

# MATERI KULIAH PROSES PEMESINAN PROSES FRAIS

## *Pengefraisan Roda Gigi Helik/Miring*

Oleh:

**Dwi Rahdiyanta**

Fakultas Teknik

Universitas Negeri Yogyakarta

### Kegiatan Belajar

### Pengefraisan Roda Gigi Helik/Miring

#### a. Tujuan Kegiatan

Setelah mempelajari materi ini diharapkan mahasiswa memiliki kompetensi :

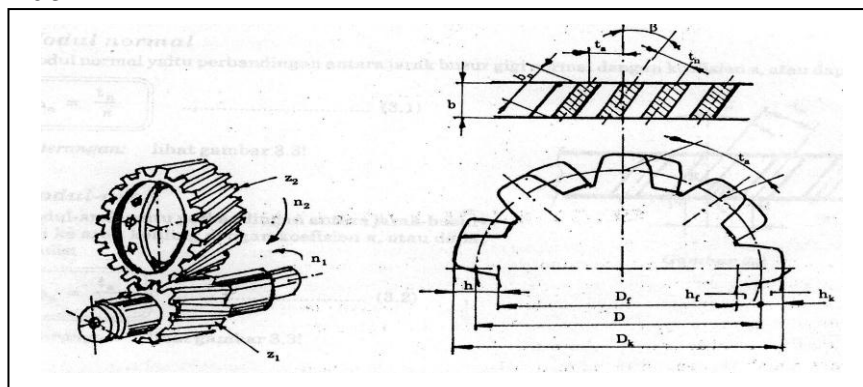
- 1) Memahami dan mamapu membuat perhitungan pengefraisan helix.
- 2) Memahami dan mampu membuat pengefraisan helix.

#### b. Uraian Materi

#### Pengefraisan Roda Gigi Helix/Miring

#### 1. Bagian-bagian utama roda gigi miring

Bagian-bagian utama roda gigi miring dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 1. Bagian-bagian Utama Roda Gigi Miring

### Keterangan

*D* : diameter jarak bagi

*D<sub>f</sub>* : diameter kaki gigi

*D<sub>k</sub>* : diameter kepala gigi

*h* : tinggi gigi

*h<sub>f</sub>* : tinggi kaki gigi

*h<sub>k</sub>* : tinggi kepla gigi

*b* : sudut kemiringan gigi/penyetelan

*t<sub>a</sub>* : jarak antara busur gigi diukur dari alas

*t<sub>n</sub>* : jarak antara bhusur gigi normal

*b* : lebar gigi

*b<sub>n</sub>* : lebar gigi normal

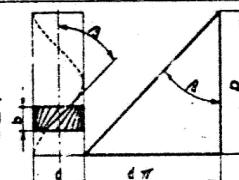
## **2. Perhitungan Ukuran-ukuran Utama Roda Gigi Miring**

Ukuran-ukuran utama yang perlu diketahui dan dihitung pada pembuatan roda gigi miring meliputi:

- a. modul gigi
- b. diameter jarak bagi, diameter kepala, dan diameter kaki gigi
- c. tinggi kaki gigi, tinggi kepala, dan tinggi dari gigi menurut standar gigi yang berlaku
- d. jarak antara poros
- e. sudut gigi
- f. angka transmisi, untuk roda gigi yang berpasangan

Perhitungan-perhitungan tersebut selengkapnya dapat disajikan pada Tabel 1. berikut.

