

MODUL AJAR
PRAKTEK PROSES PEMESINAN DASAR
PRAKTEK PEMBUATAN RODA GIGI LURUS (*SPUR GEAR*)
MENGGUNAKAN MESIN FRAIS KONVENSIONAL



Disusun oleh

Erwansyah, S.S.T., M.T.

Zaldy Sirwansyah Suzen, S.S.T., MT



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BANGKA BELITUNG

Kawasan Industri Airkantung Sungailiat – Bangka 33211; Telp. 0717-93586; Fax. 0727-93585;
Email: polman@polman-babel.ac.id; Website: www.polman-babel.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN
MODUL AJAR PRAKTEK PROSES PEMESINAN DASAR

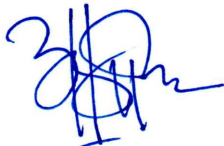
**PRAKTEK PEMBUATAN RODA GIGI LURUS (SPUR
GEAR) MENGGUNAKAN MESIN FRAIS
KOMPENSIONAL**

IDENTITAS MODUL

Nama Mata Kuliah : Praktek Proses Proses Pemesinan Dasar
Kode Mata Kuliah : KUR210105
Semester : Genap Tahun 2024-2025
Pembuat Modul : 1. Erwansyah, S.S.T., M.T.
2. Zaldy Sirwansyah Suzen, S.S.T., M.T.
NIP/NIDN : 1. 197410012014041001/0201107401
2. 198005262021211004/0226058001

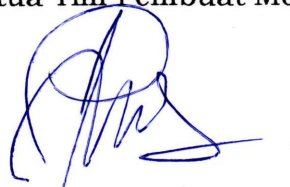
Dinyatakan sah dan dapat digunakan.

Menyetujui
Koordinator Program Studi,



Boy Rollastin, S.Tr., M.T.
198312302019031005

Sungailiat, 1 Februari 2025
Ketua Tim Pembuat Modul,



Erwansyah, S.S.T., M.T.
197410012014041001

HALAMAN PENGESAHAN
MODUL AJAR PRAKTEK PROSES PEMESINAN DASAR

PRAKTEK PEMBUATAN RODA GIGI LURUS (*SPUR GEAR*) MENGGUNAKAN MESIN FRAIS KOMPENSIONAL

IDENTITAS MODUL

Nama Mata Kuliah : Praktek Proses Proses Pemesinan Dasar
Kode Mata Kuliah : KUR210105
Semester : Genap Tahun 2024-2025
Pembuat Modul : 1. Erwansyah, S.S.T., M.T.
2. Zaldy Sirwansyah Suzen, S.S.T., M.T.
NIP/NIDN : 1. 197410012014041001/0201107401
2. 198005262021211004/0226058001

Dinyatakan sah dan dapat digunakan.

Menyetujui
Koordinator Program Studi,

Sungailiat, 1 Februari 2025
Ketua Tim Pembuat Modul,

Boy Rollastin, S.Tr., M.T.
198312302019031005

Erwansyah, S.S.T., M.T.
197410012014041001

KATA PENGANTAR

Modul ini disusun berdasarkan kurikulum Program Studi Diploma 4 Teknik Mesin dan Manufaktur Jurusan Rekayasa Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung tahun 2021. Mahasiswa diharapkan dapat mempelajari materi yang ada di dalam modul ini secara mandiri dan disisi lain dapat digunakan oleh dosen sebagai panduan dalam mengajarkan keterampilan praktek proses pembuatan roda gigi lurus pada suatu proses produk manufaktur menggunakan mesin frais konvensional.

Praktik proses pembuatan roda gigi lurus merupakan mata kuliah yang diajarkan pada mahasiswa semester dua di program studi Teknik Mesin dan Manufaktur yang meliputi penggunaan mesin frais konvensional untuk membuat sebuah roda gigi lurus, yang dilakukan selama 20 jam pertemuan.

Adapun tujuan akhir dari mata kuliah Praktik proses pembuatan roda gigi lurus ini yaitu mahasiswa terampil membuat roda gigi lurus menggunakan mesin frais konvensional. Selain itu, kemampuan tersebut mendukung dalam mengikuti mata kuliah selanjutnya yaitu Praktik perbaikan suku cadang mesin-mesin perkakas, dimana dalam penggunaan mesin-mesin perkakas terkadang mengalami kerusakan salah satunya pada roda gigi lurus sebagai penggerak dari mesin tersebut.

Akhirnya, kami mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penyusunan modul ini.

Penyusun

DAFTAR PUSTAKA

KATA PENGANTAR	3
Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL)	5
Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)	5
Sub- CPMK (20 x 50 menit / 20 JP)	5
Indikator Pembelajaran:	5
Pokok Bahasan	6
A. Fungsi dan Prinsip Kerja Roda Gigi	7
B. Syarat Roda Gigi bisa bekerja sama	9
C. Keuntungan dan Kerugian Penggunaan Roda Gigi Lurus	10
D. Spesifikasi Roda Gigi Lurus	11
E. Pembagian menggunakan Kepala Pembagi di Mesin Frais	13
F. Perencanaan Roda Gigi Lurus	15
G. Setting dan Pemotongan Roda Gigi Lurus	19
H. Lembar Kerja	23
I. Evaluasi	23
J. Umpan Balik dan Tindaklanjut	24
EVALUASI	25
KUNCI JAWABAN	26
DAFTAR PUSTAKA	30

Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL)

Mampu menerapkan pengetahuan matematika, konsep fisika, ilmu bahan/material, teknologi pemesinan dan rekayasa untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif tentang prinsip-prinsip rekayasa manufaktur. Mampu menerapkan metode penyelesaian, dan menguasai pengoperasian alat-alat teknik modern yang diperlukan untuk aktivitas rekayasa manufaktur. Mampu bekerja secara mandiri dan berkelompok dalam tim lintas disiplin dan /atau lintas budaya.

Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)

Setelah mengikuti mata kuliah ini diharapkan mahasiswa memahami dan memiliki pengalaman melakukan praktikum proses pengerjaan benda kerja logam pada bidang datar menggunakan mesin Frais Bore.

Sub- CPMK (20 x 50 menit / 20 JP)

Mahasiswa memiliki pengalaman melakukan praktikum mengoperasikan mesin frais (*milling machine*) serta membuat produk berbentuk roda gigi lurus menggunakan mesin frais konvensional dengan tuntutan produk yang dibuat memiliki kualitas produk dalam hal pemenuhan spesifikasi ukuran dan bentuk produk (*quality control*)

Indikator Pembelajaran:

1. Mampu menjelaskan fungsi dan prinsip kerja roda gigi lurus.
2. Mampu mengidentifikasi jenis, ukuran, dan spesifikasi roda gigi lurus serta membaca dan menafsirkan gambar kerja roda gigi lurus.
3. Mampu menyiapkan alat dan bahan untuk pembuatan roda gigi lurus sesuai prosedur.
4. Mampu mengatur parameter mesin frais sesuai kebutuhan pembuatan roda gigi, dan melakukan setting benda kerja dan cutter modul di mesin frais dengan tepat.
5. Mampu melakukan proses pemotongan gigi pada benda kerja secara sistematis.
6. Mampu memeriksa hasil pembuatan roda gigi menggunakan alat ukur dan mengevaluasi hasil kerja dan melakukan perbaikan jika ditemukan kesalahan.
7. Mampu menerapkan keselamatan kerja selama praktik pembuatan roda gigi

Pokok Bahasan

- Fungsi dan prinsip kerja roda gigi
- Keuntungan dan kerugian penggunaan roda gigi lurus
- Spesifikasi roda gigi lurus
- Pembagian menggunakan kepala pembagi di mesin frais
- Perencanaan roda gigi lurus
- Setting dan pemotongan roda gigi
- Pemeriksaan roda gigi hasil pemotongan
- Keselamatan dan Kesehatan kerja pembuatan roda gigi lurus
- Praktikum

A. Fungsi dan Prinsip Kerja Roda Gigi

Fungsi Roda Gigi

Fungsi roda gigi secara umum diantaranya adalah:

1. Meneruskan putaran dan daya; roda gigi digunakan untuk mentransmisikan gerak putar dari satu poros ke poros lainnya. Dalam sistem mesin, ini memungkinkan mesin untuk menggerakkan komponen lainnya.
2. Mengubah kecepatan putaran; dengan mengubah ukuran (jumlah gigi) roda gigi yang berpasangan, roda gigi dapat menaikkan atau menurunkan kecepatan putar. misalnya:
 - Roda gigi besar memutar roda gigi kecil → kecepatan naik, torsi turun.
 - Roda gigi kecil memutar roda gigi besar → kecepatan turun, torsi naik.
3. Mengubah arah putaran; jika dua roda gigi lurus dipasangkan, arah putaran poros penggerak dan poros yang digerakkan akan berlawanan.
4. Mengatur torsi (momen putar); roda gigi bisa meningkatkan torsi yang dibutuhkan untuk menggerakkan beban, sesuai dengan rasio roda giginya.
5. Mentransmisikan gerak dengan presisi; roda gigi banyak digunakan pada mesin perkakas dan jam karena mampu mentransmisikan gerak dengan akurasi tinggi tanpa slip.

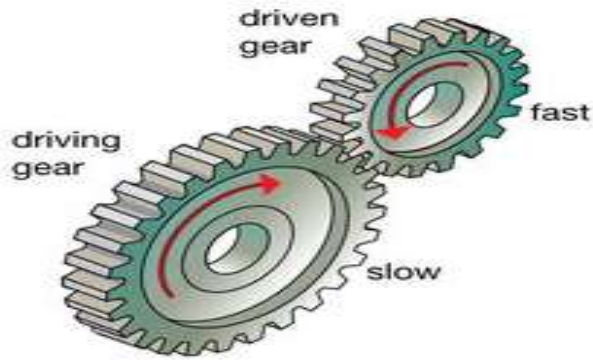
Prinsip Kerja Roda Gigi

Roda gigi bekerja berdasarkan kontak langsung antar gigi (*tooth*) yang saling bersinggungan.

Prinsip dasar kerjanya adalah:

A. Intermeshing / Engagement atau Interaksi

- Dua roda gigi saling bertautan dengan susunan gigi yang saling masuk satu sama lain.
- Saat satu roda gigi (gear A) diputar, gigi pada gear A akan mendorong gigi pada gear B, menyebabkan gear B ikut berputar.



Gambar 1. Interaksi roda gigi

B. Hukum Kecepatan Sudut

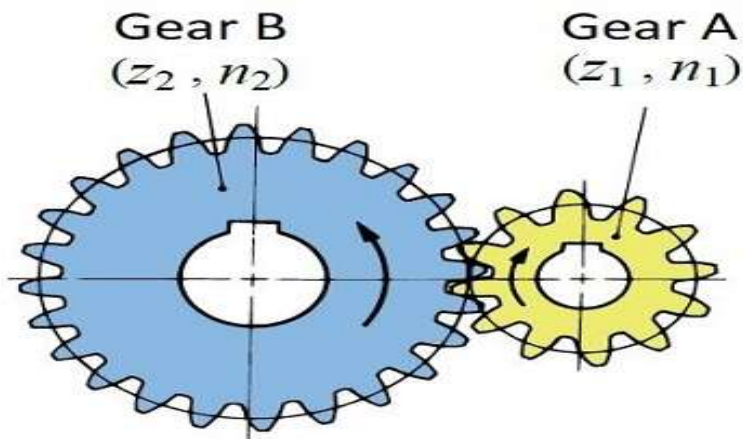
Rasio kecepatan putar dua roda gigi ditentukan oleh jumlah gigi masing-masing roda, dengan rasio:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

dimana:

N_1, N_2 = Kecepatan putaran roda 1 dan roda 2

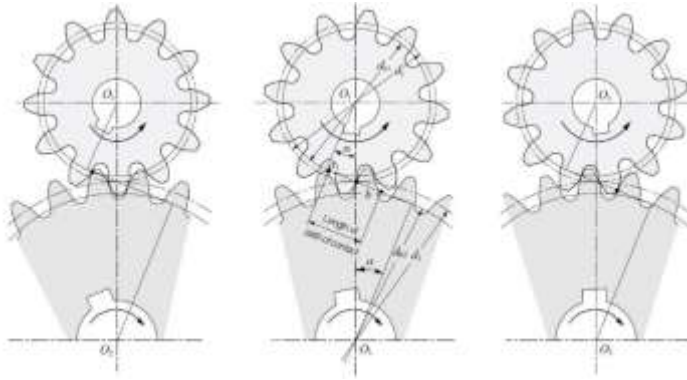
Z_1, Z_2 = Jumlah gigi roda 1 dan roda 2



Gambar 2. Rasio kecepatan putar roda gigi

C. Profil Gigi Involute

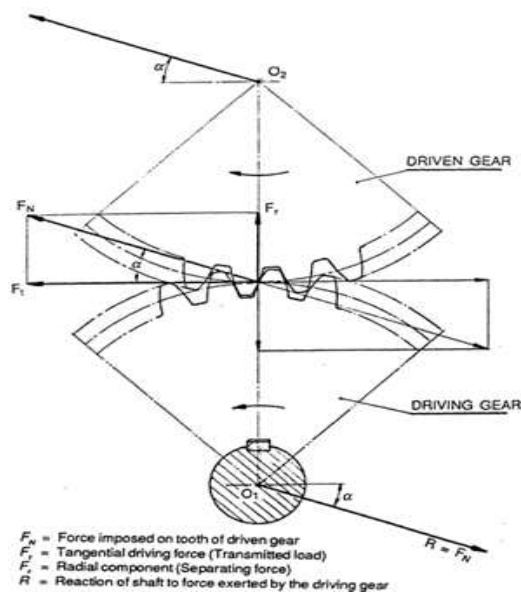
Profil gigi umumnya menggunakan bentuk involute, karena memberikan transmisi kecepatan sudut yang konstan selama gigi bersinggungan. Hal ini menghasilkan gerak halus dan efisien, serta mencegah keausan dini.



