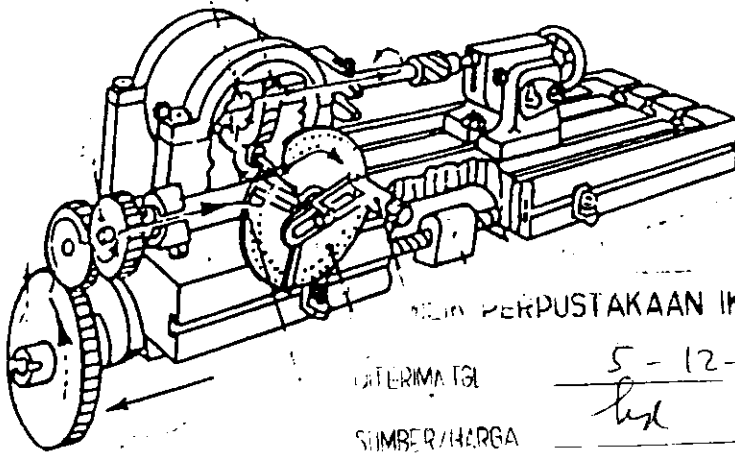


K<sub>7</sub> 44 - 10 7/11

# TEKNOLOGI PROSES PEMESINAN RODA GIGI



MILIK PERPUSTAKAAN IKIP PADANG

DITERIMA TGL	5-12-94
SUMBER/HARGA	h <sub>2</sub>
KOLEKSI	KKI
NO INVENTARIS	1647/h <sub>2</sub> /94. 12(2)
BERAT	621.9 Min t <sub>2</sub>

Oleh

**DRS. MASRUL MINSANI**

---

**UPT PUSAT MEDIA PENDIDIKAN  
FPTK IKIP PADANG  
1993**

MILIK UPT PERPUSTAKAAN  
IKIP PADANG

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan Puji dan Syukur Kehadirat Allah , S.W.T, penulis telah dapat menyelesaikan buku ini dengan judul " TEKNOLOGI PEMESINAN RODA GIGI ". Buku ini penulis susun berdasarkan studi dari beberapa literatur dan pengalaman penulis sendiri, dalam membina mata kuliah Teknologi Produksi dan membimbing mahasiswa dalam praktikum di Labor Teknologi Produksi Jurusan PT Mesin FPTK-IKIP Padang.

Mudah-mudahan dengan terbitnya buku ini, dapat memberikan sumbangan dalam menambah wawasan bagi para pembaca umumnya dan mahasiswa Jurusan PT Mesin khususnya, karena buku - buku yang dipakai oleh mahasiswa dalam perkuliahan lebih banyak ditulis dalam bahasa Inggris.

Dalam menyusun buku ini, penulis berusaha menggunakan istilah-istilah yang biasa digunakan dalam bidang Pendidikan Teknik, dengan tujuan lebih mudah memahaminya. Namun demikian ada juga beberapa istilah asing yang digunakan, karena istilah tersebut sudah biasa digunakan dalam istilah teknik.

Penulis menyadari bahwa pada buku ini masih banyak terdapat kekurangan-kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan pada semua pembaca dapat memberikan kritikan dan masukan yang bersifat membangun untuk lebih sempurnanya buku ini.

Akhirnya kepada semua pihak dan teman sejawat yang telah banyak memberikan sumbangan fikirannya, sampai terbitnya buku ini, penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih.

Padang, November 1993.

Penulis,

## DAFTAR ISI

Halaman

KATA PENGANTAR .....	i.
DAFTAR ISI .....	ii.
DAFTAR GAMBAR .....	iv.
DAFTAR TABEL .....	vi.
BAB I.      RODA-RODA GIGI.	1.
A. Pendahuluan .....	1.
B. Jenis-Jenis Roda Gigi .....	2.
C. Dasar-Dasar Perhitungan Roda Gigi .....	3.
1. Roda Gigi Lurus .....	3.
2. Roda Gigi Cacing .....	10.
3. Roda Gigi Heliks .....	19.
4. Roda Gigi Payung .....	30.
BAB II.     KEPALA PEMBAGI.	45.
A. Pendahuluan .....	45.
B. Teknik Pembagian .....	46.
1. Pembagian Langsung .....	46.
2. Pembagian Sederhana .....	46.
3. Pembagian Bersudut .....	50.
4. Pembagian Tingkat Tinggi .....	52.
BAB III.    PISAU RODA GIGI.	60.
A. Pendahuluan .....	60.
B. Bentuk Pisau Dan Kelengkapannya .....	60.
C. Feeds Dan Speeds .....	67.
D. Kecepatan Potong .....	69.

BAB IV. PROSES PENYAYATAN.	71.
1. Roda Gigi Lurus .....	71.
a. Pembagian Sederhana .....	71.
b. Pembagian Tingkat Tinggi .....	75.
2. Roda Gigi Cacing .....	78.
3. Roda Gigi Heliks .....	81.
4. Roda Gigi Payung .....	83.
DAFTAR KEPUSTAKAAN .....	86.

DAFTAR GAMBAR

Halaman.

Gambar :	1.1. Solid Shaft Gear Blank ( Bakal Roda Gigi Padat ) .....	4.
	1.2. Hollow Gear Blank ( Bakal Roda Gigi Berlubang ) .....	4.
	1.3. Simbol Ukuran Utama Roda Gigi .....	5.
	1.4. Posisi Gunting .....	7.
	1.5. Ulir Cacing Penampang Axial .....	11.
	1.6. Ulir Cacing Penampang Normal .....	11.
	1.7. Pasangan Roda Gigi cacing dengan Ulir Cacing .....	11.
	1.8. Pemasangan Benda Kerja Untuk Mengefrais Heliks .....	19.
	1.9. Sistem Penyayatan Roda Gigi Heliks ....	20.
	1.10. Sudut Heliks dan Hubungannya dengan Kisar Benda Kerja .....	21.
	1.11. Hubungan Tunggal .....	24.
	1.12. Hubungan Ganda .....	24.
	1.13. Ukuran-Ukuran Utama Roda Gigi Heliks ..	25.
	1.14. Roda Gigi Payung dengan Sudut Poros $90^{\circ}$	31.
	1.15. Roda Gigi Payung dengan Sudut Poros Kecil Dari $90^{\circ}$ .....	32.
	1.16. Roda Gigi Payung dengan Sudut Poros Besar Dari $90^{\circ}$ .....	33.
	1.17. Nama-Nama Bagian Roda Gigi Payung .....	34.
	2.1 . Kepala Pembagi .....	45.
	2.2. Piring Pembagi .....	47.
	2.3. Komponen Kepala Pembagi .....	49.

Gambar :	2.4. Merakit Pembagian Differensial .....	53.
	2.5. Merakit Pembagian Differensial .....	53.
	2.6. Merakit Pembagian Differensial .....	53.
	2.7. Hubungan Roda-Roda Gigi Pengganti dan Perantara .....	55.
	2.8. Hubungan Roda-Roda Gigi Pengganti dan Perantara .....	55.
	2.9. Hubungan Roda-Roda Gigi Pengganti dan Perantara .....	55.
	2.10. Hubungan Roda-Roda Gigi Pengganti dan Perantara .....	55.
	2.11. Gunting/Lengan Apit Membatasi 23 Lubang Pada Lingkaran 33 .....	58.
	3.1. Pisau Roda Gigi .....	61.
	3.2. Pisau Alur .....	61.
	3.3. Pisau Lengkung/Cembung .....	62.
	3.4. Pisau Cekung .....	62.
	3.5. Pisau Remer .....	63.
	3.6. A r b o r ( Poros Frais ) .....	66.
	3.7. Penyayatan Keatas .....	67.
	3.8. Penyayatan Kebawah .....	68.
	4.1. Pemasangan Benda Kerja Dalam Pembuatan Roda Gigi Lurus .....	73.
	4.2. Hubungan Roda-Roda Gigi Untuk Pembagian Differensial .....	76.
	4.3. Penyetelan Benda Kerja Untuk Penyaya - tan Roda Gigi Cacing .....	79.
	4.4. Penyetelan Benda Kerja Pada Penyayatan Roda Gigi Fayung .....	84.

DAFTAR TABEL

Halaman.

Tabel : 1. Daftar Kecepatan Potong Dalam Feet/menit Untuk Pisau Frais Carbon Steel dan HSS....	69,
2. Daftar Kecepatan Potong Dalam Meter/menit Untuk Pisau Frais HSS .....	70

## B A B . I

### RODA-RODA GIGI

#### A. Pendahuluan.

Roda gigi adalah suatu komponen mesin yang berfungsi untuk penerus daya ( putaran ) antara poros penggerak dengan poros yang digerakkan, pemindahan suatu zat yang berbentuk cair, seperti bensin, oli, minyak tanah dan lain-lain dari suatu tempat ketempat yang lain atau berfungsi sebagai pompa zat cair.

Pada saat ini penggunaan roda gigi sebagai transmisi atau penerus daya semakin banyak digunakan, hal ini disebabkan transmisi dengan menggunakan roda gigi mempunyai beberapa keuntungan.

Keuntungan-keuntungan tersebut antara lain adalah :

1. Perpindahannya lebih teliti : Hal ini disebabkan karena transmisi dengan menggunakan roda gigi tidak mengalami adanya selip antara roda gigi penggerak dengan roda gigi yang digerakkan.
2. Cocok untuk pemindahan daya yang besar : Karena tidak terjadinya selip antara kontak-kontak gigi, maka gigi mampu untuk pemindahan daya yang besar, tidak seperti halnya pada transmisi dengan tali ban.
3. Dapat digunakan perpindahan atau transmisi dengan perbandingan transmisi yang besar.
4. Dapat digunakan pada berbagai bentuk jenis transmisi, seperti transmisi poros-poros yang sejajar, menyudut, tegak lurus dan bersilangan.

Disamping transmisi dengan roda gigi yang mempunyai banyak keuntungan tersebut, terdapat pula kelemahan-kelemahannya antara lain :

1. Jarak antara poros penggerak dengan poros yang digerakkan pendek, sehingga transmisi poros yang berjarak agak jauh harus dilaksanakan dengan melalui roda gigi perantara, atau melalui beberapa tingkat. Hal ini akan merugikan karena banyak daya yang dibutuhkan untuk mengatasi gesekan.



2. Gesekan yang terjadi antara pasangan gigi lebih besar di bandingkan dengan transmisi sabuk atau ban, sehingga efisiensi mesin menjadi berkurang.

#### B. Jenis-Jenis Roda Gigi.

Berdasarkan pada keperluan transmisi dengan kedudukan poros yang bermacam-macam posisi tersebut, maka jenis roda gigi dapat dibedakan atas :

1. Roda gigi silindris dengan gigi lurus ( Spur Gear ) :  
Yaitu roda gigi yang pemotongan giginya searah dengan axisnya ( sumbunya ). Spur gear digunakan untuk transmisi daya atau putaran pada poros yang saling sejajar.

2. Gigi Rack :

Yaitu merupakan batang bergigi, dimana pemotongan gigi-giginya pada permukaan yang rata, yang mempunyai bentuk empat persegi panjang. Pasangan roda gigi dengan batang bergigi ini adalah untuk mentransmisikan atau merubah gerak putar menjadi gerak lurus atau sebaliknya.

3. Roda Gigi Helix ( Helix Gear ) :

Yaitu roda gigi yang pemotongan gigi-giginya pada sebuah benda berbentuk silindris dengan besar sudut tertentu. Roda gigi helix ini digunakan untuk transmisi poros yang sejajar.

Keuntungan pemakaian roda gigi helix ini dibandingkan dengan spur gear adalah :

- a. Contact ratio lebih besar.
- b. Dalam pemakaiannya lebih halus dan tenang, karena kontak dari gigi yang berpasangan bermula dari satu titik dan berkembang menjadi sebuah garis.
- c. Pembagian beban merata disepanjang lebar gigi.

Kerugiannya adalah :

- a. Adanya gaya axial atau gaya yang arahnya sejajar sumbu pada bantalan poros.

4. Roda Gigi Payung ( Bevel Gear ) :

Yaitu roda gigi yang pemotongan gigi-giginya pada bagian konis ( tirus ) dari suatu permukaan. Roda gigi ini digunakan untuk transmisi pada poros yang saling berpotongan.

5. Roda Gigi Dalam :

Yaitu roda gigi yang pemotongan gigi-giginya pada bagian dalam dari suatu ring.

Roda gigi ini digunakan jika dikehendaki perbandingan transmisi yang besar, tetapi jarak antara kedua porosnya pendek.

6. Roda Gigi Cacing ( Worm Gear ) :

Yaitu roda gigi yang pemotongan gigi-giginya miring dan pembatasan kaki berbentuk lingkaran.

Roda gigi ini digunakan untuk poros-poros yang saling bersilangan dengan perbandingan transmisi yang besar.

Pasangan dari roda gigi cacing ini adalah ulir cacing.

7. Roda Gigi Ulir ( Screw Gear ) :

Yaitu roda gigi yang pemotongan gigi-giginya menyerupai bentuk ulir.

Roda gigi ini digunakan untuk poros-poros yang saling bersilangan dengan perbandingan transmisi kecil ( 1 - 5 ).

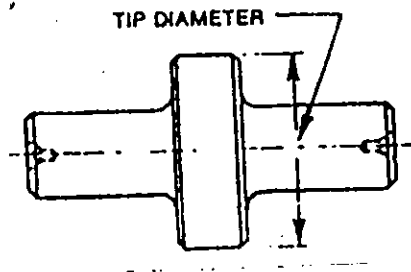
Berdasarkan fungsi dari roda-roda gigi tersebut di atas, maka pada waktu mengadakan perencanaan atau perhitungan, maupun dalam pembuatannya diperlukan ketelitian yang tinggi. Adapun unsur-unsur yang perlu diperhatikan dalam perencanaan tersebut adalah modul, ( M ), Diameter Pitch ( DP ), Diameter luar, Tinggi gigi dan sebagainya. Sedangkan dalam pemotongannya atau penyayatannya yang diperlukan adalah pemilihan pisau ( cutter ) yang sesuai, dan penyetulan pada mesin frais atau kepala pembagi.

C, Dasar-Dasar Perhitungan Roda Gigi.

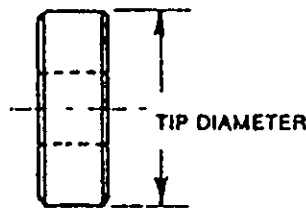
1. Roda Gigi Lurus ( Spur Gear ) :

Roda gigi lurus atau spur gear adalah roda gigi dengan gigi yang sejajar dengan garis sumbunya. Roda gigi ini dapat dibuat dengan menggunakan mesin frais universal dengan memakai alat bantu kepala pembagi. Yang perlu diperhatikan adalah besarnya modul yang digunakan dan jumlah gigi yang akan dibuat.

Roda gigi lurus terdiri dari dua bentuk yaitu Solid Shaft Gear Blank dan Hollow Gear Blank ( Buku Fitting and Machining. hal 266 ). Kedua bentuk dari roda gigi tersebut dapat dilihat pada gambar berikut :

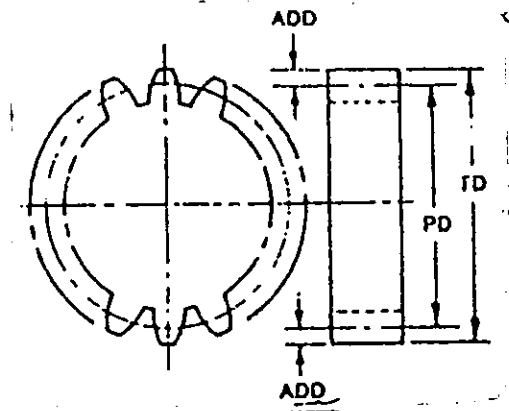


Gambar 1.1. Solid Shaft Gear Blank  
( Bakal Roda Gigi Padat )  
( Fitting and Machining Vol. 3 hal 266 )



Gambar 1.2. Hollow Gear Blank  
( Bakal Roda Gigi Berlubang )  
( Fitting and Machining Vol. 3 hal 266 )

Perbedaan dari kedua bentuk bakal roda gigi di atas adalah Solid Shaft berbentuk padat dan Hollow mempunyai rongga. Untuk menentukan besarnya diameter luar ( Tip Diameter ) akan dijelaskan lebih lanjut ( Perhatikan gambar berikut ) :



Gambar 1.3. Simbol Ukuran Utama Roda Gigi  
( Fitting and Machining Vol. 3 hal 267 )

TD = Tip Diameter ( Diameter Kepala dengan simbol  $D_{ka}$  )

PD = Pitch Diameter ( Diameter Tusuk dengan simbol  $D_t$  )

ADD = Addendum ( Tinggi Kepala Gigi dengan simbol  $h_{ka}$  )

Perhitungan menurut sistem modul.

$$\text{Pitch Diameter ( PD )} = N \cdot M$$

$$\text{Addendum ( ADD )} = 1 \cdot M$$

$$\text{Tip Diameter ( TD )} = ( N \cdot M ) + ( 2 \cdot M )$$

$$\text{TD} = ( N + 2 ) \cdot M$$

Contoh : Hitunglah besarnya Tip Diameter dari spur gear blank yang mempunyai gigi 25 gigi, dengan modul = 2,75.

Penyelesaian :

$$\text{TD} = ( N + 2 ) \cdot M$$

$$= ( 25 + 2 ) \cdot 2,75$$

$$= 27 \cdot 2,75$$

$$= 68,75 \text{ mm}$$

Perhitungan menurut Diametral Pitch Sistem ( Sistem DP ).

$$\text{Pitch Diameter ( PD )} = \frac{N}{DP}$$

$$\text{Addendum ( ADD )} = \frac{1}{DP}$$

$$\text{Tip Diameter ( TD )} = \frac{N}{DP} + \frac{2}{DP} = \frac{N + 2}{DP} .$$

Contoh : Hitunglah Tip Diameter dari spur gear blank, dengan jumlah gigi = 25 gigi dengan Diametral Pitch, (DP) = 12.

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} TD &= \frac{N + 2}{DP} \\ &= \frac{25 + 2}{12} \\ &= \frac{27}{12} \\ &= 2,25'' = 57,15 \text{ mm} \end{aligned}$$

Menurut Buku Fitting and Machining, Metric Edition tahun 1976, hal 270, menyatakan :

$$\begin{aligned} WD &= \frac{2,157}{DP} \quad (\text{Untuk sudut tekan } 14,5^\circ \text{ dan } 20^\circ) \\ &= \frac{2,157}{12} \quad WD = \text{Whole Depth (Tinggi Gigi)} \\ &= 0,180'' = 4,57 \text{ mm} \end{aligned}$$

Untuk menghitung ukuran-ukuran lainnya dari roda gigi lurus atau spur gear dapat dilihat pada contoh berikut :

Contoh dan penyelesaiannya :

Tentukanlah ukuran-ukuran dari sebuah roda gigi lurus, jika diketahui jumlah gigi ( Z ) = 60 buah, modul yang digunakan ( M ) = 1.

Hitung juga besarnya putaran engkol kepala pembagi dan gambar kan posisi gunting pada piring pembagi.

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \text{Diameter lingkaran tusuk ( } D_t \text{ )} &= Z \cdot M \\ &= 60 \cdot 1 = 60 \text{ mm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter lingkaran kepala ( } D_{ka} \text{ )} &= ( Z + 2 ) \cdot M \\ &= ( 60 + 2 ) \cdot 1 \\ &= 62 \cdot 1 = 62 \text{ mm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter lingkaran kaki ( } D_{ki} \text{ )} &= ( Z - 2 \cdot 1,166 ) \cdot M \\ &= ( Z - 2,33 ) \cdot M \end{aligned}$$

$$= ( 60 - 2,33 ) \cdot 1$$

$$= 57,67 \cdot 1 = 57,67 \text{ mm.}$$

Tinggi kepala gigi (  $h_{ka}$  ) = 1 . M = 1 . 1 = 1 mm.

Tinggi kaki gigi (  $h_{ki}$  ) = 1,166 . M = 1,166 . 1 = 1,166 mm.

Tinggi gigi (  $h_g$  ) = 2,166 . M = 2,166 . 1 = 2,166 mm.

Lebar gigi ( b ), diambil 10 . M = 10 . 1 = 10 mm. Berdasarkan tabel perhitungan roda gigi lurus lebar gigi  $b = 10$  sampai 15 M.

$$\text{Putaran engkol kepala pembagi ( T )} = \frac{40}{N}$$

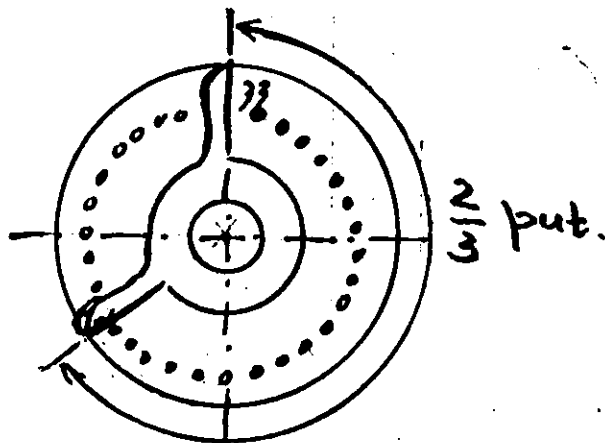
$$= \frac{40}{60} = \frac{2}{3} \text{ putaran.}$$

Diambil pembagian pada pelat piring pembagi yang mempunyai lubang yang habis dibagi dengan 3, misalnya lubang 33. Jadi

$$\frac{2}{3} \text{ putaran} = \frac{2}{3} \cdot 33 = 22 \text{ bagian.}$$

Gunting membatasi 23 lubang pada pembagian 33.

