



MODUL PROSES PEMESINAN

MEMPERGUNAKAN MESIN FRAIS (KOMPLEK)



Oleh:

Prof. Dr. Dwi Rahdiyanta, M.Pd., IPU.

**JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
September 2022**

KATA PENGANTAR

Kurikulum Berbasis Kompetensi sebagai inovasi pendidikan menghendaki adanya reorientasi pembelajaran dari model *teaching* ke model *learning* dengan berpusat pada peserta didik (*student centered learning*). Model ini menempatkan mahasiswa sebagai subyek pembelajaran yang harus aktif mengembangkan dirinya. Pembelajaran bersifat aktif, partisipatif dan kolaboratif serta secara menyeluruh memadukan aspek kecakapan hidup spesifik maupun generik.

Paling sedikit dapat diidentifikasi enam karakteristik kurikulum berbasis kompetensi antara lain: sistem belajar dengan modul, menggunakan keseluruhan sumber belajar, menekankan kepada pengalaman lapangan, strategi belajar individual personal, kemudahan belajar diberikan melalui kombinasi antara pembelajaran individual personal dengan pengalaman lapangan, dan pembelajaran secara tim (*team teaching*), dan belajar tuntas

Modul merupakan paket belajar mandiri yang meliputi serangkaian pengalaman belajar yang direncanakan dan dirancang secara sistematis untuk membantu peserta didik mencapai tujuan belajar. Tujuan utama sistem modul adalah untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pembelajaran baik dari aspek waktu, dana, fasilitas maupun tenaga guna mencapai tujuan secara optimal. Modul ini disusun sebagai bagian dari upaya mewujudkan pembelajaran berbasis kompetensi khususnya pada bidang pemesinan frais. Dengan demikian diharapkan modul ini dapat membantu mahasiswa dalam mencapai kompetensi khususnya di bidang pemesinan frais.

Penulis menyadari, masih terdapat kekurangan dalam penyusunan modul ini. Oleh karena itu saran dan kritik membangun sangat diharapkan.

Yogyakarta, September 2022
Penyusun,

Dwi Rahdiyanta

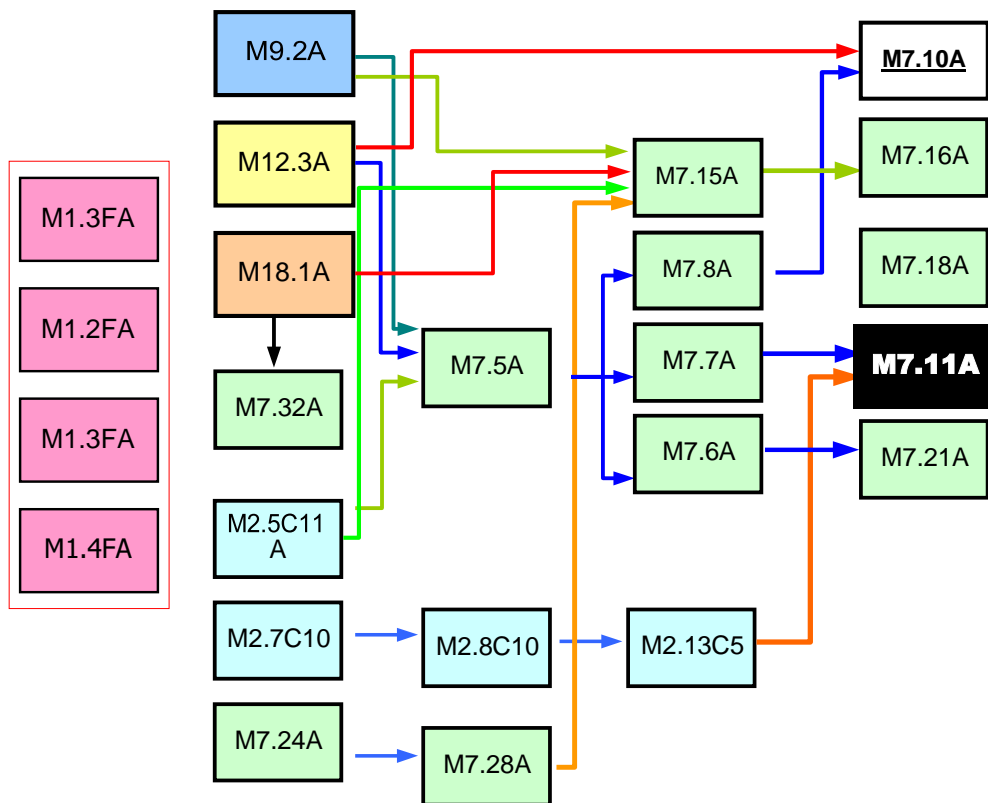
DAFTAR ISI

	Halaman
SAMPUL	i
HALAMAN FRANCIS	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	iv
PETA KEDUDUKAN MODUL.....	vi
GLOSSARIUM	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. DESKRIPSI	1
B. PRASYARAT	2
C. PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL	2
1. Bagi Mahasiswa.....	2
2. Peran Dosen	4
D. TUJUAN AKHIR	5
E. KOMPETENSI	6
F. CEK KEMAMPUAN	9
BAB II PEMELAJARAN	10
A. RENCANA BELAJAR PESERTA DIKLAT	10
B. KEGIATAN BELAJAR.....	11
1. Kegiatan Belajar 1 Pemasangan Benda Kerja.....	11
a. Tujuan Kegiatan.....	11
b. Uraian Materi	11
c. Rangkuman.....	38
d. Tugas.....	39
e. Tes Formatif	39
f. Kunci Jawaban Tes Formatif	40
g. Lembar kerja	40
2. Kegiatan Belajar 2 Pemilihan Alat Potong	41
a. Tujuan Kegiatan.....	41
b. Uraian Materi	41
c. Rangkuman.....	80
d. Tugas.....	80
e. Tes Formatif 1.....	80
f. Kunci Jawaban Tes Formatif 1	80
g. Lembar kerja 1.....	81

3. Kegiatan Belajar 3 Penggunaan Kepala Pembagi	82
a. Tujuan Kegiatan.....	82
b. Uraian Materi	82
c. Rangkuman.....	102
d. Tugas.....	103
e. Tes Formatif	103
f. Kunci Jawaban Tes Formatif	103
g. Lembar kerja	104
4. Kegiatan Belajar 4 Pengefraisan Roda Gigi Lurus dan Rack	105
a. Tujuan Kegiatan.....	105
b. Uraian Materi	105
c. Rangkuman.....	129
d. Tugas.....	129
e. Tes Formatif	130
f. Kunci Jawaban Tes Formatif	130
g. Lembar kerja	130
5. Kegiatan Belajar 5 Pengefraisan Roda Gigi Helix/Miring.....	131
a. Tujuan Kegiatan.....	131
b. Uraian Materi	131
c. Rangkuman.....	139
d. Tugas.....	140
e. Tes Formatif	140
f. Kunci Jawaban Tes Formatif	140
g. Lembar kerja	141
BAB III EVALUASI.....	142
A. PERTANYAAN.....	142
B. KUNCI JAWABAN.....	143
C. KRITERIA KELULUSAN.....	146
BAB IV PENUTUP.....	147
DAFTAR PUSTAKA	148
LAMPIRAN-LAMPIRAN	

PETA KEDUDUKAN MODUL

Diagram ini menunjukkan tahapan atau tata cara urutan kompetensi yang diajarkan kepada peserta didik sesuai dengan waktu yang telah ditentukan, serta kemungkinan multi exit–multi entry. Modul “Melakukan Pekerjaan Dengan Mesin frais” adalah salah satu modul untuk membentuk Kompetensi pada kerja Mesinfrais.



Keterangan:

- M12.3A Mengukur dengan alat ukur mekanik presisi
- M18.1A Menggunakan perkakas tangan
- M2.5C11A Menggunakan alat ukur
- M2.7C10 Melakukan perhitungan - dasar

M7.24A	Mengoperasikan dan mengamati mesin/proses
M2.8C10	Melakukan perhitungan - lanjut
M2.13C5	Melakukan perhitungan matematis
M9.2A	Membaca gambar teknik
M7.28A	Mengoperasikan mesin NC/CNC (dasar)
M7.32A	Menggunakan mesin untuk operasi dasar
M7.5A	Bekerja dengan mesin umum
M7.6A	Melakukan Pekerjaan dengan mesin bubut
M7.7A	Melakukan pekerjaan dengan mesin frais
M7.8A	Melakukan pekerjaan dengan mesin gerinda
M7.15A	Mengeset mesin dan program mesin NC/CNC (dasar)
M7.10A	Menggerinda pahat dan alat potong
M7.11A	Mengefrais (kompleks)
M7.21A	Membubut (kompleks)
M7.16A	Mengeset dan mengedit program mesin NC/CNC
M7.18A	Memprogram mesin NC/CNC (dasar)

GLOSSARIUM

Attachment	:	Kelengkapan
Casting	:	Cor
Cutting Speed	:	Kecepatan Pemakanan
Face Mill Cutter	:	Pisau Muka
Forging	:	Tempa
Insert Mill	:	Pisau Sisip
Milling Cutter	:	Pisau Frais
Narrow Slot	:	Alur Sempit
Serrated	:	Bergerigi
Side Milling Cutter	:	Pisau sisi
Sleeve	:	Selubung
Tapered	:	Tirus
Wedge Locking	:	Pengunci baji

BAB I PENDAHULUAN

A. DESKRIPSI

Modul ini merupakan panduan pembelajaran dalam kompetensi **Mengefrais (kompleks)** dengan durasi pembelajaran 250 jam @ 50 menit. Hasil belajar yang akan dicapai setelah mempelajari modul ini meliputi hasil belajar dari sisi kognitif, afektif maupun psikomotorik. Pembelajaran bersifat teori dan praktek, sehingga disamping menguasai materi, siswa harus pula mampu melakukannya.

Dalam setiap sub kompetensi modul ini berisi tujuan, uraian materi, rangkuman, tugas, tes formatif, kunci jawaban formatif, dan lembar kerja

Modul ini merupakan modul lanjutan dari modul pada kompetensi sebelumnya terutama kompetensi Melakukan Pekerjaan dengan Mesin Frais. Kompetensi mengefrais (kompleks) merupakan kompetensi akhir siswa, sehingga kompetensi ini merupakan salahsatu syarat siswa untuk dinyatakan lulus.