Gambar 3. Kurva involute

D. Kontak dan Gaya

Kontak antara gigi menciptakan gaya dorong dan momen torsi yang diteruskan dari satu roda ke roda lainnya. Gaya ini tegak lurus terhadap permukaan gigi saat bersentuhan, memungkinkan transfer tenaga yang efisien.



Gambar 4. Kontak dan gaya pada roda gigi lurus

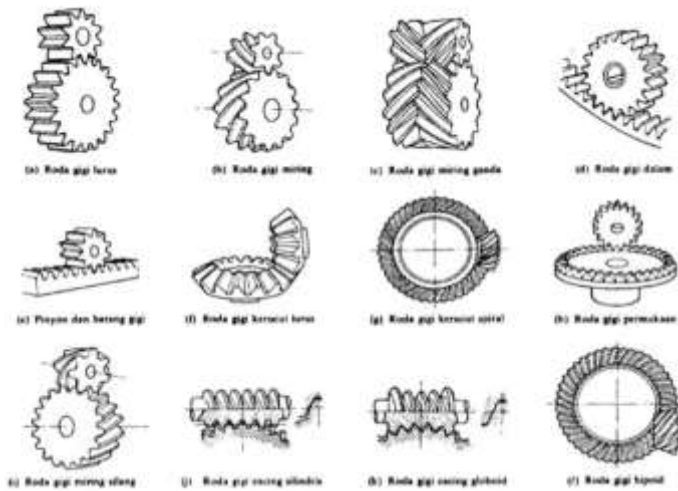
Beberapa contoh Penerapan Roda Gigi Lurus

- Mesin bubut/manual → mentransmisikan putaran ke spindle.
- Transmisi kendaraan → mengatur percepatan mobil/motor.
- Jam mekanik → mengatur kecepatan gerak jarum.
- Mesin industri → menggerakkan conveyor atau pompa.

B. Syarat Roda Gigi bisa bekerja sama

Untuk bisa bekerja sama dengan baik antar roda gigi, maka ada beberapa hal yang cukup penting yang harus diperhatikan, diantaranya adalah:

1. Profil gigi roda gigi yang berhubungan harus sama. Contohnya roda gigi lurus harus berpasangan dengan roda gigi lurus, roda gigi heliks berpasangan dengan roda gigi heliks, dan lain-lain.



Gambar 5. Profil roda gigi

2. Besaran atau ukuran modul gigi harus sama. Jika salah satu roda gigi menggunakan salah satu ukuran modul (misalnya modul 1) maka pasangannya juga harus menggunakan modul dengan besaran modul yang sama juga (modul 1).



Gambar 6. Besaran atau ukuran modul

3. Sudut tekanan harus sama (sudut perpindahan daya antar gigi). Jika salah satu roda gigi menggunakan modul dengan sudut tekanan 20° misalkan, maka pasangannya juga harus menggunakan modul dengan sudut tekanan dengan besaran sudut tekanan yang sama juga.



Gambar 7. Besaran atau ukuran sudut tekanan modul

C. Keuntungan dan Kerugian Penggunaan Roda Gigi Lurus

Keuntungan dan kerugian penggunaan roda gigi lurus jika dibandingkan dengan roda gigi jenis yang lain

Keuntungan:

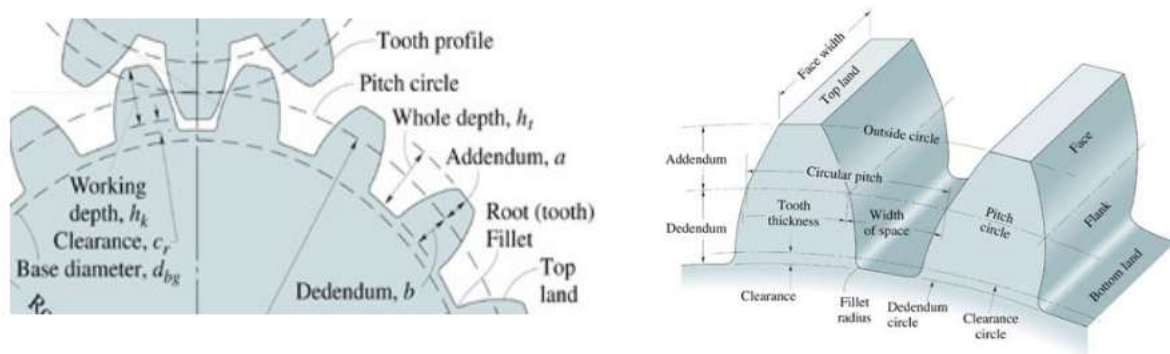
- Tidak menyebabkan timbulnya gaya aksial yang merupakan tambahan bagi bantalan.
- Daya gunanya lebih tinggi
- Lebar gigi dapat dibuat lebih besar, dengan demikian besarnya tekanan permukaan pada bidang sentuh yang menyebabkan keausan dapat diperkecil

Kerugian:

- Berisik, terutama dalam putaran tinggi
- Kemampuan tranmisi kecil dibandingkan dengan roda gigi heliks
- Peka terhadap kesalahan bentuk gigi
- Peka terhadap beban tambahan yang bersifat dinamik yang artinya cenderung mudah bergerak dan patah

D. Spesifikasi Roda Gigi Lurus

Spesifikasi roda gigi lurus (*spur gear*) adalah parameter teknis yang digunakan untuk menggambarkan ukuran dan karakteristik teknis roda gigi. Parameter teknis yang digunakan adalah untuk menentukan dimensi, bentuk, dan kemampuan kerja roda gigi.



Gambar 8. Bagian-bagian roda gigi lurus

Spesifikasi utama roda gigi lurus diantaranya:

1. Modul (m)

Modul adalah perbandingan antara diameter *pitch* (diameter lingkaran *pitch*) dengan jumlah gigi. Modul merupakan satuan standar untuk roda gigi dalam sistem metrik dimana semakin besar modul, semakin besar ukuran gigi.

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

Di mana:

m = modul (dalam mm)

d = diameter *pitch* (*pitch diameter*)

Z = jumlah gigi

2. Jumlah Gigi (Z)

Jumlah gigi menunjukkan berapa banyak gigi yang dimiliki roda gigi dan mempengaruhi rasio transmisi dan kecepatan rotasi.

3. *Pitch Diameter* (d)**

Diameter lingkaran *pitch* adalah lingkaran imajiner dimana dua roda gigi bersinggungan dan mentransmisikan gaya. Semakin besar *pitch diameter* maka akan semakin besar juga roda gigi.

$$d = m * Z$$

4. Diameter Luar Roda Gigi (*Outside Diameter*) (Dl)

Diameter luar roda gigi adalah diameter terluar roda gigi atau ujung-ujung gigi.

$$Dl = (Z + 2) * m$$

5. *Root Diameter* / Diameter Kaki (df)

Diameter dasar gigi atau diameter kaki adalah diameter ujung bawah gigi.

$$df = d - 2,5m$$

6. *Pitch Lingkaran* (*Circular Pitch*, p)

Pitch lingkaran adalah jarak sepanjang lingkaran *pitch* antara satu gigi dan gigi berikutnya.

$$p = \pi * m$$

7. Tinggi Gigi (*Total Depth*, h)

Total *depth* adalah tinggi gigi ditambah dengan *clearence*

$$h = h_a + h_f$$

$$h_a = 1 * m$$

$$h_f = (1 * m) + ac$$

$$ac = (0,1 - 0,2) * m$$

$$h_f = (1,1 - 1,2) * m$$

$$h = (2,1 - 2,2) * m$$

8. Tebal Gigi (*Tooth Thickness, s*)

Tebal gigi adalah lebar satu gigi di sepanjang lingkaran pitch. Dalam kondisi standar, tebal gigi = setengah *pitch* (jika tidak mengalami *backlash*).

$$s = \frac{1}{2} * p$$

9. Sudut Tekan (*Pressure Angle, α*)

Sudut tekan menentukan bentuk dan gaya kontak antar gigi dan berpengaruh pada kekuatan dan kehalusan kerja roda gigi. Besaran sudut tekan umumnya 20° (standar ISO/DIN), atau kadang 14,5° (sistem lama).

10. Lebar Gigi (*Face Width, b*)

Lebar gigi adalah lebar permukaan gigi yang bersinggungan. Lebar gigi mempengaruhi kemampuan roda gigi menahan beban → makin lebar, makin kuat.

$$b = (6 - 8) * m ==> \text{untuk otomotive}$$

$$b = (9 - 12) * m ==> \text{untuk mesin perkakas}$$

11. Bahan Roda Gigi

Material umum untuk pembuatan roda gigi: baja karbon, baja paduan, kuningan, plastik teknik (untuk beban ringan).

Secara khusus material roda gigi pemilihan bahan roda gigi tergantung aplikasi, kecepatan, beban, dan keausan.

E. Pembagian menggunakan Kepala Pembagi di Mesin Frais

Kepala pembagi (*dividing head*) adalah alat bantu yang digunakan untuk melakukan pembagian pada benda yang akan dilakukan pemotongan pada mesin frais. Benda yang akan dilakukan pembagian pada kepala pembagi adalah benda silindris yang jika dicekam menggunakan ragum maka proses pembagian pemotongannya akan menjadi sulit dan kurang prosisi.

Berdasarkan jenisnya kepala pembagi dibagi menjadi 2 berdasar rasio pembagiannya:

1. Kepala pembagi dengan system pembagian langsung (*direct dividing head*), merupakan kepala pembagi dengan rasio 1: 1



Gambar 9. Kepala pembagi pembagian langsung

2. Kepala pembagi dengan system pembagian tidak langsung (*indirect dividing head*), merupakan kepala pembagi dengan rasio tidak 1:1. Secara umum dipasaran rasio yang tersedia 40:1, 60:1, 90:1, dan 120:1.



Gambar 10. Kepala pembagi pembagian tidak langsung

Menggunakan kepala pembagi dengan sistem pembagian tidak langsung yang ada, dapat dilakukan 3 jenis pembagian berdasarkan kebutuhan pembagian produk yang akan dibuat.