. Gambar posisi gunting pada piring pembagi :



Gambar 1.4. Posisi Gunting .

Apabila dalam pembuatan suatu roda gigi lurus, dimana roda gigi yang akan dibuat tidak dapat tepat pada pembagian keping atau piring pembagi, misalnya roda gigi dengan jumlah gigi 57; 59; 61 dan sebagainya, maka cara pembagian yang digunakan adalah dengan sistem differensial.

Contoh soal :

Hitunglah ukuran-ukuran utama dari suatu roda gigi sistem differensial, jika diketahui jumlah gigi (  $Z$  ) = 59 buah, modul yang digunakan (  $M$  ) = 1. Tentukan juga besarnya perbandingan roda gigi pengganti (  $Z_1$  dan  $Z_2$  ) dan jumlah putaran engkol kepala pembagi (  $T$  ).

Penyelesaian :

a. Ukuran-ukuran utama :

Diameter lingkaran tusuk (  $D_t$  ) :

$$\begin{aligned} D_t &= Z \cdot M \\ &= 59 \cdot 1 \\ &= 59 \text{ mm} \end{aligned}$$

Diameter lingkaran kepala (  $D_{ka}$  ) :

$$\begin{aligned} D_{ka} &= ( Z + 2 ) \cdot M \\ &= ( 59 + 2 ) \cdot 1 \\ &= 61 \cdot 1 \\ &= 61 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Diameter lingkaran kaki (  $D_{ki}$  ) :

$$\begin{aligned} D_{ki} &= ( Z - 2 \cdot 1,166 ) \cdot M \\ &= ( Z - 2,33 ) \cdot M \\ &= ( 59 - 2,33 ) \cdot M \\ &= 56,67 \cdot 1 \\ &= 56,67 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Tinggi kepala gigi (  $h_{ka}$  ) :

$$\begin{aligned} h_{ka} &= 1 \cdot M \\ &= 1 \cdot 1 \\ &= 1 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Tinggi kaki gigi (  $h_{ki}$  ) :

$$\begin{aligned} h_{ki} &= 1,166 \cdot M \\ &= 1,166 \cdot 1 \\ &= 1,166 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Tinggi gigi (  $h_g$  ) :

$$\begin{aligned} h_g &= 2,166 \cdot M \\ &= 2,166 \cdot 1 \\ &= 2,166 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Lebar gigi (  $b$  ) :

$$\begin{aligned} b &= 10 \cdot M \\ &= 10 \cdot 1 \\ &= 10 \text{ mm.} \end{aligned}$$

b. Perbandingan roda-roda gigi pengganti :

Karena jumlah gigi yang akan dibuat 59 gigi, maka rumus yang digunakan adalah rumus mendekati lebih besar.

Jika  $Z = 59$  , maka harga mendekati lebih besar (  $A$  ) = 60.

$$\begin{aligned} \frac{Z_1}{Z_2} &= ( A - N ) \cdot \frac{40}{A} \\ &= ( 60 - 59 ) \cdot \frac{40}{60} \\ &= 1 \cdot \frac{40}{60} \\ &= \frac{4}{6} = \frac{2}{3} \cdot \frac{16}{16} = \frac{32}{48} \end{aligned}$$



$Z_1 = 32$  gigi ( dipasang pada poros kepala pembagi ).

$Z_2 = 48$  gigi ( dipasang pada poros yang berulir cacing ).

c. Putaran engkol kepala pembagi :

$$T = \frac{40}{A}$$

$$= \frac{40}{60} = \frac{2}{3} \text{ putaran.}$$

Untuk  $\frac{2}{3}$  putaran, diambil jumlah pembagian pada piring pembagi yang mempunyai lubang 39.

$$\text{Jadi } \frac{2}{3} \text{ putaran} = \frac{2}{3} \cdot 39 = 26 \text{ bagian.}$$

Gunting membatasi 27 lubang pada piring pembagi yang mempunyai pembagian sebanyak 39.

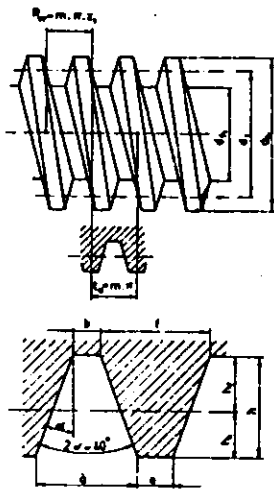
2. Roda Gigi Cacing :

Roda gigi cacing ( worm gear ) dipergunakan untuk perbandingan perpindahan yang besar, dimana poros-porosnya saling bersilangan  $90^\circ$ . Roda gigi cacing ini dibuat berpasangan dengan ulir cacing, baik ulir cacing tunggal maupun ulir cacing ganda.

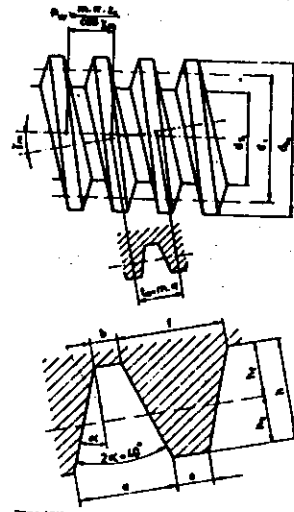
Menurut C. Van Terheijden dan Harun dalam bukunya Alat-Alat Perkakas jilid 3, hal. 268, menjelaskan bahwa ukuran-ukuran cacing dan roda gigi cacing tergantung dari jenis yang harus bekerja sama dengan roda cacingnya. Bentuk gigi dari cacing dapat ditentukan menurut penampang axial dan menurut penampang normal. Untuk lebih jelasnya perhatikanlah gambar 1.5 dan gambar 1.6 berikut ini.

Bila cacing yang bentuk giginya ditentukan menurut penampang axial disebut cacing sekerup dan bila bentuk giginya ditentukan menurut penampang normal disebut cacing evolven.

Dalam pemakaiannya cacing evolven lebih kuat dari cacing sekerup, karena sudut kisar rata-ratanya lebih besar dari cacing sekerup.



Gambar 1.5 Ulir Cacing  
Penampang Axial.  
( Alat-Alat Perkakas Jilid 3  
hal. 268 ).



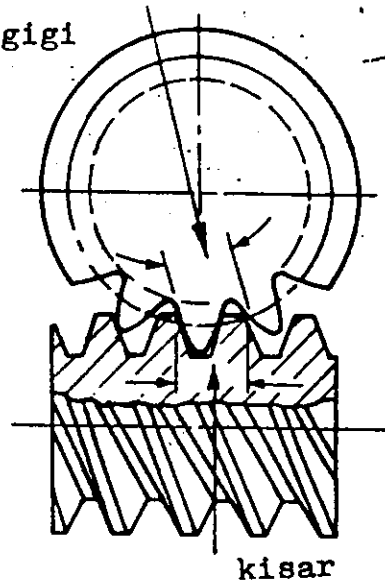
Gambar 1.6 Ulir Cacing  
Penampang Normal.  
( Alat-Alat Perkakas Ji-  
lid 3, hal. 268 )

Untuk penyayatan roda gigi cacing dilakukan pada mesin frais universal ( Universal Milling Machine ), dimana meja fraisnya dimiringkan sebesar sudut  $\alpha$  ( sudut kisar ). Penyayatan gigi-giginya dilakukan dengan cara menaikkan meja frais.

Pasangan roda gigi cacing dengan ulir cacing dapat dilihat pada gambar berikut :

tusuk gigi

Gambar 1.7. Pasangan  
Roda Gigi Cacing de-  
ngan Ulir Cacing.  
( Fitting and Machining,  
Vol 3, hal. 36.)



Beberapa istilah yang perlu diketahui dalam pembuatan sepasang roda gigi cacing dan ulir cacing adalah :

a. Ulir cacing :

$$d_a = \text{Diameter tusuk ulir cacing} \\ = 2 \cdot M ( 1,4 + 2\sqrt{Z_a} )$$

$Z_a$  = Jumlah langkah ulir cacing ( tunggal atau ganda ).  
tunggal  $Z_a = 1$ .

ganda  $Z_a = 2$ . untuk ganda 2 jalan dan seterusnya.

$i_v$  = Perbandingan transmisi pasangan roda gigi cacing dan ulir cacing.

$i$  = Ratio pembagi = 40.

$$d_k = \text{Diameter lingkaran kepala ulir cacing} \\ = d_a + 2 \cdot M.$$

$$d_f = \text{Diameter lingkaran kaki ulir cacing} \\ = d_k - 2 \cdot 1,166 \cdot M \text{ untuk sudut tekan } 20^\circ. \\ = d_k - 2 \cdot 1,25 \cdot M \text{ untuk sudut tekan } 25^\circ.$$

$$P_w = \text{Kisar cacing} \\ = Z_a \cdot \pi \cdot M$$

$$\alpha = \text{Sudut kisar rata-rata} \\ = \sin \alpha = \frac{Z_a \cdot M}{d_a}$$

$$h_k = \text{tinggi kepala gigi} \\ = 1 \cdot M$$

$$h_f = \text{tinggi kaki gigi} \\ = 1,166 \cdot M$$

$$h_g = \text{tinggi gigi} \\ = 2,166 \cdot M$$

b = lebar celah pada lingkaran kaki

$$= \frac{t_a}{2} - 2 \cdot h_f \tan \beta \quad \beta = \text{sdt. tekan gigi.}$$

$$\text{dimana } t_a = \frac{P_w}{Z_a} = m \cdot \pi$$

a = lebar celah pada lingkaran kepala

$$= \frac{t_a}{2} + 2 \cdot h_k \tan \beta$$

L = panjang cacing

$$= 2 \cdot M ( 1 + \sqrt{Z} ) \quad \text{-----} \rightarrow Z = \text{jumlah gigi.}$$

b. Roda gigi cacing :

$$\begin{aligned} d_t &= \text{diameter lingkaran tusuk} \\ &= Z \cdot M \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_k &= \text{diameter lingkaran kepala} \\ &= d_t + 2 \cdot M \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_f &= \text{diameter lingkaran kaki} \\ &= d_t - 2 \cdot 1,166 \cdot M \\ &= d_t - 2,33 \cdot M \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_k &= \text{tinggi kepala gigi} \\ &= 1 \cdot M \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_f &= \text{tinggi kaki gigi} \\ &= 1,166 \cdot M \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_g &= \text{tinggi gigi} \\ &= 2,166 \cdot M \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_k &= \text{jari-jari kepala gigi} \\ &= \frac{1}{2} ( d_a + 2 \cdot M ) \end{aligned}$$

$r_f$  = jari-jari kaki gigi

$$= \frac{1}{2} ( d_a + 2,33 \cdot M )$$

$b$  = lebar gigi pada lingkaran kaki

$$= 2 \sqrt{( d_a + M )}$$

$\delta$  = setengah sudut kemiringan

$$= \sin \delta = \frac{b}{2r_f} .$$

$d_{k2\delta}$  = diameter puncak

$$= d_k + 2 r_k ( 1 - \cos \delta ) .$$

Contoh soal :

Hitunglah ukuran-ukuran sepasang roda gigi cacing dan ulir cacing, jika diketahui sebagai berikut :

Ulir cacing satu jalan ( tunggal )  $\rightarrow Z_a = 1$

Angka transmisi = 1 : 30

Modul yang digunakan (  $M$  ) = 2,75.

Sudut tekan gigi (  $\beta$  ) =  $20^\circ$ .

Ratio pembagi = 40.

Penyelesaian :

a. Ulir cacing :

Diameter lingkaran tusuk ulir cacing (  $d_a$  ) :

$$\begin{aligned} d_a &= 2 \cdot M ( 1,4 + 2 \sqrt{Z_a} ) \\ &= 2 \cdot 2,75 ( 1,4 + 2 \sqrt{1} ) \\ &= 18,7 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Diameter lingkaran kepala ulir cacing (  $d_k$  ) :

$$\begin{aligned} d_k &= d_a + 2 \cdot M \\ &= 18,7 + 2 \cdot 2,75 \\ &= 24,2 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Diameter lingkaran kaki ulir cacing (  $d_f$  ) :

$$\begin{aligned} d_f &= d_k - 2 \cdot 1,166 \cdot M \\ &= 24,2 - 2,33 \cdot 2,75 \\ &= 17,79 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kisar cacing (  $P_w$  ) :

$$\begin{aligned} P_w &= Z_a \cdot \overline{M} \cdot M \\ &= 1 \cdot 3,14 \cdot 2,75 \\ &= 8,64 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sudut kisar rata-rata (  $\alpha$  ) :

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= \frac{Z_a \cdot M}{d_a} \\ &= \frac{1 \cdot 2,75}{18,7} \\ &= \frac{2,75}{18,7} \\ &= 0,1471 \\ \alpha &= 8,46^\circ \\ &= 8^\circ 27' \end{aligned}$$

Tinggi kepala gigi (  $h_k$  ) :

$$\begin{aligned} h_k &= 1 \cdot M \\ &= 1 \cdot 2,75 \\ &= 2,75 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Tinggi kaki gigi (  $h_f$  ) :

$$\begin{aligned} h_f &= 1,166 \cdot M \\ &= 1,166 \cdot 2,75 \\ &= 3,21 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Tinggi gigi (  $h_g$  ) :

$$h_g = 2,166 \cdot M = 2,166 \cdot 2,75 = 5,96 \text{ mm.}$$

Lebar celah pada lingkaran kaki ( b ) :

$$\begin{aligned}
 b &= \frac{t_a}{2} - 2 \cdot h_f \cdot \tan \beta \\
 &= \frac{M \cdot \pi}{2} - 2 \cdot 3,21 \cdot \tan 20^\circ \\
 &= \frac{2,75 \cdot 3,14}{2} - 2 \cdot 3,21 \cdot 0,36 \\
 &= \frac{8,6}{2} - 2,35 \\
 &= 4,3 - 2,35 \\
 &= 1,95 \text{ mm.}
 \end{aligned}$$

Lebar celah pada lingkaran kepala ( a ) :

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{t_a}{2} + 2 \cdot h_k \cdot \tan \beta \\
 &= \frac{8,6}{2} + 2 \cdot 2,75 \cdot \tan 20^\circ \\
 &= 4,3 + 5,5 \cdot 0,36 \\
 &= 4,3 + 1,98 \\
 &= 6,28 \text{ mm.}
 \end{aligned}$$

Panjang cacing ( L ) :

$$\begin{aligned}
 L &= 2 \cdot M ( 1 + \sqrt{Z} ) \\
 &= 2 \cdot 2,75 ( 1 + \sqrt{30} ) \\
 &= 5,5 ( 1 + 5,48 ) \\
 &= 5,5 \cdot 6,48 \\
 &= 35,64 \text{ mm.}
 \end{aligned}$$

b. Roda gigi cacing :

Diameter lingkaran tusuk (  $d_t$  ) :

$$\begin{aligned}
 d_t &= Z \cdot M \\
 &= 30 \cdot 2,75 \\
 &= 82,5 \text{ mm.}
 \end{aligned}$$

Diameter lingkaran kepala (  $d_k$  ) :

$$\begin{aligned} d_k &= d_t + 2 \cdot M \\ &= 82,5 + 2 \cdot 2,75 \\ &= 82,5 + 5,5 \\ &= 88 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Diameter lingkaran kaki (  $d_f$  ) :

$$\begin{aligned} d_f &= d_t - 2 \cdot 1,166 \cdot M \\ &= 82,5 - 2 \cdot 1,166 \cdot 2,75 \\ &= 82,5 - 6,4 \\ &= 76,1 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Tinggi kepala gigi (  $h_k$  ) :

$$\begin{aligned} h_k &= 1 \cdot M \\ &= 1 \cdot 2,75 \\ &= 2,75 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tinggi kaki gigi (  $h_f$  ) :

$$\begin{aligned} h_f &= 1,166 \cdot M \\ &= 1,166 \cdot 2,75 \\ &= 3,21 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Tinggi gigi (  $h_g$  ) :

$$\begin{aligned} h_g &= 2,166 \cdot M \\ &= 2,166 \cdot 2,75 \\ &= 5,96 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Jari-jari kepala gigi (  $r_k$  ) :

$$\begin{aligned} r_k &= \frac{1}{2} ( d_a - 2 \cdot M ) \\ &= \frac{1}{2} ( 88 - 2 \cdot 2,75 ) \end{aligned}$$



$$= \frac{1}{2} ( 18,7 - 5,5 )$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 13,2$$

$$= 6,6 \text{ mm.}$$

Jari-jari kaki gigi (  $r_f$  ) :

$$r_f = \frac{1}{2} ( d_a + 2,33 \cdot M )$$

$$= \frac{1}{2} ( 18,7 + 2,33 \cdot 2,75 )$$

$$= \frac{1}{2} ( 18,7 + 6,41 )$$

$$= \frac{1}{2} ( 25,11 )$$

$$= 12,56 \text{ mm.}$$

Lebar gigi pada lingkaran kaki (  $b$  ) :

$$b = 2 \sqrt{ ( d_a + M )}$$

$$= 2 \sqrt{ ( 18,7 + 2,75 )}$$

$$= 2 \sqrt{ 21,45 }$$

$$= 2 \cdot 4,63$$

$$= 9,26 \text{ mm.}$$

Setengah sudut kemiringan (  $\delta$  ) :

$$\sin \delta = \frac{b}{2r_f}$$

$$= \frac{9,26}{2 \cdot 12,56}$$

$$= \frac{9,26}{25,12}$$

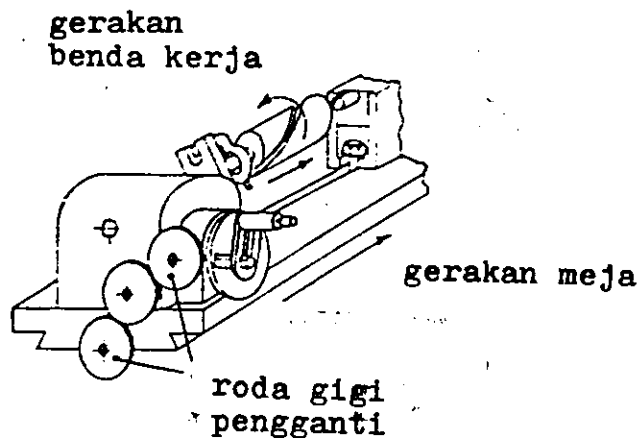
$$= 0,3686. \quad \text{-----} \rightarrow \delta = 21,63^\circ = 21^\circ 37'.$$

Diameter puncak (  $d_{k2\delta}$  ) :

$$\begin{aligned}
 d_{k2\delta} &= d_k + 2 \cdot r_k ( 1 - \cos \delta ) \\
 &= 88 + 2 \cdot 6,6 ( 1 - \cos 21^{\circ}37' ) \\
 &= 88 + 13,2 ( 1 - 0,9296 ) \\
 &= 88 + 13,2 \cdot 0,0704 \\
 &= 88 + 0,9293 \\
 &= 87,0707 \\
 &= 87,1 \text{ mm.}
 \end{aligned}$$

### 3. Roda Gigi Heliks :

Untuk memfrais roda gigi heliks, perlu diperhatikan agar benda kerja yang akan difrais harus berputar secara teratur, sementara pemakanan terhadap benda kerja dilakukan dalam arah sejajar dengan sumbunya. Gambar berikut ini memperlihatkan pemasangan benda kerja dengan arah gerakan benda, gerakan dari meja frais dan pasangan roda-roda gigi pengganti ( change gears ).



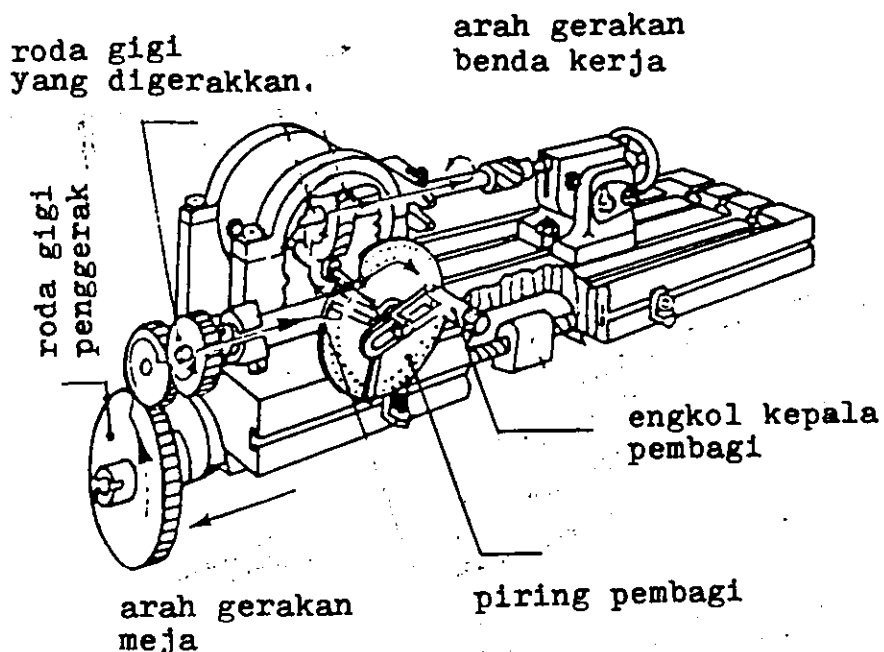
Gambar 1.8 Pemasangan benda kerja untuk frais heliks.