Setelah mempelajari modul ini diharapkan mahasiswa akan mempunyai kompetensi dalam hal: memahami dan menggunakan alat-alat bantu termasuk pencekaman, pemasangan pahat, mengefrais roda gigi rack, mengefrais roda gigi helik dan melakukan pembagian dengan kepala pembagi.

Kompetensi Mengefrais (kompleks) masih sangat diperlukan di industri baik untuk praktek langsung maupun sebagai dasar mengoperasikan mesin berbasis komputer (misal CNC).

B. PRASYARAT

Sebelum menggunakan modul ini mahasiswa harus sudah menguasai atau lulus pada kompetensi kompetensi sebelumnya terutama yang berkaitan langsung adalah kompetensi melakukan pekerjaan dengan mesin frais. Persyaratan kelulusan sebelumnya dari modul ini dapat dilihat pada ilustrasi bagan peta kedudukan modul.

Kemampuan spesifik awal yang dipersyaratkan untuk mempelajari modul ini adalah kemampuan kemampuan: memperhatikan tindakan keselamatan kerja, menentukan persyaratan kerja, mengoperasikan mesin frais, mengefrais rata, alur, dan bertingkat, menggunakan alat bantu pengefraisan, menggunakan alat pengecam benda kerja, menggunakan alat pembagian benda kerja, memeriksa komponen dan dimensi benda kerja secara visual, dan memeriksa komponen/benda kerja.

C. PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL

1. Bagi mahasiswa

- a. Bacalah petunjuk penggunaan modul ini dengan cermat
- b. Bacalah seluruh isi modul ini dengan cermat mulai dari halaman awal
- c. Perhatikan peta kedudukan modul dan cermatilah apakah saudara sudah layak untuk menggunakan modul ini
- d. Pahami kompetensi apa yang akan saudara kuasai setelah mempelajari modul ini, persyaratannya, indikator keberhasilan, cara mencapai dan kegunaannya
- e. Kerjakan soal-soal prasyarat untuk menentukan awal mulai menggunakan modul ini

- f. Jangan berpindah ke sub kompetensi yang lain sebelum saudara dinyatakan lulus pada sub kompetensi sebelumnya
- g. Bawalah perlengkapan yang harus dipersiapkan,
- h. Tentukan hasil pelatihan yang saudara inginkan,
- i. Pelajarilah materi yang ada
- j. Gunakan buku-buku referensi untuk mempelajari materi lebih lanjut
- k. Carilah sumber-sumber pustaka baik buku maupun media lainnya (termasuk yang disarankan) sebagai pendukung dalam mempelajari materi.
- l. Kerjakan soal latihan untuk mengetahui tingkat penguasaan saudara. Soal akan meliputi soal teori dan praktek. Kerjakan job yang ada dalam praktik bengkel.
- m. Pada bagian akhir kerjakan soal-soal tes atau soal-soal yang dibuat dosen.
- n. Jangan terburu-buru melihat kunci jawaban, sebelum selesai mengerjakan
- o. Dosen berfungsi sebagai fasilitator yang akan membantu saudara dalam mempelajari kompetensi ini. Diskusikan hal-hal yang dirasa perlu serta apabila merasa kesulitan mintalah penjelasan.
- p. Setelah saudara merasa menguasai materi kompetensi yang saudara pelajari, mintalah kepada dosen untuk melakukan uji kompetensi terhadap saudara. Saudara tidak perlu menunggu teman yang belum siap ujian.
- q. Uji kompetensi akan meliputi uji kompetensi teori dan uji kompetensi praktek.

- r. Setelah dinyatakan lulus ujian pada sub kompetensi tertentu, lanjutkan ke sub kompetensi berikutnya. Namun bila belum lulus pelajari kembali materi yang ada.

2. Peran dosen antara lain

- a. Membantu mahasiswa dalam merencanakan proses belajar,
- b. Membimbing siswa melalui tugas-tugas pelatihan yang dijelaskan dalam tahap belajar.
- c. Membantu mahasiswa dalam memahami konsep dan praktik baru dan menjawab pertanyaan siswa mengenai proses belajar siswa.
- d. Membantu mahasiswa untuk menentukan dan mengakses sumber tambahan lain yang diperlukan untuk belajar,
- e. Mengorganisasikan kegiatan belajar kelompok jika diperlukan,
- f. Merencanakan seorang ahli/pendamping guru dari tempat kerja untuk membantu jika diperlukan,
- g. Merencanakan proses penilaian dan menyiapkan perangkatnya,
- h. Melaksanakan penilaian,
- i. Menjelaskan kepada siswa tentang sikap pengetahuan dan keterampilan dari suatu kompetensi, yang perlu untuk dibenahi dan merundingkan rencana pemelajaranselanjutnya,
- j. Mencatat pencapaian kemajuan mahasiswa.

D. TUJUAN AKHIR

Tujuan akhir pembelajaran dengan modul ini adalah: mahasiswa memahami dan mampu melakukan perencanaan kerja dan penggunaan alat-alat cekam, mampu memahami dan melakukan pemilihan penggunaan alat-alat bantu pengefraisan, memahami pemilihan dan pemasangan alat potong, memahami perhitungan dan operasional pembuatan roda gigi dan rack, memahami perhitungan dan operasional pembuatan roda gigi helik, dan mampu menggunakan perhitungan dan pembuatan roda gigi helik, memahami dan mampu menggunakan kepala pembagi, memahami dan mampu menggunakan alat bantu frais.

Mahasiswa dinyatakan berhasil bila telah lulus dalam uji kompetensi yang meliputi aspek kognitif (teori), afektif (sikap) dan psikomotorik (praktek)

E. KOMPETENSI

Kompetensi : Mengefrais (Kompleks)

Kode : M7.11A

Durasi pembelajaran : 300 Jam @ 50 menit

LEVEL KOMPETENSI KUNCI	A	B	C	D	E	F	G
	1	2	2	2	2	2	2
KONDISI KINERJA	<ol style="list-style-type: none">1. Kegunaan Kompetensi :<ul style="list-style-type: none">▪ Industri yang melakukan kegiatan Pemesinan2. Sumber Informasi :<ul style="list-style-type: none">▪ Kode standar▪ Buku-buku pedoman▪ Referensi bahan dari produsen3. Pelaksanaan K3 :<ul style="list-style-type: none">▪ Penanganan pemeliharaan mesin frais▪ Bekerja dengan prosedur yang aman4. Kelengkapan :<ul style="list-style-type: none">▪ Alat Ukur Mekanik▪ Mesin frais dan kelengkapannya▪ Lembar Kerja▪ Benda kerja5. Kegiatan :<ul style="list-style-type: none">▪ Pemasangan benda kerja▪ Mengenali Insert (pemasangan) menurut standar ISO▪ Pengefraisan benda rumit						

SUB KOMPETENSI	KRITERIA KINERJA	LINGKUP BELAJAR	MATERI POKOK PEMELAJARAN		
			SIKAP	PENGETAHUAN	KETERAMPILAN
1. Pemasangan benda kerja	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Benda kerja diatur sesuai dengan tingkat kepresisian yang dibutuhkan dengan menggunakan alat bantu seperti dial indicator dan sine bars 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Perencanaan kerja ▪ Penggunaan alat cekam benda kerja ▪ Penyiapan alat ukur ▪ Penyiapan alat bantu pengefraisan yang sesuai. 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Memahami perencanaan kerja ▪ Memahami penggunaan alat cekam benda kerja ▪ Memahami penyiapan alat ukur ▪ Memahami penyiapan alat bantu pengefraisan yang sesuai. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Memasang benda kerja
2. Mengenali Insert (pemasangan) menurut standar ISO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alat yang tepat dipilih untuk menyesuaikan parameter pemotongan 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pemilihan alat potong ▪ Pemasangan alat potong 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Memasang alat potong 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Memahami pemilihan alat potong ▪ Memahami pemasangan alat potong 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Memasang alat potong

SUB KOMPETENSI	KRITERIA KINERJA	LINGKUP BELAJAR	MATERI POKOK PEMELAJARAN		
			SIKAP	PENGETAHUAN	KETERAMPILAN
3. Pengefraisan benda rumit	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rack dan gear difrais disertai perhitungannya. ▪ Pengefraisan helix dengan perhitungannya dan pengaturan gear train yang sesuai dapat dilakukan ▪ Pengefraisan benda presisi yang rumit mengguna-kan meja universal, kepala pembagi diferensial, dan lain-lain dapat dilaksana-kan 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pengefraisan rack dan gear ▪ Penge-fraisan helix. ▪ Penggunaan kepala pembagi ▪ Penggunaan alat bantu penge-fraisan lainnya. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pelaksanaan penge-fraisan 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Memahami perhitungan pembuatan rack dan gear ▪ Memahami pengefraisan rack dan gear ▪ Memahami perhitungan pengefraisan helix. ▪ Memahami pengefraisan pengefraisan helix. ▪ Memahami kepala pembagi ▪ Memahami penggunaan kepala pembagi ▪ Memahami penggunaan alat bantu pengefraisan lainnya. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Melaksana-kan penge-fraisan rack dan gear ▪ Melaksana-kan penge-fraisan helix. ▪ Melaksana-kan penge-fraisan benda rumit dengan mengguna-kan kepala pembagi dan atau alat bantu lainnya.