1. Pembagian Radial, adalah adalah proses pembagian yang dilakukan dengan dasar perhitungan jumlah pembagian/jumlah gigi. Rumus yang digunakan adalah:

$$Nc = \frac{i}{Z}$$

Dimana:

Nc = putaran engkol kepala pembagi

i = rasio kepala pembagi

Z = jumlah gigi/jumlah pembagian

2. Pembagian Sudut; adalah proses pembagian yang dilakukan dengan dasar perhitungan besaran sudut pembagian.

$$Nc = \frac{\alpha}{\theta}$$

Dimana:

α = besarnya sudut pembagian

θ = sudut pembagi, besarnya tergantung rasio kepala pembagi (9° untuk rasio KP 40:1; 6° untuk rasio KP 60:1; 4° untuk rasio KP 90:1 dan 3° untuk rasio KP 120:1)

3. Pembagian Deferensial; adalah proses pembagian yang hanya dilakukan apabila pembagian Radial sudah tidak bisa dilakukan lagi

$$Nc = \frac{i}{Z'}$$

$$R = ik * nc * (Z' - Z) = \frac{Z1 Z3}{Z2 Z4}$$

Dimana:

i = rasio kepala pembagi

Z' = jumlah gigi/jumlah pembagian (bayangan/toleransi) dengan toleransi + 17% dan - 13% terhadap Z

ik = rasio roda gigi payung kepala pembagi

$Z1$; $Z2$; $Z3$ dan $Z4$ = roda gigi pengubah

F. Perencanaan Roda Gigi Lurus

Perencanaan roda gigi lurus dibedakan berdasarkan jenis pembagian yang akan digunakan. Berikut contoh perencanaan roda gigi lurus.

1. Perencanaan roda gigi lurus menggunakan pembagian radial

Akan dibuat sebuah roda gigi lurus untuk kebutuhan mesin perkakas dengan jumlah gigi (Z) sebanyak 30 gigi dengan besaran modul 2, buat perencanaan roda gigi tersebut.

Data pendukung yang dimiliki:

Rasio Kepala Pembagi (i) = 40:1

Plat indeks: 16,17,18,19,20,21,23,27,29,31,33,37,39,41,43,47,49

Roda gigi pengubah (Z): 24 (2pcs), 28 (2pcs), 32 (2pcs), 40 (2pcs), 44, 48 (2pcs), 56, 64 (2pcs), 72 (2pcs), 86 (2pcs), 100

Penyelesaian:

- Diameter luar (Dl)

$$Dl = (Z + 2) * m$$

$$Dl = (30 + 2) * 2$$

$$Dl = 32 * 2 = 64 \text{ mm}$$

- Tebal gigi (b)

$$b = (9 - 12) * m$$

$$b = (9 - 12) * 2$$

$$b = 18 - 24 \text{ mm}$$

- Kedalaman gigi (h)

$$h = (2,1 - 2,2) * m$$

$$b = (2,1 - 2,2) * 2$$

$$b = 4,1 - 4,4 \text{ mm}$$

- Putaran engkol (Nc)

$$Nc = \frac{i}{Z} = \frac{40}{30}$$

$$Nc = 1\frac{1}{3} = 1 \text{ putaran} + 1/3 \text{ putaran}$$

$$Nc = 1 \text{ putaran} + 6/18 \text{ putaran b}$$

$$1 \text{ putaran} + 6 \text{ jarak lubang pada plat indeks 18}$$

2. Perencanaan roda gigi lurus menggunakan pembagian sudut

Akan dibuat sebuah roda gigi lurus untuk kebutuhan mesin perkakas dengan jumlah gigi (Z) sebanyak 24 gigi dengan besaran modul 1.5, buat perencanaan roda gigi tersebut (gunakan pembagian sudut untuk putaran engkol kepala pembaginya).

Data pendukung yang dimiliki:

Rasio Kepala Pembagi (i) = 60:1

Plat indeks: 16,17,18,19,20,21,23,27,29,31,33,37,39,41,43,47,49

Roda gigi pengubah (Z): 24 (2pcs), 28 (2pcs), 32 (2pcs), 40 (2pcs), 44, 48 (2pcs), 56, 64 (2pcs), 72 (2pcs), 86 (2pcs), 100

Penyelesaian:

- Diameter luar (Dl)

$$Dl = (Z + 2) * m$$

$$Dl = (24 + 2) * 1,5$$

$$Dl = 26 * 1,5 = 39 \text{ mm}$$

- Tebal gigi (b)

$$b = (9 - 12) * m$$

$$b = (9 - 12) * 1,5$$

$$b = 13,5 - 18 \text{ mm}$$

- Kedalaman gigi (h)

$$h = (2,1 - 2,2) * m$$

$$b = (2,1 - 2,2) * 1,5$$

$$b = 3,15 - 3,3 \text{ mm}$$

- Putaran engkol (Nc)

$$Nc = \frac{\alpha}{\theta} = \frac{360^\circ/24}{6^\circ} = \frac{15^\circ}{6^\circ}$$

$$Nc = 2\frac{1}{2} = 2 \text{ putaran} + 1/2 \text{ putaran}$$

$$Nc = 2 \text{ putaran} + 9/18 \text{ putaran}$$

$$1 \text{ putaran} + 9 \text{ jarak lubang pada plat indeks } 18$$

3. Perencanaan roda gigi lurus menggunakan pembagian deferensial

Akan dibuat sebuah roda gigi lurus untuk kebutuhan mesin perkakas dengan jumlah gigi (Z) sebanyak 51 gigi dengan besaran modul 1,25, buat perencanaan roda gigi tersebut.

Data pendukung yang dimiliki:

Rasio Kepala Pembagi (i) = 40:1

Rasio Roda Gigi Payung Kepala Pembagi (ik) = 1:1

Plat indeks: 16,17,18,19,20,21,23,27,29,31,33,37,39,41,43,47,49

Roda gigi pengubah (Z): 24 (2pcs), 28 (2pcs), 32 (2pcs), 40 (2pcs), 44, 48 (2pcs), 56, 64 (2pcs), 72 (2pcs), 86 (2pcs), 100

Penyelesaian:

- Diameter luar (Dl)

$$Dl = (Z + 2) * m$$

$$Dl = (51 + 2) * 1,25$$

$$Dl = 53 * 1,25 = 66,25 \text{ mm}$$

- Tebal gigi (b)

$$b = (9 - 12) * m$$

$$b = (9 - 12) * 1,25$$

$$b = 11,25 - 15 \text{ mm}$$

- Kedalaman gigi (h)

$$h = (2,1 - 2,2) * m$$

$$b = (2,1 - 2,2) * 1,25$$

$$b = 2,625 - 2,75 \text{ mm}$$

- Putaran engkol (Nc)

Sebelum dihitung menggunakan pembagian deferensial, harus dipastikan lebih dahulu apakah bisa dilakukan menggunakan pembagian radial (syarat pembagian radial adalah ketersediaan plat indeks)

$$Nc = \frac{i}{Z} = \frac{40}{51}$$

$Nc = 40$ jarak lubang pada plat indeks 51

Berdasarkan data plat indeks yang tersedia, plat indeks dengan jumlah lubang 51 tidak tersedia maka pembagian radial tidak bisa dilakukan. Karena plat indeks 51 tidak tersedia maka pembagian roda gigi akan dilakukan menggunakan pembagian deferensial.

$$Z' = -13\% Z \text{ s.d. } +17\%Z$$

$$Z' = -13\% * 51 \text{ s.d. } +17\% * 51$$

$$Z' = 44,37 \text{ s.d. } 57,63$$

Maka Z' yang bisa digunakan adalah 45, 56, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 55, 56, 57

Dari sekian banyak Z' yang bisa digunakan bisa dipilih salah satu yang bisa menghasilkan putaran engkol dengan plat indeks yang tersedia serta rangkaian roda gigi pengubah berdasarkan roda gigi pengubah yang tersedia pula.

$$Nc = \frac{i}{Z} = \frac{40}{50} = \frac{4}{5} = \frac{4 * 4}{5 * 4} = \frac{16}{20}$$

$Nc = 16$ jarak lubang pada plat indeks 20

Karena putaran engkol kepala pembagi tersedia plat indeksnya maka selanjutnya dilanjutkan dengan menghitung rangkaian roda gigi pengubahnya.

$$R = ik * nc * (Z' - Z) = \frac{Z1 Z3}{Z2 Z4}$$

$$R = \frac{1}{1} * \frac{4}{5} * (51 - 50) = \frac{1 * 4 * 1}{1 * 5 * 1}$$

$$R = \frac{1 * 4}{1 * 5} = \frac{(1 * 24)(4 * 8)}{(1 * 24)(5 * 8)} = \frac{24 * 32}{24 * 40}$$

Maka

$$Z1 = 24$$

$$Z2 = 24$$

$$Z3 = 32$$

$$Z4 = 40$$

Dari sekian banyak Z' selain Z' yang telah digunakan, masih bisa dihitung lagi apakah masih ada Z' yang tersedia yang bisa digunakan untuk mengerjakan roda gigi ini.

G. Setting dan Pemotongan Roda Gigi Lurus

Untuk mendapatkan hasil yang baik pada pembuatan roda gigi lurus, salah satu hal yang juga harus dilakukan adalah melakukan penyetingan dan pemotongan dengan benar.

Penyetingan yang harus dilakukan diantaranya:

1. Setting besaran putaran mesin (rpm)

Besaran putaran mesin bisa dihitung menggunakan rumus:

$$n = \frac{Vc}{\pi * d}$$

Dimana:

Vc = kecepatan potong (m/mnt)

d = diameter alat potong (mm)

2. Penyetingan kepala pembagi

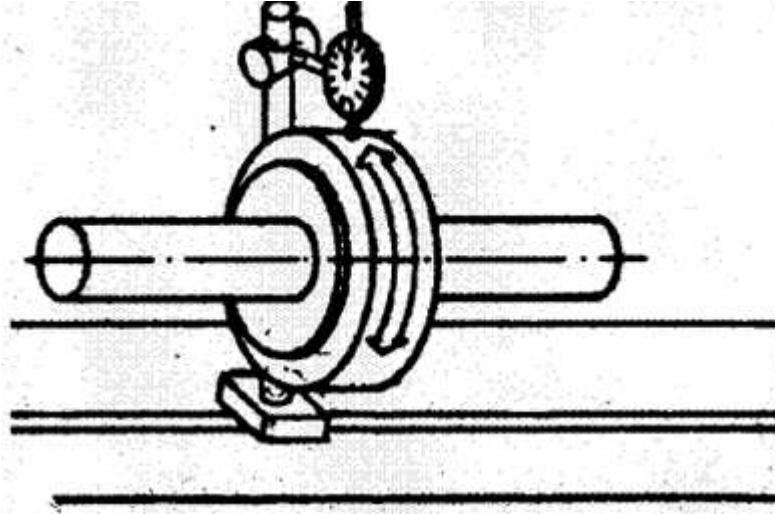
Penyetingan yang dilakukan pada kepala pembagi sebelum dilakukan pemotongan roda gigi diantaranya:

- *Setting* kedataran kepala pembagi terhadap meja mesin dan sumbu alat potong. Untuk mendapatkan hasil yang terbaik bisa digunakan *dial indicator* untuk memastikan posisi kepala pembagi sudah dalam kondisi datar terhadap meja dan sumbu alat potong.



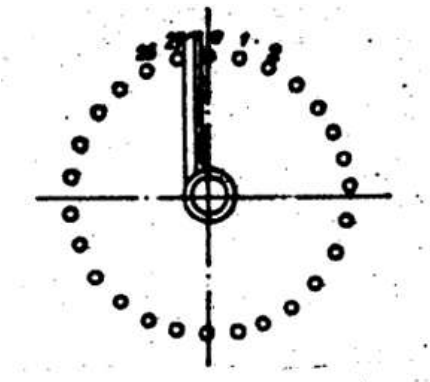
Gambar 11. *Setting* kedataran kepala pembagi

- Setting kesentrisan benda kerja terhadap putaran kepala pembagi menggunakan *dial indicator*.



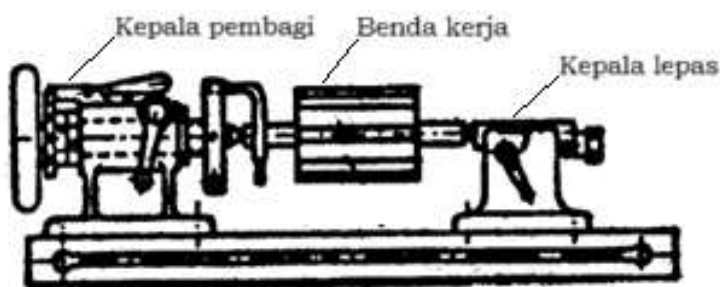
Gambar 12. *Setting* kesentrisan benda dengan kepala pembagi

- *Setting* posisi nol engkol kepala pembagi dan pembatas gerakan untuk pemotongan gigi selanjutnya.