( Fitting and Machining Vol.3 hal 220. )

Dalam memfrais roda gigi heliks ini, ada 3 ( tiga ) macam prinsip atau ketentuan yang harus diketahui, supaya benda kerja yang dibuat sesuai dengan standar yang dikehendaki. Ketiga prinsip tersebut adalah :

- a. Meja frais dimiringkan sebesar sudut heliks yang akan di buat.
- b. Meja bergerak, benda kerja bergerak mengikuti gerakan meja dan berputar yang dijepit antara dua senter kepala pem bagi dengan menggunakan pembawa ( lathe dog ).
- c. Pisau frais ( cutter ) berputar sambil melakukan penyaya tan.

Pada gambar berikut ini, memperlihatkan dengan lengkap sistem penyayatan roda gigi heliks. Disini dapat dilihat mulai dari arah gerakan dari benda kerja, index plat, piring pem bagi, gerakan meja, engkol pembagi dan roda gigi pengganti ( roda gigi yang menggerakkan dan roda gigi yang digerakkan).



Gambar 1.9 Sistem penyayatan roda gigi heliks.

( Fitting and Machining Vol.3 hal 221 )

Prinsip kerja dari sistem penyayatan roda gigi heliks ini secara ringkas dapat dijelaskan sebagai berikut yaitu :

a. Putaran dari ulir penggerak meja ( table feed screw ) menghasilkan gerak lurus beraturan dari meja.

b. Gerakan roda gigi yang dipasang pada ulir penggerak meja memutar semua gigi yaitu roda gigi yang digerakkan, roda gigi penggerak, sumbu utama, piring pembagi, poros yang berulir cacing, roda gigi cacing dan sumbu yang terdapat pada kepala pembagi yang berhubungan dengan benda kerja.

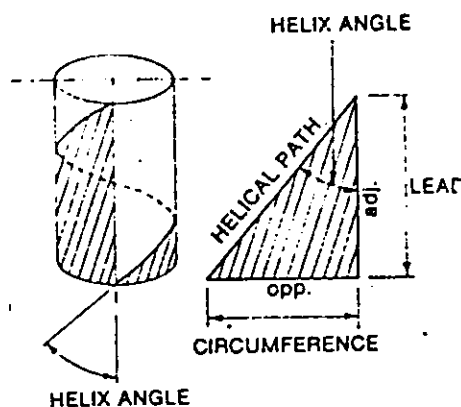
Kombinasi dari gerakan putar dan gerakan lurus ini menyebabkan benda kerja yang dipasang antara dua senter kepala pembagi akan disayat oleh pisau frais ( cutter ) yang sedang berputar pada arbornya, sehingga menghasilkan alur ( celah ) dari roda gigi yang akan dibuat.

a. Cara menghitung lead ( kisar ) benda kerja :

Lead benda kerja diperlukan untuk menentukan perbandingan roda gigi pengganti (  $Z_1$  dan  $Z_2$  ).  $Z_1$  disebut dengan roda gigi yang menggerakkan dan  $Z_2$  disebut dengan roda gigi yang digerakkan.

Setelah diketahui besarnya  $Z_1$  dan  $Z_2$  seterusnya berapa jumlah gigi yang akan dibuat dan modul yang dipakai. (  $M_n$  ) ser besar sudut heliksnya.

Dari gambar berikut dapat kita tentukan berdasarkan rumus tangen sudut heliks.



Gambar 1. 10 Sudut heliks dan hubungannya dengan kisar benda kerja.

( Fitting and Machining  
Vol.3 hal 223 ).

$$\begin{aligned} \text{tangen heliks} &= \frac{\text{opposite side}}{\text{adjacent side}} \\ &= \frac{\text{circumference}}{\text{lead of work}} \end{aligned}$$

$$\text{lead of work} = \frac{\text{circumference}}{\text{tangen heliks}}$$

$$l.w = \frac{c}{\text{tg } \beta} \quad \text{-----} \rightarrow \beta = \text{sdt. heliks}$$

Contoh :

Hitunglah lead of work ( lead benda kerja ), dengan sudut heliks =  $18^\circ$  dan diameter benda kerja = 100 mm.

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} l.w &= \frac{c}{\text{tg } \beta} \\ &= \frac{\pi \cdot D}{\text{tg } 18^\circ} \\ &= \frac{3,14 \cdot 100}{0,325} \\ &= \frac{314}{0,325} \\ &= 966,15 \quad \text{-----} \rightarrow 966 \text{ mm.} \end{aligned}$$

b. Cara menghitung roda gigi pengganti :

Untuk menghitung roda gigi pengganti  $Z_1$  dan  $Z_2$  yang menghubungkan otomatis gerakan meja dengan kepala pembagi dapat digunakan rumus berikut :

$$\frac{Z_2}{Z_1} = \frac{\text{lead of work ( lead benda kerja )}}{\text{lead of machine ( lead mesin )}} \quad \text{( Fitting and Machining Vol.3 hal 224 )}$$

Contoh :

Hitunglah roda gigi pengganti untuk penyayatan suatu benda kerja berbentuk heliks, jika diketahui lead benda kerja = 880 mm dan lead mesin = 240 mm.

Penyelesaian :

$$\frac{\text{Driven gear}}{\text{Driver gear}} = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{\text{lead of work}}{\text{lead of machine}}$$

$$\frac{Z_2}{Z_1} = \frac{880}{240} = \frac{88}{24}$$

Menurut buku Fitting and Machining Vol.3 hal 225, persediaan roda gigi pengganti adalah sebagai berikut :

24 (2); 28; 32; 36; 40; 44; 48; 56; 64; 72; 86; dan 100.

Jadi roda gigi 88 tidak punya, untuk itu perbandingan

$\frac{88}{24} = \frac{44 \times 2}{24 \times 1}$ , kita pilih bilangan 44 x 2 dan 24 x 1 karena dalam persediaan roda gigi pengganti kita mempunyai persediaan tersebut.

Rumus diatas menjadi :

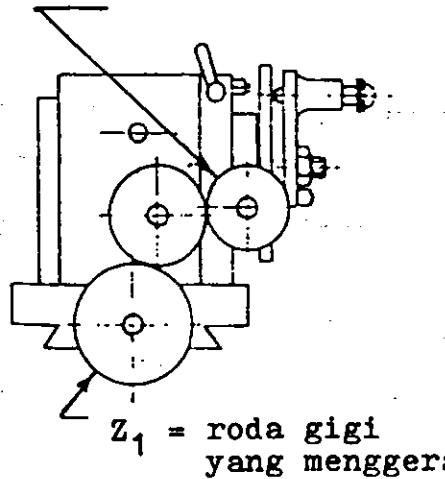
$$\begin{aligned} \frac{\text{Driver gear}}{\text{Driven gear}} &= \frac{44}{24} \times \left( \frac{2 \times 28}{1 \times 28} \right) \\ &= \frac{44}{24} \times \frac{56}{28} \quad (\text{Hubungan ganda}). \end{aligned}$$

Jadi :

- $Z_1$  = roda gigi yang menggerakkan yang dipasang pada sumbu meja mesin frais adalah 44 gigi.
- $Z_2$  = roda gigi yang digerakkan yaitu 24 gigi.
- $Z_3$  = roda gigi yang menggerakkan, satu poros dengan  $Z_2$  yaitu 56 gigi.
- $Z_4$  = roda gigi yang digerakkan yang berhubungan dengan spindle kepala pembagi yaitu 28 gigi.

Untuk pemasangan roda gigi pengganti pada kepala pembagi dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan hubungan tunggal dan hubungan ganda. Pada gambar berikut ini diperlihatkan bentuk kedua hubungan tersebut :

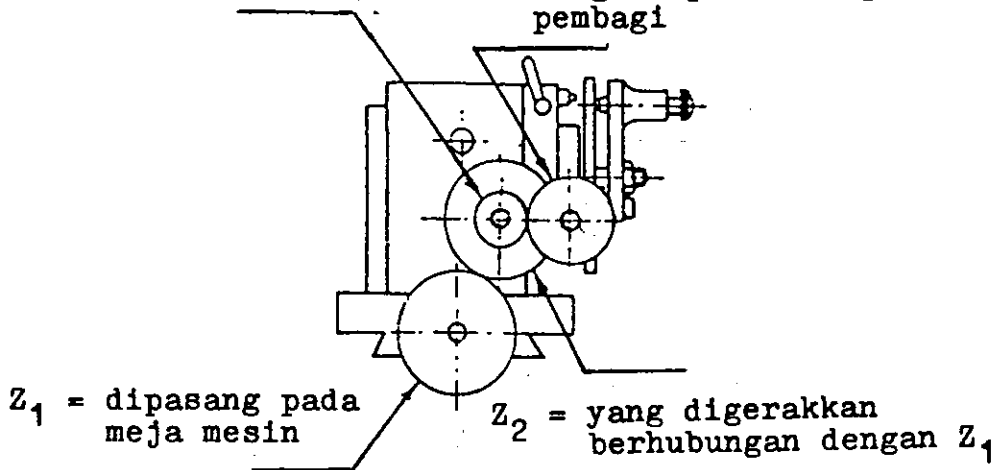
$Z_2$  = roda gigi yang digerakkan



Gambar 1.11 Hubungan tunggal.

( Fitting and Machining, Vol 3 hal. 226 )

$Z_3$  = seporos dengan  $Z_2$  yang digerakkan  $Z_4$  = roda gigi yang menggerakkan seporos dengan spindle kepala pembagi



Gambar 1.12 Hubungan ganda.

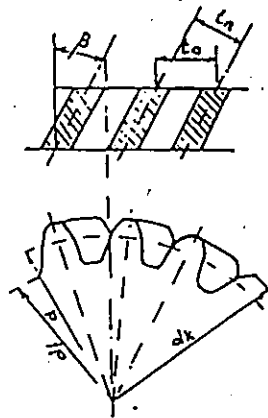
( Fitting and Machining, Vol 3 hal.226 )

c. Jenis roda gigi heliks dan menentukan ukuran-ukurannya :

Ada dua jenis roda gigi heliks yaitu heliks kiri dan heliks kanan. Kedua bentuk dari roda gigi heliks tersebut adalah roda gigi dimana gigi-giginya mempunyai bentuk suatu garis ulir atau berbentuk sekerup. Sudut antara sumbu poros dengan arah gigi, dinamakan dengan sudut gigi ( $\beta$ ). Sudut ini juga sebagai dasar untuk menentukan berapa besarnya penyetelan kemiringan dari meja mesin frais.

Penyetelan roda gigi heliks pada mesin frais, hanya bisa dilakukan pada mesin frais universal ( universal milling machine ), karena kita memerlukan penyetelan dari mejanya. Pada mesin frais biasa ( plane milling machine ) hal ini tidak dapat dilakukan.

Sebagaimana halnya pembuatan roda gigi heliks ini menggunakan peralatan yang sama dengan roda gigi lurus, maka besar modulusnya ditentukan oleh tusuk normalnya ( $t_n$ ), dan besar diameter tusuknya berdasarkan tusuk keliling ( $t_a$ ). Ukuran dari tusuk normal dan tusuk keliling dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 1.13 Ukuran-ukuran utama roda gigi heliks.

( Teknik Frais Roda Gigi, Drs. Dharyatmo K. hal. 13 ).



Tusuk normal (  $t_n$  ) diukur pada bidang yang tegak lurus terhadap gigi-gigi, sedangkan tusuk keliling diukur pada bidang yang tegak lurus terhadap sumbu.

Sebagaimana yang telah dijelaskan sebelumnya, bahwa untuk penyayatan roda gigi heliks ini, diperlukan gerakan - gerakan sebagai berikut :

1. Benda kerja membuat gerakan putar sekeliling sumbunya. Benda memperoleh gerakan ini dari poros kepala pembagi. Poros pembaginya digerakkan oleh poros penghantar dari meja frais dengan perantara roda gigi pengganti.
2. Meja frais yang distel miring sesuai dengan sudut gigi atau sudut heliks ( $\beta$ ), melakukan gerakan yang lambat dalam arah mendatar.
3. Pisau frais ( cutter ) yang dipasang pada arbor melakukan gerakan utama penyayatan yang berlawanan dengan arah gerakan benda kerja.

Langkah selanjutnya dalam penyayatan roda gigi heliks ini adalah menentukan ukuran-ukuran roda gigi, putaran engkol kepala pembagi dan perhitungan roda-roda gigi pengganti. Untuk menentukan ukuran-ukuran roda gigi heliks ada beberapa rumus yang diperlukan yaitu :

1. Modul normal (  $M_n$  ) :

Modul normal =  $M$  = Modul dari pisau frais yang digunakan.

2. Modul keliling (  $M_s$  ) :

$$M_s = \frac{M_n}{\cos \beta}$$

3. Tusuk normal (  $t_n$  ) :

$$t_n = M_n \cdot \pi$$

4. Tusuk keliling (  $t_a$  ) :

$$t_a = M_s \cdot \pi$$

5. Diameter lingkaran tusuk (  $d_t$  ) :

$$d_t = Z \cdot M_s$$

6. Diameter lingkaran kepala (  $d_k$  ) :

$$d_k = d_t + 2 \cdot M_n$$

7. Diameter lingkaran kaki (  $d_f$  ) :

$$d_f = d_t - 2,33 \cdot M_n$$

8. Tinggi kepala gigi (  $h_k$  ) :

$$h_k = 1 \cdot M_n$$

9. Tinggi kaki gigi (  $h_f$  ) :

$$h_f = 1,166 \cdot M_n$$

10. Tinggi gigi (  $h_g$  ) :

$$h_g = 2,166 \cdot M_n$$

11. Lead heliks (  $l.w$  ) :

$$l.w = \pi \cdot d_t \cdot \cotg \beta$$

12. Perbandingan roda-roda gigi pengganti (  $Z_1$  dan  $Z_2$  ) :

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{\text{lead mesin}}{\text{lead heliks}} \cdot 40$$

13. Putaran engkol kepala pembagi (  $T$  ) :

$$T = \frac{40}{N} \quad \text{-----} \rightarrow N = Z = \text{Jumlah gigi.}$$

Contoh :

Hitunglah ukuran-ukuran utama, putaran engkol kepala pembagi dan perbandingan roda-roda gigi pengganti untuk penyayanan sebuah roda gigi heliks, jika diketahui:

Jumlah gigi (  $Z$  ) = 16 buah, ukuran modulusnya (  $M = M_n = 2,5$  )  
 sudut heliks (  $\beta$  ) =  $23^\circ$  dan lead mesin = 5 mm .

Penyelesaian :

Modul keliling (  $M_s$  ) :

$$M_s = \frac{M_n}{\cos \beta} = \frac{2,5}{\cos 23^\circ}$$

$$= \frac{2,5}{0,9205} = 2,7159.$$

Diameter tusuk (  $d_t$  ) :

$$d_t = Z \cdot M_s$$

$$= 16 \cdot 2,7159$$

$$= 43,4544 = 43,5 \text{ mm}$$

Diameter lingkaran kepala (  $d_k$  ) :

$$d_k = d_t + 2 \cdot M_n$$

$$= 43,5 + 2 \cdot 2,5$$

$$= 43,5 + 5$$

$$= 48,5 \text{ mm}$$

Diameter lingkaran kaki (  $d_f$  ) :

$$d_f = d_t - 2,33 \cdot M_n$$

$$= 43,5 - 2,33 \cdot 2,5$$

$$= 43,5 - 5,825$$

$$= 37,675 = 37,7 \text{ mm}$$

Tinggi kepala gigi (  $h_k$  ) :

$$h_k = 1 \cdot M_n$$

$$= 1 \cdot 2,5 = 2,5 \text{ mm}$$

Tinggi kaki gigi (  $h_f$  ) :

$$\begin{aligned} h_f &= 1,166 \cdot M_n \\ &= 1,166 \cdot 2,5 \\ &= 2,915 = 2,9 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tinggi gigi (  $h_g$  ) :

$$\begin{aligned} h_g &= 2,166 \cdot M_n \\ &= 2,166 \cdot 2,5 \\ &= 5,415 = 5,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

Lead heliks (  $l.w$  ) :

$$\begin{aligned} l.w &= \pi \cdot d_t \cdot \cotg \beta \\ &= 3,14 \cdot 43,5 \cdot \cotg 23^\circ \\ &= 3,14 \cdot 43,5 \cdot 2,3559 \\ &= 321,79 = 321,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

Putaran engkol kepala pembagi (  $T$  ) :

$$T = \frac{40}{N} = \frac{40}{16} = 2 \frac{1}{2} \text{ putaran.}$$

Perbandingan roda gigi pengganti (  $Z_1$  dan  $Z_2$  ) :

$$\begin{aligned} \frac{Z_1}{Z_2} &= \frac{\text{lead mesin}}{\text{lead heliks}} \cdot 40 \\ &= \frac{5 \cdot 40}{321,8} = \frac{200}{321,8} = 0,6215 \end{aligned}$$

$Z_1$  dan  $Z_2$  adalah perbandingan roda-roda gigi pengganti, dimana hasil baginya adalah 0,6215. Diambil  $Z_1 = 24$  dan  $Z_2 = 40$  hasil baginya  $24 : 40 = 0,6$ . Harga lain yang lebih mendekati 0,6215 adalah  $28 : 44$ .

Jadi roda-roda gigi pengganti yang digunakan adalah  $Z_1 = 28$  gigi dan  $Z_2 = 44$  gigi, karena  $Z_1 : Z_2 = 0,6363$  lebih mendekati dibandingkan dengan  $24 : 40 = 0,6$  ke harga hasil bagi sebenarnya yaitu  $0,6215$ .

$Z_1$  roda gigi yang menggerakkan = 28 gigi dipasang pada poros ulir meja.

$Z_2$  roda gigi yang digerakkan = 44 gigi dipasang pada poros kepala pembagi yang berhubungan dengan benda kerja.

d. Roda gigi payung ( bevel gear ) :

Roda gigi payung atau disebut juga dengan roda gigi kerucut ( bevel gear ), adalah roda gigi yang digunakan untuk menghubungkan dua buah poros yang saling bersilangan dengan berbagai macam posisi menyudut dan berbagai macam perbandingan putaran.

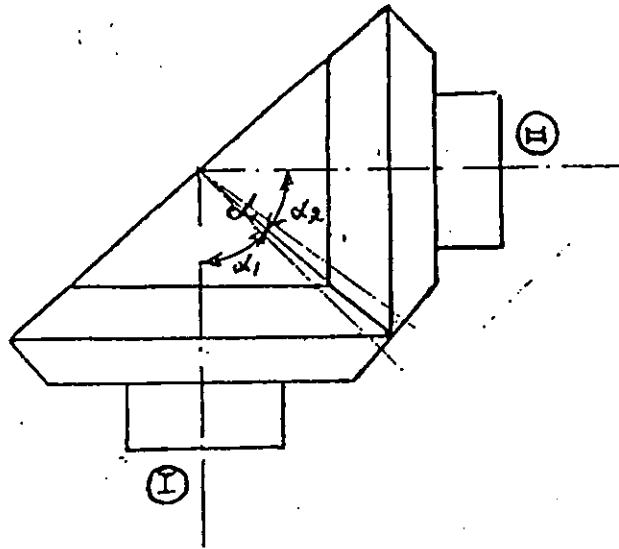
Berbagai macam posisi menyudut tersebut dapat kita kategorikan menjadi tiga macam yaitu :

1. Besar sudut sama dengan  $90^\circ$ .
2. Besar sudut lebih kecil dari  $90^\circ$ .
3. Besar sudut lebih besar dari  $90^\circ$ .

Karena dalam aplikasinya atau pemakaiannya berpasangan, maka dalam perencanaannya haruslah berpasangan pula. Artinya sepasang roda gigi payung yang telah direncanakan untuk suatu pemindahan tenaga atau putaran dengan suatu perbandingan tertentu dan besar sudut antara kedua porosnya tertentu pula, maka kedua roda gigi tersebut tidak bisa dipakai untuk perbandingan ataupun besar sudut yang lainnya.

Pada gambar berikut ditampilkan ketiga macam posisi atau sudut poros dari pasangan roda gigi payung tersebut :

( Gambar lihat disebelah ! )



Gambar 1.14 Roda gigi payung dengan sudut poros  $90^\circ$ .

Jika sepasang roda gigi payung bekerja dengan sudut porosnya =  $90^\circ$ , maka :

$$\text{Untuk roda gigi I besarnya } \tan \alpha_1 = \frac{z_1}{z_2}$$

$$\text{Untuk roda gigi II besarnya } \tan \alpha_2 = \frac{z_2}{z_1}$$

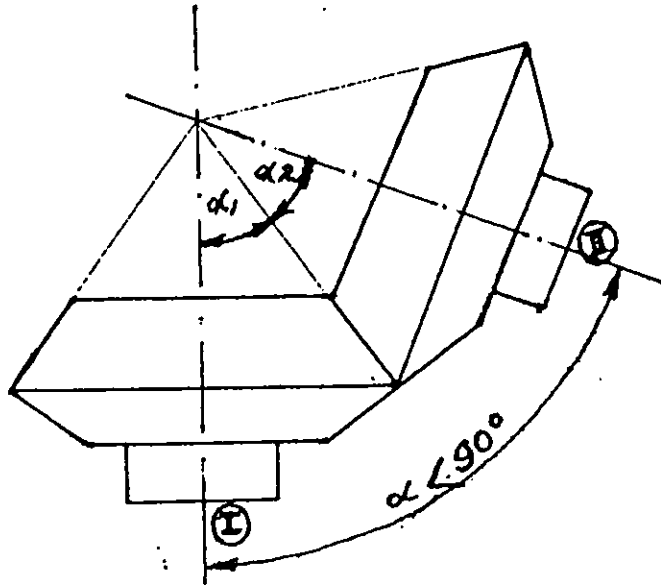
$$R_1 = \frac{d_{t1}}{2 \sin \beta_1} \quad (\text{ untuk roda gigi I } ).$$

$$R_2 = \frac{d_{t2}}{2 \sin \beta_2} \quad (\text{ untuk roda gigi II } ).$$

$$\tan \delta = \frac{h_a}{R_1} \quad \tan \phi = \frac{h_i}{R_1} \quad \begin{array}{l} \text{Sudut muka} = \text{sudut tusuk} + \\ \text{sudut kepala} \quad (\gamma = \beta + \delta) \end{array}$$

$$\text{Sudut potong} = \text{sudut tusuk} - \text{sudut kaki} \quad (\lambda = \beta - \phi)$$

$$\text{Sudut miring samping} = 90^\circ - \text{sudut tusuk} \quad (\theta = 90^\circ - \beta)$$



Gambar 1.15 Roda gigi payung dengan sudut poros kecil dari  $90^\circ$ .

