contoh:

Tentukan diameter bahan awal roda gigi lurus dengan jumlah gigi 25 dan modul 3

Penyelesaian:

Diameter bahan awal	= $(z + 2) m$ = $(25 + 2) 3$ = $27 \times 3 = 81 \text{ mm}$
---------------------	--

2) Untuk sistem diametral pitch

Penentuan diameter luar (diameter bahan awal) ditentukan oleh jumlah gigi dan diametral pitchnya.

$$\begin{aligned} \text{Pitch diameter} &= \frac{z}{DP} \\ \text{Afendum} &= \frac{1}{DP} \\ \text{Diameter luar} \\ \text{(diameter bahan awal)} &= \frac{z}{DP} + \frac{2}{DP} = \frac{z+2}{DP} \end{aligned}$$

Contoh:

Tentukan diameter luar (diameter bahan awal) untuk roda gigi lurus dengan gigi berjumlah 25 dan diametral pitch 12

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Diameter luar} \\ \text{(diameter bahan awal)} &= \frac{z+2}{DP} \\ &= \frac{25+2}{12} = 2,250 \text{ " (57,15 mm)} \end{aligned}$$

Selain penentuan diameter luar ukuran lain yang perlu ditetapkan adalah lebar dan ukuran untuk pelek ditambah tinggi gigi ($k + h$).

Untuk pembuatan roda gigi lurus dapat digunakan mesin frais horizontal, vertikal maupun universal. Mesin tersebut harus dilengkapi dengan beberapa kelengkapan antara lain:

- pisau frais dengan modul yang sama dengan modul giginya
- alat-alat penjepit, klem dan alat-alat pembawa
- alat-alat ukur, jangka sorong, jangka bengkok, penyiku dan lainnya
- blok gores dan semacamnya

2. Pemasangan Benda Kerja

Dalam pengefraisan roda gigi lurus, pencekaman benda kerja dapat dilakukan dengan menjepit benda kerja diantara dua senter kepala pembagi dan kepala lepas yang dilengkapi dengan pelat pembawa, dapat pula dilakukan dengan cara benda kerja dijepit dengan cekam rahang tiga yang dipasang pada poros kepala pembagi.

3. Pemilihan, pemasangan dan penyetingan pisau frais

a. Pemilihan Pisau Frais

Dua faktor harus dipertimbangkan dalam memilih pisau frais yaitu:

- ukuran gigi ditentukan dengan system metric atau system diametral pitch
- bentuk gigi yang digunakan

Praktisnya jika roda gigi akan dibuat dengan jumlah gigi besar maka ukuran diameter luar bahan dasar juga semakin besar dan pisau makin dalam pemakanannya. Tetapi bila jumlah gigi sedikit maka ukuran diameter luar bahan dasar juga lebih kecil dan bekas pemakanan lebih tajam. Adalah tidak praktis untuk mengganti pisau untuk tiap ukuran roda gigi. Maka dibuat seri pisau yang dapat dipakai untuk pembuatan roda gigi dengan berbagai ukuran sebagaimana ditampilkan dalam Tabel 11 di bawah ini:

Tabel 6. Seri Pisau Roda Gigi

Seri Pisau	Jumlah gigi yang akan difrais
No 1	135 ke atas
No 2	55 sampai 134
No 3	35 sampai 54
No 4	26 sampai 34
No 5	21 sampai 25
No 6	17 sampai 20
No 7	14 sampai 16
No 8	12 sampai 13

b. Pemasangan Pisau Frais

Pisau frais harus dipasang secara mantap pada spindle utama mesin frais. Kebersihan, kerusakan pisau harus di teliti terlebih dahulu sebelum dipasang agar pisau nantinya dapat berputar tanpa adanya gangguan-gangguan. Kesalahan pemasangan pisau dapat berakibat hasil pengefraisan yang tidak sesuai dengan harapan. Untuk pengefraisan roda gigi lurus, pisau frrais dapat di pasang pada arbor panjang. Cara pemasangan pisau ini lihat pada bab pemasangan pisau

c. Pensetingan Pisau Frais

Dalam pembuatan roda gigi lurus, posisi pisau memegang peran yang sangat berarti dalam menentukan keberhasilan proses. Pemasangan pisau frais harus tegaklurus terhadap sumbu poros dan sumbunya satu garis dengan sumbu benda kerja.