Gambar 13. *Setting* engkol kepala pembagi dan pembatas gerakannya

- Pasang benda yang akan difrais pada kepala pembagi dan gunakan kepala lepas untuk memastikan benda tercekam dengan kondisi yang lebih baik



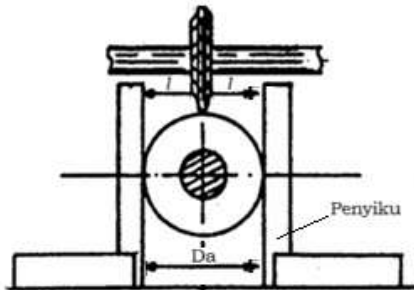
Gambar 14. Pemasangan benda pada kepala pembagi dan kepala lepas

3. Penyetingan kesumbuan benda terhadap alat potong

Setting kesumbuan benda yang akan dipotong dengan sumbu kepala pembagi.

Setting kesumbuan benda yang akan dipotong dengan sumbu kepala pembagi dapat dilakukan menggunakan alat bantu penyiku dan pergeseran alat potong dapat dilakukan dengan besar pergeseran:

$$l = \frac{1}{2} Da - \frac{1}{2} \text{ tebal cutter}$$



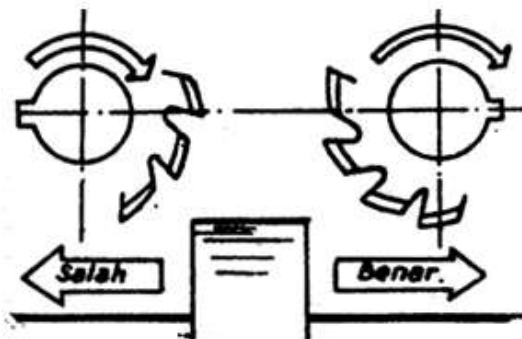
Gambar 15. Setting kesumbuan benda

4. Penyetingan kedalaman pemotongan

- Setting kedalaman pemotongan terhadap benda yang akan dipotong dengan cara menyentuh cutter modul dalam kondisi berputar ke benda kerja, kemudian nol-kan eretan meja.
- Tambahkan kedalaman pemotongan yang akan dilakukan dengan memutar eretan sebesar nilai kedalaman pemotongan yang telah dihitung sebelumnya pada proses perencanaan.
- Kedalaman pemotongan dilakukan sebesar $h = (2,1 - 2,2) * m$

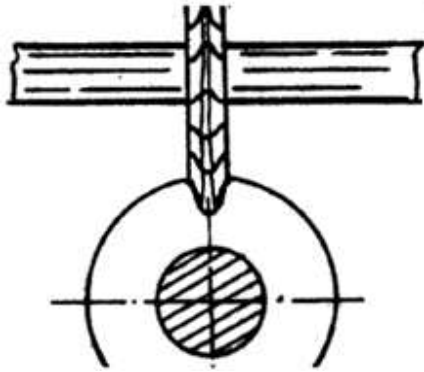
5. Pemotongan benda

- Atur arah putaran cutter sebelum melakukan pemotongan, gunakan metode pemotongan berlawanan arah.



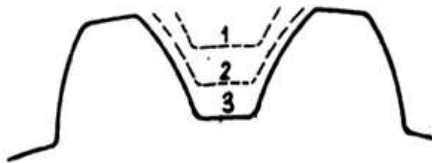
Gambar 16. Pengaturan arah putaran cutter

- Lakukan pemotongan alur pertama dengan kedalaman sesuai dengan perhitungan.



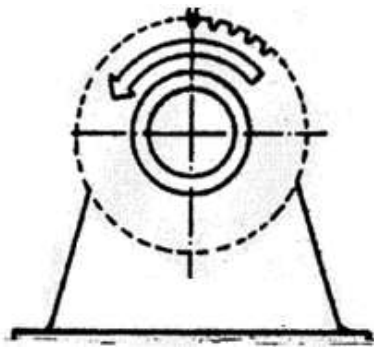
Gambar 17. Pemotongan alur pertama roda gigi

- Jika pemotongan yang akan dilakukan cukup dalam dikarenakan besaran ukuran cutter modul, maka pemotongan kedalaman alur gigi bisa dilakukan bertahap.



Gambar 18. Pemotongan alur gigi bertahap

- Pemotongan gigi selanjutnya dilakukan satu persatu dengan terlebih dahulu dilakukan dengan pemindahan engkol dengan tepat sesuai besaran engkol (nc).



Gambar 19. Pemotongan alur gigi selanjutnya

- Lakukan pemotongan sampai semua gigi terbentuk sesuai jumlah gigi yang telah direncanakan.
6. Lepas benda dari kepala pembagi setelah semua gigi selesai diproses. Hilangkan bagian-bagian yang tajam akibat proses pemotongan (*debured*) menggunakan kikir.



Gambar 20. Penghilangan bagian-bagian yang tajam (*debured*)

H. Lembar Kerja

Tujuan:

Terampil merencanakan dan membuat roda gigi lurus

Peralatan yang digunakan:

- Peralatan tulis (pensil/pulpen, buku catatan, penggaris, kalkulator, dll)
- Mesin frais horizontal/universal dan perlengkapan pembuatan roda gigi
- Mesin bubut
- Jangka Sorong kecermatan 0.02mm
- Benda kerja latihan

Lembar Kerja

1. Siapkan kertas kerja/buku catatan
2. Buat perencanaan pembuatan roda gigi
3. Siapkan mesin bubut dan lakukan pembubutan benda sesuai parameter roda gigi yang telah dihitung pada perencanaan
4. Lakukan penyetingan peralatan pembuatan roda gigi dan penyetingan pemotongan
5. Lakukan pemotongan roda gigi lurus satu persatu hingga selesai
6. Hilangkan bagian-bagian yang tajam karena proses pemotongan, pastikan roda gigi yang telah dibuat sesuai perencanaan yang telah dibuat.

I. Evaluasi

Untuk mengetahui sampai dimana tingkat pemahaman terhadap materi pembelajaran, maka:

1. Buatlah perencanaan sebuah roda gigi lurus untuk kebutuhan mesin perkakas jika diberikan sebuah material st.37 dengan diameter 80mm dan ketebalan 30mm (modul dan jumlah gigi yang akan dibuat tentukan sendiri).

J. Umpan Balik dan Tindaklanjut

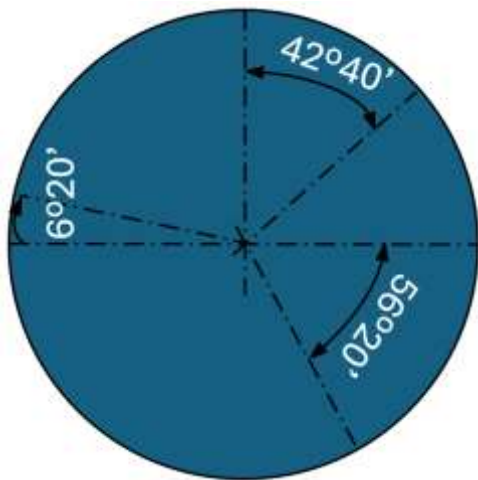
Untuk mengetahui tingkat pemahaman materi kegiatan belajar 1, perencanaan roda gigi lurus yang telah dibuat beserta jawabannya diserahkan ke dosen pembimbing untuk diperiksa dan dinyatakan benar sehingga bisa dilanjutkan untuk pembuatan roda gigi lurusnya.

Jika perencanaan roda gigi lurus yang telah dibuat beserta jawabannya ada yang belum benar maka dilakukan pembenaran kembali sehingga menjadi benar.

EVALUASI

Selesaikan persoalan di bawah ini !

1. Seorang mahasiswa akan membuat roda gigi lurus dengan jumlah gigi 58, menggunakan modul 1,50. Rasio kepala pembagi yang ada 40:1, plat indeks yang ada 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 27, 29, 31, 33, 37, 39, 41, 43, 47, 49 dan roda gigi pengubah yang ada 24, 28, 32, 40, 44, 48, 56, 64, 72, 86, 100. Buat perencanaan untuk menyelesaikan roda gigi lurus yang akan dibuat tersebut.
2. Akan dibuat sebuah landasan mesin press dengan bentuk seperti gambar di bawah. Hitung berapa putaran engkol untuk menyelesaikan benda tersebut jika diketahui rasio kepala pembagi adalah 60:1.



3. Seorang mahasiswa akan membuat roda gigi lurus dengan jumlah gigi 53 dan modul 1,25. Rasio kepala pembagi yang ada 40:1, plat indeks yang ada 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 27, 29, 31, 33, 37, 39, 41, 43, 47, 49 dan roda gigi pengubah yang ada 24, 28, 32, 40, 44, 48, 56, 64, 72, 86, 100. Buat perencanaan untuk menyelesaikan roda gigi lurus yang akan dibuat tersebut.

KUNCI JAWABAN

1. Seorang mahasiswa akan membuat roda gigi lurus dengan jumlah gigi 58, menggunakan modul 1,50. Rasio kepala pembagi yang ada 40:1, plat indeks yang ada 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 27, 29, 31, 33, 37, 39, 41, 43, 47, 49 dan roda gigi pengubah yang ada 24, 28, 32, 40, 44, 48, 56, 64, 72, 86, 100. Buat perencanaan untuk menyelesaikan roda gigi lurus yang akan dibuat tersebut.

Penyelesaian:

- Diameter luar (Dl)

$$Dl = (Z + 2) * m$$

$$Dl = (58 + 2) * 1,5$$

$$Dl = 60 * 1,5 = 90 \text{ mm}$$

- Tebal gigi (b)

$$b = (9 - 12) * m$$

$$b = (9 - 12) * 1,5$$

$$b = 13,5 - 18 \text{ mm}$$

- Kedalaman gigi (h)

$$h = (2,1 - 2,2) * m$$

$$b = (2,1 - 2,2) * 1,5$$

$$b = 3,15 - 3,3 \text{ mm}$$

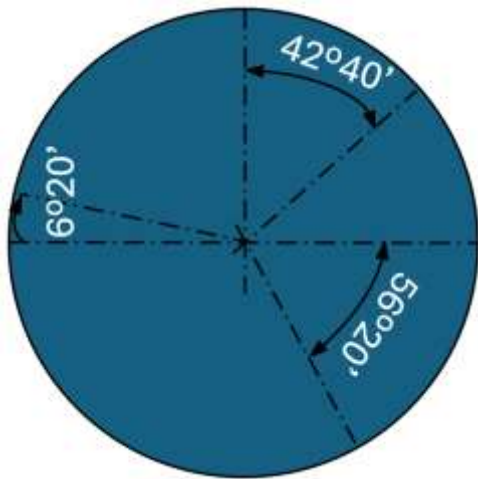
- Putaran engkol (Nc)

$$Nc = \frac{i}{Z} = \frac{40}{58}$$

$$Nc = \frac{20}{29} \text{ putaran}$$

$$Nc = 20/29 \text{ putaran...20 jarak lubang pada plat indeks 29}$$

2. Akan dibuat sebuah landasan mesin press dengan bentuk seperti gambar di bawah. Hitung berapa putaran engkol untuk menyelesaikan benda tersebut jika diketahui rasio kepala pembagi adalah 60:1.



Penyelesaian:

- $42^{\circ}40'$

$$Nc = \frac{\alpha}{\theta} = \frac{(42 * 60)' + 40'}{6 * 60'}$$

$$Nc = \frac{2560'}{360} = \frac{256}{36} = \frac{64}{9} = 7\frac{1}{9}$$

$$Nc = 7\frac{1}{9} = 7\frac{1 * 2}{9 * 2} = 7\frac{2}{18} \text{ putaran}$$

$$Nc = 7 \text{ putaran} + 2/18 \text{ putaran}$$

7 putaran + 7 jarak lubang pada plat indeks 27

- $56^{\circ}20'$

$$Nc = \frac{\alpha}{\theta} = \frac{(56 * 60)' + 20'}{6 * 60'}$$

$$Nc = \frac{3380'}{360} = \frac{338}{36} = \frac{169}{18} = 9\frac{7}{18}$$

$$Nc = 9\frac{7}{18} \text{ putaran} = 9 \text{ putaran} + \frac{7}{18} \text{ putaran}$$

9 putaran + 7 jarak lubang pada plat indeks 18

- $6^{\circ}20'$

$$Nc = \frac{\alpha}{\theta} = \frac{(6 * 60)' + 20'}{6 * 60'}$$

$$Nc = \frac{380'}{360} = \frac{38}{36} = \frac{19}{18} = 1 \frac{1}{18}$$

$$Nc = 1 \frac{1}{18} \text{ putaran} = 1 \text{ putaran} + \frac{1}{18} \text{ putaran}$$

1 putaran + 1 jarak lubang pada plat indeks 18

3. Seorang mahasiswa akan membuat roda gigi lurus dengan jumlah gigi 53 dan modul 0,75. Rasio kepala pembagi yang ada 40:1, plat indeks yang ada 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 27, 29, 31, 33, 37, 39, 41, 43, 47, 49 dan roda gigi pengubah yang ada 24, 28, 32, 40, 44, 48, 56, 64, 72, 86, 100. Buat perencanaan untuk menyelesaikan roda gigi lurus yang akan dibuat tersebut.