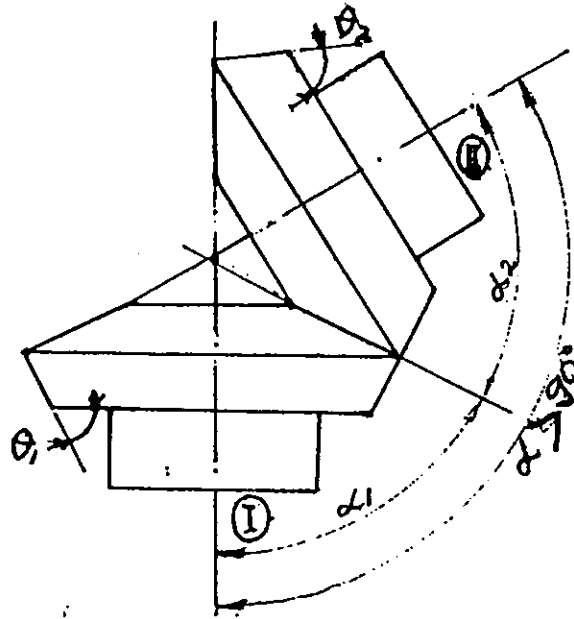
Untuk sepasang roda gigi payung dengan sudut poros kecil dari  $90^\circ$ , maka :

$$\text{Untuk roda gigi I besarnya } \cotg \beta_1 = \frac{z_2}{z_1 \sin \alpha_1} + \cotg \alpha_1$$

$$\text{Untuk roda gigi II besarnya } \cotg \beta_2 = \frac{z_1}{z_2 \sin \alpha_2} + \cotg \alpha_2$$

Dimana  $\beta_1$  dan  $\beta_2$  = sudut tusuk untuk masing-masing roda gigi.

Rumus-rumus dan ketentuan yang lainnya adalah sama dengan untuk roda gigi payung membentuk sudut poros =  $90^\circ$ .



Gambar 1.16 Roda gigi payung dengan sudut poros besar dari  $90^\circ$  .

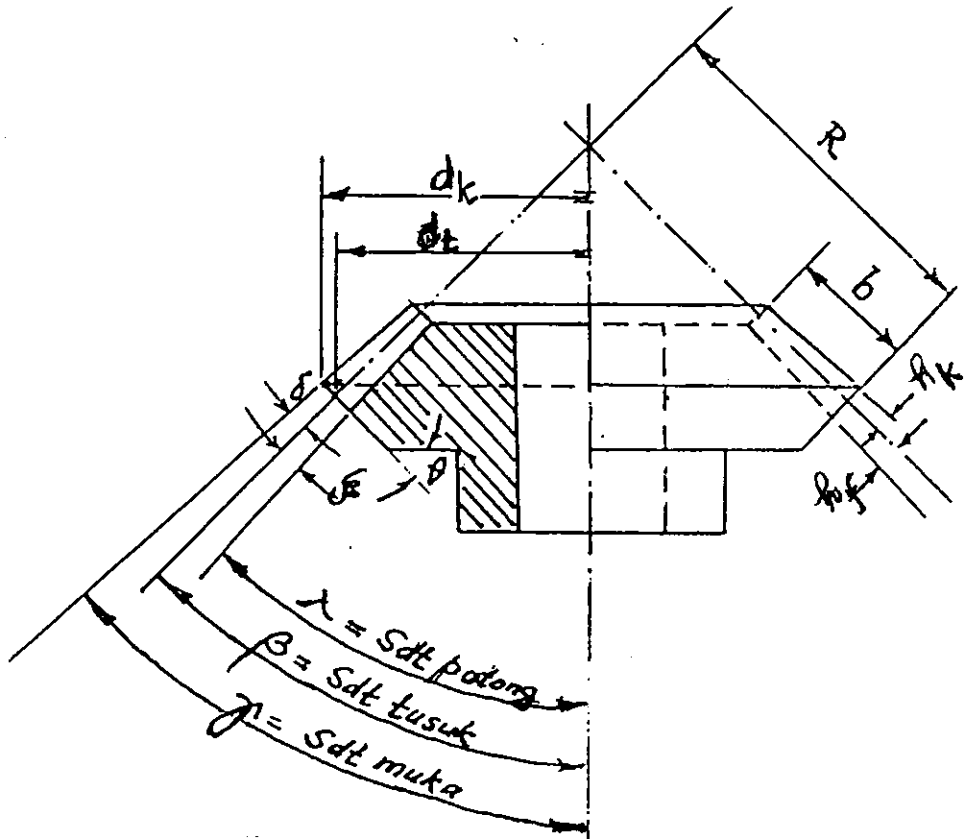
Untuk sepasang roda gigi payung yang mempunyai sudut poros besar dari  $90^\circ$ , perhitungan sudut tusuknya adalah sebagai berikut :

$$\text{Untuk roda gigi I besarnya } \cotg \beta_1 = \frac{z_2}{z_1} \cdot \sec \theta \cdot \tan \theta$$

$$\text{Untuk roda gigi II besarnya } \cotg \beta_2 = \frac{z_1}{z_2} \cdot \sec \theta \cdot \tan \theta$$

Dalam hal ini besarnya sudut miring samping  $\theta = \alpha - 90^\circ$ , sedangkan ketentuan-ketentuan/ rumus lainnya adalah sama dengan roda gigi payung yang membentuk sudut poros =  $90^\circ$ .





Gambar 1.17 Nama-nama bagian roda gigi payung.

$d_k$  = Diameter lingkaran kepala

$d_t$  = Diameter lingkaran tusuk

$R$  = Jari-jari penjuru

$b$  = lebar gigi

$h_k$  = tinggi kepala gigi

$h_f$  = tinggi kaki gigi

$\lambda$  = sudut potong

$\beta$  = sudut tusuk

$\gamma$  = sudut muka

$\delta$  = sudut kepala

$\theta$  = sudut kaki

$\theta$  = sudut miring  
samping

Dalam perencanaan sebuah roda gigi payung, jika diketahui jumlah giginya, modul yang digunakan dan besar sudut tusuknya, maka kita dapat menggunakan rumus-rumus sebagai berikut :

1. Diameter lingkaran tusuk ( $d_t$ ) :

$$d_t = Z \cdot M \quad \text{-----} \rightarrow Z = \text{jumlah gigi.}$$

2. Diameter lingkaran kepala ( $d_k$ ) :

$$d_k = d_t + 2 \cdot M \cos \beta \quad \text{-----} \rightarrow \beta = \text{sudut tusuk.}$$

3. Diameter lingkaran kaki ( $d_f$ ) :

$$d_f = d_t - 2,33 \cdot M \cdot \cos \beta$$

4. Tinggi kepala gigi ( $h_k$ ) :

$$h_k = 1 \cdot M$$

5. Tinggi kaki gigi ( $h_f$ ) :

$$h_f = 1,166 \cdot M$$

6. Tinggi gigi ( $h_g$ ) :

$$h_g = 2,166 \cdot M$$

7. Jari-jari penjuru ( $R$ ) :

$$R = \frac{d_t}{2 \sin \beta}$$

8. Lebar gigi ( $b$ ) :

$$b = \frac{1}{3} \cdot R$$

9. Sudut kepala gigi ( $\delta$ ) :

$$\tan \delta = \frac{h_k}{R}$$

10. Sudut kaki gigi ( $\epsilon$ ) :

$$\tan \epsilon = \frac{h_f}{R}$$

11. Sudut muka ( sudut kerucut kepala ( $\gamma$ ) ) :

$$\gamma = \beta + \delta$$

12. Sudut potong/sudut kerucut kaki (  $\lambda$  ) :

$$\lambda = \beta - \phi$$

13. Sudut miring samping (  $\theta$  ) :

$$\theta = 90^\circ - \beta$$

Contoh :

Hitunglah ukuran-ukuran sebuah roda gigi payung, jika diketahui jumlah gigi yang akan dibuat (  $Z$  ) = 24 buah, modulus (  $M$  ) yang digunakan = 2,5 dan sudut tusuk kerucutnya (  $\beta$  ) adalah  $45^\circ$ .

Penyelesaian :

1. Diameter lingkaran tusuk (  $d_t$  ) :

$$\begin{aligned} d_t &= Z \cdot M \\ &= 24 \cdot 2,5 \\ &= 60 \text{ mm.} \end{aligned}$$

2. Diameter lingkaran kepala (  $d_k$  ) :

$$\begin{aligned} d_k &= d_t + 2 \cdot M \cdot \cos \beta \\ &= 60 + 2 \cdot 2,5 \cdot \cos 45^\circ \\ &= 60 + 2 \cdot 2,5 \cdot 0,7071 \\ &= 60 + 3,535 \\ &= 63,535 = 63,54 \text{ mm.} \end{aligned}$$

3. Diameter lingkaran kaki (  $d_f$  ) :

$$\begin{aligned} d_f &= d_t - 2,33 \cdot M \cdot \cos \beta \\ &= 60 - 2,33 \cdot 2,5 \cdot \cos 45^\circ \\ &= 60 - 2,33 \cdot 2,5 \cdot 0,7071 \\ &= 60 - 4,118 \\ &= 55,882 = 55,88 \text{ mm.} \end{aligned}$$

4. Tinggi kepala gigi (  $h_k$  )

$$h_k = 1 \cdot M = 1 \cdot 2,5 = 2,5 \text{ mm.}$$

5. Tinggi kaki gigi (  $h_f$  ) :

$$\begin{aligned} h_f &= 1,166 \cdot M \\ &= 1,166 \cdot 2,5 \\ &= 2,915 = 2,92 \text{ mm.} \end{aligned}$$

6. Tinggi gigi (  $h_g$  ) :

$$\begin{aligned} h_g &= 2,166 \cdot M \\ &= 2,166 \cdot 2,5 \\ &= 5,415 = 5,42 \text{ mm.} \end{aligned}$$

7. Jari-jari penjuru (  $R$  ) :

$$\begin{aligned} R &= \frac{d_t}{2 \sin \beta} \\ &= \frac{60}{2 \sin 45^\circ} \\ &= \frac{60}{2 \cdot 0,7071} \\ &= \frac{60}{1,41} \\ &= 42,5 \text{ mm.} \end{aligned}$$

8. Lebar gigi (  $b$  ) :

$$\begin{aligned} b &= \frac{1}{3} \cdot R \\ &= \frac{1}{3} \cdot 42,5 \\ &= 14,2 \text{ mm.} \end{aligned}$$

9. Sudut kepala gigi (  $\delta$  ) :

$$\begin{aligned} \tan \delta &= \frac{h_k}{R} \\ &= \frac{2,5}{42,5} = 0,0588 \\ \delta &= 3,365^\circ = 3^\circ 21' \end{aligned}$$

10. Sudut kaki gigi ( $\phi$ ) :

$$\begin{aligned}\tan \phi &= \frac{h_f}{R} \\ &= \frac{2,92}{42,5} = 0,0687 \\ \phi &= 3,93^\circ = 3^\circ 55'\end{aligned}$$

11. Sudut muka/sudut kerucut kepala ( $\gamma$ ) :

$$\begin{aligned}\gamma &= \beta + \delta \\ &= 45^\circ + 3^\circ 21' \\ &= 48^\circ 21'\end{aligned}$$

12. Sudut potong/sudut kerucut kaki ( $\lambda$ ) :

$$\begin{aligned}\lambda &= \beta - \phi \\ &= 45^\circ - 3^\circ 55' \\ &= 41^\circ 5'\end{aligned}$$

13. Sudut miring samping ( $\theta$ ) :

$$\begin{aligned}\theta &= 90^\circ - \beta \\ &= 90^\circ - 45^\circ \\ &= 45^\circ\end{aligned}$$

Contoh perhitungan diatas adalah untuk menghitung ukuran - ukuran dari sebuah roda gigi payung dengan sudut tusuk kerucutnya =  $45^\circ$ . Untuk lebih lengkapnya berikut ini akan di berikan pula contoh perhitungan dari sepasang roda gigi pa yung dengan sudut porosnya kecil dari  $90^\circ$ .

Contoh :

Rencanakanlah ukuran-ukuran sepasang roda gigi payung, jika diketahui :

Roda gigi I mempunyai gigi = 36 buah.

Roda gigi II mempunyai gigi = 24 buah gigi  
 Sudut poros antara kedua gigi ( $\alpha$ ) =  $75^\circ$ .  
 Modul yang digunakan ( M ) = 2,75.

Penyelesaian :

Sebelum menghitung ukuran-ukuran dari masing-masing roda gigi, pertama sekali harus ditentukan terlebih dahulu berapa besar sudut tusuk ( $\beta_1$ ) dan ( $\beta_2$ ) dari kedua roda gigi tersebut.

Untuk roda gigi I :

$$\begin{aligned} \cotg \beta_1 &= \frac{Z_2}{Z_1 \sin \alpha} + \cotg \alpha \\ &= \frac{24}{36 \sin 75^\circ} + \cotg 75^\circ \\ &= \frac{24}{36 \cdot 0,9659} + 0,2679 \\ &= \frac{24}{34,77} + 0,2679 \\ &= 0,6902 + 0,2679 \\ &= 0,9581 \end{aligned}$$

$$\beta_1 = 59,79^\circ = 59^\circ 47'$$

Roda gigi II sudut tusuk ( $\beta_2$ ) :

$$\begin{aligned} \beta_2 &= 75^\circ - 59^\circ 47' \\ \beta_2 &= 15^\circ 13'. \end{aligned}$$

Perhitungan roda gigi payung I ----->  $Z_1 = 36$

1. Diameter lingkaran tusuk ( $d_t$ ) :

$$\begin{aligned} d_t &= Z_1 \cdot M \\ &= 36 \cdot 2,75 \\ &= 99 \text{ mm.} \end{aligned}$$

2. Diameter lingkaran kepala (  $d_k$  ) :

$$\begin{aligned} d_k &= d_t + 2 \cdot M \cdot \cos \beta_1 \\ &= 99 + 2 \cdot 2,75 \cdot \cos 59^{\circ}47' \\ &= 99 + 2 \cdot 2,75 \cdot 0,5079 \\ &= 99 + 2,79 \\ &= 101,79 \text{ mm.} \end{aligned}$$

3. Diameter lingkaran kaki (  $d_f$  ) :

$$\begin{aligned} d_f &= d_t - 2,33 \cdot M \cdot \cos \beta_1 \\ &= 101,79 - 2,33 \cdot 2,75 \cdot \cos 59^{\circ}47' \\ &= 101,79 - 2,33 \cdot 2,75 \cdot 0,5079 \\ &= 101,79 - 3,25 \\ &= 98,54 \text{ mm.} \end{aligned}$$

4. Tinggi kepala gigi (  $h_k$  ) :

$$\begin{aligned} h_k &= 1 \cdot M \\ &= 1 \cdot 2,75 \\ &= 2,75 \text{ mm.} \end{aligned}$$

5. Tinggi kaki gigi (  $h_f$  ) :

$$\begin{aligned} h_f &= 1,166 \cdot M \\ &= 1,166 \cdot 2,75 \\ &= 3,21 \text{ mm.} \end{aligned}$$

6. Tinggi gigi (  $h_g$  ) :

$$\begin{aligned} h_g &= 2,166 \cdot M \\ &= 2,166 \cdot 2,75 \\ &= 5,96 \text{ mm.} \end{aligned}$$

7. Jari-jari penjuru (  $R_1$  ) :

$$R_1 = \frac{d_t}{2 \sin \beta_1}$$

$$\begin{aligned}
 R_1 &= \frac{99}{2 \sin 59^{\circ}47'} \\
 &= \frac{99}{2 \cdot 0,8613} \\
 &= \frac{99}{1,7226} \\
 &= 57,47 \text{ mm.}
 \end{aligned}$$

8. Lebar gigi ( b ) :

$$\begin{aligned}
 b &= \frac{1}{3} \cdot R_1 \\
 &= \frac{1}{3} \cdot 57,47 \\
 &= 19,16 \text{ mm.}
 \end{aligned}$$

9. Sudut kepala gigi (  $\delta_1$  ) :

$$\begin{aligned}
 \tan \delta_1 &= \frac{h_k}{R_1} \\
 &= \frac{2,75}{57,47} \\
 &= 0,0479 \\
 \delta_1 &= 2,74^{\circ} = 2^{\circ}44'
 \end{aligned}$$

10. Sudut kaki gigi (  $\phi_1$  ) :

$$\begin{aligned}
 \tan \phi_1 &= \frac{h_f}{R_1} \\
 &= \frac{3,21}{57,47} \\
 &= 0,0559 \\
 \phi_1 &= 3,2^{\circ} = 3^{\circ}11'
 \end{aligned}$$

11. Sudut muka/sudut kerucut kepala (  $\gamma_1$  ) :

$$\begin{aligned}
 \gamma_1 &= \beta_1 + \delta_1 \\
 &= 59^{\circ}47' + 2^{\circ}44' = 62^{\circ}31'
 \end{aligned}$$



12. Sudut potong/sudut kerucut kaki (  $\lambda_1$  ) :

$$\begin{aligned}\lambda_1 &= \beta_1 - \phi_1 \\ &= 59^\circ 47' - 3^\circ 11' \\ &= 56^\circ 36'\end{aligned}$$

13. Sudut miring samping (  $\theta_1$  ) :

$$\begin{aligned}\theta_1 &= 90^\circ - \beta_1 \\ &= 90^\circ - 59^\circ 47' \\ &= 30^\circ 13'\end{aligned}$$

Perhitungan roda gigi payung II ----->  $Z_2 = 24$ .

1. Diameter lingkaran tusuk (  $d_t$  ) :

$$\begin{aligned}d_t &= Z_2 \cdot M \\ &= 24 \cdot 2,75 \\ &= 66 \text{ mm.}\end{aligned}$$

2. Diameter lingkaran kepala (  $d_k$  ) :

$$\begin{aligned}d_k &= d_t + 2 \cdot M \cdot \cos \beta_2 \\ &= 66 + 2 \cdot 2,75 \cdot \cos 15^\circ 13' \\ &= 66 + 2 \cdot 2,75 \cdot 0,9653 \\ &= 66 + 5,31 \\ &= 71,31 \text{ mm.}\end{aligned}$$

3. Diameter lingkaran kaki (  $d_f$  ) :

$$\begin{aligned}d_f &= d_t - 2,33 \cdot M \cdot \cos \beta_2 \\ &= 66 - 2,33 \cdot 2,75 \cdot \cos 15^\circ 13' \\ &= 66 - 2,33 \cdot 2,75 \cdot 0,9653 \\ &= 66 - 6,18 \\ &= 59,82 \text{ mm.}\end{aligned}$$

4. Tinggi kepala gigi (  $h_k$  ) :

$$\begin{aligned} h_k &= 1 \cdot M \\ &= 1 \cdot 2,75 \\ &= 2,75 \text{ mm.} \end{aligned}$$

5. Tinggi kaki gigi (  $h_f$  ) :

$$\begin{aligned} h_f &= 1,166 \cdot M \\ &= 1,166 \cdot 2,75 \\ &= 3,21 \text{ mm.} \end{aligned}$$

6. Tinggi gigi (  $h_g$  ) :

$$\begin{aligned} h_g &= 2,166 \cdot M \\ &= 2,166 \cdot 2,75 \\ &= 5,96 \text{ mm.} \end{aligned}$$

7. Jari-jari penjuru (  $R_2$  ) :

$$\begin{aligned} R_2 &= \frac{d_t}{2 \sin \beta} \\ &= \frac{66}{2 \sin 15^\circ 13'} \\ &= \frac{66}{2 \cdot 0,2610} \\ &= \frac{66}{0,522} \\ &= 126,44 \text{ mm.} \end{aligned}$$

8. Lebar gigi (  $b$  ) :

$$\begin{aligned} b &= \frac{1}{3} \cdot R_2 \\ &= \frac{1}{3} \cdot 126,44 \\ &= 42,15 \text{ mm} \end{aligned}$$

9. Sudut kepala gigi (  $\delta_2$  ) :

$$\begin{aligned}\tan \delta_2 &= \frac{h_k}{R_2} \\ &= \frac{2,75}{126,44} \\ &= 0,0217 \\ &= 1,2^\circ = 1^\circ 14'\end{aligned}$$

10. Sudut kaki gigi (  $\phi_2$  ) :

$$\begin{aligned}\tan \phi_2 &= \frac{h_f}{R_2} \\ &= \frac{3,21}{126,44} \\ &= 0,0254 \\ &= 1,45^\circ = 1^\circ 27'\end{aligned}$$

11. Sudut muka/sudut kerucut kepala (  $\gamma_2$  ) :

$$\begin{aligned}\gamma_2 &= \beta_2 + \delta_2 \\ &= 15^\circ 13' + 1^\circ 14' \\ &= 16^\circ 27'\end{aligned}$$

12. Sudut potong/sudut kerucut kaki (  $\lambda_2$  ) :

$$\begin{aligned}\lambda_2 &= \beta_2 - \phi_2 \\ &= 15^\circ 13' - 1^\circ 27' \\ &= 13^\circ 46'\end{aligned}$$

13. Sudut miring samping (  $\theta_2$  ) :

$$\begin{aligned}\theta_2 &= 90^\circ - \beta_2 \\ &= 90^\circ - 15^\circ 13' \\ &= 74^\circ 47'\end{aligned}$$

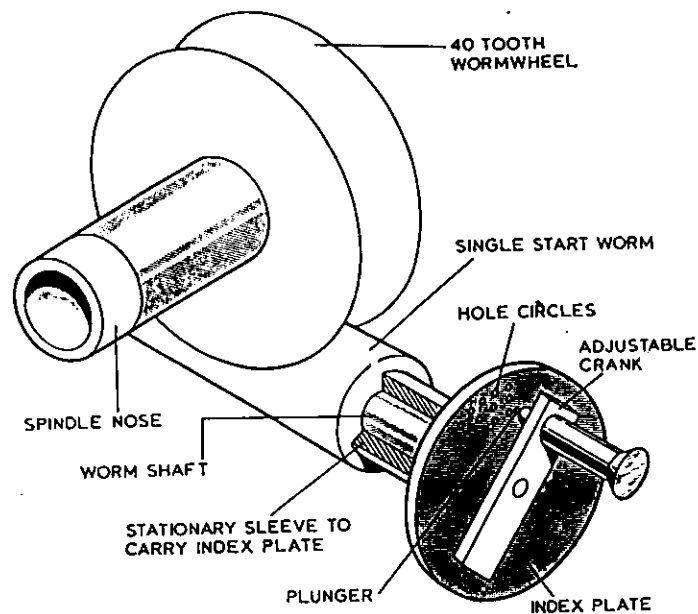
## B A B II

### KEPALA PEMBAGI ( DEVIDING HEAD )

#### A. Pendahuluan.

Kepala pembagi ( deviding head ) mempunyai bentuk dan jenis yang berbeda-beda seperti kepala pembagi langsung, tidak langsung dan lengkap. Dalam buku ini hanya membicarakan jenis yang terakhir yaitu kepala pembagi lengkap. Kepala pembagi lengkap ini biasa disebut juga dengan istilah kepala pembagi universal.