F. CEK KEMAMPUAN

1. Bagaimana cara pencekaman benda kerja dalam proses frais.
Bandingkan beberapa cara tersebut.
2. Bagaimana cara memilih dan memasang alat potong/pisau frais.
Jelaskan ?
3. Bagaimana perhitungan dan cara pembuatan roda gigi lurus, rack,
dan helik
4. Akan dibuat roda gigi rack dengan modul 2. Sedangkan
pasangannya roda gigi lurus dengan jumlah gigi 30.
 - a. Buatlah rencana kerjanya
 - b. Peralatan apasaja yang dibutuhkan
 - c. Jelaskan penyiapan mesinnya
 - d. Tuliskan ukuran-ukuran yang harus diketahui
 - e. Bagaimana cara pembuatannya
 - f. Bagaimana pengaturan kepala pembagi
 - g. Lakukan pembuatan roda gigi dan rack di bengkel
5. Akan dibuat pasangan roda gigi helik dengan sudut miring 22° ,
jumlah gigi 29, dan modul 1,5 (lihat gambar kerja)
 - a. Buatlah rencana kerjanya
 - b. Peralatan apasaja yang dibutuhkan
 - c. Jelaskan penyiapan mesinnya
 - d. Tuliskan ukuran-ukuran yang harus diketahui
 - e. Bagaiman pembagian keliling dengan kepala pembagi
 - f. Tentukan roda-roda tukarnya
 - g. Bagaimana cara pembuatannya
 - h. Lakukan pembuatan roda gigi helik di bengkel

Apabila anda menjawab tidak mampu pada salahsatu pertanyaan di atas, maka pelajarilah modul ini

BAB II PEMELAJARAN

A. RENCANA BELAJAR PESERTA DIKLAT

Jenis kegiatan	Tanggal	Waktu	Tempat belajar	Alasan perubahan	Tanda tangan guru
Pemasangan Benda Kerja					
Mengenali Insert (pemasangan) menurut standar ISO					
Pengefraisan benda rumit					

B. KEGIATAN BELAJAR

1. Kegiatan Belajar 1

Pemasangan Benda Kerja

a. Tujuan Kegiatan

- Memahami perencanaan kerja
- Memahami penggunaan alat cekam benda kerja
- Memahami penyiapan alat ukur
- Memahami penyiapan alat bantu pengefraisan yang sesuai.

b. Uraian Materi

Perencanaan Kerja

1) Apa Pentingnya Perencanaan Kerja?

Proses pemesinan atau proses pemotongan logam dengan menggunakan pahat (perkakas-perkakas potong) pada mesin perkakas merupakan salah satu proses pembuatan komponen mesin atau peralatan lainnya yang paling sering kita temukan di bengkel reparasi kecil, maupun di industri peralatan besar. Karena telah merupakan hal yang rutin kebanyakan industri atau bengkel tersebut merasa cukup puas dengan hasil yang mereka capai. Padahal apabila diperhatikan dengan seksama tidak jarang kita temukan proses pemesinan yang dilakukan dengan kurang benar ataupun kadangkala dilaksanakan dengan cara yang sama sekali salah. Sebagai contoh, beberapa hal yang sering dijumpai antara lain:

- ✓ Proses pemesinan dimana geram atau sisa pemotongan yang dihasilkan mempunyai bentuk yang terlalu lembut (bagaikan rambut) sehingga proses tersebut menjadi sangat tidak efisien
- ✓ Kecepatan potong yang terlalu rendah yang mengakibatkan permukaan produk terlalu kasar. Dalam

beberapa keadaan seperti pemotongan dengan interupsi atau adanya beban kejut yang dilakukan pada kecepatan potong yang terlalu rendah dapat memperpendek umur pahat.

- ✓ Kecepatan makan yang terlalu rendah demi untuk menghasilkan permukaan yang halus, padahal menurut spesifikasi (gambar teknik) permukaan yang relatif kasarpun sebenarnya sudah mencukupi.
- ✓ Pahat yang digunakan tidak sesuai dengan pekerjaan yang dilakukan yang dipandang dari segi materialnya maupun geometriknnya (bentuk dan sudut pahat).
- ✓ Urutan proses maupun cara pencekaman benda kerja yang tidak benar sehingga mengakibatkan kesalahan geometrik produk yang melebihi batas-batas toleransi.
- ✓ Prosedur penghitungan ongkos pemesinan yang tidak benar, sehingga perusahaan akan mendapatkan gambaran ongkos produksi yang salah (ongkos yang tidak wajar, terlalu besar atau terlalu kecil).

Untuk mengatasi permasalahan-permasalahan tersebut perlu dilakukan perencanaan yang baik, dengan memperhitungkan segala faktor yang memengaruhinya. Secara praktis agar proses produksi dapat berjalan baik diperlukan personal-personal (tenaga kerja) yang menguasai beberapa kemampuan di bawah ini:

- ✓ Membaca gambar teknik untuk menentukan proses yang diperlukan

- ✓ Menentukan jenis pahat serta alat pemegang ataupun alat bantu dalam setiap urutan pekerjaan, dan jika perlu dapat bekerjasama dengan ahli perkakas potong
 - ✓ Menetapkan langkah terperinci dengan memilih berbagai variabel proses yang cocok sehingga produk dapat dihasilkan sesuai dengan gambar teknik dengan cara yang optimum
 - ✓ Menangani berbagai masalah yang mungkin timbul sebagai akibat dari suatu jenis pekerjaan yang baru
 - ✓ Memperkirakan ongkos proses pemesinan berdasarkan waktu pemesinan yang direncanakan beserta data ongkos
- Sampai saat ini 60-80 persen komponen mesin masih dibuat dengan mesin-mesin perkakas termasuk mesin frais. Dalam proses pembuatan komponen mesin dengan mesin perkakas harus direncanakan dengan baik agar efektifitas proses pengerjaan dapat tercapai secara obyektif. Perencanaan produksi diperlukan dengan maksud;
- ✓ agar proses produksi berjalan lancar dan efisien
 - ✓ mencegah terjadinya kesalahan dalam pembuatan suatu komponen/benda kerja.
 - ✓ apabila terjadi kesalahan produksi maka dapat dirunut terletak di mana kesalahan tersebut.
 - ✓ dapat ditentukan/diperkirakan ongkos produksi dan waktu penyelesaian produksi secara cermat

Dari berbagai macam mesin perkakas yang ada maka mesin frais banyak digunakan untuk memproduksi suatu komponen. Oleh sebab itu diperlukan langkah sistematis yang

patut dipertimbangkan sebelum mengoperasikannya.

Perencanaan langkah-langkah tersebut antara lain :

- (a) Mempelajari gambar kerja untuk menyusun urutan kerja yang efektif dan efisien.
- (b) Mempelajari karakter atau sifat bahan untuk menentukan jenis alat potong dan media pendingin yang digunakan.
- (c) Menetapkan kualitas hasil yang diinginkan.
- (d) Menentukan macam geometri alat potong yang digunakan.
- (e) Menetapkan alat bantu yang dibutuhkan.
- (f) Menentukan roda-roda gigi pengganti, apabila dikehendaki proses pengerjaan yang bersifat khusus.
- (g) Menentukan parameter-parameter pemotongan yang berpengaruh dalam proses pengerjaan (kecepatan potong, kecepatan sayat, kedalaman pemakanan, waktu pemotongan dan lain-lain).

Perencanaan proses produksi akan meliputi urutan proses, peralatan yang dibutuhkan, penyetingan mesin maupun parameter-parameter pemotongan. Dalam membuat perencanaan proses tersebut dapat dibantu dengan menggunakan tabel perencanaan produksi seperti di bawah ini:

Tabel 1. Perencanaan Proses Produksi

Urutan Proses	Rencana proses	Alat yang dibutuhkan	Parameter Pemotongan					Alat ukur yang digunakan
			cs	n	feed	Dalam pemotongan	Waktu produksi	
1								
2								
3								
d.s.t.								

Urutan proses: Merupakan tahap-tahap operasional pembuatan produk. Dalam hal ini berdasarkan gambar kerja yang diterima dapat direncanakan urutan proses mulai dari proses pertama hingga proses terakhir yang direncanakan. Urutan proses ini menjadi sangat penting sebab kesalahan urutan proses dapat menghambat proses selanjutnya atau bahkan dapat menghentikan proses yang seharusnya dilakukan kemudian. Hasil yang diharapkan akan sulit tercapai dengan urutan yang salah.

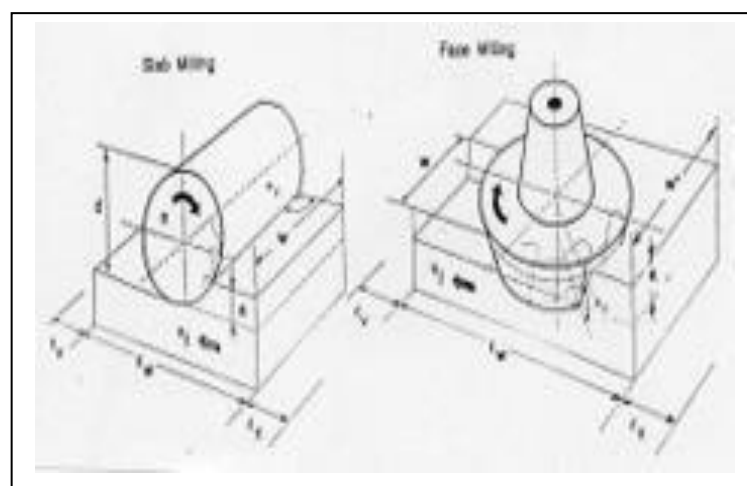
Rencana Proses: Berisi tentang proses apasaja yang akan dilakukan pada tahap itu. Dalam pembuatan suatu benda kerja tidak semuanya dikerjakan dengan satu mesin seperti mesin frais, sehingga mungkin melibatkan proses lain seperti pembubutan, pengeboran, maupun gerenda. Meskipun pembuatan komponen tersebut dapat dilakukan pada mesin frais saja namun demikian juga terdapat berbagai macam proses yang berbeda dan memerlukan langkah yang berbeda pula. Misalnya pengefraisan rata, pengefraisanalur, pengefraisan miring dan sebagainya.

Alat yang Dibutuhkan: Dalam kolom ini alat-alat yang diperkirakan dan direncanakan untuk digunakan pada proses pembubutan

hendaknya disiapkan seawal mungkin. Dalam hal ini perlu dilakukan pemilihan alat-alat potong, alat alat bantu maupun alat-alat kelengkapan. Alat-alat yang diperkirakan diperlukan sesuai dengan rencana kerja hendaknya dipersiapkan terlebih dahulu, dengan maksud mengurangi waktu terbuang untuk penyiapan alat serta meningkatkan efisiensi proses produksi.

Parameter Pemotongan. Parameter pemotongan diperlukan agar proses produksi dapat berlangsung sesuai dengan prosedur perencanaan. Parameter-parameter pemotongan yang ditetapkan dalam proses frais akan meliputi: kecepatan potong, putaran spindel, dalam pemakanan, gerak makan per gigi, kecepatan penghasilan geram dan waktu pemesinan. Penentuan rasio kecepatan antargerak benda kerja dan putaran pisau sangat penting diperhatikan. Jika langkah pemakanan benda kerja terlalu pelan waktu akanterbuang banyak dan pisau fraispun akan cepat tumpul dan menurunkan umur pahat. Jika pemakanan benda kerja trelalu cepat pisau frais bisa cepat rusak, dan tentu memerlukan waktu lebihbanyak untuk menggantinya.