4. Penentuan kedalaman pemotongan

Kedalaman pemotongan harus ditentukan dan merupakan bahan pertimbangan dalam menseting pisau frais. Pada umumnya kedalaman pemotongan untuk system modul dan Diametral pitch dapat dihitung sebagai berikut:

Kedalaman pemotongan = 2,25 x modul

Sedangkan untuk system diametral pitch:

$$\text{Kedalaman Pemotongan} = \frac{2,157}{DP}$$

Cara menseting kedalaman pemotongan

- Gerakkan meja hingga benda kerja yang telah dicekam pada tempatb yang akan disayat berada pada posisis tengah di bawah pisau.
- Tempelkan kertas tipis yang telah dibasahi pada permukaan benda kerja
- Hidupkan mesin hingga pisau frais berputar dan siap menyayat
- Dekatkan benda kerja menuju pisau frais hingga menyentuh kertas tipis.
- Bila pisau telah menyentuh kertas tipis, hentikan mesin dan setinglah ukuran pada angka nol
- Bebaskan benda kerja dengan menggerakkan lurus dan naikan sesuai jedalaman yang disyaratkan
- Lakukan pemakanan hingga tercapai kedalaman yang ditentukan.

5. Penentuan pembagian dengan kepala pembagi

Penggunaan kepal pembagi ditentukan oleh jumlah gigi nyang akan di frais. Penentuan pembagian dengan kepala pembagi dapat dilakukan dengan cara pembagian langsung maupun tidak langsung. Untuk pembagian langsung dapat dihitung dengan rumus

$$N = \frac{40}{z}$$

Sedangkan untuk pembagian tidak langsung dihitung dengan :

$$N = \frac{40}{z1}$$

$$U = (z1 - z) \frac{40}{z1}$$

Keterangan:

N = putaran engkol pada piring pembagi

Z = jumlah gigi pada benda kerja

Z1= jumlah gigi yang diumpamakan

U = perbandingan putarn untuk roda-roda gigi tambahan yang dipasang antara poros kepala pembagi dengan poros pada piring pembagi.

Selain penentuan putaran tersebut langkah-langkah penggunaan kepala pembagi paling tidak meliputi hal-hal di bawah ini:

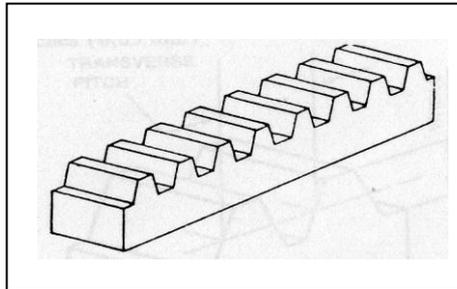
- a. telitilah kelurusan kesenteran kepala pembagi dan kepala lepas dengan dial indikator dan bantuan mandrel
- b. Pasang benda kerja diantara dua senetrel dan kencangkan kepala lepas
- c. Kencangkan dan usahakan backlash tidak terjadi dan mengganggu proses penghefraisan
- d. Hitunglah pembagian dengan kepala pembagi untuk membuat gigi yang ditentukan
- e. Kencangkan benda kerja dan siap untuk disayat

6. Pemotongan Gigi

Setelah pemasangan benda kerja, pengecekan kelurusan pahat, penentuan *speed dan feed*, setting dalam pemotongan, dan setting kepala pembagi maka langkah selanjutnya adalah operasional pemotongan.

- a. sayatlah gigi pertama dengan pemakanan otomatis dan aturlah langkah meja sehingga akan berhenti apabila pahat telah sdsmap di ujung benda kerja
- b. Setelah satu kalim openyeyatan telitilah ketepatan profil maupun ketepatan nukuran agar dapat dilakukan perbaikan bila masih kurang
- c. Lakukan pemakana npada gigi ke tiga dan selanjutnta hingga selesai.

7. Pengefraisan Roda Gigi Rack



Gambar 12. Roda Gigi Rack

Untuk pengefraisan roda gigi rack diperlukan langkah-langkah tertentu agar pembuatan roda gigi yang dikerjakan pada mesin frais sesuai dengan rencana yang ditentukan.