Fungsi dan kegunaan kepala pembagi universal ini, untuk istilah selanjutnya disebut dengan kepala pembagi adalah sebagai alat bantu utama dalam pembuatan benda kerja yang membutuhkan pembagian yang sama besar, seperti segi banyak beraturan, pembuatan roda-roda gigi dan sebagainya.



Gambar 2.1 Kepala Pembagi.

H H Marshall, Production Technology for Technicians. Book 1, hal.173.

Ada beberapa sistem pembagian yang dapat dilakukan dalam pembuatan benda-benda kerja tersebut, yaitu :

1. Pembagian langsung ( direct indexing )
2. Pembagian sederhana ( simple indexing )
3. Pembagian bersudut ( angular indexing )
4. Pembagian tingkat tinggi ( differential indexing )

## B. Teknik Pembagian.

### 1. Pembagian langsung.

Tingkat pembagian yang terdapat pada pembagian langsung ini dibagi atas 24 bagian yang sama, sehingga dapat diuraikan menjadi faktor  $2 \times 2 \times 2 \times 3$  dan dapat di index pada pembagian ini diantara 2 ; 3 ; 4 ; 6 ; 8 ; 12 ; dan 24.

Rumus untuk pembagian langsung ini menjadi :

$$T = \frac{24}{N} .$$

Keterangan :

T = banyaknya celah/garis pada chuck kepala pembagi.

N = jumlah pembagian yang akan dibuat

Contoh :

Buatlah suatu pembagian pada sebuah benda kerja yang berbentuk silindris kedalam 6 bagian yang sama.

Penyelesaiannya :

$$\begin{aligned} T &= \frac{24}{N} \\ &= \frac{24}{6} \\ &= 4. \end{aligned}$$

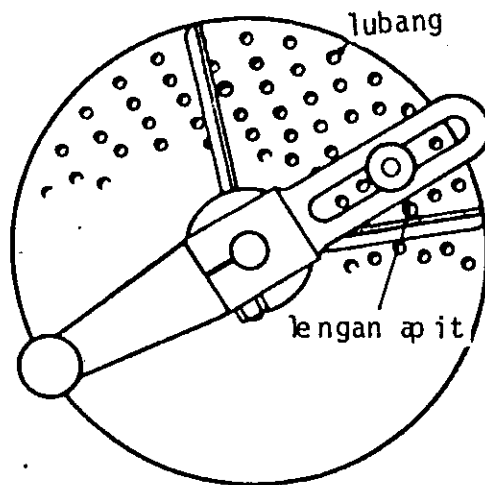
Jadi untuk satu pembagian benda kerja tersebut kita akan memerlukan 4 garis.

### 2. Pembagian sederhana.

Untuk pembuatan roda-roda gigi pada mesin frais perlu kiranya kita mengetahui tentang adanya peralatan yang di perlukan untuk itu. Dalam memfrais atau penyayatan celah celah gigi yang akan dibuat itu, dipasangkan poros atau mandrel agar dapat dijepit diantara dua senter.

Foros atau mandrel tersebut merupakan salah satu dari per-  
alatan yang dimaksud.

Pengaturan pembagian pada benda kerja dapat dilaku-  
kan melalui piring pembagi yang terdapat pada kepala pem-  
bagi. Piring pembagi yang dilengkapi dengan lengan apit  
atau gunting mempunyai sejumlah lubang yang terdapat pa-  
da permukaannya, yang digunakan untuk mengatur jumlah pem-  
bagian yang diperlukan. Untuk lebih jelasnya perhatikan  
gambar di bawah ini :



Gambar 2.2. Piring Pembagi.

( Bm. Surbakty, Mengefraiss, 1976, hal.165 )

.Lubang-lubang yang terdapat pada piring pembagi sistem  
Brown & Sharp ialah :

Piring I = 15-16-17-18-19-20

Piring II = 21-23-27-29-31-33

Piring III = 37-39-41-43-47-49

Kepala pembagi sistem Cincinatti hanya mempunyai satu  
buah piring dengan kedua permukaannya mempunyai lubang -  
lubang yang berbeda yaitu :

Permukaan A = 24-25-28-30-34-37-38-39-41-42-43

Permukaan B = 46-47-49-51-53-54-57-58-59-62-66

Untuk mesin Cincinatti model baru, menurut Bm Surbakti dan kawan-kawan dalam bukunya Seri Teknologi Mekanik 7, bagian Mengefraiss halaman 162 menyebutkan bahwa ada tiga buah piring yaitu :

Piring I permukaan A = 189-177-171-147-129-117-99-91-69-48-30,

permukaan B = 199-183-169-159-141-127-111-97-81-67-36.

Piring II permukaan A = 197-181-167-153-139-123-109-93-79-41-34,

permukaan B = 193-179-163-151-137-121-107-89-77-44-32.

Piring III permukaan A = 191-175-165-149-133-119-103-87-73-42-26,

permukaan B = 187-173-159-143-131-113-101-83-71-38-28.

Selain dari alat perlengkapan diatas dalam pembuatan roda-roda gigi, juga diperlukan senter kepala pembagi, pembawa ( tempat penjepitan benda kerja ), penahan ( jack body ). Pembawa yang berfungsi untuk tempat pengikatan benda kerja, dapat diputar dengan menggunakan sebuah engkol kepala pembagi. Pengunci piring pembagi pada pembagian sederhana ini berfungsi supaya piring pembagi tidak berputar, berbeda halnya sewaktu kita membuat roda gigi heliks.

Berbicara mengenai kepala pembagi, pada bagian dalamnya dilengkapi dengan roda gigi cacing dengan jumlah gigi 40 buah gigi. Roda gigi cacing ini bekerja bersama-sama dengan ulir cacing tunggal. Ulir cacing berputar pada sumbu dengan pertolongan engkol kepala pembagi.

Prinsip kerja dari kepala pembagi universal ini dapat diperhatika pada gambar 3 berikut ini. Untuk satu kali perputaran sumbu cacing, maka sumbu roda gigi cacing ( sumbu utama ) berputar  $1/40$  putaran bersama-sama dengan benda kerja yang diikat pada pembawa.

Untuk satu kali putaran benda kerja, ini berarti satu kali putaran roda gigi cacing, maka untuk itu kita harus memutar engkol piring pembagi sebanyak  $40/1 = 40$  kali putaran engkol penuh. Dengan perkataan lain, banyak putaran engkol yang diperlukan untuk satu kali putaran penuh benda kerja = 40 kali. Banyak putaran engkol yang diperlukan untuk satu pembagian adalah 40 dibagi jumlah pembagian yang akan dibuat.

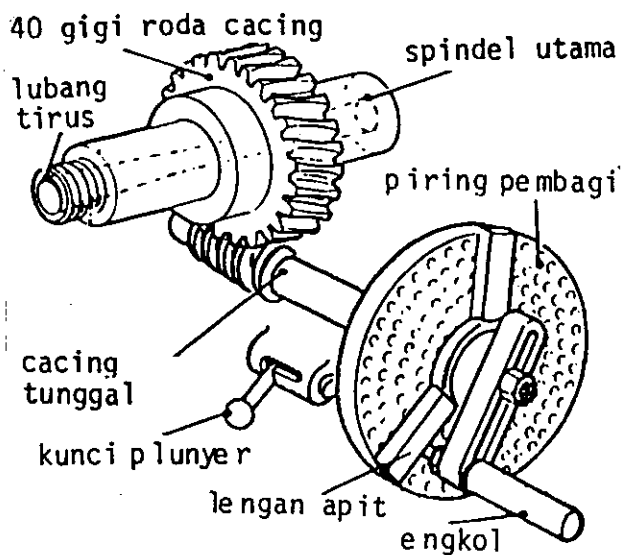
Jadi rumus untuk pembagian sederhana ini adalah :

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

Keterangan :

T = banyak putaran engkol piring pembagi.

N = jumlah pembagian yang akan dibuat pada benda kerja.



Gambar 2.3- **Komponen Kepala Pembagi.**

( Bm Surbakty, Mengefrais, 1976, hal. 162 ).



Contoh : Tentukanlah putaran engkol kepala pembagi untuk pembagian sederhana, jika jumlah pembagian yang akan dibuat = 18.

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} T &= \frac{40}{N} \\ &= \frac{40}{18} \\ &= 2 \frac{4}{18} \text{ putaran} \end{aligned}$$

Untuk mendapatkan  $\frac{4}{18}$  putaran, maka kita perhatikan pada piring pembagi yang jumlah lubangnya habis dibagi dengan 18. Pada piring pembagi ternyata terdapat lubang yang 18, maka pecahan  $\frac{4}{18}$  dapat diputar pada  $\frac{4}{18} \times 18 = 4$  bagian (lima lubang yang dimulai dari lubang pertama sampai dengan lubang kelima yang dibatasi oleh gunting).

Jadi putaran engkol piring pembagi seluruhnya adalah dua kali putaran engkol penuh ditambah empat bagian pada lingkaran piring pembagi yang mempunyai lubang 18.

### 3. Pembagian bersudut.

Pembagian bersudut merupakan salah satu cara pembagian dengan bantuan kepala pembagi. Bedanya dengan pembagian sederhana yaitu pada pembagian sederhana berapa jumlah pembagian yang dikehendaki, sedangkan pada pembagian bersudut adalah berapa besar sudut atau jarak antaranya.

Dalam buku *Fitting and Machining Volume 2*, halaman 316 perhitungan menggunakan pembagian bersudut ini dibedakan atas perhitungan dalam derajat dan perhitungan dalam menit. Perhitungan dalam derajat pada umumnya tidak menimbulkan kesukaran. Hal ini didasarkan atas perhitungan bahwa besar sudut suatu lingkaran =  $360^\circ$ , maka untuk satu putaran benda kerja engkol kepala pembagi harus diputar 40 kali putaran penuh. Berdasarkan hal tersebut maka untuk satu kali puta -

ran engkol kepala pembagi membuat benda kerja berputar  $\frac{1}{40}$  putaran, hal ini berarti bila dihitung dalam satuan sudut, maka  $\frac{1}{40} \times 360^\circ = 9^\circ$ . Dengan demikian pada perhitungan pembagian bersudut ini menggunakan rumus sebagai berikut :

a. Perhitungan dalam derajat.

Rumus :

$$T = \frac{\text{Besar sudut dalam derajat}}{9}$$

Contoh : Tentukanlah besarnya putaran engkol kepala pembagi, jika besar sudut yang akan dibuat =  $18^\circ$ .

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} T &= \frac{18}{9} \\ &= 2 \text{ putaran.} \end{aligned}$$

Maka jumlah putaran engkol kepala pembagi adalah dua kali putaran penuh.

b. Perhitungan dalam menit.

Rumus :

$$T = \frac{\text{Besar sudut dalam menit}}{9 \times 60}$$

Atau :

$$T = \frac{\text{Besar sudut dalam menit}}{540}$$

Contoh : Tentukanlah besarnya putaran engkol kepala pembagi, jika besar sudut yang akan dibuat adalah  $25^\circ 40'$ .

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} T &= \frac{(25 \times 60) + 40}{540} \\ &= \frac{1500 + 40}{540} \\ &= \frac{1540}{540} \\ &= 2 \frac{23}{27} \text{ putaran.} \end{aligned}$$

Untuk pengaturan dan pemilihan lubang pada piring pembagi sama halnya dengan pembagian sederhana.

#### 4. Pembagian tingkat tinggi.

Pembagian tingkat tinggi digunakan apabila kita tidak bisa mendapatkan jumlah lubang yang tepat pada piring pembagi dalam pembuatan roda-roda gigi, misalnya roda gigi dengan jumlah giginya 61 gigi.

Pada pembagian yang telah dijelaskan sebelumnya yaitu pada pembagian sederhana, pembuatan roda gigi dengan 61 gigi ini jelas tidak bisa dilakukan, karena kita tidak mempunyai jumlah lubang 61 pada piring pembagi. Pada pembagian sederhana tersebut berdasarkan rumus untuk menentukan putaran engkol kepala pembagi yaitu :

$$T = \frac{40}{N} = \frac{40}{61} \text{ putaran.}$$

Angka pecahan 61 tersebut diatas tidak terdapat pada piring pembagi walaupun sudah disederhanakan atau dikalikan. Jadi untuk pembagian senacam ini kita harus menggunakan pembagian lain yang disebut dengan pembagian tingkat tinggi atau disebut juga dengan istilah differential indexing ).

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan pekerjaan dengan sistem pembagian tingkat tinggi ini antara lain sebagai berikut :

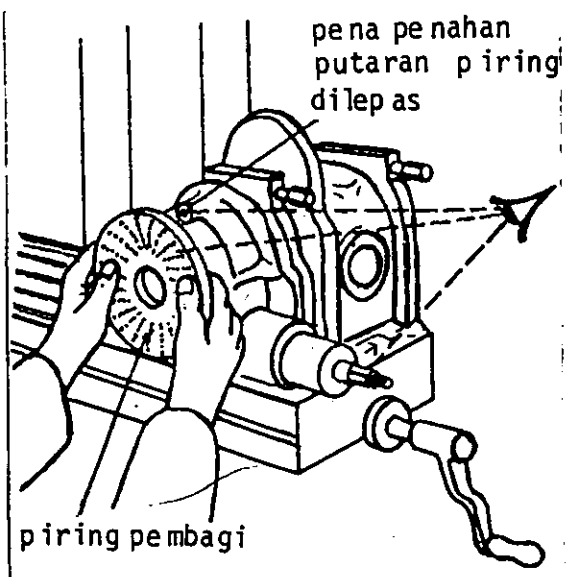
- a. Pena penahan piring pembagi harus dilepas ( tidak dikunci ).
- b. Harus dipasang roda-roda gigi pengganti pada sumbu utama atau seporos dengan benda kerja dan pada poros roda gigi payung penggerak piring pembagi ( poros yang berulir cacing ).

Berbicara mengenai roda-roda gigi pengganti untuk pembagian tingkat tinggi ini, C Van Terhijden dan Harun dalam bukunya Alat-Alat Perkakas Jilid 3, halaman 209 menyebutkan tersedia satu pasang roda-roda gigi pengganti tersebut sebagai berikut :

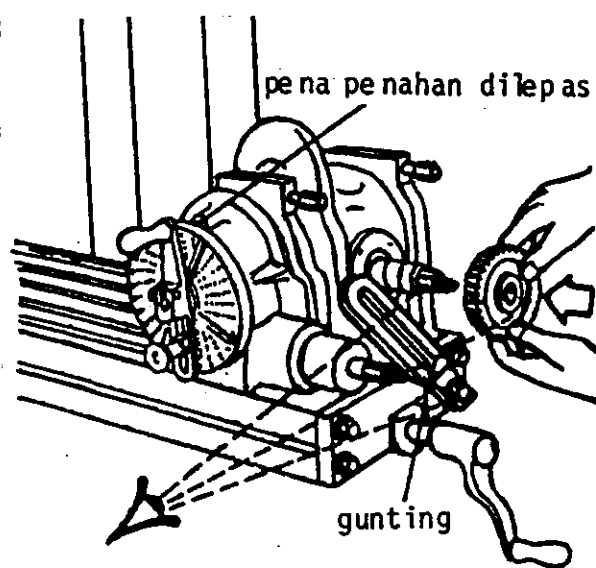
- a. 24-24-28-32-40-48-56-64-72-86-100-127, gigi.
- b. 24-24-28-32-36-40-44-48-56-64-72-86-100-127 gigi.
- c. 24-28-30-32-39-40-44-48-48-56-64-68-72-76-86-96-100-127 gigi.

d. 24-28-30-32-36-37-40-48-48-49-56-60-64-66-68-72-76-78-80-84-86-90-96-100-127 gigi.

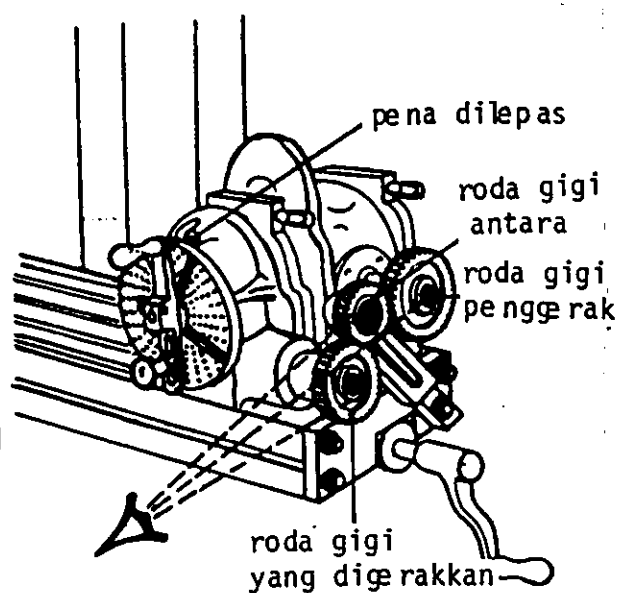
Pemasangan kepala pembagi serta piring pembagi untuk pembagian tingkat tinggi ini, dapat diperhatikan pelaksanaannya berdasarkan gambar berikut ini ( Gambar 4 s/d gambar 6 ).



Gambar 2.4



Gambar 2.5



Gambar 2.6

Gambar 4 ; 5 dan 6.  
Merakit Pembagian Differential.

( Bm Surbakty, Mengefrais,  
1976, hal. 170 dan 171 ).

Catatan : Keterangan dari  
gambar lihat di  
sebelah.

Gambar 4 s/d gambar 6 menunjukkan kepada kita beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam merakit pembagian differential dengan urutan pemasangannya sebagai berikut :

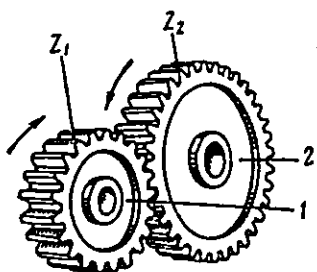
- a. Kepala pembagi dipasang pada bagian ujung dari meja mesin frais.
- b. Pasang piring pembagi sesuai dengan jumlah pembagian yang dibutuhkan.
- c. Hitung atau tentukan pasangan roda-roda gigi pengganti yang hendak digunakan untuk memutar piring pembagi.
- d. Lepaskan pena penahan yang terletak di belakang piring pembagi, agar piring pembagi dapat berputar sewaktu memutar engkol kepala pembagi.
- e. Bersihkan dan pasang arbor/sumbu roda-roda gigi pengganti di belakang spindel kepala pembagi.
- f. Pasang roda-roda gigi pengganti yang telah didapatkan berdasarkan perhitungan, yaitu roda gigi penggerak (  $Z_1$  ) pada bagian belakang spindel kepala pembagi dan roda gigi yang digerakkan (  $Z_2$  ) pada poros yang berulir cacing.
- g. Pasang roda gigi perantara pada gunting. Satu buah roda gigi perantara untuk mendapatkan putaran searah dan dua buah untuk yang berlawanan arah.