Parameter-parameter tersebut dapat dijelaskan pada Gambar 1.



Gambar 1. Parameter Pemotongan dalam Proses Frais

KETERANGAN :

Benda kerja:

w : lebar pemotongan, mm

lw : panjang pemotongan, mm

a : kedalaman pemotongan

Pahat Frais:

d : diameter luar, mm

z : jumlah gigi (mata potong)

Kr : sudut potong utama, 90 ° untuk pisau frais selubung

Mesin Frais:

n : putaran poros utama, put/menit

vf : kecepatan makan, mm/put

Elemen dasar proses frais adalah:

1. Kecepatan potong/cutting speed

Dalam menentukan kecepatan potong beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan antara lain:

- material benda kerja yang akan difrais
- material pisau frais
- diameter pisau
- kehalusan permukaan yang diharapkan
- dalam pemotongan yang ditentukan
- Rigiditas penyiapan benda kerja dan mesin

Untuk benda kerja yang berbeda kekerasannya, strukturnya dan kemampuan pemesinaanya diperlukan penentuan cutting speed yang berbeda. Tabel 2 berikut menunjukkan cara penentuan cutting speed:

Tabel 2. Cutting Speed untuk Proses frais

Material	High-speed steel cutter		Carbide cutter	
	ft/min	m/min	ft/min	m/min
Machine steel	70-100	21-30	150-250	45-75
Tool steel	60-70	18-20	125-200	40-80
Cast iron	50-80	15-25	125-200	40-80
Bronze	65-120	20-35	200-400	80-120
Aluminium	500-1000	150-300	1000-2000	150-300

Cutting speed dapat dirumuskan dalam bentuk persamaan :

$v = (n \cdot d \cdot n) / 1000 \text{ m/min}$, dengan v = cutting speed, d = diameter pisau frais dan n putaran spindel utama

2. Penentuan putaran Pisau

Terdapat tiga faktor yang harus dipertimbangkan dalam menentukan putaran pisau frais antara lain:

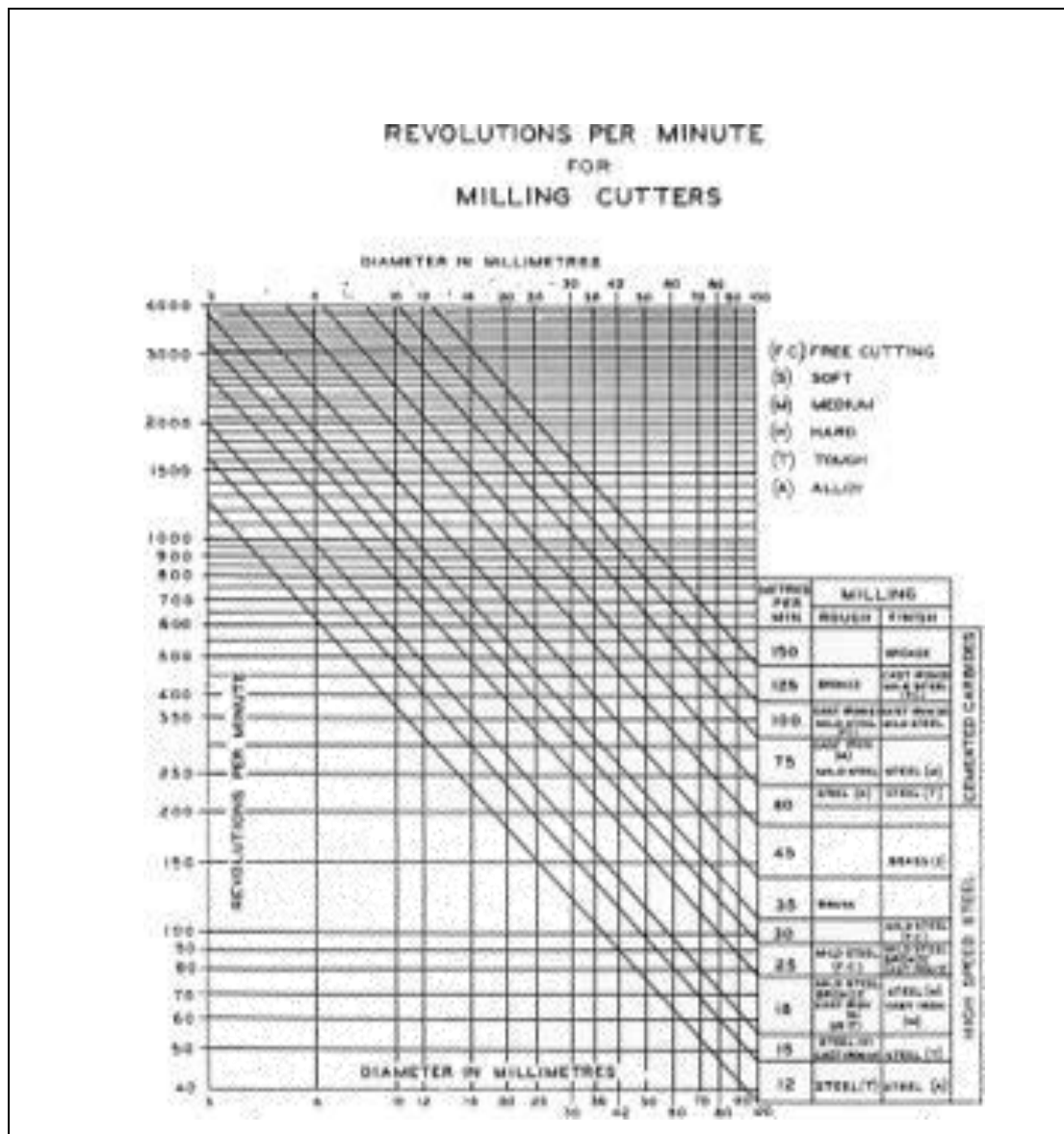
- Material yang akan di frais
- Bahan pisau frais
- Diameter pisau frais

Dalam menentukan putaran pisau frais dapat pula digunakan Nomogram seperti pada Gambar 2:

3. Feed dan dalam pemotongan.

Feed dapat dinyatakan sebagai rasio gerak benda kerja terhadap gerak putar pisau frais. Dalam menentukan feed, faktor yang harus diperhatikan adalah:

- Dalam pemakanan
- Tipe pisau frais
- Bentuk pisau frais
- Material benda kerja
- Kekuatan dan keseragaman benda kerja
- Tipe permukaan finishing yang ditentukan
- Power dan rigiditas mesin



Gambar 2. Nomogram Putaran Pisau Frais

Tabel 3. Feed untuk Proses Frais

APPROXIMATE MAXIMUM FEED PER TOOTH FOR VARIOUS CUTTERS WORK MATERIAL AND APPROXIMATE MAXIMUM BRINELL HARDNEES										
Typt of Cutter	Alu-minium	Brass 110	Bronze 130	Steel Mild 150	Steel Med. 180	Steel Tough 200	Steel Alloy 250	Cast Iron 150	Cast Iron 200	Cast Iron 250
Face	0.55	0.55	0.45	0.28	0.23	0.20	0.18	0.45	0.38	0.33
Slab	0.43	0.43	0.35	0.23	0.18	0.15	0.13	0.35	0.30	0.25
Slot S&F	0.33	0.33	0.28	0.18	0.15	0.13	0.10	0.28	0.23	0.20
End	0.28	0.28	0.23	0.13	0.13	0.10	0.10	0.23	0.20	0.15
Form	0.15	0.15	0.13	0.10	0.07	0.07	0.05	0.13	0.13	0.10
Saw	0.15	0.13	0.10	0.07	0.07	0.05	0.05	0.10	0.10	0.07

4. Dalam pemotongan

Pemakanan dalam proses frais meliputi pemakanan kasar dan pemakanan halus (finishing). Pada pemakanan kasar dalam pemotongan dapat ditentukan pada kedalaman maksimal (lebih dalam). Pada pemotongan yang berat dapat digunakan pisau dengan gigi helik dan jumlah gigi yang lebih sedikit. Pemotongan dengan jumlah gigi potong lebih sedikit akan menghasilkan pemotongan yang lebih kuat dan lebih mempunyai kelonggaran yang lebih besar daripadabanyak gigi.

Pemotongan halus (finishing) dilakukan secara ringan (light) daripada pemotongan kasar. Dalam pemotongan pada pemakanankasar biasanya tidak lebih dari 1/64 inchi (0,39 mm). Dalam pemakanan halus, feed harus dikurangi daripada pemotongan kasar, sedangkan putaran pisau dipercepat.

5. Gerak makan per gigi, F_z

$$F_z = v_f / z.n. \text{ mm/gigi}$$

6. Waktu pemotongan

$$t_c = l_t / v_f \text{ min}$$

keterangan:

$$l_t = l_v + l_w + l_n \text{ mm}$$

$l_v = 1$, untuk mengefrais datar

$l_v \geq 0$ untuk mengefrais tegak

$l_w \geq 0$ untuk mengefrais datar

$l_n \approx d/2$ untuk mengefrais tegak

7. Kecepatan penghasilan geram

$$Z = (vf.a.w) / 1000 \text{ cm}^3/\text{min}$$

Alat Ukur yang digunakan.

Dalam proses pengefraisan seperti proses-proses pemesian yang lain tidak dapat dipungkiri diperlukan alat-alat ukur. Alat-alat ukur tersebut diperlukan antara lain untuk mengecek ketepatan dimensi benda kerja maupun untuk mengecek ketepatan mesin frais itu sendiri. Penentuan alat ukur ini ditentukan berdasarkan tingkat kepresisian yang diinginkan. Dalam hal tertentu mungkin cukup diperlukan alat ukur berupa jangka sorong, namun untuk keperluan yang lebih teliti dapat digunakan mikrometer. Pencantuman alat ukur yang digunakan dimaksudkan pula sebagai bahan pertimbangan dalam hal pengecekan kualitas produk. Suatu produk yang dibuat dengan bantuan alat ukur jangka sorong tentu akan lebih baik dan lebih tepat bila pengukuran/pengecekan ukuran juga dilakukan dengan jangka sorong, demikian pula apabila alat ukur yang digunakan dalam proses produksi berupa mikrometer maka pengecekan hasil akan lebih baik pula bila dilakukan dengan mikrometer, demikian seterusnya.