Tabel 1 Perhitungan Roda Gigi Miring

No.	Nama	Simbol (tanda)	Perhitungan (rumus)
1	Modulus normal (tegak lurus terhadap gigi)	$m_n$	$m_n = m = m_a \cdot \cos \beta = \frac{t_n}{\pi} = \frac{t_a \cdot \cos \beta}{\pi} = \frac{d_1 \cdot \cos \beta}{z_1} = \frac{d_{k1} \cdot \cos \beta}{z_1 + 2 \cdot \cos \beta}$
2	Keliling modulus (tegak lurus terhadap poros)	$m_a$	$m_a = \frac{m_n}{\cos \beta} = \frac{t_n}{\pi \cdot \cos \beta} = \frac{d_1}{z_1} = \frac{d_{k1}}{z_1 + 2 \cdot \cos \beta} = \frac{2 \cdot a}{z_1 + z_2}$
3	Tusuk normal	$t_n$	$t_n = m_n \cdot \pi = m_a \cdot \pi \cdot \cos \beta = t_a \cdot \cos \beta = \frac{d_1 \cdot \pi \cdot \cos \beta}{z_1} = \frac{d_{k1} \cdot \pi \cdot \cos \beta}{z_1 + 2 \cdot \cos \beta}$
4	Keliling tusuk	$t_a$	$t_a = m_a \cdot \pi = \frac{m_n \cdot \pi}{\cos \beta} = \frac{t_n}{\cos \beta} = \frac{d_1 \cdot \pi}{z_1} = \frac{d_{k1} \cdot \pi}{z_1 + 2 \cdot \cos \beta}$
5	Jumlah gigi	$Z$	$z_1 = \frac{d_1}{m_a} = \frac{d_1 \cdot \pi}{t_a} = \frac{d_1 \cdot \cos \beta}{m_n} = \frac{(d_{k1} - 2m_n) \cdot \cos \beta}{m_n}$
6	Diameter lingkaran tusuk	$d$	$d_1 = z_1 \cdot m_a = \frac{z_1 \cdot m_n}{\cos \beta} = d_{k1} - 2m_n = \frac{d_{k1}}{z_1 + 2 \cdot \cos \beta}$
7	Tinggi kepala gigi	$h_k$	$h_k = 1m_n$
8	Diameter lingkaran kepala	$d_k$	$d_{k1} = d_1 + 2m_n = m_n \left( \frac{z_1}{\cos \beta} + 2 \right) = d_1 \left( 1 + \frac{2 \cdot \cos \beta}{z_1} \right)$
9	Tinggi kaki gigi	$h_f$	Menurut NEN 1629 $h_f = 1,25 m_n = 1\frac{1}{4} m_n$ Menurut DIN 780 $h_f = 1\frac{1}{8} m_n = 1,166 m_n$
10	Tinggi gigi	$h$	$h = h_k + h_f = 2,25 m_n = 2\frac{1}{4} m_n$ $h = h_k + h_f = 2\frac{1}{8} m_n = 2,166 m_n$
11	Diameter lingkaran kaki	$d_f$	$d_{f1} = d_1 - 2,5 m_n = d_1 \left( \frac{z_1}{\cos \beta} - 2,5 \right)$ $d_{f1} = d - 2\frac{1}{8} m_n = m_n \left( \frac{z_1}{\cos \beta} - 2\frac{1}{8} \right)$
12	Jarak-hati	$a$	$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = m_n \left( \frac{z_1 + z_2}{2} \right) = \frac{m_n}{\cos \beta} \left( \frac{z_1 + z_2}{2} \right)$
13	Sudut gigi atau sudut penyetulan	$\beta$	$\cos \beta = \frac{m_n}{m_a} = \frac{t_n}{t_a} = \frac{z_1 \cdot m_n}{d_1} = \frac{z_1 \cdot m_n}{d_{k1} - 2m_n} = \frac{m_n(z_1 + z_2)}{2 \cdot a}$ $\beta$ van $10^\circ$ tot hoogstens $25^\circ$
14	Kisar tiap putaran	$p$	$p_1 = \frac{d_1 \cdot \pi}{\tan \beta} = \frac{z_1 \cdot m_n \cdot \pi}{\tan \beta} = \frac{z_1 \cdot m_n \cdot \pi}{\sin \beta}$ Dari dua buah roda gigi yang bekerjasama, kisar dari roda yang satu harus mengarah ke kiri dan dari roda yang satu lagi mengarah ke kanan 
15	Lebar gigi minimum untuk penangkapan yang terputus	$b_{min.}$	$b_{min.} = \frac{m_n \cdot \pi}{\sin \beta} = \frac{t_n}{\sin \beta}$
16	Jumlah gigi bayangan	$Z_d$	$Z_{d1} = \frac{z_1}{\cos^2 \beta}$ $Z_d$ menentukan nomornya frais modul

Yang bertanda 1 menyangkut roda gigi terkecil, yang bertanda 2 menyangkut roda gigi yang paling besar dari dua buah roda gigi yang bekerjasama.