Langkah-langkah pembuatan roda rack akan meliputi:

1. Penyiapan benda kerja termasuk penentuan dimensi
2. Pemasangan Benda kerja
3. Pemilihan, pemasangan dan setting pisau frais
4. Penentuan pitch dan kedalaman pemotongan
5. Pemotongan

1. Penyiapan Benda kerja

Pengefraisan roda gigi lurus dilakukan pada benda kerja dengan bentuk persegi. Proses pembuatan roda gigi merupakan kelanjutan dari pekerjaan frais terutama dalam membuat bahan dasarnya (blank). Oleh karena itu diperlukan langkah cermat dalam menyiapkan bahan dasar melalui proses frais

Dalam proses pembuatan bahan awal rack, factor penting yang harus diperhatikan adalah kelrataan, kelurusan dan ketegaklurusan masing-masing bidang . Ukuran bahan awal dari roda gigi rack sangat tergantung

dari fungsi dan kegunaannya, sehingga dimungkinkan variasi yang amat banyak.

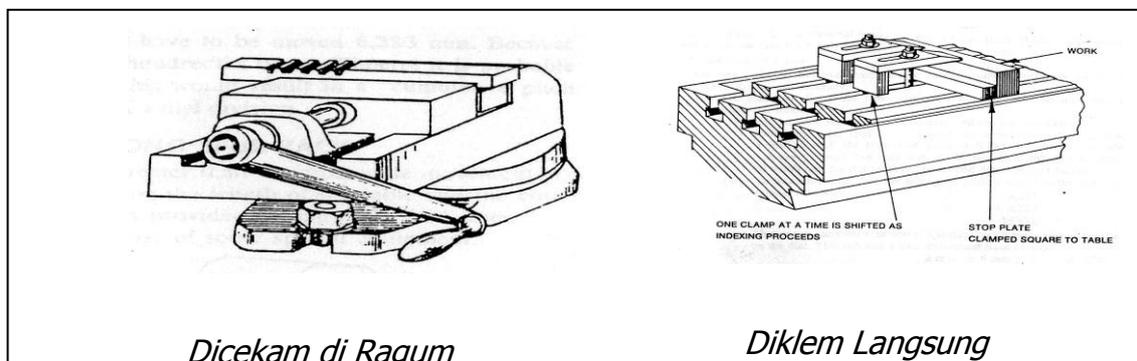
Untuk pembuatan roda gigi rack dapat digunakan mesin frais horizontal, maupun universal. Mesin tersebut harus dilengkapi dengan beberapa kelengkapan antara lain:

- pisau frais dengan modul yang sama dengan modul giginya
- alat-alat penjepit, klem dan alat-alat pembawa
- alat-alat ukur, jangka sorong, jangka bengkok, penyiku dan lainnya
- blok gores dan semacamnya

2. Pemasangan Benda Kerja

Dalam pengefraisan gigi rack, pencekaman benda kerja dapat dilakukan dengan menjepit benda kerja pada ragum, menggunakan fixture dan dapat pula diklem langsung di meja mesin.

Pada pencekaman dengan ragum, benda kerja dicekam melintang sebesar 90° terhadap meja. Sedangkan untuk pengefraisan dalam jumlah banyak dapat dilakukan dengan menggunakan fixture guna mengurangi waktu setting. Pencekaman dengan klem dapat dilakukan dengan dua klem yang didkatkan pada alur T meja mesin frais.



Gambar 13. Pemasangan Benda Kerja dalam Pengefraisan Rack

3. Pemilihan, pemasangan dan penyetingan pisau frais

Dalam pemilihan, pemasangan dan penyetingan pisau pada pengefraisan rack pada dasarnya sama dengan pemilihan, pemasangan maupun penyetingan pisau pada pengefraisan roda gigi lurus.

4. Penentuan kedalaman pemotongan

Kedalaman pemotongan harus ditentukan dan merupakan bahan pertimbangan dalam menyeting pisau frais. Pada umumnya kedalaman pemotongan untuk system modul dan Diametral pitch dapat dihitung sebagai berikut:

Kedalaman pemotongan = $2,25 \times \text{modul}$

Sedangkan untuk system diametral pitch:

$$\text{Kedalaman Pemotongan} = \frac{2,157}{DP}$$

Cara menyeting kedalaman pemotongan

- a. Gerakkan meja hingga benda kerja yang telah dicekam pada tempatb yang akan disayat berada pada posisis tengah di bawah pisau.
- b. Tempelkan kertas tipis yang telah dibasahi pada permukaan benda kerja
- c. Hidupkan mesin hingga pisau frais berputar dan siap menyayat
- d. Dekatkan benda kerja menuju pisau frais hingga menyentuh kertas tipis.
- e. Bila pisau telah menyentuh kertas tipis, hentikan mesin dan setinglah ukuran pada angka nol
- f. Bebaskan benda kerja dengan menggerakkan lurus dan naikkan sesuai jedalaman yang disyaratkan
- g. Lakukan pemakanan hingga tercapai kedalaman yang ditentukan dan jumlah gigi yang ditentukan

5. Pemotongan Gigi

Setelah pemasangan benda kerja, pengecekan kelurusan pahat, penentuan speed dan feed, setting dalam pemotongan, siap maka langkah selanjutnya adalah operasional pemotongan.