Pencekaman Benda Kerja

Benda-benda kerja harus dikencangkan secara kukuh pada waktu pengefraisan, sebab bila benda kerja tersebut terlepas dapat berakibat hasil pengefraisan yang tidak sempurna, terjadinya kecelakaan dan retaknya pisau frais. Salahsatu keberhasilan dalam pekerjaan pengefraisan adalah ketepatan menggunakan alat-alat penjepit benda kerja yang sesuai dengan bentuk benda yang akan difrais. Untuk benda kerja yang besar dengan pengefraisan rata,

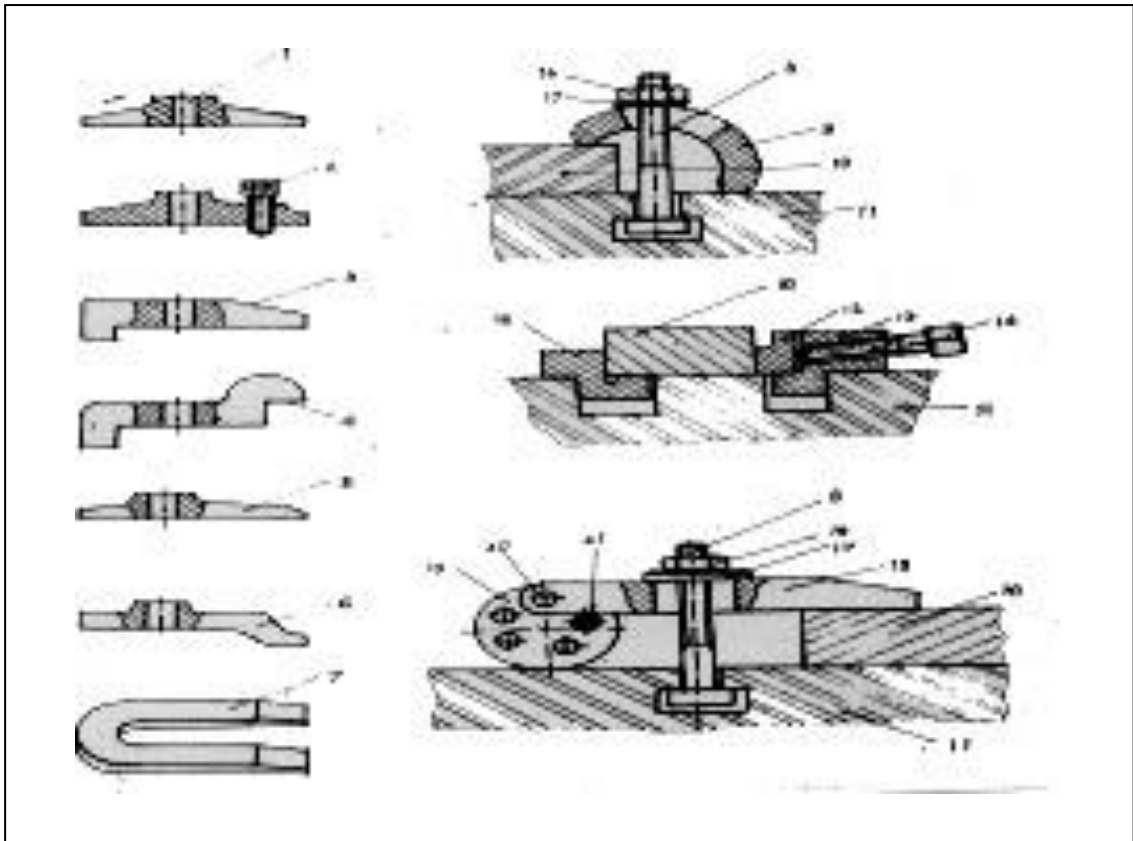
berbeda cara menjepitnya dengan benda kerja yang kecil dengan bentuk yang teratur, bulat, segiempat, bertingkat, dan sebagainya. Begitu juga alat-alat untuk menjepit benda kerja yang berbentuk roda gigi memerlukan penjepitan khusus.

Beberapa cara penjepitan benda kerja antara lain:

- Klem dan kelengkapannya
- Blok siku dan kelengkapannya
- Blok vee dan kelengkapannya
- Ragum mesin dan macam-macamnya
- Kepala pembagi dan kelengkapannya
- Fixture dan kelengkapannya
- Meja putar

1. Macam-macam Klem

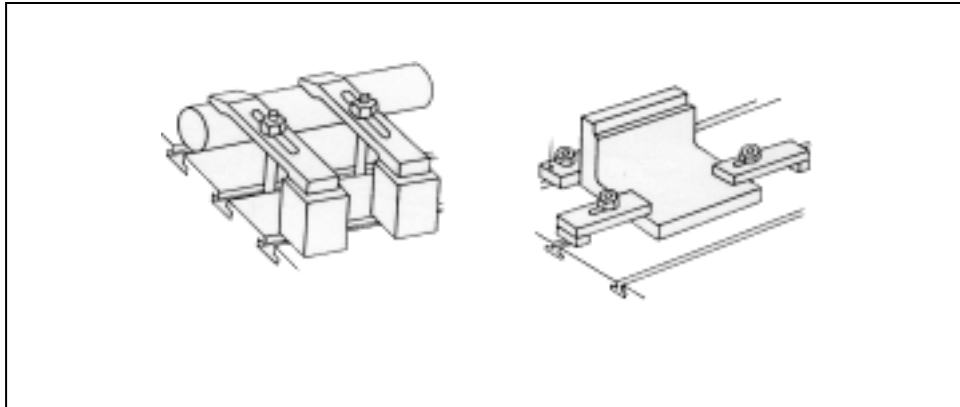
Klem yang digunakan dalam penjepitan benda kerja biasanya dilengkapi dengan baut Tee. Macam-macam klem tersebut antara lain seperti dalam Gambar 3. Apabila benda kerja tidak dapat dicekam dengan ragum, atau fixture, maka pemasangannya dapat langsung dilakukan pada meja frais dengan klem (Gambar 4). Beberapa bentuk klem yang sering digunakan dalam operasional pengefraisan antara lain klem jari, klem U dan klem lurus. Dalam pemasangannya klem selalu dilengkapi dengan baut beralur T.



Gambar 3. Macam-macam klem

Keterangan gambar:

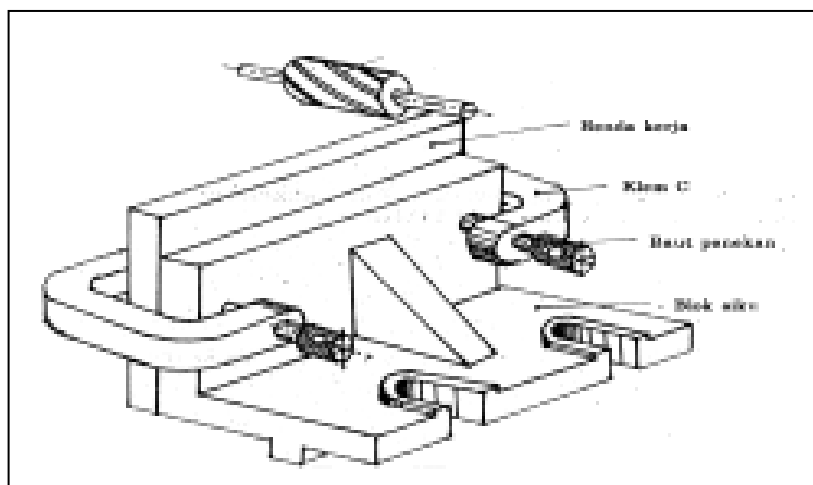
1. klem lurus dengan lubang baut
2. klem lurus dengan baut penyetel
3. klem kaki yang dichamfer
4. klem kaki untuk benda kerja yang bertingkat
5. klem dengan jari lurus
6. klem dengan jari lengkung
7. klem bentuk U
8. baut tee panjang
9. klem pegas
10. benda kerja yang dijepit
11. meja mesin frais
12. blok penjepit
13. blok dengan lubang baut
14. baut penekan
15. blok penjepit
16. mur penekan
17. cincin
18. klem dengan ketinggian yang dapat disetel
19. tumpuan klem dengan lubang penyetel
20. pen/engsel
21. pen-penyetel



Gambar 4. Penjepitan Langsung pada meja Frais dengan Klem

2. Blok siku dan kelengkapannya

Untuk benda-benda kerja yang difrais dengan kedudukan tegak atau berdiri, penjepitannya dapat dilakukan dengan menggunakan blok siku dan kelengkapannya.



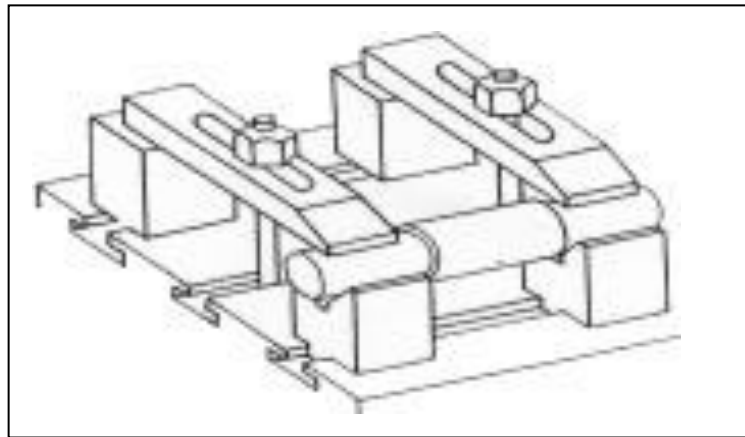
Gambar 5. Blok Siku dan Kelengkapannya

3. Blok Vee dan Kelengkapannya

Untuk menjepit benda kerja yang bulat misalnya pada saat mengfrais alur-alur pasak pada poros dan semacamnya, penjepitan

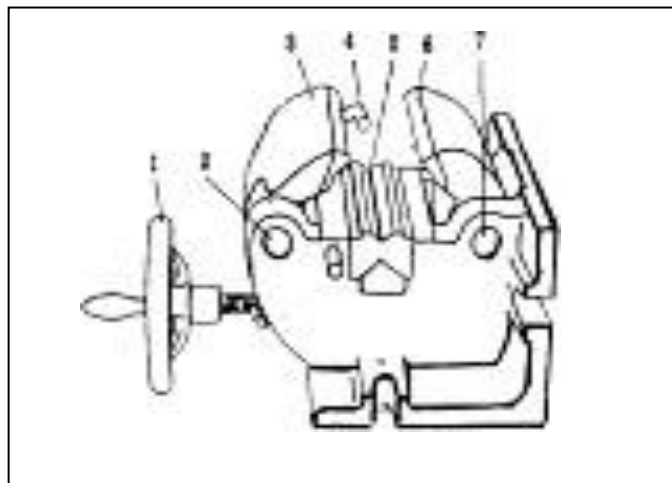
dilakukan dengan menggunakan block vee dengan kelengkapan klem atau baut

Baut pengikat lainnya. V block pada umumnya memiliki alur dengan sudut 90° dan mempunyai alur maupun kerataan yang sesuai bila dipasangkan di meja mesin frais. V-block biasanya digunakan untuk mencekam benda-benda dengan bentuk tertentu, datar, bulat seperti pembuatan alur pada benda yang bulat (misalnya poros).