$Z_{min.}$	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
Roda $\beta$	$0^\circ$	$4^\circ$	$19^\circ$	$23^\circ$	$28^\circ$	$32^\circ$	$35^\circ$	$39^\circ$	$43^\circ$	$47^\circ$

### 3. Pengefraisan Roda Gigi Miring.

Langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam melakukan pengefraisan roda gigi miring antara lain:

- a. Perhitungan ukuran roda gigi miring
- b. Pemilihan pisau frais
- c. Pemasangan roda gigi pengganti
- d. Pemasangan benda kerja
- e. Setting pahat terhadap benda kerja
- f. Setting meja mesin frais
- g. Setting dalam pemotongan
- h. Pemotongan gigi miring

#### a. Perhitungan ukuran roda gigi miring.

Beberapa ukuran yang harus diketahui sebelum pengefraisan roda gigi miring antara lain:

##### 1) Diameter pitch

- a) diameter pitch dalam sistem metric ditentukan oleh jumlah gigi, modul dan sudut kemiringan

$$\begin{aligned} \text{Diameter pitch} &= \text{jumlah gigi} \times \text{modul} \times \sec \text{ sudut kemiringan} \\ &= z \times m \times \sec \beta \end{aligned}$$

- b) Pada sistem Diametral Pitch diameter pitch ditentukan oleh jumlah gigi, diametral pitch, dan sudut kemiringan

$$\begin{aligned} \text{Diameter Pitch} &= \frac{\text{jumlah gigi} \times \sec \text{ sudut miring}}{DP} \\ &= \left( \frac{z \cdot \sec \beta}{DP} \right) \end{aligned}$$

##### 2) Diameter Luar

Diameter luar merupakan diameter bahan awal yang harus dibubut.

- a) Diameter luar = Diameter pitch + (2 x modul)  
 $= (z \times m \times \sec \beta) + (2 \times m)$

$$\begin{aligned} \text{b) Diameter Luar} &= \text{diameter pitch} + \left( \frac{2}{\text{diametral pitch}} \right) \\ &= \left( \frac{z}{DP} \times \sec \beta \right) + \left( \frac{2}{DP} \right) \end{aligned}$$

3) Kisar yang harus dipotong

$$\begin{aligned} \text{Kisar benda kerja} &= \frac{\text{Diameter pitch}}{\text{tg. sudut miring}} \\ &= (DP/\text{tg } \beta) \end{aligned}$$

4) Rasio pemindahan gigi

Rasio pemindahan gigi merupakan perbandingan antara kisar benda kerja dengan kisar mesin. Sudut miring benda kerja merupakan sudut penyetulan juga untuk meja frais. Selanjutnya untuk mencari roda-roda tukar dapat digunakan rumus:

$$U_w = \frac{z_{PG}}{z_{DG}} = \frac{p_l}{p_w}$$

$U_w$  : Perbandingan roda gigi dari roda-roda tukar

$p_l$  : Kisar benda kerja dalam mm

$p_w$  : Kisar sekerup penghantar dari meja frais

$Z_{PG}$  : hasil jumlah gigi dari roda-roda tukar penggerak

$Z_{DG}$  : hasil kali jumlah gigi dari roda-roda tukar yang digerakkan

## b. Pemilihan Pisau Frais

Dalam pengefraisan roda gigi lurus jumlah gigi yang akan difrais dan pitch menentukan jenis pisau yang akan dipakai. Namun demikian dalam pengefraisan roda gigi miring, sudut kemiringan mengakibatkan pitch menjadi lebih besar dibanding dengan roda gigi lurus meskipun pada jumlah dan ukuran gigi yang sama. Oleh karena itu diperlukan jenis pisau yang berbeda pula. Nomor pisau dalam pengefraisan roda gigi miring tidak ditentukan oleh jumlah gigi, namun ditentukan oleh jumlah gigi bayangan pada roda gigi bayangan.

Jumlah gigi bayangan pada roda gigi bayangan dapat dihitung dengan rumusan sebagai berikut;

$$\begin{aligned}\text{Jumlah gigi bayangan} &= (\text{jumlah gigi}/\cos^3 \text{ sudut miring}) \\ &= (z/\cos^3 \beta)\end{aligned}$$

### **c. Pengaturan Roda gigi pengganti**

Pada pengefraisan miring tidak dapat dilepaskan dari pemasangan roda-roda gigi pengganti yang akan menghubungkan gerakan meja mesin frais dan gerakan spindel alat bantu. Roda gigi pertama dipasang pada meja mesin, roda gigi kedua dan ketiga dipasang pada *quadrant plate* dan roda gigi keempat dipasang pada alat bantu yang akan menggerakkan benda kerja (misal kepala pembagi).

Jumlah poros dan jumlah pasangan gigi akan sangat ditentukan oleh arah pemotongan giginya. Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam penpasangan roda gigi antara lain:

- a. telitilah pengunci gerakan plat pembagi
- b. teliti dan pastikan putaran benda kerja dan dan meja pada arah yang benar
- c. yakinkan bahwa roda gigi terpasang dengan benar dan berputar dengan bebas serta tidak terkunci

### **d. Pemasangan Benda Kerja**

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

Penting artinya untuk memastikan bahwa benda kerja terpasang dengan mantap pada mandrel dan mampu menahan gerakan benda dibawah tekanan yang dihasilkan dari proses pemotongan.