- a. sayatlah gigi pertama dengan pemakanan otomatis dan aturlah langkah meja sehingga akan berhenti apabila pahat telah sdsmap di ujung benda kerja
- b. Setelah satu kalim openyeyatan telitilah ketepatan profil maupun ketepatan nukuran agar dapat dilakukan perbaikan bila masih kurang
- c. Lakukan pemakana npada gigi ke tiga dan selanjutnya hingga selesai.

Pitch pada pengefraisan rack pada dasarnya sama dengan pitch pada penegfraisan rooda gigi lurus. Pitch dapat dihitung dengan rumusan berikut:

$$\text{Pitch} = m \times \pi \text{ mm}$$

Contoh:

Tentukan pergeseran meja frais pada pengefraisan rack (pitch) pada rack modul 2

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Pitch} &= m \times \pi \\ &= 2 \times 3,14 \\ &= 6,28 \text{ mm} \end{aligned}$$

sedangkan untuk system diametral pitch, pitch dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Pitch} = \frac{\phi}{DP}$$

Contoh

Tentukan pergeseran meja frais pada pengefraisan rack (pitch) pada rack 12 DP

Penyelesaian:

$$\text{Pitch} = \frac{\phi}{DP}$$

$$\text{Pitch} = \frac{3,14}{12} = 0,261 \text{ inchi (6,65 mm)}$$

c. Rangkuman

- 1) Roda gigi dapat dibedakan berdasarkan posisi poros antara roda gigi penggerak dan roda gigi yang digerakkan.
 - a. poros sejajar (roda gigi lurus, roda gigi helik , roda gigi helik ganda, roda gigi dalam, roda gigi rack dan pinion)
 - b. poros yang berpotongan (cacing dan roda cacing, roda gigi helik
 - c. untuk poros yang bersinggungan (roda gigi payung/konis)

- 2) Langkah-langkah pembuatan roda gigi lurus dan Rack akan meliputi:
 - a. Penyiapan benda kerja termasuk penentuan dimensi
 - b. Pemasangan Benda kerja
 - c. Pemilihan, pemasangan dan setting pisau frais
 - d. Penentuan pembagian dengan kepala pembagi
 - e. Pematangan

d. Tugas

Lakukan Pengamatan di Bengkel atau industri. Tulis dan jelaskan berbagai macam roda gigi serta penggunaannya pada peralatan-peralatan pemesian

e. Tes Formatif

1. Jelaskan kegunaan roda gigi dan klasifikasinya
2. Langkah-langkah apasaja yang harus dilakukan dalam pembuatan roda gigi lurus dan rack ? Jelaskan
3. Akan dibuat roda gigi lurus dengan modul 4 dan jumlah gigi 25. Tentukan ukuran utama roda gigi tersebut.
4. Bila salah satu roda gigi dipasangkan dengan rack berapa pitch (pergeseran meja pada saat pengefraisan)

f. Kunci Jawaban Tes Formatif

1. Roda gigi dapat digunakan antara lain untuk memindah daya dan mengubah putaran. Berdasarkan posisi poros antara roda gigi penggerak dan roda gigi yang digerakkan roda gigi dapat dikelompokkan menjadi: a) poros sejajar (roda gigi lurus, roda gigi helik, roda gigi helik ganda, roda gigi dalam, roda gigi rack dan pinion), b) poros yang berpotongan (cacing dan roda cacing, roda gigi helik, c) untuk poros yang bersinggungan (roda gigi payung/konis)
2. Langkah-langkah pemotongan: a) Penyiapan benda kerja termasuk penentuan dimensi, b) Pemasangan Benda kerja, c) Pemilihan, pemasangan dan setting pisau frais, d) Penentuan pembagian dengan kepala pembagi, e) Pemotongan
3. a. diameter jarak bagi = 100
b. diameter kepala = 108
b. Diameter kaki = 90
c. Lebar gigi = 40
d. Tinggi gigi = 9
e. Jarak antar gigi = 12,56
5. 12,56 mm