Penyelesaian:

- Diameter luar (Dl)

$$Dl = (Z + 2) * m$$

$$Dl = (53 + 2) * 0,75$$

$$Dl = 55 * 0,75 = 41,25 \text{ mm}$$

- Tebal gigi (b)

$$b = (9 - 12) * m$$

$$b = (9 - 12) * 0,75$$

$$b = 6,75 - 9 \text{ mm}$$

- Kedalaman gigi (h)

$$h = (2,1 - 2,2) * m$$

$$b = (2,1 - 2,2) * 0,75$$

$$b = 1,575 - 3,15 \text{ mm}$$

- Putaran engkol (Nc)

Sebelum dihitung menggunakan pembagian deferensial, harus dipastikan lebih dahulu apakah bisa dilakukan menggunakan pembagian radial (syarat pembagian radial adalah ketersediaan plat indeks)

$$Nc = \frac{i}{Z} = \frac{40}{53}$$

$N_c = 40$ jarak lubang pada plat indek 53

Berdasarkan data plat indek yang tersedia, plat indek dengan jumlah lubang 53 tidak tersedia maka pembagian radial tidak bisa dilakukan. Karena plat indek 53 tidak tersedia maka pembagian roda gigi akan dilakukan menggunakan pembagian deferensial.

$$Z' = -13\% Z \text{ s.d. } +17\% Z$$

$$Z' = -13\% * 53 \text{ s.d. } +17\% * 51$$

$$Z' = 46,11 \text{ s.d. } 62,01$$

Maka Z' yang bisa digunakan adalah 47, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62

Dari sekian banyak Z' yang bisa digunakan dipilih salah satu yang bisa menghasilkan putaran engkol dengan plat indek yang tersedia serta rangkaian roda gigi pengubah berdasarkan roda gigi pengubah yang tersedia pula.

$$N_c = \frac{i}{Z} = \frac{40}{55} = \frac{8}{11} = \frac{8 * 3}{11 * 3} = \frac{24}{33}$$

$N_c = 24$ jarak lubang pada plat indek 33

Karena putaran engkol kepala pembagi tersedia plat indeknya maka selanjutnya dilanjutkan dengan menghitung rangkaian roda gigi pengubahnya.

$$R = i_k * n_c * (Z' - Z) = \frac{Z_1 Z_3}{Z_2 Z_4}$$

$$R = \frac{1}{1} * \frac{8}{11} * (53 - 55) = \frac{1 * 8 * 2}{1 * 11 * 1}$$

$$R = \frac{8 * 2}{11 * 1} = \frac{(8 * 4)(2 * 24)}{(11 * 4)(1 * 24)} = \frac{32 * 48}{44 * 24}$$

Maka

$$Z_1 = 32$$

$$Z_2 = 44$$

$$Z_3 = 48$$

$$Z_4 = 24$$

Dari sekian banyak Z' selain Z' yang telah digunakan, masih bisa dihitung lagi apakah masih ada Z' yang tersedia yang bisa digunakan untuk mengerjakan roda gigi ini.

DAFTAR PUSTAKA

Polman Timah, 1994, *Modul Memfrais Roda Gigi Lurus*

BAHAN AJAR PRAKTEK PROSES PEMESINAN 2

PRAKTIK FRAIS 2

PENGEFRAISAN RODA GIGI HELIKS/MIRING



Disusun oleh

Zaldy Sirwansyah Suzen, S.S.T., MT

Erwansyah, S.S.T., M.T.



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BANGKA BELITUNG

Kawasan Industri Airkantung Sungailiat – Bangka 33211; Telp. 0717-93586; Fax. 0727-93585;
Email: polman@polman-babel.ac.id; Website: www.polman-babel.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN

MODUL AJAR PRAKTEK PROSES PEMESINAN DASAR

PRAKTEK PEMBUATAN RODA GIGI HELIKS/MIRING MENGUNAKAN MESIN FRAIS KOMPENSIONAL

IDENTITAS MODUL

Nama Mata Kuliah : Praktek Proses Proses Pemesinan Dasar
Kode Mata Kuliah : KUR210105
Semester : Genap Tahun 2024-2025
Pembuat Modul : 1. Zaldy Sirwansyah Suzen, S.S.T., M.T.
2. Erwansyah, S.S.T., M.T.
NIP/NIDN : 1. 198005262021211004/0226058001
2. 197410012014041001/0201107401

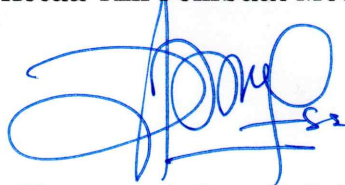
Dinyatakan sah dan dapat digunakan.

Menyetujui
Koordinator Program Studi,



Boy Rollastin, S.Tr., M.T.
198312302019031005

Sungailiat, 1 Februari 2025
Ketua Tim Pembuat Modul,



Zaldy Sirwansyah Suzen, S.S.T., M.T.
198005262021211004

HALAMAN PENGESAHAN

MODUL AJAR PRAKTEK PROSES PEMESINAN DASAR

PRAKTEK PEMBUATAN RODA GIGI HELIKS/MIRING MENGUNAKAN MESIN FRAIS KOMPENSIONAL

IDENTITAS MODUL

Nama Mata Kuliah : Praktek Proses Proses Pemesinan Dasar
Kode Mata Kuliah : KUR210105
Semester : Genap Tahun 2024-2025
Pembuat Modul : 1. Zaldy Sirwansyah Suzen, S.S.T., M.T.
2. Erwansyah, S.S.T., M.T.
NIP/NIDN : 1. 198005262021211004/0226058001
2. 197410012014041001/0201107401

Dinyatakan sah dan dapat digunakan.

Menyetujui
Koordinator Program Studi,

Sungailiat, 1 Februari 2025
Ketua Tim Pembuat Modul,

Boy Rollastin, S.Tr., M.T.
198312302019031005

Zaldy Sirwansyah Suzen, S.S.T., M.T.
198005262021211004

KATA PENGANTAR

Modul ini disusun berdasarkan kurikulum Program Studi Diploma III Teknik Perawatan dan Perbaikan Mesin Jurusan Rekayasa Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung tahun 2021. Mahasiswa diharapkan dapat mempelajari materi yang ada di dalam modul ini secara mandiri dan disisi lain dapat digunakan oleh dosen sebagai panduan dalam mengajarkan keterampilan menggunakan mesin-mesin perkakas pada industri manufaktur.

Praktik proses pembuatan roda gigi miring merupakan mata kuliah yang diajarkan pada mahasiswa semester dua di program studi Teknik Perawatan dan Perbaikan Mesin yang meliputi perencanaan, analisa dan pembuatan roda gigi miring , yang dilakukan selama 20 jam pertemuan.

Adapun tujuan akhir dari mata kuliah Praktik proses pemesinan ini yaitu mahasiswa mampu melakukan proses pembubutan ulir, pembubutan suaian, pembuatan roda gigi lurus dan pembuatan roda gigi lurus untuk tujuan membuat, memodifikasi dan memperbaiki suku cadang sebagai pendukung pekerjaan pemeliharaan mesin industri.

Akhirnya, kami mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penyusunan modul ini .

Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	3
Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL)	5
Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)	5
Sub- CPMK (10 x 50 menit / 10 JP).....	5
Indikator Pembelajaran:	5
Pokok Bahasan.....	5
A. Pengertian Roda Gigi Miring/Helik	6
B. Proses Pengefraisan Roda Gigi Miring.....	7
1. Bagian-bagian utama roda gigi miring.....	7
2. Pengefraisan Roda Gigi Miring	8
3. Ukuran Giometrik dan Perhitungan Roda Gigi Miring	8
4. Pengaturan Roda Gigi Perantara	14
5. Pemasangan Benda Kerja	15
8. Setting Kedalaman Pemotongan	18
KEGIATAN BELAJAR 1	20
A. Data Yang Dibutuhkan	20
B. Melakukan Perhitungan	20
C. Umpan Balik dan Tindaklanjut	21
EVALUASI.....	22
LEMBAR JAWAB SOAL	23
KUNCI JAWABAN	24
DAFTAR PUSTAKA	25

Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL)

Menunjukkan sikap bertanggungjawab atas pekerjaan di bidang keahliannya secara mandiri dan Mampu menunjukkan kinerja bermutu dan terukur. Mampu menggunakan alat-alat ukur dan alat pemeriksa untuk mesin industri. Menguasai pengetahuan tentang proses pemesinan konvensional, pemesinan dengan kendali komputer (CNC), proses pengelasan, proses pembentukan logam dan proses perlakuan panas. Menguasai pengetahuan tentang pengukuran mekanik presisi, pemeriksaan produk dan penerapan prosedur mutu. Mampu melakukan proses pemesinan, fabrikasi, perlakuan panas, dan pelapisan logam untuk membuat, memodifikasi dan memperbaiki suku cadang sebagai pendukung pekerjaan pemeliharaan mesin industri dengan menerapkan aspek keselamatan dan kesehatan kerja serta prosedur mutu.

Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)

Mahasiswa Mahasiswa mampu melakukan proses pembubutan ulir, pembubutan suaian, pembuatan roda gigi lurus dan pembuatan roda gigi lurus untuk tujuan membuat, memodifikasi dan memperbaiki suku cadang sebagai pendukung pekerjaan pemeliharaan mesin industri.

Sub- CPMK (20 x 50 menit / 20 JP)

Mahasiswa dapat mampu melakukan proses pengefraisan roda gigi miring/heliks.

Indikator Pembelajaran:

1. Menjelaskan pengertian roda gigi miring/heliks dengan benar.
2. Menjelaskan kelebihan dan kekurangan roda gigi miring.
3. Melakukan perencanaan perhitungan pembuatan roda gigi miring
4. Dapat membuat roda gigi miring sesuai dengan perencanaan.

Pokok Bahasan

- Pengertian roda gigi miring/heliks
- Proses Pengefraisan Roda Gigi Miring
- Bagian-bagian utama roda gigi miring
- Ukuran Giometrik dan Perhitungan Roda Gigi Miring
- Praktikum

A. Pengertian Roda Gigi Miring/Heliks

Roda gigi miring (bahasa Inggris: *helical gear*) adalah jenis roda gigi yang giginya tidak disusun lurus sejajar sumbu poros, melainkan membentuk sudut tertentu (sudut heliks) terhadap sumbu tersebut. Artinya, gigi-gigi roda gigi miring memiliki bentuk menyerong atau spiral.

1. Ciri-ciri roda gigi miring:

- a. Gigi berbentuk miring (heliks) terhadap sumbu poros;
- b. Kontak antar gigi terjadi secara bertahap (tidak sekaligus), sehingga kerja roda gigi lebih halus dan suara lebih senyap dibanding roda gigi lurus;
- c. Mampu mentransmisikan beban dan putaran lebih besar;
- d. Cocok untuk putaran tinggi karena getaran dan kebisingannya rendah;
- e. Menimbulkan gaya aksial (gaya dorong ke samping) yang perlu ditahan bantalan khusus

2. Penggunaan roda gigi miring:

- a. Transmisi mobil.
- b. Mesin industri.
- c. *Gearbox* mesin perkakas.
- d. Peralatan mekanik berkecepatan tinggi; dan
- e. roda gigi miring dipilih ketika diperlukan transmisi daya yang lebih halus, lebih tenang, dan efisien dibanding roda gigi lurus.

3. Kelebihan roda gigi miring:

- a. Kerja lebih halus & senyap → kontak gigi bertahap, tidak sekaligus seperti roda gigi lurus.
- b. Mampu menyalurkan beban lebih besar → cocok untuk aplikasi beban berat.
- c. Daya tahan tinggi → distribusi beban pada gigi lebih merata.
- d. Cocok untuk putaran tinggi → getaran lebih kecil.