#### **e. Setting kesenteran pisau terhadap benda kerja**

Langkah terpenting sebelum mengatur kedudukan meja mesin adalah menempatkan pahat sesumbu dengan benda kerja

#### **f. Setting Meja Mesin**

Meja mesin harus diatur sebesar sudut miring yang akan dipotong.

- 1) untuk roda gigi miring kanan: putar ujung kanan meja mendekati kolom
- 2) untuk roda gigi miring kiri, putar ujung kiri meja mendekati kolom

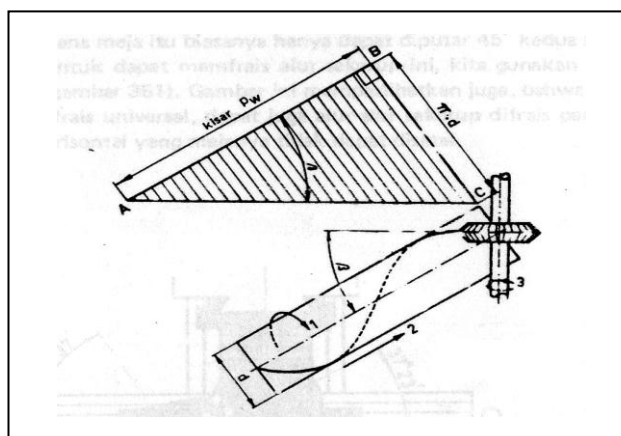
#### **g. Setting kedalaman pemotongan**

Perhitungan kedalaman pemotongan pada pengefraisan roda gigi miring sam dengan kedalaman pemotongan pada roda gigi lurus

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

#### **h. Pemotongan gigi**

Prinsip kerja pemotongan roda gigi miring dapat diilustrasikan dalam gambar berikut:



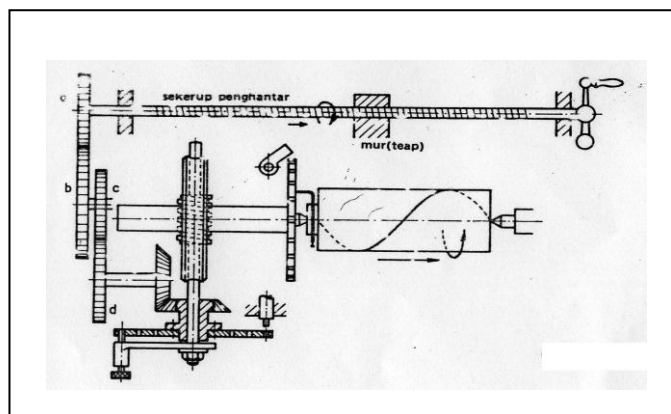
Gambar 2. Prinsip Pembuatan Roda Gigi Helik

Benda kerja membuat gerakan putar sekeliling sumbunya (anak panah 1). Benda kerja memperoleh gerakan putar ini dari poros pembagi (poros roda) dari kepala pembagi. Poros pembaginya digerakkan oleh sekerup penghantar dari meja frais dengan perantaraan roda-roda tukar

Meja frais yang diputar meliputi sudut miring atau sudut penyetelan  $\beta$  melakukan gerakan insutatan yang lamban (anak panah 2). Setelah satu putaran penuh, benda kerja harus sudah bergeser menurut arah panjangnya sepanjang jarak yang sama dengan kisar  $p_w$  dari garis sekerupnya. Pisau frais yang dipasang pada poros frais melakukan gerakan utama penyayatan yang berlawanan (anak panah 3)

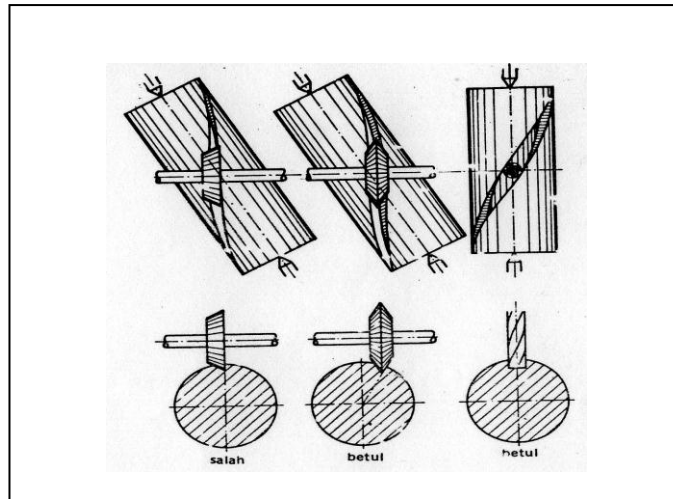
Alur-alur berbentuk sekerup biasanya difrais dengan pisau – pisau frais piringan (kepingan). Frais-frais ini harus serong pada kedua sisinya untuk mencegah terjadinya penyayatan susulan.