Catatan :

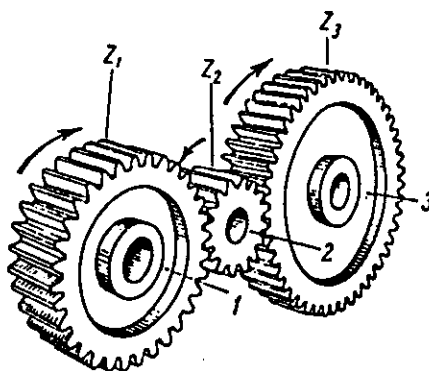
Roda gigi perantara satu buah apabila kita menggunakan rumus mendekati lebih besar. Roda gigi perantara dua buah untuk rumus mendekati lebih kecil ( khusus untuk rumus-rumus ini akan dijelaskan pada uraian berikutnya ).

- h. Periksa kedudukan roda-roda gigi ( roda gigi penggerak, roda gigi yang digerakkan dan roda gigi perantara ), apakah sudah betul kedudukannya, jika sudah betul maka selesailah langkah-langkah untuk merakit pembagian differential tersebut.

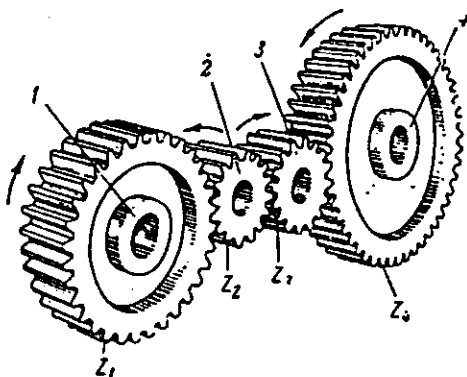
Mengenai hubungan roda gigi perantara dapat dibedakan atas dua macam yaitu hubungan tunggal dan hubungan ganda. Hubungan tunggal dan ganda serta putaran searah dan berlawanan arah dapat diperhatikan pada gambar berikut.



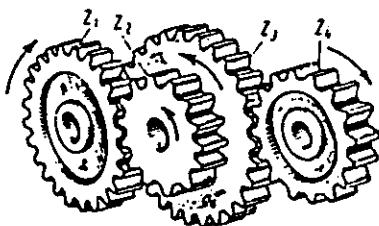
Gambar 2.7



Gambar 2.8



Gambar 2.9



Gambar 2.10 Hubungan Roda-Roda Gigi.  
 pengganti dan perantara.  
 ( Bm Surbakty, Mengefrais, 1976, hal. 169 ).

Keterangan mengenai gambar 7, 8, 9 dan gambar 10 :

- a. Pada gambar 7 memperlihatkan hubungan sepasang roda gigi  $Z_1$  dan  $Z_2$  tanpa roda gigi perantara yang putarannya berlawanan arah.
- b. Pada gambar 8 memperlihatkan hubungan sepasang roda gigi  $Z_1$  dan roda gigi  $Z_3$  dengan menggunakan roda gigi perantara  $Z_2$ . Karena roda gigi perantaranya satu atau ganjil maka kita akan mendapatkan putaran yang searah dengan roda gigi  $Z_1$  ( roda gigi penggerak ).
- c. Pada gambar 9 hampir sama dengan gambar 8, disini roda gigi perantaranya dipasangkan dua buah ( genap ). Putaran yang dihasilkan pada roda gigi  $Z_4$  berlawanan dengan roda gigi  $Z_1$  ( roda gigi penggerak ).  
Dari ketiga gambar hubungan roda-roda gigi di atas disebut juga dengan hubungan tunggal.
- d. Pada gambar 10 terdiri dari empat buah roda gigi, tetapi di sini prinsip kerjanya sama dengan gambar 8 mendapatkan putaran yang searah dengan roda gigi  $Z_1$  ( penggerak ). Perbedaannya terletak pada jenis hubungannya yaitu disebut dengan hubungan ganda.

Seperti yang telah pernah dibicarakan sebelumnya, bahwa perhitungan roda-roda gigi pengganti  $Z_1$  dan  $Z_2$  serta banyak putaran engkol kepala pembagi ( T ), untuk pembagian tingkat tinggi ( differential ) adalah sebagai berikut :

- Pertama : Dengan rumus harga mendekati lebih kecil ( Rumus I ).  
Kedua : Dengan rumus harga mendekati lebih besar ( Rumus II ).

Rumus I :

$$R = \frac{Z_1}{Z_2} = ( N - A ) \cdot \frac{40}{A}$$

Rumus II :

$$R = \frac{Z_1}{Z_2} = ( A - N ) \cdot \frac{40}{A}$$

Keterangan :

R = Perbandingan roda-roda gigi.

Z1 = Roda gigi penggerak, dipasang pada poros kepala pem - bagi yang berhubungan dengan benda kerja.

Z2 = Roda gigi yang digerakkan, dipasang pada poros ber - ulir cacing.

N = Jumlah gigi dari roda gigi yang akan dibuat.

A = Harga mendekati lebih kecil atau lebih besar.

Untuk harga mendekati A lebih kecil roda gigi perantara dipa - sang dua buah ( genap ), sedangkan untuk harga mendekati lebih besar roda gigi perantaranya dipasang satu buah ( gan - jil ).

Untuk menghitung putaran poros engkol kepala pembagi ( T ) adalah sebagai berikut :

$$T = \frac{40}{A} \text{ putaran.}$$

Keterangan :

T = Banyak putaran poros engkol kepala pembagi.

A = Harga mendekati lebih besar atau lebih kecil.

Contoh 1 :

Hitunglah perbandingan roda-roda gigi dan putaran engkol ke - pala pembagi untuk membuat pembagian N = 61 gigi.

Jawab :

Diambil harga mendekati lebih kecil A = 60.

$$\begin{aligned} R &= \frac{Z1}{Z2} = ( N - A ) \cdot \frac{40}{A} \\ &= ( 61 - 60 ) \cdot \frac{40}{60} \\ &= 1 \cdot \frac{40}{60} \\ &= \frac{40}{60} . \end{aligned}$$



$Z_1 = 40$  gigi, dipasang pada poros kepala pembagi atau se -  
poros dengan benda kerja.

$Z_2 = 60$  gigi, dipasang pada poros yang berulir cacing peng  
gerak piring pembagi.

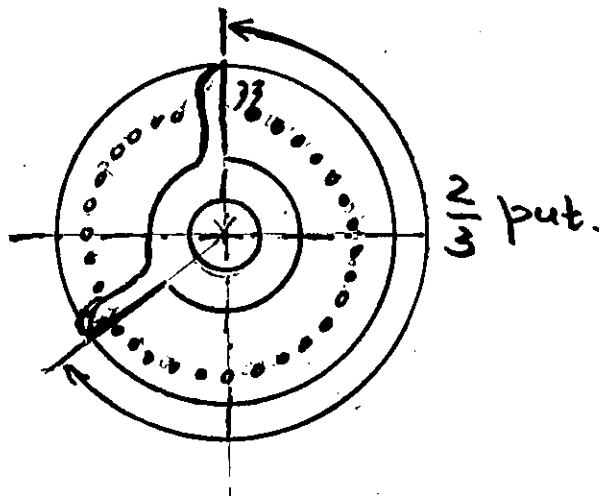
Untuk putaran, poros engkol kepala pembagi adalah :

$$T = \frac{40}{A} = \frac{40}{60} = \frac{2}{3} \text{ putaran.}$$

Diambil pembagian pada pelat piring pembagi pada lingkaran  
33. Jadi :

$$T = \frac{2}{3} \times 33 = 22 \text{ bagian.}$$

Gunting membatasi 23 lubang pada pembagian 33.



Gambar 2.11 Gunting / lengan apit membatasi  
23 lubang pada lingkaran 33.

Contoh 2 :

Hitunglah perbandingan roda-roda gigi dan putaran engkol ke -  
pala pembagi untuk membuat pembagian  $N = 79$  gigi.

Jawab :

Diambil harga mendekati lebih besar  $A = 80$ .

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{Z_1}{Z_2} = (A - N) \cdot \frac{40}{A} \\
 &= (80 - 79) \cdot \frac{40}{60} \\
 &= 1 \cdot \frac{40}{60} \\
 &= \frac{40}{60} = \frac{4}{6} \times \frac{12}{12} = \frac{48}{72}
 \end{aligned}$$

$Z_1$  = 48 gigi, dipasang pada poros kepala pembagi atau se - poros dengan benda kerja.

$Z_2$  = 72 gigi, dipasang pada poros yang berulir cacing peng gerak piring pembagi.

Untuk menentukan besarnya putaran poros engkol kepala pembagi digunakan rumus :

$$T = \frac{40}{A} = \frac{40}{60} = \frac{2}{3} \text{ putaran.}$$

Diambil pembagian pada pelat piring pembagi pada lingkaran 39, jadi :

$$T = \frac{2}{3} \times 39 = 26 \text{ bagian.}$$

Gunting membatasi 27 lubang pada pembagian 39.

Menurut Bm. Surbakty, Cs dalam bukunya Seri Teknologi Mekanik Bagian 7, dengan judul Mengefraiss, menyebutkan bahwa persia - pan roda-roda gigi transmisi/pengganti untuk membuat pembagian differential maupun alur spiral ( roda gigi heliks adalah sebagai berikut :

24 ( dua buah ) - 28 - 30 - 32 - 40 - 44 - 48 -  
56 - 64 - 72 - 86 - 100 .

## B A B . III

### PISAU RODA GIGI

#### A. Pendahuluan.

Pisau roda gigi ( gear cutter ) merupakan salah satu jenis dari pisau frais profil yang digunakan untuk membuat gigi-gigi atau profil gigi seperti roda gigi lurus, roda gigi cacing, roda gigi heliks dan roda gigi payung. Pisau frais roda gigi ini mempunyai ukuran atau ketentuan yang dinyatakan dalam nomor, jumlah gigi dan modul. Pada umumnya bahan yang dibuat untuk pisau frais ini adalah baja kecepatan tinggi ( HSS ).

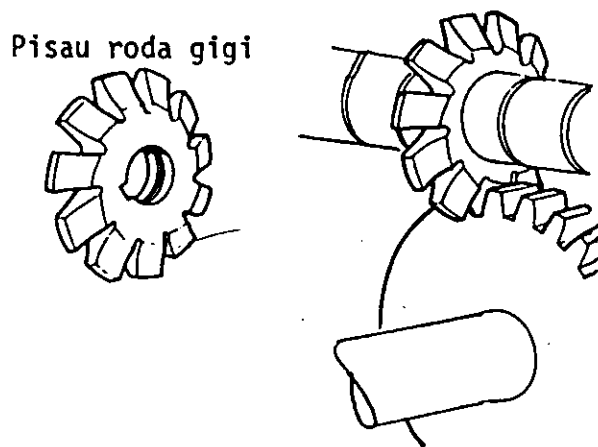
Dalam pembuatan roda-roda gigi tersebut, dipergunakan mesin frais horizontal. Mesin frais horizontal ini mempunyai bentuk yang hampir sama dengan mesin frais universal, perbedaannya adalah pada mejanya. Meja mesin frais universal dapat digeser kekiri atau kekanan dalam bentuk menyudut, disamping dapat bergerak mendatar dan tegak.

Alat bantu lain yang digunakan untuk memfrais roda gigi dengan pisau roda gigi ini adalah poros frais ( arbor ). Arbor tersebut digunakan untuk tempat dudukan dari pisau frais, dan ditempatkan pada sumbu utama dari mesin frais. Poros frais selalu dilengkapi pula dengan cincin-cincin ( collar ) yang beralur spi dan terpasang sepanjang poros. Cincin-cincin tadi berfungsi untuk mengikat pisau frais yang terpasang diantara cincin-cincin tersebut.

#### B. Bentuk Pisau Dan Kelengkapannya.

Pisau roda gigi yang termasuk kedalam salah satu klasifikasi dari pisau frais yaitu pisau profil, disamping dua klasifikasi lainnya ( axial dan radial ), juga tergolong kedalam salah satu bentuk pisau frais yang disebut dengan pisau bentuk ( form cutter ).

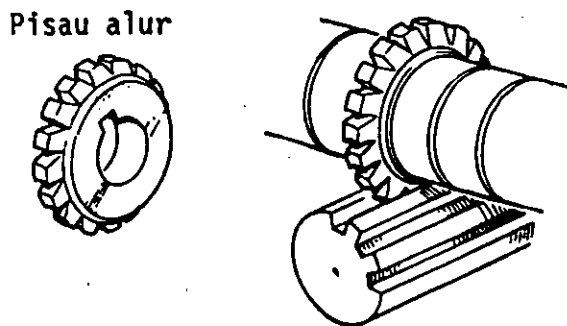
Ada beberapa macam dari pisau bentuk seperti pisau roda gigi, pisau alur, pisau cembung, pisau cekung dan pisau remer. Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar berikut ini.



Gambar 3.1 Pisau roda gigi

( Mengefraiss, cetakan pertama, hal,4 )

Pisau roda gigi ini digunakan untuk membuat gigi-gigi dari roda gigi. Jenisnya ada dua macam yaitu yang dibuat dalam sistem modul dan diametral pitch.

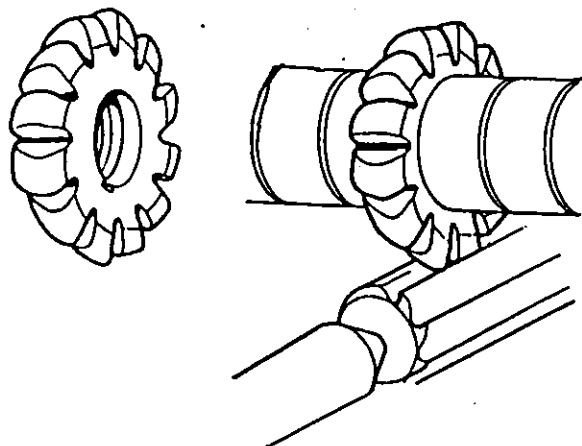


Gambar 3.2 Pisau alur

( Mengefraiss, cetakan pertama, hal.4 )

Pisau alur ini digunakan untuk membuat pasak alur ( pasak tetap ) pada batang bulat. Biasa dibuat untuk keperluan khusus.

Pisau remer



Gambar 3.5 Pisau remer

( Mengefrais, cetakan pertama, hal. 5 )

Pisau remer atau pisau pembentuk peluas, tujuan utamanya lebih banyak digunakan untuk membuat alur peluas. Pisau ini terdiri dari satu set ( dari nomor 1 sampai dengan nomor 9 ) dimana pemakaiannya disesuaikan dengan jumlah alur dan diameter benda kerja.

Kelima macam pisau frais yang telah dijelaskan di atas, termasuk dalam golongan pisau frais bentuk ( form cutter ), pada uraian berikut ini kita hanya menguraikan khusus tentang pisau roda gigi ( cutter gear ) saja.

Sebagaimana yang telah dijelaskan sebelumnya, bahwa pisau roda gigi dibuat dalam dua sistem yaitu sistem modul dan sistem DP ( diametral pitch ).

#### 1. Sistem Modul.

Yang dimaksudkan dengan sistem modul adalah semua ukuran-ukuran dalam perencanaan suatu roda gigi dinyatakan dalam mm. Ukuran-ukuran utama dari roda gigi tersebut seperti diameter tusuk (  $d_t$  ), diameter lingkaran kepala (  $d_k$  ), di-

diukur dalam satuan inchi itu dinamakan juga dengan Circular Pitch. Besarnya Circular Pitch ( CP ) =  $\frac{\pi}{DP}$ . Jadi dengan Diametral Pitch ( DP ) diartikan, banyaknya gigi yang terdapat pada diameter lingkaran tusuk dalam inchi.

Dengan demikian besarnya DP =  $\frac{\text{Banyaknya gigi ( Z )}}{\text{Diameter lingkaran tusuk ( } d_t \text{ )}}$ .

$$\text{Jadi DP} = \frac{Z}{d_t} \quad \text{atau} \quad d_t = \frac{N}{DP}$$

Kalau kita hubungkan antara Modul dengan DP, maka terdapat persamaan sebagai berikut :

$$\text{Sistem Modul} \quad \text{-----} \rightarrow \quad d_t = Z \cdot M$$

$$\text{Sistem DP} \quad \text{-----} \rightarrow \quad d_t = \frac{Z}{DP}$$

Kalau dijadikan satuan mm menjadi :

$$DP = \frac{N}{d_t} = \frac{25,4 \cdot Z}{Z \cdot M}$$

$$DP = \frac{25,4}{M} \quad \text{-----} \rightarrow \quad M = \frac{25,4}{DP}$$

Untuk satu set pisau frais DP yang terdiri dari 8 buah pisau ( cutter ), dengan DP= 12 penentuan nomor pisau dengan jumlah gigi yang akan dibuat adalah sebagai berikut ( berlawanan dengan pisau modul, atau nomor yang kecil untuk gigi yang banyak dan nomor besar untuk jumlah gigi yang sedikit ). Untuk lebih jelasnya perhatikan ketentuan berikut ini.

---

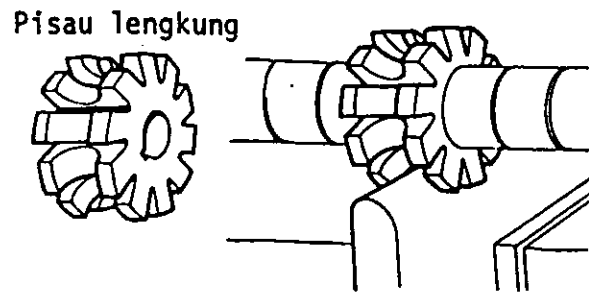
No. Cutter : 1 : 2 : 3 : 4 : 5 : 6 : 7 : 8

---

Banyak gigi : 135:55-134:35-54:26-34:21-25:17-20:14-16:12-13

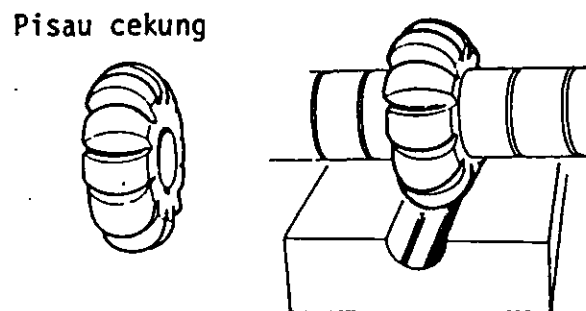
---

Selanjutnya dalam menggunakan pisau roda gigi tersebut perlu juga diperhatikan berapa besarnya sudut tekan (  $\alpha$  ) yang terdapat pada pisau tersebut.



Gambar 3.3 Pisau lengkung/cembung  
( Mengefraiss, cetakan pertama, hal.4 )

Pisau lengkung/cembung ini digunakan untuk membentuk bidang cembung pada benda kerja.



Gambar 3.4 Pisau cekung  
( Mengefraiss, cetakan pertama, hal.5 )

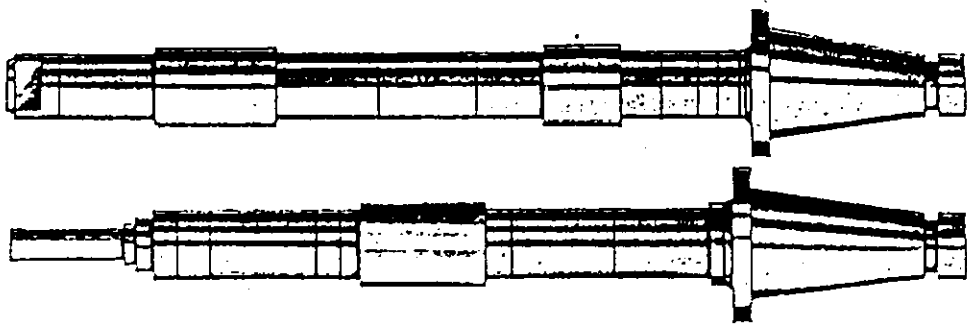
Pisau cekung ini digunakan untuk membentuk alur cekung pada benda kerja. Pisau cekung disebut juga dengan concave cutter dan pisau cembung dengan concave cutter.

Didalam prakteknya sudut tekan ( $\alpha$ ) ada tiga macam yaitu sudut tekan  $20^\circ$ ,  $14\frac{1}{2}^\circ$  dan  $25^\circ$ . Yang umum dipakai disekolah/work shop adalah sudut tekan  $20^\circ$ .

Kelengkapan lain yang diperlukan untuk pemasangan pisau frais dalam penyayatan roda gigi adalah arbor yang dilengkapi dengan cincin ( collars ).

Arbor adalah alat tempat memasang atau memegang pisau frais, dimana penggunaannya disesuaikan dengan jenis mesin dan bentuk pisau frais yang digunakan.

Pada bagian ini hanya akan dijelaskan arbor yang digunakan pada mesin frais universal atau mesin frais rata yang khusus dipakai untuk pemasangan pisau frais roda gigi ( gear cutter). Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar berikut :



Gambar 3.6 Arbor ( Poros Frais )  
( Fitting and Machining, Vol.2 hal. 252 ).

Arbor adalah alat tempat memasang atau memegang pisau frais. Ada dua jenis arbor yaitu arbor jenis A dan arbor jenis B, masing-masing digunakan untuk penyayatan yang berbeda, dimana untuk jenis A digunakan untuk penyayatan ringan dan arbor jenis B untuk penyayatan tebal.

Ukuran dari arbor ada bermacam-macam disesuaikan dengan standar lobang pisau frais, misalnya 22 mm, 27 mm dan 33mm atau  $\frac{7}{8}$  ", 1" dan  $1\frac{1}{4}$  ". Arbor terbuat dari baja paduan yang tahan akan puntiran dan bengkokan, walaupun demikian dalam pemasangan pisau harus sedekat mungkin dengan penahan-penahannya, dan pastikan bahwa semuanya telah terikat dengan baik.