4. Kekurangan roda gigi miring:

- a. Menimbulkan gaya aksial → memerlukan bantalan khusus untuk menahan gaya dorong samping.
- b. Lebih mahal → biaya pembuatan dan pemesinan lebih tinggi.
- c. Efisiensi sedikit lebih rendah → karena gesekan geser antar permukaan gigi yang miring.

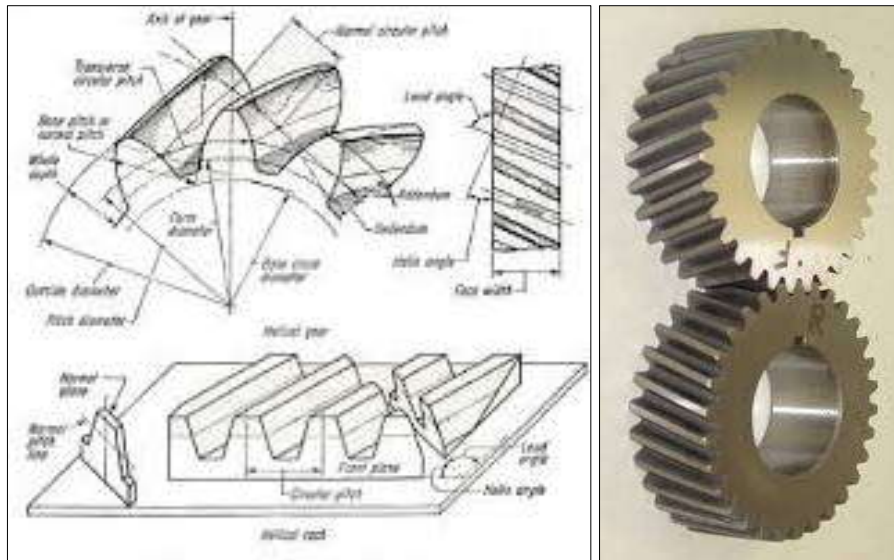
B. Proses Pengefraisan Roda Gigi Miring

1. Bagian-bagian utama roda gigi miring

Berikut bagian-bagian utama roda gigi miring (*helical gear*):

- a. Gigi (*Teeth*) yaitu bagian yang bersentuhan dengan roda gigi pasangan. Pada roda gigi miring, gigi berbentuk miring (heliks) dengan sudut tertentu terhadap sumbu poros.
- b. Muka gigi (*Face*) yaitu permukaan lebar gigi sepanjang heliks. Semakin lebar muka gigi, semakin besar beban yang bisa ditransmisikan.
- c. *Pitch circle* (Lingkar pitch) yaitu lingkaran imajiner tempat ukuran gigi diukur, menjadi acuan diameter roda gigi.
- d. *Pitch diameter* (Diameter *pitch*) yaitu diameter lingkar *pitch*.
- e. Helix angle (Sudut heliks) yaitu sudut kemiringan gigi terhadap sumbu poros roda gigi.
- f. *Root* (Dasar gigi) yaitu dasar celah antara gigi satu dan lainnya.
- g. *Tip* (Puncak gigi) yaitu ujung tertinggi dari gigi roda gigi.
- h. *Face width* (Lebar muka) yaitu lebar permukaan gigi di sepanjang sumbu roda gigi.
- i. Hub (Poros roda gigi) yaitu bagian tengah roda gigi yang terhubung ke poros. Kadang disebut boss.
- j. *Keyway* (Alur pasak) (jika ada) yaitu Celah untuk memasang pasak, agar roda gigi tidak berputar bebas di poros.

Adapun untuk lebih detailnya bagian-bagian utama pada roda gigi miring tersebut dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1 Bentuk konstruksi roda gigi miring

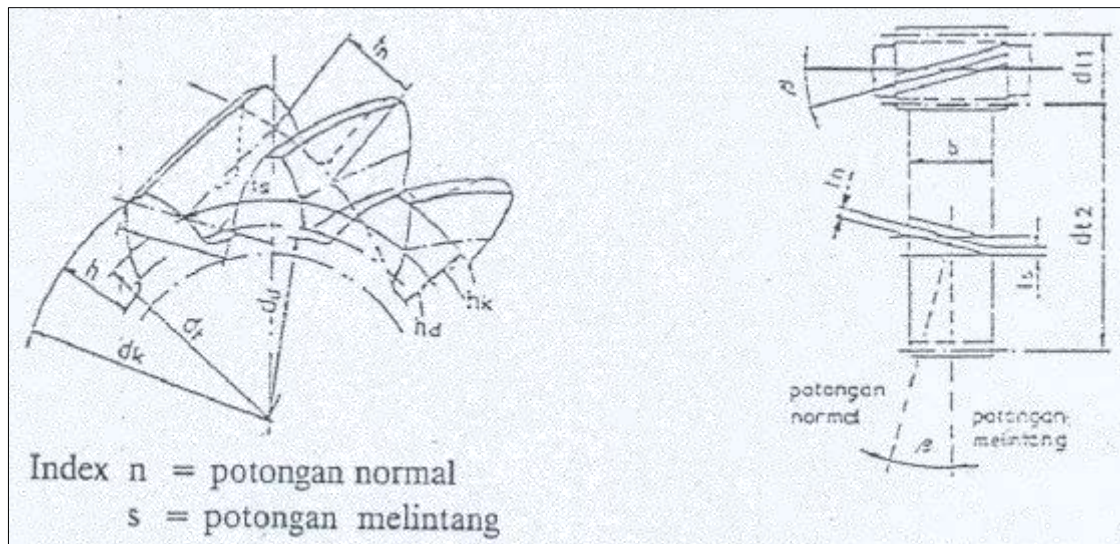
2. Pengefraisan Roda Gigi Miring

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

- Perhitungan ukuran roda gigi miring
- Pemilihan pisau frais
- Pemasangan roda gigi pengganti
- Pemasangan benda kerja
- Setting* pahat terhadap benda kerja
- Setting* meja mesin frais
- Setting* dalam pemotongan
- Pemotongan gigi miring

3. Ukuran Giometrik dan Perhitungan Roda Gigi Miring

Secara umum ukuran-ukuran utama yang perlu diketahui dan dihitung pada pembuatan roda gigi miring meliputi 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, angka transmisi, untuk roda gigi yang berpasangan.

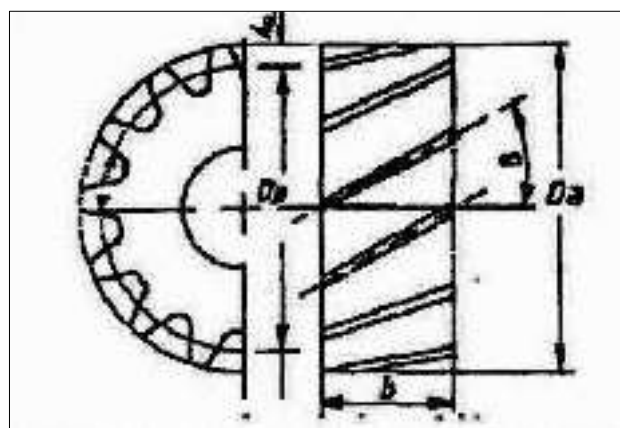


Gambar 2 Ukuran-ukuran geometrik roda gigi miring

Berikut merupakan spesifikasi bagian dalam menentukan perhitungan roda gigi miring.

a. Nama bagian roda gigi miring terdiri dari:

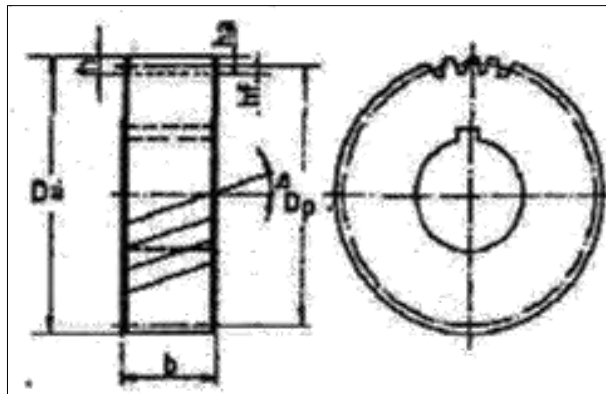
- D_a = Diameter luar
- D_p = Diameter *pitch*
- h = Tinggi gigi
- h_a = Tinggi addendum
- b = lebar gigi
- β = sudut helix



Gambar 3 Bagian Roda Gigi Miring

b. Diameter luar (d_a)

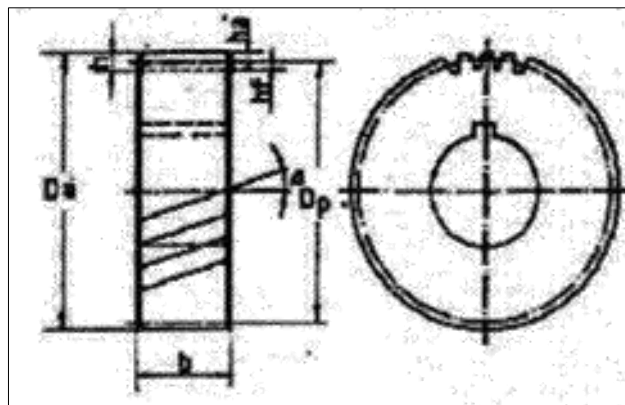
$$D_a = \left(\frac{Z}{\cos \theta} + 2 \right) m$$



Gambar 4 Diameter Luar

c. Diameter *pitch* (D_p) atau diameter jarak antara.

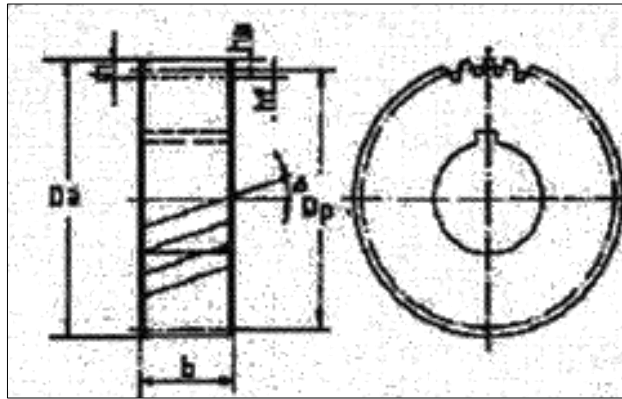
$$D_p = \frac{Z.m}{\cos.. \theta}$$



Gambar 4 Diameter *Pitch*

d. Tinggi gigi (h)

- $h = (2,1 - 2,2) m$
- $h_a = \text{addendum}$
 $= 1.m$
- $h_f = \text{dedendum}$
 $= (1,1 - 1,2)m$



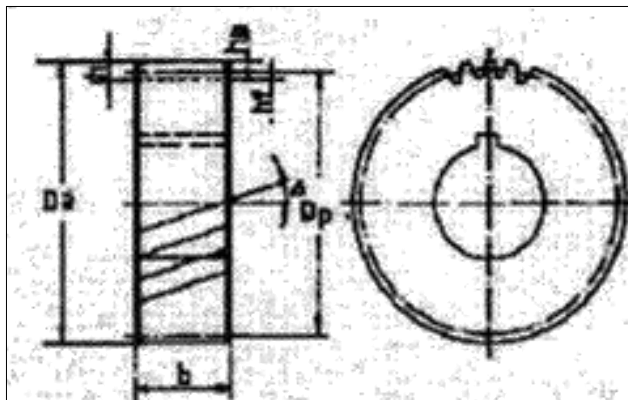
Gambar 5 Diameter Gigi

e. Lebar gigi (b)

$$b = 10. m$$

$$b = (6-8) * m ==> \text{untuk otomotive}$$

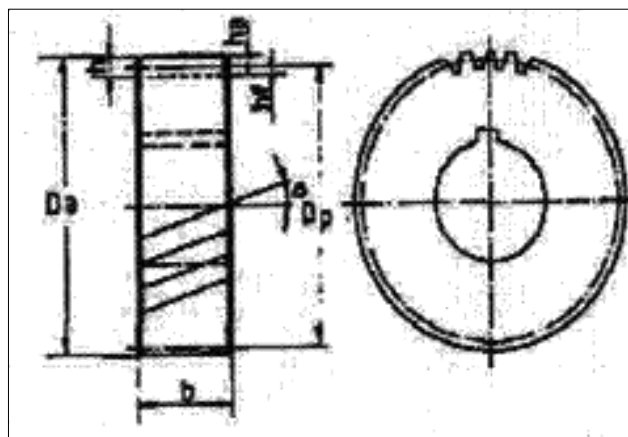
$$b = (9-12) * m ==> \text{untuk mesin perkakas}$$