Gambar 6. Blok Vee dan Kelengkapannya

Klem poros universal dapat dipasang pada mesin frais horizontal atau mesin frais vertical. Bentuk klem poros universal dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Blok Vee pada Klem Universal

4. Ragum (vises)

Ragum merupakan peralatan cekam yang paling sering digunakan pada proses pengefraisan. Ragum dapat digunakan untuk mencekam benda kerja berbentuk kotak, bulat, maupun menyudut yang dapat digunakan untuk mengefraisi alur pasak, alur, permukaan datar, sudut, gigi rack, dan alur T (T slot). Terdapat tiga tipe ragum yang biasa digunakan di mesin frais. Ketiga ragum tersebut adalah:

a. Ragum lurus:

Ragum lurus dikencangkan pada meja mesin frais dengan memanfaatkan alur T yang terdapat pada meja mesin frais. Ragum ini dapat dikencangkan secara cepat dengan menggunakan kunci .

b. Ragum sudut.

Ragum ini sama dengan ragum lurus hanya ditambahkan pengatur sudut yang terdapat di bawahnya, sehingga ragum dapat diputar hingga 360° pada arah horizontal

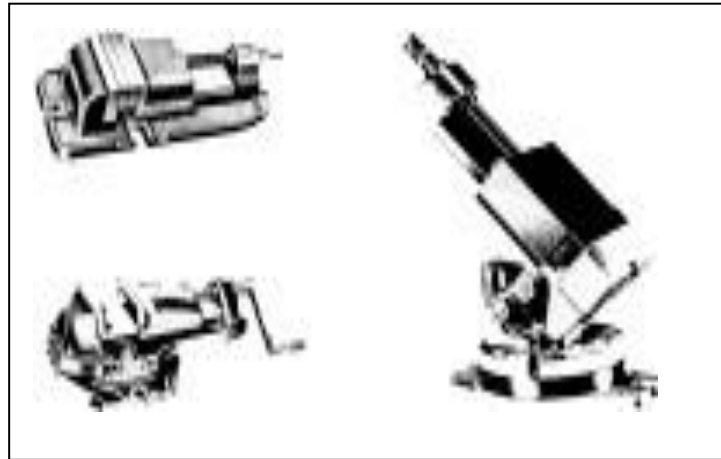
c. Ragum universal

Ragum ini selain dilengkapi dengan pengatur sudut horizontal juga dilengkapi dengan pengatur sudut vertikal. Dengan kelengkapan ini ragum dapat diputar hingga 360° pada arah horizontal dan 90° pada arah vertikal

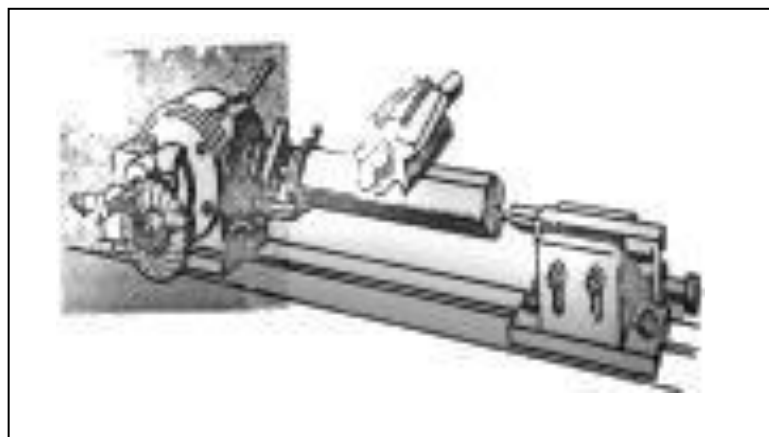
d. Kepala Pembagi

Kepala pembagi sangat cocok digunakan untuk pembuatan kepala baut, pengefraisan roda gigi, dan pengefraisan benda-benda silindris. Bila gerakan kepala pembagi dihubungkan dengan gerakan ulir penghantar mesin frais

maka dapat dilakukan pembuatan roda gigi miring/helik, reamer dan tap.



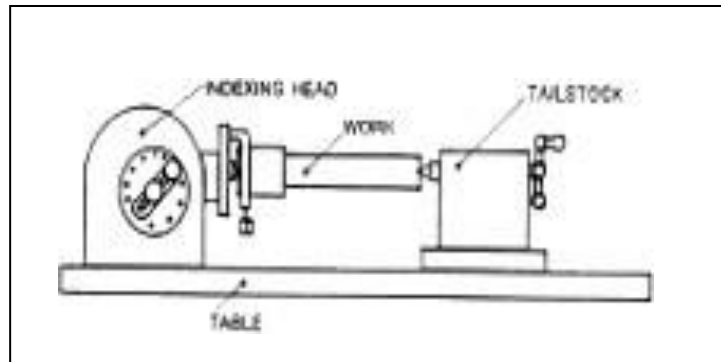
Gambar 8. Macam-macam Ragum



Gambar 9. Kepala Pembagi

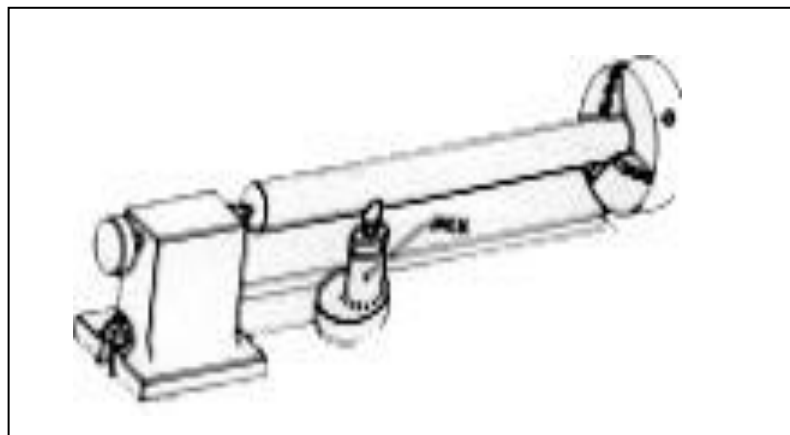
Pencekaman benda kerja dengan kepala pembagi dapat dilakukan dengan berbagai langkah berikut:

- 1) Antara dua senter – benda kerja sejajar. Dalam hal ini poros atau benda kerja ditempatkan diantara dua senter. Kepala pembagi dan kepala lepas berada dalam posisi lurus (alignment)



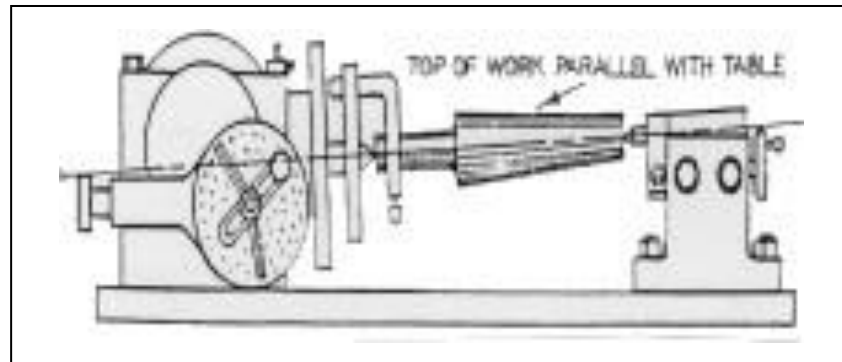
Gambar 10. Benda Kerja Dicekam Antara Dua Senter

Untuk benda-benda yang panjang, pencekamannya dapat dibantu dengan penyangga (supporting slender work)



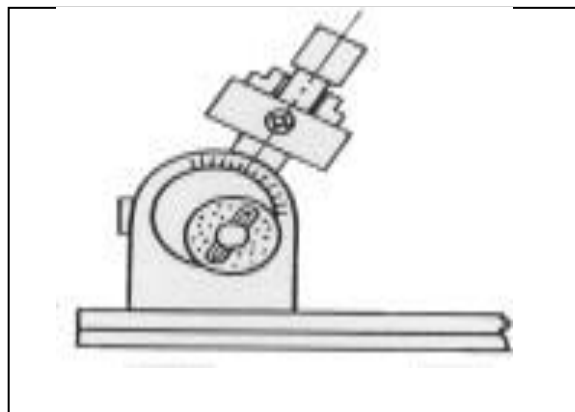
Gambar 11. Penyangga Benda Kerja pada Proses Frais

- 2) Dicekam di antara dua senter dalam pengefraisan tirus. Kepala pembagi diseting sebesar sudut yang diinginkan, dan kepala lepas diset sebesar sudut yang dikehendaki dan dinaikkan untuk menyesuaikan lubang senter yang naik



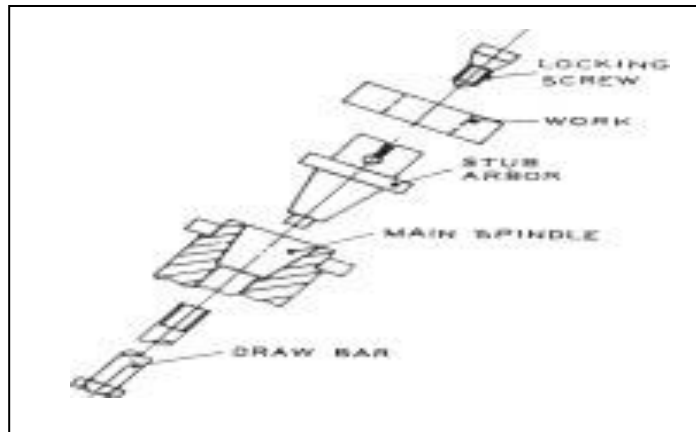
Gambar 12. Pencekaman Benda Kerja pada Proses Tirus