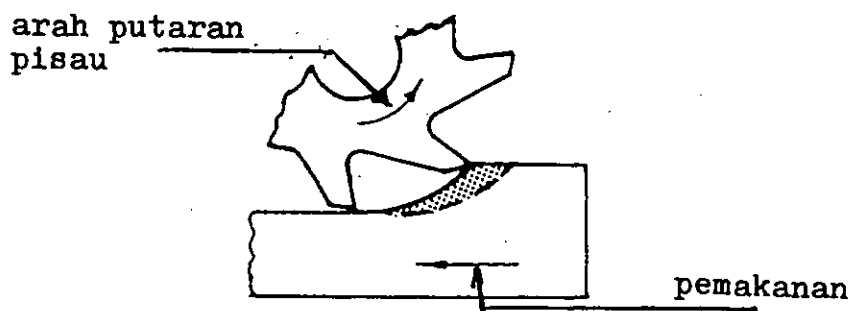
### C. Feeds dan Speeds.

#### 1. Arah feed ( Pemakanan ).

Arah pemakanan terhadap benda kerja pada mesin frais ada dua macam penyayatan keatas ( up cut milling ) dan penyayatan kebawah ( down cut milling ). Kedua cara tersebut akan dijelaskan berikut ini :

##### a. Penyayatan keatas ( up cut milling ).

Pada metode penyayatan ini arah pemakanan pada benda kerja berlawanan dengan putaran pisau frais ( cutter ). Prinsip kerjanya dapat kita lihat pada gambar berikut:



Gbr. 3.7 Penyayatan keatas.

( up cut milling )

( Fitting and Machining, Vol.2 hal. 280 )

Dengan metode penyayatan ini, pisau frais melakukan penyayatan terhadap benda kerja dari bram ( tatal ) yang tipis ke tebal.

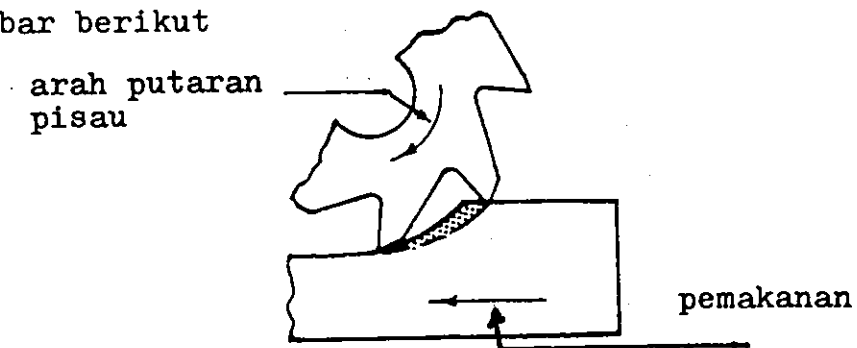
Keuntungan-keuntungan dari metode ini adalah:

- 1). Tak terjadi kejutan penyayatan pada benda kerja maupun pada pisau frais ( cutter ).
- 2). Gaya penyayatan dapat terbagi antara benda kerja dan pisau, sehingga proses penyayatan lebih aman.
- 3). Tekanan yang terjadi pada ulir pembawa meja tidak terlalu besar, juga terhadap baut-baut pengunci meja.
- 4). Gerakan otomatis meja dapat dengan mudah bergeser dan tidak ada pengaruh akibat dari penyayatan pisau.

- 5). Bram mudah keluar.
- 6). Cutter lebih tahan dan tetap tajam ( tidak mudah tumpul ).
- 7). Pemakanan pisau frais lebih merata sesuai dengan kedalaman yang telah ditentukan.

b. Penyayatan kebawah ( down cut milling ).

Metode penyayatan ini kurang baik, dimana benda kerja bergerak searah dengan pemakanan pisau frais ( cutter ). Untuk penyayatan kebawah ini dapat diperhatikan pada gambar berikut



Gbr 3.8 Penyayatan kebawah.

( down cut milling )

( Fitting and Machining, vol.2 hal. 280 )

Dengan penyayatan kebawah ini, bisa juga dilakukan untuk pengefraisan ringan atau penyayatan benda kerja yang tipis yang tak dapat dijepit dengan ragum.

Kerugian-kerugian dari sistem ini adalah :

- 1). Kemungkinan pisau frais mudah tercekam dan sukar untuk pengefraisan bagian-bagian benda kerja.
- 2). Hasil pengefraisan yang rata sukar didapat dan pisau mudah slip atau tak menyayat.
- 3). Pengefraisan untuk penghalusan cara ini tak dapat dipakai.
- 4). Tak mungkin dapat dipakai pada pengefraisan dengan feed dan speed yang tinggi.
- 5). Hasil pengefraisan lambat.
- 6). Pada proses penyayatan akan terjadi kejutan-kejutan, karena akibat penyayatan diawali dengan penyayatan yang tebal.

#### D. Kecepatan Potong ( Cutting Speed ).

Yang dimaksud dengan kecepatan potong adalah kecepatan dari pada alat potong ( tool ) terhadap benda kerja. Biasanya kecepatan potong satuannya adalah dalam m/menit dan feet/menit. Ada dua faktor yang mempengaruhi kecepatan potong tersebut, yaitu :

1. Keadaan dari pisau ( diameter dan bahannya ).
2. Jenis bahan dan jenis pengerjaan ( kasar atau halus ).

Pisau frais yang mempunyai diameter kecil putarannya harus cepat dan sebaliknya pisau yang mempunyai diameter besar akan berputar lebih lambat. Juga bahan dari pisau akan mempengaruhi kecepatan potongnya, misalnya carbon steel cutter akan berbeda dengan HSS cutter.

Mengenai jenis bahan yang digunakan dalam pembuatan benda kerja, cutting speednya juga berbeda, berikut ini diberikan dalam bentuk tabel, cutting speed untuk bermacam-macam bahan sebagai pedoman.

Tabel 1.

Daftar Kecepatan Potong dalam feet/menit  
Untuk Pisau frais Carbon Steel dan HSS.  
( Sumber Diktat Mesin Frais, BLPT Medan ).

B a h a n	: cutting speed dalam feet/menit	
	carbon steel	: HSS
besi tuang	: 40 - 60	: 80 - 100
baja lunak	: 30 - 40	: 80 - 100
baja perkakas	: 20 - 30	: 60 - 80
perunggu	: 30 - 80	: 80 - 100
kuningan	: 100 - 200	: 200 - 400
aluminium	: 400 - 600	: 600 - 1000

Tabel 2.

Daftar Kecepatan Potong dalam meter/menit  
Untuk Pisau Frais HSS.

( Drs. Tjetjep Samsuri, Penguasaan Mesin Frais, hal.  
34, diambil dari Summit Milling Cutters Recoman-  
dation ).

Bahan Benda Kerja	Jenis Pengerjaan	
	Frais Kasar ( Rough Milling)	Frais Halus (Finishing Milling)
Cast Iron (besi tuang)		
- Soft gray	: 15 - 25	: 18 - 30
- Close grained	: 12 - 18	: 15 - 22
- Malleable	: 12 - 18	: 15 - 22
- Alloyed	: 8 - 14	: 9 - 15
- Chilled	: 1,5 - 4,5	: 1,5 - 6
Steel ( baja )		
- Fee cutting mild	: 25 - 30	: 27 - 37
- Up to 40 ton	: 15 - 22	: 18 - 27
- 40 to 60 ton	: 9 - 15	: 12 - 18
- 60 to 80 ton	: 4,5 - 9	: 6 - 12
- Over 80 ton	: 1,5 - 4,5	: 0 - 6
- Manganese	: 1,5 - 4,5	: 1,5 - 6
- Stainless Marten- sitic	: 9 - 15	: 12 - 18
- Stainless Auste- nitic	: 4,5 - 11	: 6 - 12
Non Ferrous		
- Alumenium	: 60 - 150	: 90 - 215
- Alumenium Alloy	: 30 - 75	: 45 - 105
- Brass Soft	: 60 - 120	: 90 - 150
- Brass Hard	: 30 - 60	: 45 - 75
- Bronze-ordinary	: 25 - 37	: 30 - 45
- Bronze-high tensite:	: 12 - 18	: 15 - 30
- Copper	: 25 - 40	: 30 - 45

## B A B . IV

### PROSES PENYAYATAN.

Proses penyayatan merupakan langkah terakhir dalam pembuatan suatu roda gigi. Pada uraian sebelumnya telah dibicarakan mengenai jenis-jenis roda gigi, perhitungannya, kepala pembagi dan pisau frais ( cutter ).

Khusus dalam bab ini akan dijelaskan proses pengerjaannya pada mesin frais seperti pengikatan benda kerja, penyetulan pisau frais, pemasangan roda gigi pengganti, arah pemakan benda kerja dan tahap-tahap pengerjaan roda gigi ( khusus roda gigi payung ).

Seperti yang telah diuraikan sebelumnya, maka pada bagian ini akan diuraikan lebih lanjut proses penyayatan beberapa buah roda gigi yaitu :

1. Roda gigi lurus.
2. Roda gigi cacing.
3. Roda gigi heliks.
4. Roda gigi payung.

Untuk lebih jelasnya perhatikanlah uraian berikut ini.

#### 1. Roda gigi lurus.

Untuk pembuatan roda gigi lurus ini ada dua cara yaitu dengan sistem pembagian sederhana ( simple indexing ) dan sistem pembagian tingkat tinggi ( differensial indexing ).

##### a. Pembagian sederhana.

Jumlah gigi (  $Z$  ) = 60 buah.

Modul yang digunakan (  $M$  ) = 1.

Langkah-langkah pengerjaan berikutnya :

- a.1. Perhitungan tentang ukuran-ukuran utama.
- a.2. Pembuatan bakal roda gigi.
- a.3. Penyayatan.

Poin a.1 sudah dilakukan perhitungannya ( lihat pada Bab I halaman 6 ), didapatkan hasilnya sebagai berikut:

$$D_t = 60 \text{ mm} \quad ; \quad D_{ka} = 62 \text{ mm} \quad ; \quad D_{ki} = 57,67 \text{ mm} \quad ; \quad h_{ka} = 1 \text{ mm}$$

$h_{ki} = 1,166 \text{ mm}$  ;  $b = 10 \text{ mm}$  ;  $T = \frac{2}{3} \text{ put.}$

Jumlah lubang pada piring pembagi diambil 33 lubang.

Poin a.2 pembuatan bakal :

Pembuatan bakal benda kerja dilakukan pada mesin bubut sesuai dengan ukuran-ukuran yang telah didapatkan dari perhitungan.

Langkah-langkah pengerjaannya adalah :

Benda kerja dijepit pada cak rahang tiga, facing salah satu permukaan benda kerja sampai rata. Bor lubang sesuai dengan ukuran pada gambar secara bertahap, bubut alurnya sesuai dengan gambar.

Selesai pekerjaan ini, keluarkan benda kerja dari cak, pasang mandrel dan jepit benda kerja kembali pada cak untuk membubut/ memfacing permukaan benda kerja yang lain. Periksa ukuran tebal benda kerja dan lanjutkan pekerjaan sampai mendapatkan ukuran yang diminta.

Bubut bagian luar dari diameter benda kerja sampai mendapatkan ukuran sesuai perhitungan ( sebesar  $D_{ka}$  ).

Buka kembali benda kerja dari cak, perhatikan gambar kerja seandainya masih ada pengerjaan lanjutan dari bakal seperti pembuatan lubang pada alur yang telah dikerjakan tadi.

Point a.3 Penyayatan :

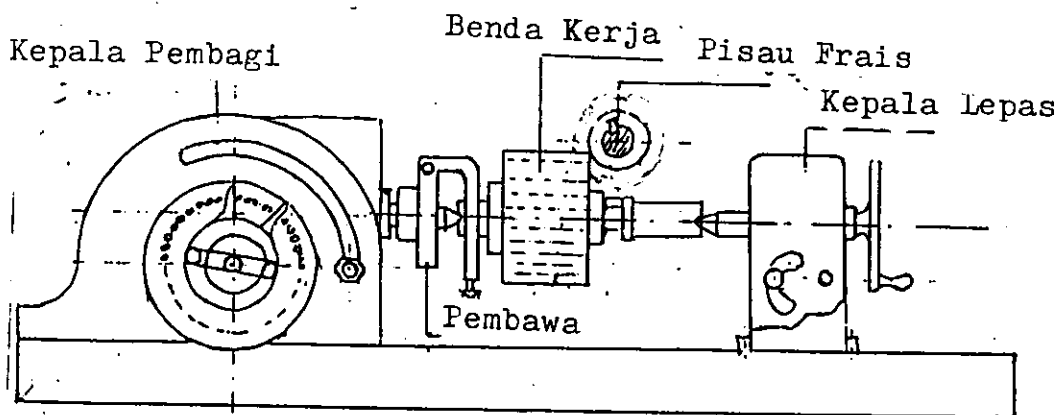
Proses penyayatan atau pembuatan roda gigi dilakukan pada mesin frais horizontal ( Horizontal Milling Machine ).

Alat perlengkapan lain yang digunakan yaitu :

- Kepala pembagi universal ( Universal Deviding Head ).
- Kepala lepas.
- Mandrel.
- Pisau frais ( Cutter ), dengan  $M = 1$  nomor cutter = 7.
- Penyangga benda kerja.
- Alat ukur Vernier Caliper.
- Alat-alat lain yang diperlukan seperti kunci pas, obeng dan sebagainya.

Penjepitan benda kerja pada mesin frais dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan menggunakan cak kepala pembagi dan pembawa ( lathe dog ). Prinsip kerja kedua sistem tersebut tidak ada bedanya, hanya saja dari hasil pekerjaan dengan penjepitan benda kerja dengan menggunakan lathe dog hasilnya akan lebih baik dibandingkan dengan menggunakan cak.

Uraian berikut ini akan menjelaskan penjepitan benda kerja dengan menggunakan lathe dog ( pembawa ). Cara pemasangan benda kerja untuk pembuatan roda gigi lurus tersebut dapat diperhatikan pada gambar berikut :



Gbr. 4.1 . Pemasangan Benda Kerja Dalam Pembuatan Roda Gigi Lurus.

Langkah-langkah pengerjaan :

1. Pasang kepala pembagi pada meja mesin dan periksa ke-lurusannya terhadap meja.
2. Pasang kepala lepas, sesuaikan jarak kedua senter se-panjang test bar yang tersedia.
3. Pasang test bar, periksa kelurusan senter kepala le-pas terhadap senter kepala tetap dengan menggunakan dial indicator.
4. Pasang pisau frais dengan  $M=1$  pada arbor mesin.

5. Stel posisi pisau frais terhadap senter kepala lepas, dimana sisi sayat pisau frais tegak lurus terhadap senter kepala lepas atau sumbu benda kerja.
6. Pasang benda kerja yang telah pakai mandrel dengan menggunakan pembawa, diantara dua senter.
7. Stel posisi gunting pada piring pembagi, sesuai dengan pembagian jumlah gigi yang dibuat ( dalam hal ini gunting membatasi 23 lubang pada pembagian 33.)
8. Gunakan pen pengunci pada piring pembagi supaya posisi piring pembagi tidak berubah diwaktu penyayatan.
9. Stel handel turun naik meja, sampai permukaan benda kerja menyinggung ujung cutter dengan mempergunakan kertas tipis dalam penyetulan ini.
10. Stel nonius turun naik meja pada posisi nol.
11. Hidupkan mesin, dan lakukan penyayatan berlawanan arah dengan putaran cutter, kecepatan pemakanan sesuai dengan kecepatan pemakanan yang dianjurkan oleh pabrik pembuat cutter ( Contoh : SUMMIT, 0,25 mm/gigi. )  
 Pada mesin satuannya adalah dalam mm/ menit, maka angka tersebut harus dikalikan dengan jumlah gigi cutter x R.P.M.  
 Rumus feeding per menit = feed/gigi x jumlah gigi x rpm.
12. Untuk penyayatan gigi selanjutnya, putar engkol kepala pembagi sesuai dengan perhitungan (  $\frac{2}{3}$  put. ), hidupkan mesin dan lakukan penyayatan gigi tersebut.
13. Ulangi langkah ke 12 sampai proses penyayatan roda gigi selesai semuanya.

Yang perlu diperhatikan lagi, selama proses penyayatan berlangsung harap diberi pendinginan ( coolant ) kecuali bahan benda kerja terdiri dari cast iron ( besi tuang ).



b. Pembagian tingkat tinggi.

Jumlah gigi (  $Z$  ) = 59 buah.

Modul yang digunakan (  $M$  ) = 1.

Langkah-langkah yang dilakukan untuk pembuatan roda gigi lurus dengan sistem pembagian tingkat tinggi ( differential indexing ) tidak jauh berbeda dengan sistem pembagian sederhana ( simple indexing ).

Perbedaannya adalah pada pembagian ini pen pengunci piring pembagi harus dilepas, karena piring pembaginya di hubungkan dengan roda-roda gigi, supaya sama-sama dapat berputar dengan handel pemutarnya.

Berdasarkan perhitungan yang telah didapat dari contoh soal pada halaman depan ( halaman 8, 9, dan 10 ), ukuran-ukuran utama roda gigi tersebut adalah sebagai berikut :

$$D_t = 59 \text{ mm} ; D_{ka} = 61 \text{ mm} ; D_{ki} = 56,67 \text{ mm} .$$

$$h_{ka} = 1 \text{ mm} ; h_{ki} = 1,166 \text{ mm} ; h_g = 2,166 \text{ mm} ; b = 10 \text{ mm} .$$

Roda-roda gigi pengganti :

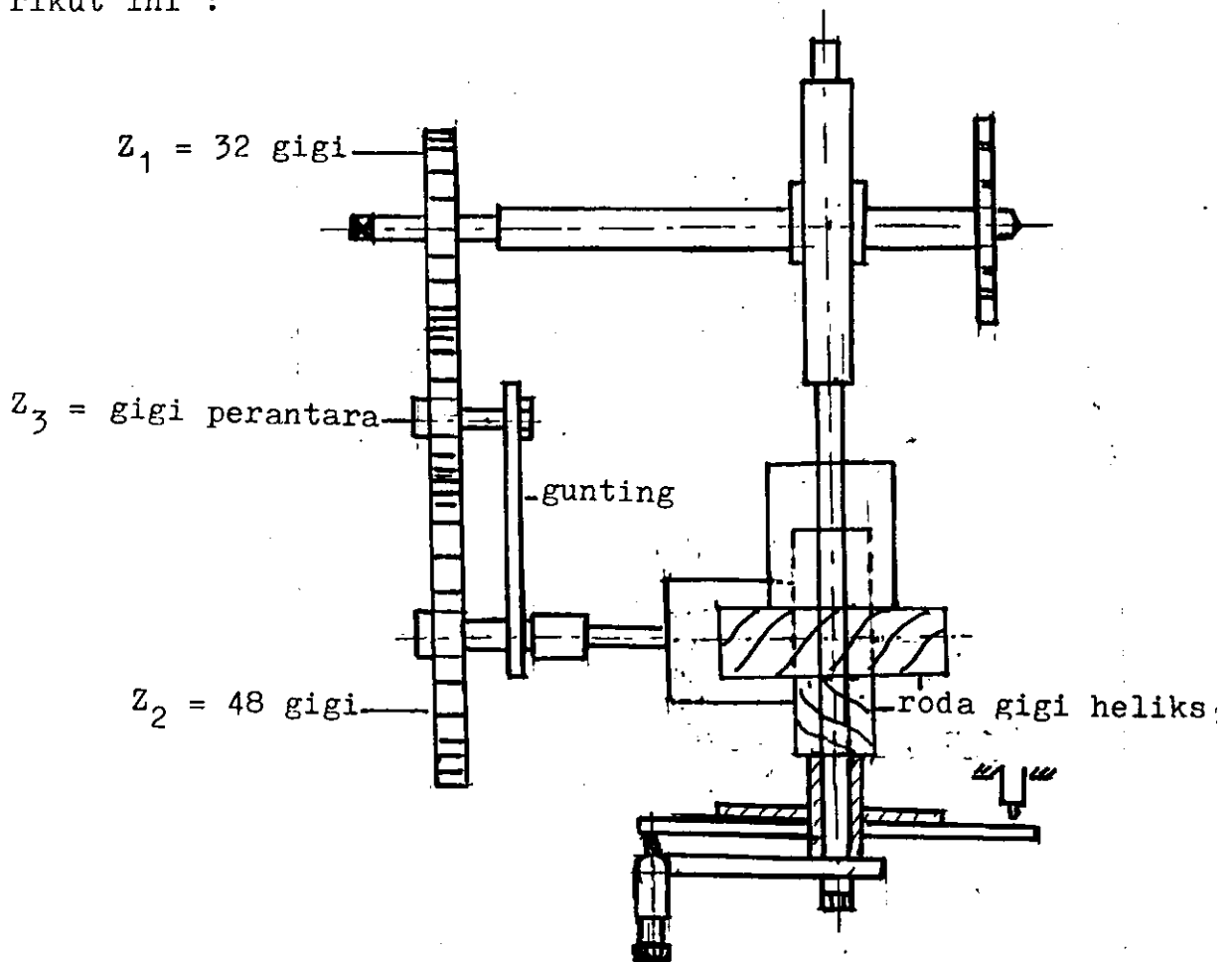
$$Z_1 = 32 \text{ gigi} ; Z_2 = 48 \text{ gigi} .$$

Putaran engkol kepala pembagi (  $T$  ) =  $\frac{2}{3}$  putaran.