Gambar 6 Lebar Gigi

f. Diameter dalam (Df)

$$D_f = D_p - 2 h_f$$



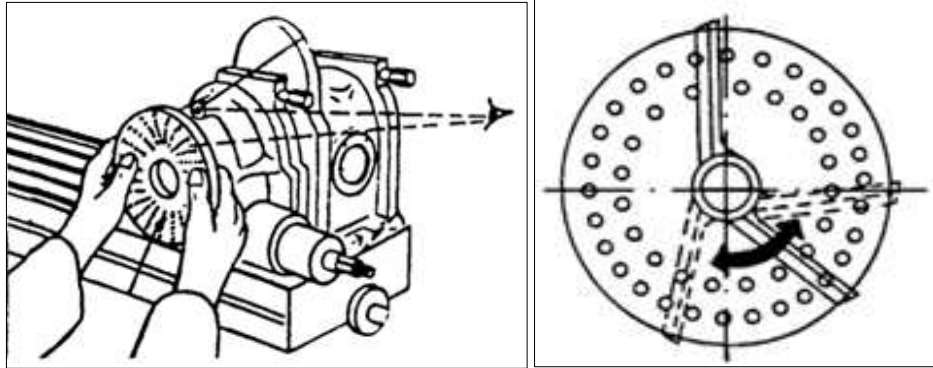
Gambar 7 Diameter Dalam

g. Putaran plat indeks

$$N_k = \frac{i}{Z}$$

i = rasio

Z = pembagian



Gambar 8 Plat Indeks

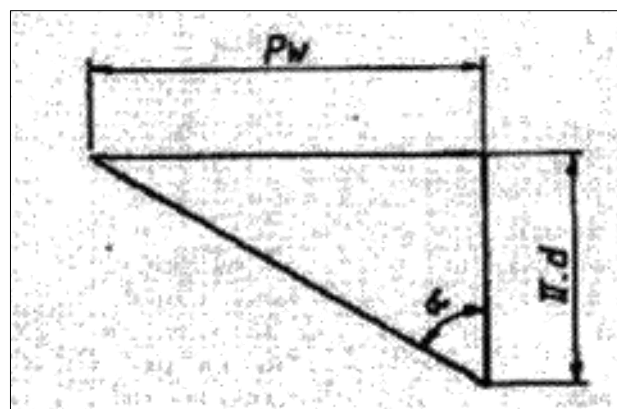
h. Kisar atau gang dari helix (Pw)

$$P_w = \pi \cdot d_a \cdot \tan \alpha$$

P_w = kisar helix

α = sudut kisar

Toleransi α adalah $\pm 0,5^\circ$

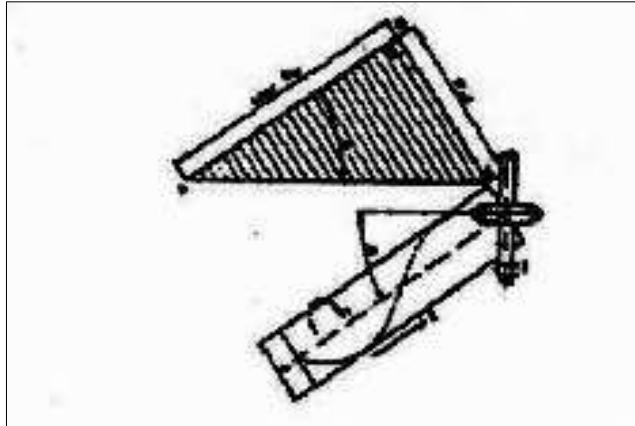


Gambar 9 Kisar (Pw)

i. Sudut *heliks* (β)

Sudut *helix* adalah sudut kemiringan dari heliks.

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

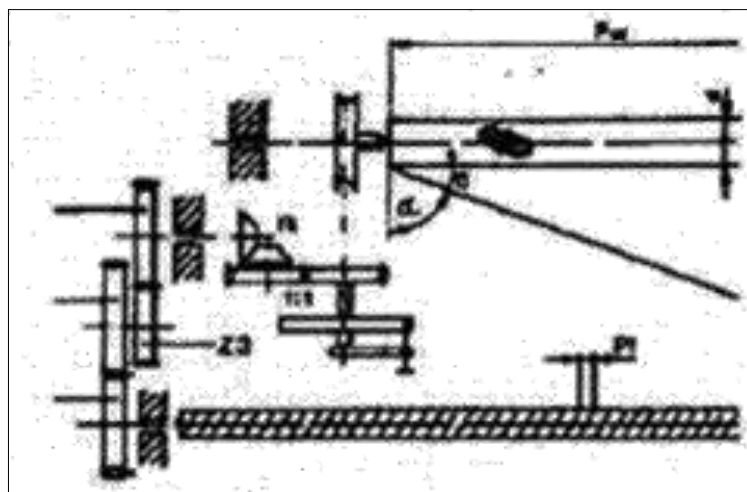


Gambar 10 Sudut Heliks

j. Rangkaian roda gigi pengubah (R)

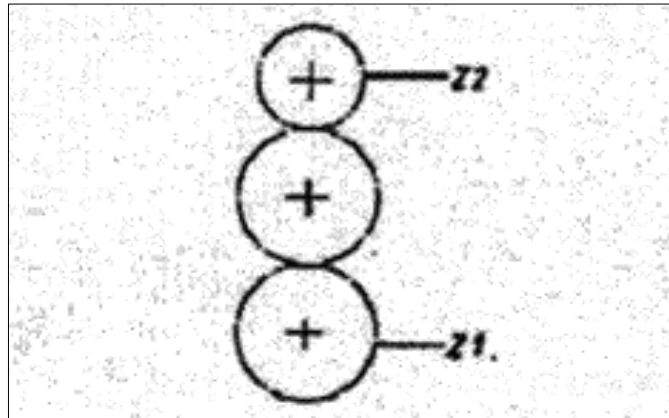
$$R = \frac{i.k.P_t}{P_w} = \frac{Z_1.Z_3}{Z_2.Z_4}$$

Perbandingan rangkaian roda gigi pengubah tidak boleh lebih besar dari 4:1



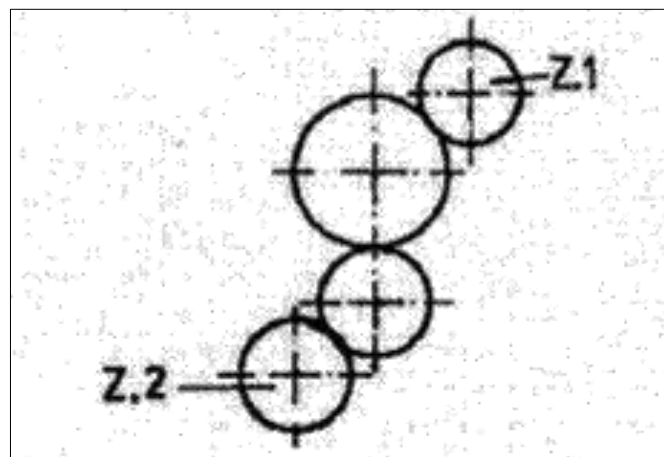
Gambar 11 Rangkaian Roda Gigi

Bila diperlukan roda perantara maka heliks kiri digunakan satu roda gigi perantara (ganjil).



Gambar 12 Roda Perantara Heliks Kiri

Kemudian heliks kanan digunakan dua roda gigi perantara (genap)



Gambar 13 Roda Perantara Heliks Kanan

4. Pengaturan Roda Gigi Perantara

Pada pengefraisan miring tidak dapat dilepaskan dari pemasangan roda-roda gigi perantara 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).

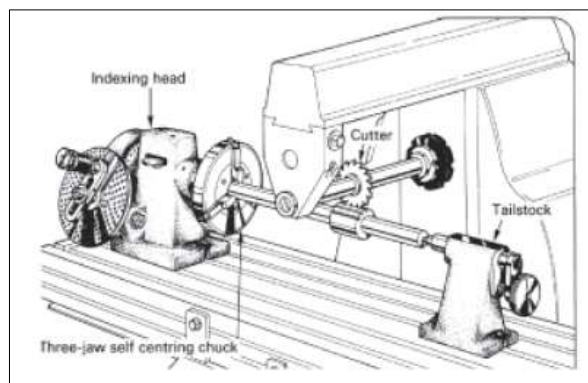
Jumlah poros dan jumlah pasangan gigi akan sangat ditentukan oleh arah pemotongan giginya. Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam penmasangan roda gigi antara lain:

- 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.

5. 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 atau dapat pula dilakukan dengan cara benda kerja dijepit dengan cekam rahang tiga yang dipasang pada poros kepala pembagi dengan didukung senter 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.

Harus diingat bahwa dalam proses pemotongan roda gigi, benda kerja telah dibubut terlebih dahulu sesuai dengan ukuran-ukuran yang dikehendaki. Jadi dalam mesin frais tinggal memotong profil giginya saja. Cara pemasangan benda kerja ini ada bermacam-macam sesuai dengan besar kecilnya beban. Berikut gambar di bawah ini menunjukkan contoh pemasangan benda kerja dengan mandril



Gambar 14 Pemasangan Benda Kerja

6. Macam Pisau Roda Gigi (Gear Cutters)

Jenis pisau roda gigi dibuat dari bahan baja carbon (*carbon steel*) atau baja kecepatan potong tinggi (*High Speed Steel = HSS*). Bentuknya dibuat sedemikian rupa sehingga hasil pemotongnya membentuk profil gigi, yakni garis lengkung (*evolvente*).

Tipe *evolvente*, Digunakan baik untuk pemotongan pengasaran maupun untuk penyelesaian (*finishing*) pada roda gigi dengan profil gigi kecil (modul kecil). Untuk tipe *stocking*, Pada gigi pemotong mempunyai alur yang selang-seling seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 15 Pisau Frais Roda Gigi

7. Pemilihan dan Pemasangan Pisau Frais

Dua faktor harus dipertimbangkan dalam memilih pisau frais yaitu: ukuran gigi ditentukan dengan *system metric* atau *system diametral pitch* bentuk gigi yang digunakan. Umumnya jika roda gigi akan dibuat dengan jumlah gigi besar maka ukuran diameter luar bahan dasar juga semakin besar dan pisau makin dalam pemakanannya. Tetapi bila jumlah gigi sedikit maka ukuran diameter luar bahan dasar juga lebih kecil dan bekas pemakanan lebih tajam.

a. Pemasangan Pisau Frais

Untuk pemasangan pisau frais harus dipasang secara mantap pada *spindle* utama mesin frais. Sebelum pemasangan yang perlu diperhatikan adalah kebersihan dan kerusakan pisau harus diteliti terlebih dahulu sebelum dipasang agar pisau nantinya dapat berputar tanpa adanya gangguan sehingga apabila terjadi kesalahan pemasangan pisau dapat berakibat hasil pengefraisan yang tidak sesuai dengan harapan. Untuk pengefraisan roda gigi miring, pisau frais dapat dipasangkan pada arbor

panjang yang disediakan di setiap mesin frais seperti pada gambar berikut.

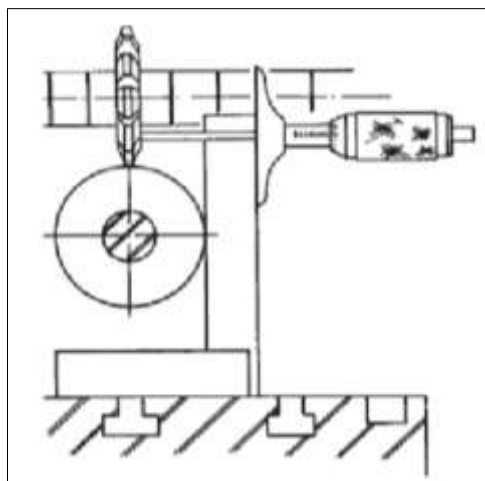


Gambar 16 Pemasangan Pisau Frais

b. Setting Pisau Frais dan Benda Kerja

Pada pembuatan roda gigi miring, posisi pisau frais memegang peran yang sangat penting dalam menentukan keberhasilan proses pembuatan roda gigi tersebut. Pemasangan pisau frais harus tegak lurus terhadap sumbu poros dan sumbunya satu garis dengan sumbu benda kerja setelah meja mesin dimiringkan.