- 3) Dicekam dengan chuck. Cekam rahang tiga atau rahang empat dapat dipasangkan pada kepala pembagi untuk mencekam benda-benda bulatpendek, castings atau forging. Chuck dapat disetel horisontal, vertikal dan menurut sudut tertentu



Gambar 13. Pencekaman Benda Kerja dengan Chuck pada Piring Pembagi

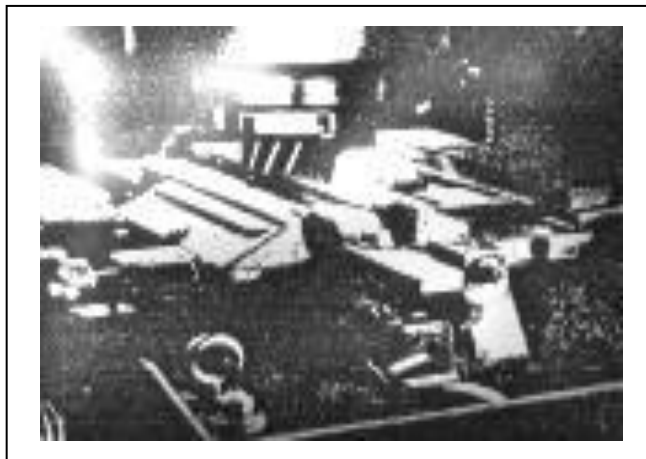
- 4) Dicekam dalam spindel utama. Spindel utama pada kepala pembagi. mempunyai lubang tirus yang dapat digunakan untuk menempatkan selubung tirus sehingga benda dapat dicekam.



Gambar 14. Pengekaman Benda Kerja pada Spindel utama Proses Tirus

e. Fixture

Fixture digunakan bila akan dilakukan pekerjaan dengan teliti dan dalam jumlah yang relatif banyak sehingga tidak diperlukan penyetingan lagi. Penggunaan fixture akan mengurangi waktu setting benda kerja sehingga proses produksi menjadi lebih efisien.

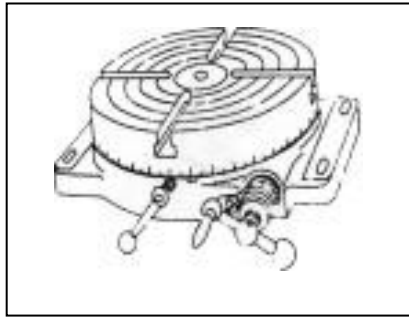


Gambar 15. Pengefraisan menggunakan Fixture

f. Meja Putar

Dicekam dengan meja putar: peralatan ini digunakan untruk mencekam beberapa macam benda kerja yang menghendaki

pengefraisan putar. Dalam operasionalnya pengefraisan dengan meja putar dapat dilakukan secara manual (dengan tangan) atau dengan cara dihubungkan dengan mekanisme gerak dari mesin frais.



Gambar 16. Pencekaman Benda Kerja pada Meja Putar

Penyiapan Alat Ukur

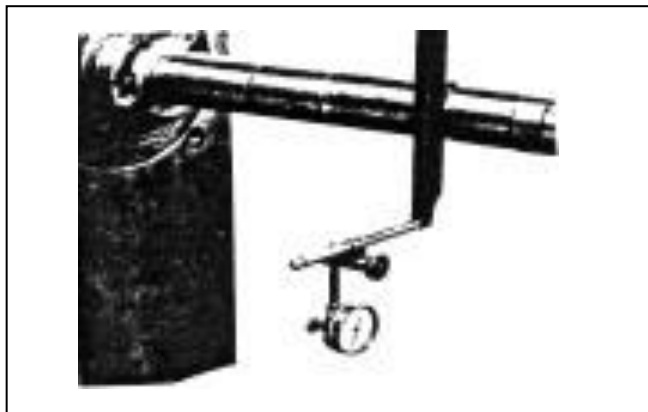
Dalam operasi pengefraisan, selain diperlukan pengukuran dimensi benda kerja hasil produksi dengan berbagai alat ukur (jangka sorong, mikrometer, dial indikator, kaliber, pengukur roda gigi dan sebagainya) pengukuran yang perlu dilakukan adalah pengaturan ketegaklurusan kepala vertical (Vertikal Head), dan kelurusan ragum.

1) Pengaturan Ketegaklurusan Gerak Pisau terhadap Meja

Pengecekan ketegaklurusan gerak pisau frais terhadap meja sangat perlu dilakukan terutama saat pembuatan lubang maupun melakukan pengefraisan permukaan. Jika posisi kelurusan dari pisau (spindel utama) tidak mencapai 90^0 terhadap meja maka lubang yang dihasilkan tidak akan tegak lurus terhadap permukaan bendanya, dan apabila operasional yang dilakukan adalah pengefraisan datar maka akan dihasilkan bentuk permukaan yang miring (tirus). Peralatan yang diperlukan untuk melakukan pengujian tersebut antara lain: dial indikator dan batang parallel.

Langkah-langkah dalam mengecek ketegaklurusan spindel tersebut antara lain :

- a. Tempatkan dial indikator pada batang yang memungkinkan pada spindel utama atau chuck bor
- b. Posisi dial indikator di sebelah muka atas meja
- c. Aturilah posisi penunjukan pada dial sebesar nol.
- d. Putar spindel utama dengan tangan sejarak 180°
- e. Jika tidak terdapat perbedaan dalam pembacaan maka posisi spindel dan meja telah sesuai

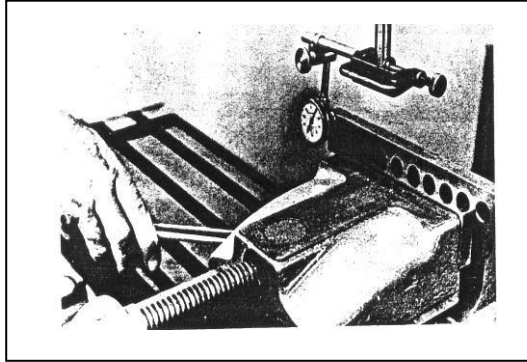


Gambar 17. Pengujian ketegaklurusan spindel indikator dan plat strip

Langkah-langkah untuk mengecek ketegak lurusan ragum

- a. Bersihkan meja dan bagian bawah ragum
- b. Pasang dan kencangkan ragum pada meja
- c. Kencangkan bibir ragum dan jepitlah parallel strip yang telah dipasangkan
- d. Pasang dial indikator pada spindel utama atau chuck bor.
- e. Gerakkan meja dan amati perubahan penunjukan yang terjadi pada dial.
- f. Apabila tidak terjadi perubahan penunjukkan pada dial berarti telah terpenuhi ketegaklurusan ragum

- g. Bila belum, ulangi prosedur tersebut hingga diperoleh penunjukan yang tidak berubah.



Gambar 18. Pengujian ketegaklurusan ragum

Jenis Perkakas Bantu Mesin Frais

Peralatan bantu seperti ragum universal, adapters pemindah cepat dan kepala pembagi universal membantu dalam setting up benda kerja menjadi lebih cepat.

1. Ragum

Terdapat tiga macam ragum yang tersedia antara lain ragum lurus, ragum putar dan ragum universal. Ragum lurus dibautkan pada meja mesin pada satu posisi. Ragum putar memungkinkan untuk dapat diputar dengan sudut arah horizontal yang diinginkan. Sedangkan ragum universal dibuat dalam dua sudut yaitu dapat digerakkan/diputar dalam arah horizontal maksimal sebesar 360° dan sudut arah vertical maksimal sebesar 90° .

2. Arbor, Collet dan Adapter

Arbor, Collet dan Adapter merupakan alat bantu penjepit pisau frais agar proses pengefraisan berlangsung lebih cepat. Dengan

alat-alat bantu tersebut pemasangan pisau frais tidak memakan waktu yang lama.

3. Facing Fixture

Facing Fixture digunakan untuk mencekam benda kerja yang terpasang kuat pada meja. Jenis fixture ini antara lain: ragam rata, meja rotary (swivel), indexing head (kepala pembagi). Fixture ini digunakan untuk pekerjaan presisi dengan berbagai ukuran.

4. Kepala pembagi

Kepala pembagi merupakan salah satu alat yang sering dipakai dan ditempatkan dalam meja mesin. Alat ini didesain untuk mencekam benda kerja antara dua center, alur, pembuatan gigi dan operasi yang lain.

5. Kelengkapan Frais Vertikal (Vertikal Machine Attachment)

Kelengkapan Frasi Vertikal ditempatkan pada kolom dan spindel vertikal atau mesin frais universal. Kecepatan putaran spindel vertikal sama dengan kecepatan spindel horizontal. Perlengkapan ini digunakan untuk pengefraisan permukaan menyudut dengan memiringkan kepala. Kepala ini mampu disetel pada sudut-sudut antara 0° sampai 45° untuk pengefraisan vertikal kanan dan kiri.

6. Kelengkapan Putaran Tinggi (High Speed Attachment)

Peralatan ini digunakan pada mesin frais universal dan horisontal. Alat ini digunakan untuk mendukung pengefraisan

dengan pisau end mill untuk berbagai posisi. Dengan alat ini putaran pisau lebih cepat dari putaran spindel utama.

7. Universal Spiral Attachment

Alat ini ditempatkan pada kolom dan digerakkan oleh spindel mesin. Alat ini dilengkapi dengan kelengkapan sudut sehingga dapat diatur pada arah vertikal maupun horizontal. Kecepatan putar pisau yang dipasang pada alat ini sama dengan kecepatan putar spindel. Dengan peralatan ini dapat dilakukan pengefraisan dengan sudut yang lebih besar dari 45° .

8. Slotting Attachment (Kelengkapan Slot)

Alat ini didesain untuk pemotongan alur seperti alur pasak roda gigi. Kelengkapan slot ditempatkan pada kolom dan spindel. Gerak putar dari spindel diubah menjadi gerak lurus seperti pada proses skrap. Dengan alat ini dapat diputar hingga 360° .