Untuk  $\frac{2}{3}$  putaran dipilih lubang pada piring pembagi yang jumlah lubangnya habis dibagi dengan 3, contoh lubang 33. Jadi  $\frac{2}{3}$  putaran =  $\frac{2}{3} \times 33 = 22$  bagian. Gunting membatasi 22 bagian pada piring pembagi yang mempunyai lubang 33 buah.

Untuk pembuatan bakal dari roda gigi lurus sistem differential ini sama halnya dengan roda gigi lurus biasa, yaitu pada mesin bubut. Diameter luar dari bakal adalah 61 mm sesuai dengan perhitungan dan lebar gigi adalah 10 mm. Untuk besarnya ukuran-ukuran lain dan bentuknya dari bakal roda gigi tersebut dapat disesuaikan dengan gambar kerja. Dalam pengerjaan bakal ini ketelitian dan kehalusan benda kerja harus diperhatikan, karena hal ini akan mempengaruhi proses penyayatan selanjutnya pada mesin frais.

Proses penyayatan roda gigi lurus sistem differensial, tidak jauh berbeda dengan proses penyayatan roda gigi lurus sederhana. Jenis mesin yang digunakan dan perlengkapannya sama dengan penyayatan untuk roda gigi lurus pembagian sederhana. Adapun yang membedakannya dengan proses pada penyayatan roda gigi lurus dengan sistem pembagian sederhana seperti yang telah dijelaskan sebelumnya yaitu pen pengunci piring pembagi dilepas dan piring pembaginya dihubungkan dengan roda-roda gigi pengganti. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat gambar berikut ini :



Gambar. 4.2 . Hubungan Roda-Roda Gigi Untuk Pembagian Differensial.

Roda gigi penggerak ( driver gear dilambangkan dengan  $Z_1 = 32$  gigi, diijaskan pada ujung poros utama kepala pembagi seporos dengan benda kerja, dimana didalamnya terdapat roda gigi cacing dengan 40 buah gigi. Ini berarti untuk satu kali putaran engkol kepala pembagi, benda kerja bergerak  $\frac{1}{40}$  putaran. Pada bagian bawah dari gunting terdapat roda gigi  $Z_2$  ( roda gigi yang digerakkan atau driven gear ). Roda gigi ini berhubungan dengan poros yang berulir cacing, dimana pada ujungnya terdapat roda gigi heliks yang saling bersilangan dengan perbandingan putaran yang sama. Ujung dari poros roda gigi heliks yang satu lagi berhubungan dengan piring pembagi untuk menentukan jumlah pembagian pada benda kerja. Antara roda gigi  $Z_1$  dan  $Z_2$  dihubungkan dengan sebuah atau dua buah roda gigi perantara yang sama besarnya, tergantung dari harga mendekati yang dipakai dalam perhitungan. Misalnya, jika jumlah gigi (  $Z$  ) yang akan dibuat = 59 buah gigi, maka disini diambil harga mendekati lebih besar (  $A$  ) = 60, berarti roda gigi perantaranya satu buah. Jika jumlah gigi yang akan dibuat (  $Z$  ) = 61 buah gigi, untuk memudahkan perhitungan, maka diambil harga mendekati lebih kecil (  $A$  ) = 60, maka roda gigi perantaranya ( idler ) dua buah yang sama besarnya. Untuk proses penyayatan pada mesin frais perhatikan langkah-langkah berikut :

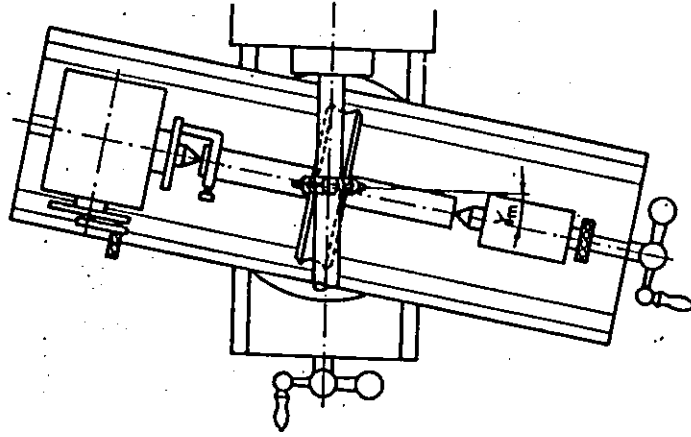
1. Pasang kepala pembagi pada meja mesin frais universal/ horizontal dengan kuat, dan periksa kelurusannya terhadap meja dengan menggunakan dial indicator.
2. Pasang kepala lepas pada ujung meja frais yang satu lagi, serta sesuaikan jarak kedua senter sepanjang test bar yang tersedia.
3. Pasang test bar antara dua senter dan periksa kelurusan senter kepala lepas terhadap senter kepala tetap dengan menggunakan dial indicator.
4. Pasang pisau frais dengan Modul (  $M = 1$  ) pada arbor mesin.

5. Pasang roda gigi perantara  $Z_1$  penghubung ( idler ) sesuai dengan pembagian pembagi.
6. Pasang benda kerja antara dua pembawa ( lathe dog ).
7. Lepaskan pen pengunci piring gunting ( lengan apit ) pada mesin dengan perhitungan.
8. Stel posisi benda kerja agar cutter tepat berada ditengah-tengah benda kerja atau tegak lurus terhadap senter kepala lepas atau sumbu dari benda kerja.
9. Stel handel turun naik meja sampai permukaan benda kerja menyinggung ujung cutter dengan mempergunakan kertas tipis dalam penyetelan ini.
10. Stel nonius turun naik meja pada posisi nol.
11. Naikkan meja frais setinggi dalamnya alur gigi yang didapat dari hasil perhitungan ( sebesar  $h_g = 2,166 \text{ mm}$  ).
12. Hidupkan mesin, dan lakukan penyayatan alur gigi pertama, dimana arah putaran cutter berlawanan dengan arah gerakan meja frais, gunakan penyangga selama proses penyayatan.
13. Kendorkan mur penyangga, dan putar engkol pemutar kepala pembagi sebanyak  $\frac{2}{3}$  putaran, sesuai dengan perhitungan.
14. Lakukan penyayatan alur gigi berikutnya, seperti pada langkah 12.
15. Ulangi langkah ke 13 dan 14 sampai proses penyayatan roda gigi selesai semuanya.

## 2. Roda gigi cacing.

Sebagaimana yang telah dijelaskan dimuka, bahwa proses penyayatan dari roda gigi cacing dilakukan pada mesin frais universal ( Universal Milling Machine ). Dalam pengoperasiannya, meja frais dimiringkan sebesar sudut kisar ( $\alpha$ ) dan penyayatan giginya dilakukan dengan menaikkan meja frais.

Untuk lebih jelasnya perhatikanlah gambar berikut ini :



Gambar. 4.3. Penyetelan benda kerja untuk penyayatan roda gigi cacing.

( Alat- Alat Perkakas, Jilid 3, hal. 270 ).

Sudut kemiringan meja frais pada gambar diatas dilambangkan dengan  $\gamma_m$ . Besarnya  $\gamma_m$  tersebut =  $\alpha$ .

Untuk menentukan besarnya sudut kemiringan meja frais, sesuai dengan rumus yang telah dikemukakan sebelumnya adalah sinus sudut kemiringan adalah perbandingan antara jumlah langkah ulir cacing dikalikan dengan Modul dengan diameter tusuk ulir cacing :

$$\sin \alpha = \frac{Z_a \cdot M}{d_a}$$

Berdasarkan contoh soal pada halaman dimuka ( halaman 14 ), didapatkan besarnya  $\alpha = 8^{\circ}27'$ .

Sedangkan jumlah putaran engkol kepala pembagi, berdasarkan contoh soal adalah :

$$\begin{aligned} n_c &= \frac{i}{Z}, \text{ dalam hal ini } Z = 30. \\ &= \frac{40}{30} = 1 \frac{1}{3} \text{ putaran.} \end{aligned}$$

Penyayatan roda gigi cacing yang dilakukan pada mesin frais universal, sebagaimana langkah-langkah berikut :

1. Stel kemiringan meja mesin sesuai dengan besar sudut yang didapatkan dari perhitungan, yaitu  $8^{\circ}27'$ .
2. Pasang kepala pembagi universal pada meja mesin.
3. Pasang benda kerja dengan menggunakan mandrel, jepit salah satu ujungnya dengan menggunakan cekam ( chuck ) kepala pembagi dan ujung lainnya dengan senter kepala lepas.
4. Pasang pisau frais dengan  $M = 2,75$  pada arbor mesin frais, serta jepit dengan kuat agar tidak berubah posisinya waktu pemakanan.
5. Stel posisi meja lintang dan meja memanjang agar kedudukan benda kerja tepat ditengah-tengah senter secara simetris.
6. Stel handel pemutar kepala pembagi dan posisi gunting pada piring pembagi sesuai dengan perhitungan ( satu kali putaran penuh engkol kepala pembagi ditambah 12 bagian pada piring pembagi yang mempunyai jumlah lubang sebanyak 36 buah.
7. Stel handel turun naik meja, sampai permukaan benda kerja bersentuhan dengan ujung cutter. Gunakan kertas tipis dalam penyetelan ini .
8. Hidupkan mesin, dan putar handel untuk menaikkan meja frais sampai mencapai kedalaman gigi yang diminta. Dalam hal ini dalam gigi =  $2,166 \times M = 2,166 \times 2,75 = 5,96$  mm.
9. Matikan mesin dan turunkan meja frais.
10. Putar handel kepala pembagi  $1 \frac{1}{3}$  putaran, dan lakukan penyayatan alur kedua, dengan menaikkan meja frais, seperti langkah ke 8.
11. Ulangi langkah ke 9, dan ke 10 sampai semua roda gigi selesai penyayatannya.

### 3. Roda gigi heliks.

Prinsip dasar dalam penyayatan roda gigi heliks ini, seperti yang telah dijelaskan dimuka adalah :

- a. Meja frais dimiringkan atau diputar menyilang sebesar sudut heliks yang akan dibuat, dalam hal ini, besarnya sudut heliks tersebut adalah  $23^{\circ}$ .
- b. Pisau frais ( cutter ), berputar sambil melakukan penyayatan.
- c. Benda kerja berputar sambil bergeser sepanjang sumbunya. Pada proses penyayatan tersebut, hal-hal lain yang perlu diperhatikan yaitu, untuk heliks kanan, meja frais diputar berlawanan arah dengan putaran jarum jam, sedangkan untuk heliks kiri sebaliknya.

Selanjutnya jumlah roda gigi perantara untuk heliks kanan adalah ganjil, sedangkan untuk heliks kiri harus genap.

Sesuai dengan contoh pembuatan roda gigi heliks pada Bab I halaman 27, jenis roda gigi heliks yang akan dibuat adalah heliks kanan.

Jumlah gigi (  $Z$  ) = 16 buah,  $M_n = 2,5$  sudut heliks =  $23^{\circ}$   
dan lead mesin = 5 mm.

Dari hasil perhitungan didapatkan :

$$d_t = 43,5 \text{ mm. } d_k = 48,5 \text{ mm. } d_f = 37,7 \text{ mm.}$$

$$h_k = 2,5 \text{ mm. } h_f = 2,9 \text{ mm. } h_g = 5,4 \text{ mm.}$$

$$l.w \text{ ( lead heliks )} = 321,8 \text{ mm.}$$

$$T = 2 \frac{1}{2} \text{ putaran.}$$

Perbandingan roda gigi pengganti :

$$Z_1 = 28 \text{ gigi. } Z_2 = 44 \text{ gigi.}$$

Gambar untuk pemasangan benda kerja dan hubungan roda-roda gigi pengganti dapat diperhatikan kembali pada halaman 20 dalam buku ini. Dimana  $Z_1$  ( roda gigi penggerak ) dengan 28 gigi dipasang pada poros meja mesin frais, sedangkan  $Z_2$  ( roda gigi yang digerakkan ) dengan 44 gigi dipasangkan pada poros kepala pembagi yang mempunyai roda gigi heliks.

Untuk proses penyayatan pada mesin frais, dilakukan langkah - langkah pengerjaan sebagai berikut :

1. Pasang kepala pembagi pada meja mesin frais, periksa kelurusannya terhadap meja, dan stel pasangan roda-roda gigi pengganti sesuai dengan perhitungan.  
 $Z_1$  dengan 28 gigi dipasang pada poros meja,  $Z_2$  dengan 44 gigi dipasang pada poros kepala pembagi yang berhubungan dengan piring pembagi, dan pasang roda gigi perantara, untuk menghubungkan  $Z_1$  dengan  $Z_2$ .
2. Pasang benda kerja dengan menggunakan mandrel pada kepala pembagi, salah satu ujungnya dijepit pakai chuck dan ujung yang satu lagi didukung oleh senter kepala lepas.
3. Pasang pisau roda gigi, sesuai dengan Modul yang ditetapkan, yaitu  $M = 2,5$  pada arbor mesin frais.
4. Stel kedudukan benda kerja, agar cutter tepat berada ditengah-tengah benda kerja, atau tegak lurus terhadap sumbu benda kerja.
5. Stel kedudukan meja frais yang diputar menyilang sebesar sudut heliks yang diminta yaitu  $23^\circ$ . Penyetelan tersebut berlawanan dengan arah putaran jarum jam.
6. Stel kedudukan ujung cutter, sampai menyentuh benda kerja, dan stel nonius meja mesin pada posisi nol. Dalam penyetelan cutter terhadap benda kerja, pergunakan kertas tipis, supaya didapatkan hasil kerja yang lebih baik.
7. Bebaskan posisi cutter dari benda kerja, dan naikan meja mesin sesuai dengan dalamnya alur gigi heliks yaitu setinggi 5,4 mm.
8. Stel putaran spindel mesin dan pergerakan meja ( feeding) sesuai dengan keperluan.
9. Hidupkan mesin, dan selesaikan penyayatan alur gigi yang pertama. Beri colant sewaktu proses penyayatan ( kecuali benda kerja terdiri dari besi tuang ( cast iron ) ).
10. Putar handel kepala pembagi sesuai perhitungan, dan lakukan pemotongan alur gigi kedua, dan seterusnya sampai semua gigi selesai dikerjakan.



#### 4. Roda gigi payung.

Dalam proses penyayatan roda gigi payung, pelaksanaan pengefraisan tidak cukup hanya dilakukan sekali penyayatan. Disini dimaksudkan untuk penyayatan roda gigi payung tersebut dilakukan secara bertahap sebagai berikut :

##### a. Tahap pertama :

Untuk pengefraisan tahap pertama, benda kerja yang telah pakai mandrel distel pada kepala pembagi. Kepala pembagi distel miring sebesar sudut potong ( $\lambda$ ), kemudian distel kedudukan pisau terhadap senter dan permukaan puncak gigi dari benda kerja.

Selanjutnya pengefraisan pertama dilakukan hingga kedalaman profil gigi secara penuh didapatkan yaitu sebesar  $h_g$  ( tinggi gigi ).

##### b. Tahap kedua :

Pengefraisan tahap kedua dilakukan oleh karena profil gigi dari roda gigi payung tersebut agak melebar. Pada pengefraisan tahap kedua ini, meja frais digeser arah melintang sebesar  $\frac{1}{7}$  dari tebal gigi bagian belakang. Setelah meja digeser arah melintang, selanjutnya diputar engkol kepala pembagi, sehingga kedudukan pisau frais tepat berada dibagian depan alur gigi.

##### c. Tahap ketiga :

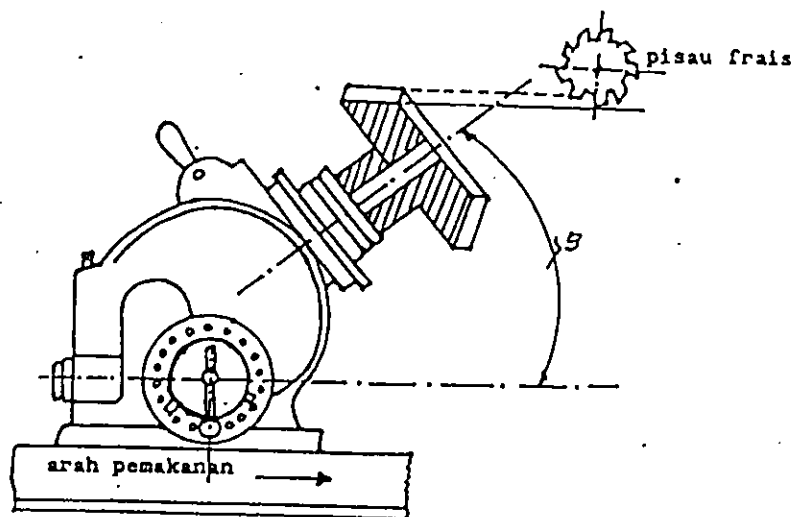
Setelah pengefraisan tahap kedua selesai untuk semua gigi, maka selanjutnya dilakukan pengefraisan terakhir pada sisi profil gigi sebelahnya.

Untuk melakukan hal ini, meja frais digeser kembali dengan arah yang berlawanan dari penggeseran tahap kedua. Besarnya penggeseran tersebut adalah  $2 \times \frac{1}{7}$  dari tebal gigi bagian belakang. Selanjutnya putar engkol kepala pembagi, sehingga alur gigi bagian depan tepat pada kedudukan pisau frais.

Untuk lebih jelasnya langkah-langkah yang harus diikuti dalam penyayatan roda gigi payung ini perhatikan petunjuk berikut.

1. Stel sudut kepala pembagi sesuai dengan besarnya sudut potong ( $\alpha$ ) =  $41^{\circ} 5'$  ( lihat contoh soal pada halaman 36 sampai 38 ).

Posisi benda kerja pada kepala pembagi dan penyetelan cutter dapat diperhatikan gambar berikut ini :



Gambar. 4.4. Penyetelan benda kerja pada penyayatan roda gigi payung.

( Drs. Dharyatmo K., Teknik Frais Roda Gigi halaman 26. )

2. Benda kerja dijepit dengan menggunakan mandrel ( hal ini dilakukan jika diperlukan ).
3. Stel kedudukan benda kerja, sehingga pisau frais tepat berada ditengah-tengah roda gigi atau tegak lurus dengan kedudukan senter kepala lepas.
4. Hidupkan mesin, dan stel kedudukan benda kerja agar ujung cutter menyentuh permukaan benda kerja pada bagian yang tertinggi. Pergunakan kertas yang tipis sewaktu penyetelan ini.

5. Naikkan meja mesin setinggi dalamnya alur gigi, yaitu sebesar  $h_g = 5,42 \text{ mm}$ .
6. Lakukan pengefraisan alur gigi yang pertama hingga selesai.
7. Putar engkol kepala pembagi sebesar  $\frac{40}{24}$  putaran =  $1 \frac{2}{3}$  putaran. Sesuaikan posisi gunting dengan jumlah lubang yang tersedia pada piring pembagi.
8. Hidupkan mesin dan lakukanlah penyayatan alur gigi yang kedua sampai selesai.
9. Ulangi langkah ke 7 dan ke 8 sampai semua alur gigi selesai dipotong. Dengan selesainya pemotongan semua alur gigi, berarti penyayatan roda gigi pada tahap pertama selesai.
10. Untuk penyayatan tahap kedua, seperti yang telah dijelaskan dimuka, geserlah meja frais arah melintang sebesar  $\frac{1}{7}$  dari tebal gigi bagian belakang.
11. Putar engkol kepala pembagi, sehingga bagian depan dari alur gigi tepat berada pada kedudukan pisau frais.
12. Lakukanlah penyayatan untuk semua bagian sisi dari profil gigi sampai selesai, pedoman langkah ke 7 dan ke 8.
13. Geser kembali meja frais pada arah yang berlawanan dengan langkah ke 10 tadi, yaitu sebesar  $2 \times \frac{1}{7}$  dari tebal gigi bagian belakang. Ini berarti penyayatan roda gigi sudah memasuki tahap ketiga.
14. Putar engkol kepala pembagi, sebagaimana yang dilakukan pada langkah ke 11.
15. Lakukanlah penyayatan untuk semua bagian sisi ini, seperti halnya yang dilakukan pada langkah ke 7 dan ke 8, Dengan selesainya langkah ke 15, berarti proses penyayatan untuk roda gigi payung selesai pula.

## DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Dharyatmo Kismono, Drs. Teknik Frais Roda Gigi.
- Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, 1978. Petunjuk Kerja Mesin Bubut, Sekrap dan Frais, Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah, Jakarta.
- Education Departemen Victoria, 1978. Fitting and Machining Volume 2, Technical School Publication Unit.
- Firsh Brow Tools Group, 1978. Summit Milling Cutter Recommendation, Publication No.245, England.
- Insruction Manual, Milling II, 1978. The Engineering In - dustry Training Board ITB, New Basford Nottingham.
- Marshall, H H, 1973. Production Technology for Technicians, Book 1, Pitman Publishing.
- Terheijden, Van,C dan Harun, 1981. Alat-Alat Perkakas, Jilid 3, Bina Cipta, Bandung.
- Surbakty, BM. dkk, 1976. Seri Teknologi Mekanik 7, Menge - frais, Jakarta.
- Sudji Munadi, Drs, 1978. Dasar-Dasar Metrologi Industri, Depdikbud, Dirjen Pendidikan Tinggi, P2LPTK, Jakarta.
- W.A.J. Chapman, 1975. Workshop Teknologi, Part 3, Edwad - Arnold, Hatfield.