Bila langkah sekerupnya harus difrais dengan frais jari, maka tidak terdapat penyayatan susulan. Pemakaian frais jari sering tidak mungkin, masih mempunyai keuntungan juga bahwa meja fraisnya tidak perlu dirubah.



Gambar 3. Urutan Kerja Pembuatan Roda Gigi Helik





Gambar 4. Posisi Penyayatan Pembuatan Roda Gigi Helik

Sudut miring benda kerja merupakan sudut penyetelan juga untuk meja frais. Selanjutnya untuk mencari roda-roda tukar dapat digunakan rumus.

$$U_w = \frac{z_{PG}}{z_{DG}} = \frac{pl}{pw}$$

$U_w$  : Perbandingan roda gigi dari roda-roda tukar

$Pl$  : Kisar benda kerja dalam mm

$Pw$  : Kisar sekerup penghantar dari meja frais

$ZPG$  : hasil jumlah gigi dari roda-roda tukar penggerak

$ZDG$  : hasil kali jumlah gigi dari roda-roda tukar yang digerakkan

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pemotongan roda gigi miring antara lain:

- kecepatan pemakanan lebih rendah daripada kecepatan pemotongan roda gigi nlurus
- putaran pisau diatur sesuai dengan jenis bahan yang akan di frais dan bahan pisau frais
- pemakanan seharusnya dilakukan secara otomatis.

### **c. Rangkuman**

- 1) Ukuran-ukuran utama yang perlu diketahui dan dihitung pada pembuatan roda gigi miring meliputi:
  - a. modul gigi
  - b. diameter jarak bagi, diameter kepala, dan diameter kaki gigi
  - c. tinggi kaki gigi, tinggi kepala, dan tinggi dari gigi menurut standar gigi yang berlaku
  - d. jarak antara poros
  - e. sudut gigi
  - f. angka transmisi, untuk roda gigi yang berpasangan
- 2) Langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam melakukan pengefraisan roda gigi miring antara lain:
  - a. Perhitungan ukuran roda gigi kiring
  - b. Pemilihan pisau frais
  - c. Pemasangan roda gigi pengganti
  - d. Pemasangan benda kerja
  - e. Setting pahat terhadap benda kerja
  - f. Setting meja mesin frais
  - g. Setting dalam pemotongan
  - h. Pemotongan gigi miring

### **d. Tugas**

Lakukan pengamatan pada bengkel, industri atau peralatan-peralatan pemesian dan amati penggunaan roda gigi miring. Analisislah penggunaannya, keuntungan dan kerugiannya

**e. Tes Formatif**

- 1) Jelaskan bagian-bagian utama roda gigi miring
- 2) Faktor apa yang paling menentukan dalam pemilihan pisau dalam pengefraisan roda gigi miring ? Jelaskan dan berikan alasannya
- 3) Roda gigi miring mempunyai putaran poros penggerak 1200 rpm, angka transmisi 3, jumlah gigi 20, modul normal 2 dan sudut gigi 18. Tentukan ukuran dasar roda gigi tersebut.

**f. Kunci Jawaban Tes Formatif**

- 1) Bagian-bagian utama roda gigi miring antarlain: modul gigi, diameter jarak bagi, diameter kepala, dan diameter kaki gigi, tinggi kaki gigi, tinggi kepala, dan tinggi dari gigi menurut standar gigi yang berlaku, jarak antara poros, sudut gigi, dan angka transmisi, untuk roda gigi yang berpasangan
- 2) Jumlah gigi bayangan
- 3) a. diameter jarak bagi 42,056  
b. diameter kepala gigi 46,056  
c. diameter kaki gigi 37,056  
d. modul normal 2  
e. modul arah 2,1028  
f. tinggi kepala gigi 2  
g. tinggi kaki gigi 2,5  
h. tinggi gigi 4,5  
i. sudut gigi 18  
j. lebar gigi 24 mm