Salah satu cara menyetel agar pisau/ *cutter* benar-benar tepat di atas garis senter adalah dengan menggunakan siku-siku dan *micrometer* seperti terlihat pada gambar di bawah ini.

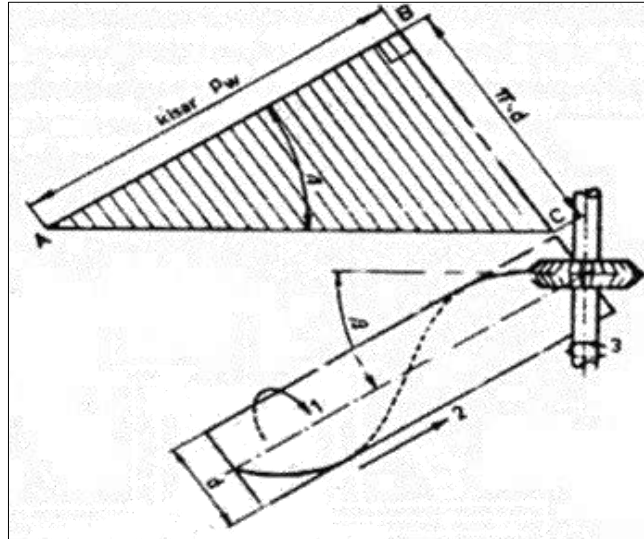


Gambar 17 Setting Pisau Frais dan Benda Kerja

8. Setting Kedalaman Pemotongan

Perhitungan kedalaman pemotongan pada pengefraisan roda gigi miring sama dengan kedalaman pemotongan pada roda gigi lurus, kedalaman pemotongan = $(2,1-2,2) \cdot m$.

Prinsip kerja pemotongan roda gigi miring dapat diilustrasikan dalam gambar Pembuatan Roda Gigi Heliks berikut:



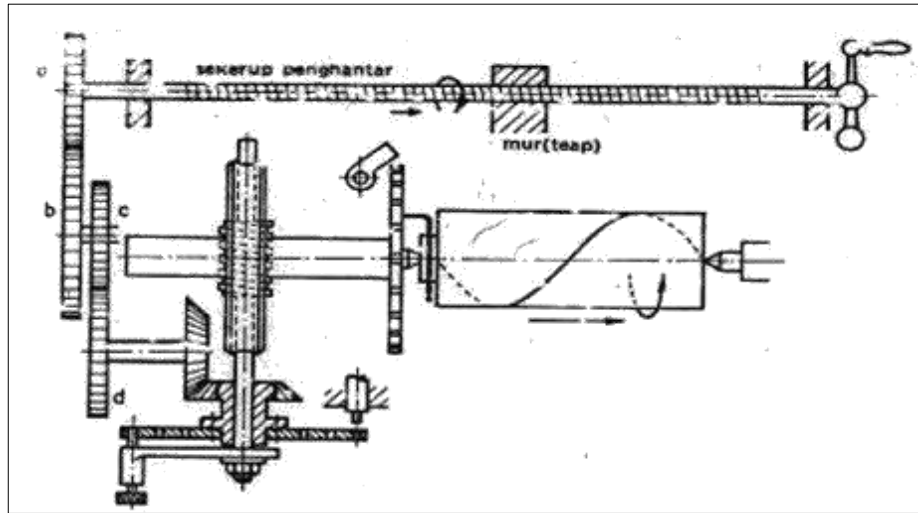
Gambar 18 Pemasangan Benda Kerja

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 sekrup pengantar dari meja frais dengan perantaraan roda-roda tukar.

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

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

Bila langkah sekrupnya 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 diubah. Seperti diperlihatkan pada gambar Urutan Kerja Pembuatan Roda Gigi Heliks dan Posisi Penyayatan Pembuatan Roda Gigi Heliks di bawah ini.



Gambar 19 Skema Prinsip Kerja Roda Gigi Miring

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

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

KEGIATAN BELAJAR 1

STUDI KASUS PERHITUNGAN RODA GIGI MIRING

A. Data Yang Dibutuhkan

Sebelum melakukan perhitungan roda gigi miring, tentunya memerlukan data roda gigi yang dibutuhkan/akan dibuat:

- $Z = 27$
- $m = 1$
- $\beta = 10^\circ$
- $i = 40 : 1$
- $ik = 1 : 1$
- $P_t = 5$

Langkah selanjutnya dipastikan data roda gigi pendukung yang dimiliki atau yang disediakan:

- Plat indeks: 16,17,18,19, 20, 21, 23, 27, 29, 31, 33, 37, 39, 41, 43, 47, 49.
- Roda gigi pengubah (Z): 24 (7pcs), 28 (4pcs), 32 (3pcs), 40 (4pcs), 44, 48 (3pcs), 56, 64 (3pcs), 72 (4pcs), 86 (3pcs), 100.

B. Melakukan Perhitungan

Setelah mendapatkan data yang dibutuhkan, selanjutnya merencanakan perhitungan untuk pembuatan roga gigi miring berikut ini.

Rumus	Penyelesaian
Diameter luar (d_a) $d_a = \left(\frac{Z}{\cos \beta} + 2 \right) m$	$d_a = \{(27 / \cos 10^\circ) + 2\} 1$ $d_a = \underline{29,42}$
Tinggi gigi (h) $h = (2,1 - 2,2) m$	$h = 2,15 \times 1$ $h = \underline{2,15}$
Lebar gigi (b) $b = 10. m$	$b = 10 \times 1$ $b = \underline{10}$
Putaran plat indeks $N_k = \frac{i}{Z} ;$	$N_k = 40/27 \text{ put} = 1 \frac{13}{27} \text{ put.}$ $N_k = \underline{1 \text{ put.} + 13 \text{ jlppi } 27}$

Kisar atau gang dari helix (Pw) $P_w = \pi \cdot d_a \cdot \tan \alpha$ Pw = kisar helix α = sudut kisar Toleransi α adalah $\pm 0,5^\circ$	$P_{w_{\max}} = 3,14 \times 29,42 \times \tan 80,5$ $P_{w_{\max}} = \underline{552,24}$ $P_{w_{\min}} = 3,14 \times 29,42 \times \tan 79,5$ $P_{w_{\min}} = \underline{492,62}$
Rangkaian roda gigi pengubah(R) $R = \frac{i.k.Pt}{P_w} = \frac{Z1.Z3}{Z2.Z4}$	$R = (40 \times 1 \times 5) / 500$ $R = 2/5$ $Z1 = 32 \quad Z2 = 40$ $Z3 = 28 \quad Z4 = 56$

C. Umpan Balik dan Tindaklanjut

Untuk mengetahui tingkat pemahaman materi kegiatan belajar 1, mahasiswa melakukan pembuatan langkah kerja dan melakukan perhitungan pembuatan roda gigi miring kemudian diserahkan ke dosen pembimbing untuk diperiksa dan dinyatakan benar.

Jika dari hasil perhitungan masih ada yang belum benar, maka dilakukan pembenaran kembali sehingga menjadi benar.

EVALUASI

Petunjuk soal: Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan jawaban yang benar!

1. Jelaskan ciri-ciri roda gigi !
2. Jelaskan kelebihan dan kekurangan roda gigi miring !
3. Jelaskan apa yang dimaksud dengan *pitch circle* dan *Helix Angle*!
4. Sebutkan 2 tipe pisau frais!
5. Lakukan Perhitungan pembuatan roda gigi miring dengan data berikut ini :

Data roda gigi yang dibutuhkan/akan dibuat:

$$Z = 26$$

$$m = 2$$

$$\beta = 10^\circ$$

$$i = 40 : 1$$

$$ik = 1 : 1$$

$$Pt = 5$$

Data roda gigi pendukung yang dimiliki :

Plat indeks : 16,17,18,19,20,21,23,27,29,31,33,37,39,41,43,47,49

Roda gigi pengubah (Z) : 24 (7pcs), 28 (4pcs), 32 (3pcs), 40 (4pcs), 44, 48 (3pcs), 56, 64 (3pcs), 72 (4pcs), 86 (3pcs), 100

LEMBAR JAWAB SOAL

1. Ciri-ciri roda gigi miring:
 - a. Gigi berbentuk miring (heliks) terhadap sumbu poros;
 - b. Kontak antar gigi terjadi secara bertahap (tidak sekaligus), sehingga kerja roda gigi lebih halus dan suara lebih senyap dibanding roda gigi lurus;
 - c. Mampu mentransmisikan beban dan putaran lebih besar;
 - d. Cocok untuk putaran tinggi karena getaran dan kebisingannya rendah.
 - e. Menimbulkan gaya aksial (gaya dorong ke samping) yang perlu ditahan bantalan khusus
2. Kelebihan roda gigi miring:
 - a. Kerja lebih halus & senyap → kontak gigi bertahap, tidak sekaligus seperti roda gigi lurus.
 - b. Mampu menyalurkan beban lebih besar → cocok untuk aplikasi beban berat.
 - c. Daya tahan tinggi → distribusi beban pada gigi lebih merata.
 - d. Cocok untuk putaran tinggi → getaran lebih kecil.
3. Kekurangan roda gigi miring:
 - a. Menimbulkan gaya aksial → memerlukan bantalan khusus untuk menahan gaya dorong samping.
 - b. Lebih mahal → biaya pembuatan dan pemesinan lebih tinggi.
 - c. Efisiensi sedikit lebih rendah → karena gesekan geser antar permukaan gigi yang miring.
4. *Pitch circle* (Lingkar pitch) yaitu lingkaran imajiner tempat ukuran gigi diukur, menjadi acuan diameter roda gigi.
5. *Helix angle* (Sudut heliks) yaitu sudut kemiringan gigi terhadap sumbu poros roda gigi.
6. Tipe *evolvente*, digunakan baik untuk pemotongan pengasaran maupun untuk penyelesaian (*finishing*) pada roda gigi dengan profil gigi kecil (modul kecil). Untuk tipe *stocking*, Pada gigi pemotong mempunyai alur yang selang-seling.

KUNCI JAWABAN

Rumus	Penyelesaian
Diameter luar (da) $da = \left(\frac{Z}{\cos \beta} + 2 \right) m$	$da = \{(26 / \cos 10^\circ) + 2\} 2$ $da = \underline{56,802 \text{ mm}}$
Tinggi gigi (h) $h = (2,1 - 2,2) m$	$h = 2,16 \times 2$ $h = \underline{2,32 \text{ mm}}$
Lebar gigi (b) $b = 10. m$	$b = 10 \times 2$ $b = \underline{20 \text{ mm}}$
Putaran plat indeks $N_k = \frac{i}{Z} ;$	$N_k = 40 / 26 \text{ put} = 1 \frac{7}{13} = 1 \frac{21}{39} \text{ put.}$ $N_k = \underline{1 \text{ put.} + 21 \text{ jlppi } 39}$
Kisar atau gang dari helix (Pw) $P_w = \Pi . da . \text{tg } \alpha$ Pw = kisar helix α = sudut kisar Toleransi α adalah $\pm 0,5^\circ$	$P_{w_{\max}} = 3,14 \times 56,802 \times \text{tg } 80,5$ $P_{w_{\max}} = \underline{1065,827}$ $P_{w_{\min}} = 3,14 \times 56,802 \times \text{tg } 79,5$ $P_{w_{\min}} = \underline{962,335}$
Rangkaian roda gigi pengubah (R) $R = \frac{i.k.P_t}{P_w} = \frac{Z_1.Z_3}{Z_2.Z_4}$	$R = (40 \times 1 \times 5) / 1000$ $R = 1/4$ $Z_1 = 24 \quad Z_2 = 48$ $Z_3 = 40 \quad Z_4 = 100$

DAFTAR PUSTAKA

- Taufiq Rochim, 2007, *Klasifikasi Proses, Gaya & Daya Pemesinan*, Penerbit ITB Bandung
- Modul Tim PPPPTK BMTI, 2015, Teknik Pemesinan Bubut Dan Frais 5, Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Guru Dan Tenaga Kependidikan
- <https://id.wikipedia.org>