9. Kelengkapan Pemotongan Roda Gigi (Gear Cutting Attachment)

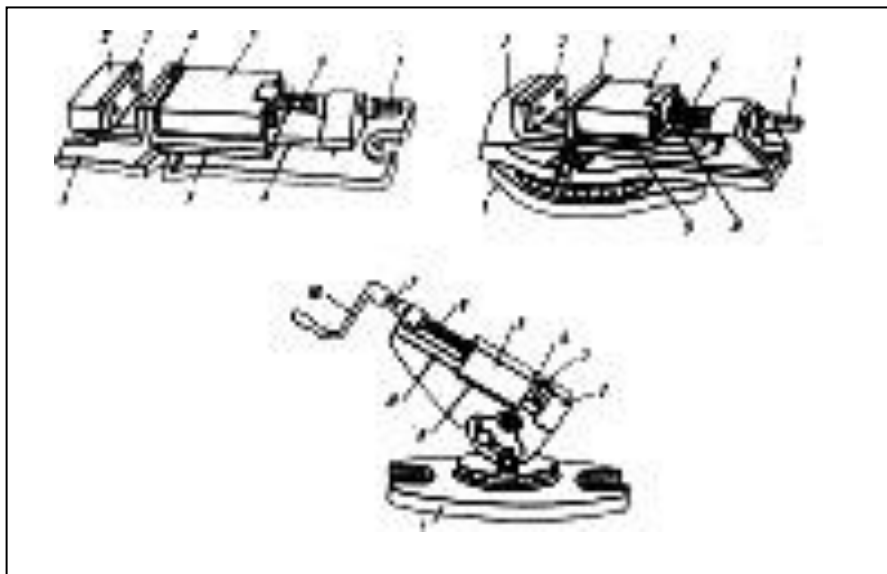
Alat-alat ini diperlukan dalam pengefraisan roda gigi (misal kepala pembagi)

10. Meja Putar

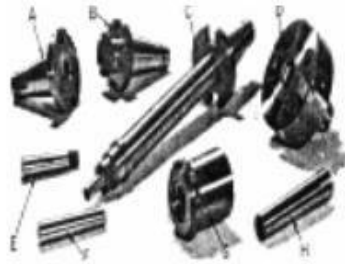
Untuk pengefraisan benda kerja dengan bentuk bervariasi dan melingkar, pengefraisan dapat dilakukan pada meja putar. Dengan alat ini pengefraisan dapat dilakukan secara melingkar. Alat ini sesuai untuk mesin frais horizontal, vertikal, dan universal.

11. Kelengkapan Pengefraisan Rack (Rack Milling Attachment)

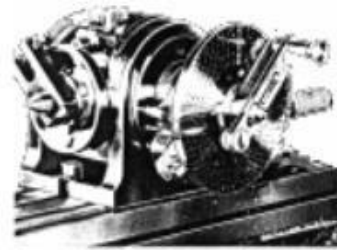
Alat ini digunakan untuk pengefraisan rack yang lebih panjang daripada panjang meja frais.



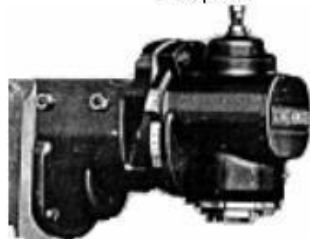
Gambar 19. Macam-macam Ragum (Ragum Lurus, Ragum Putar, Ragum Universal)



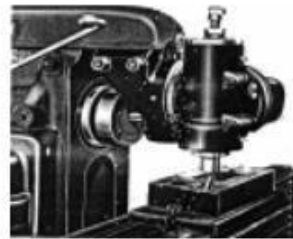
Gambar 20. Arbor, Kolet dan Adapter



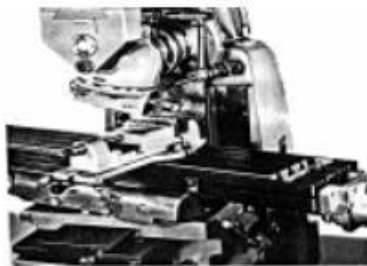
Gambar 21. Kepala Pembagi Universal



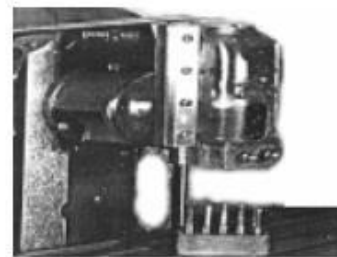
Gambar 22. Kelengkapan Frais Vertikal (*Vertikal Machine Attachment*)



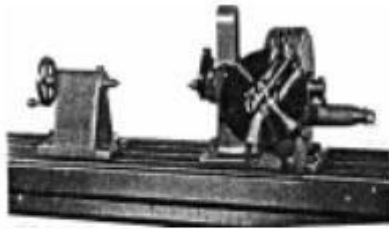
Gambar 23. Kelengkapan Putaran Tinggi (*High Speed Attachment*)



Gambar 24. Universal Spiral Attachment



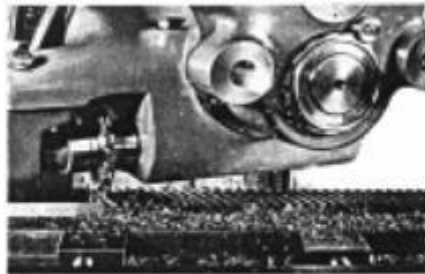
Gambar 25. Slotting Attachment



Gambar 26. Kelengkapan
Pemotongan Roda Gigi (*Gear
Cutting Attachment*)



Gambar 27. Meja Putar



Gambar . 28. Kelengkapan Pengefraisan Rack (*Rack Milling
Attachment*)

c. Rangkuman

1. Langkah-langkah yang diperlukan dalam perencanaan produksi antara lain: mempelajari gambar, mempelajari karakter atau sifat bahan, menetapkan kualitas hasil yang diinginkan, menentukan macam geometri alat potong yang digunakan, menetapkan alat bantu yang dibutuhkan, menentukan roda-roda gigi pengganti, dan menentukan parameter-parameter pemotongan
2. Terdapat beberapa alat cekam yang umumnya digunakan dalam proses frais yaitu: ragum, V-block, plat sudut, fixture, kepala pembagi dan klem

3. Sebelum pengefraisan dilakukan perlu dilakukan pengujian berhubungan dengan ketegaklurusan spindel utama dengan meja, dan kelurusan ragum terhadap meja dan spindel utama.
4. Alat-alat bantu yang dibutuhkan dalam proses frais antara lain: Ragum, fixture, arbor, kolet, dan adapter, kelengkapan mesin sesuai jenisnya, kepala pembagi, dan meja putar.

d. Tugas

1. Coba lakukan pengamatan pada bengkel atau industri
 - a. temukan kesalahan-kesalahan proses pemesinan yang terjadi.
 - b. Menurut anda apa yang menyebabkan terjadinya kesalahan tersebut
 - c. Apa yang harus dilakukan untuk mengurangi kesalahan tersebut
 - d. Sikap bagaimana yang harus dimiliki seorang teknisi dalam bekerja agar tidak melakukan kesalahan-kesalahan
2. Lakukan observasi di bengkel tentang alat-alat bantu serta pengecekan benda kerja
3. Lakukan pengujian ketegaklurusan spindel dan kelurusan ragum.

e. Tes Formatif 1

1. Jelaskan pentingnya perencanaan kerja sebelum proses produksi dilakukan
2. Sebutkan dan jelaskan beberapa cara pengecekan benda kerja
3. Pengecekan apasaja yang perlu dilakukan terhadap mesin sebelum dioperasikan
4. Jelaskan macam-macam alat bantu dan fungsinya

f. Kunci Jawaban Tes Formatif 1

Berikut ini adalah rambu-rambu jawaban tes formatif:

1. Pentingnya perencanaan kerja antara lain agar proses produksi berjalan lancar dan efisien , mencegah kesalahan, kesalahan dapat dirunut, ongkos produksi dapat diperkirakan.
2. Cara pencekaman benda kerja adalah dengan: Klem, blok siku, blok V, ragum, kepala pembagi dan perlengkapannya, Fixture dengan berbagai macamnya.
3. Pengecekan yang perlu dilakukan paling sedikit antara lain : pengecekan ketegaklurusan spindel dan ketegaklurusan ragum
4. Beberapa macam alat bantu pengefraisan antara lain ragum, fixture, arbor, kolet, dan adapter, kelengkapan mesin sesuai jenisnya, kepala pembagi, dan meja putar.

g. Lembar kerja 1

Lihat Lampiran Lembar Kerja

2. Kegiatan Belajar 2

Pemilihan Alat Potong

a. Tujuan Kegiatan

Setelah mempelajari materi ini diharapkan mahasiswa memiliki kompetensi :

- 1) Memahami pemilihan alat potong
- 2) Memahami pemasangan alat potong

b. Uraian Materi

Pemilihan Alat potong

1. Berbagai Macam Pisau Frais

Proses pengefraisan sangat ditentukan keberhasilannya oleh ketepatan pemilihan pahat yang sesuai. Faktor lain adalah posisi benda kerja terhadap pisau frais. Pada dasarnya pisau frais dibagi menjadi dua kategori yaitu pisau frais solid dan insert (pisu sisip). Pisau solid adalah pisau frais yang gigi-giginya menyatu dengan bodi pisau. Bentuk giginya dapat berupa gigi lurus atau gigi miring terhadap poros pisau. Pisau frais solid biasanya terbuat dari stainless steel. Pisau inserted (sisip) adalah pisau dengan mata pisau yang disisipkan atau dipasangkan pada tubuh pisau. Mata pisau sisip ini biasanya terbuat dari High Speed Steel (HSS) atau Cemented Carbide. Beberapa macam pisau yang dipergunakan di mesin frais antara lain:



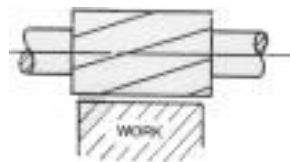
- a. Pisau Lurus (Plain milling Cutter)
- b. Pisau Sisi (Side milling Cutter)
- c. Pisau Muka (Face Milling Cutter)
- d. Pisau Sudut (Angular Cutter)
- e. Pisau T-Slot (T-Slot Cutter)

Gambar 29. Macam-macam Pisau Frais

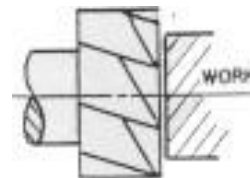
- f. Pisau Woodruff (Woodrooff Keyseat Cutters)
- g. Flycutter
- h. Pisau gergaji (Metal Slitting Saw)]
- i. Pisau Jari (End Mills)

Ditinjau dari posisi benda kerja terhadap pisau frais, proses pengefraisan dapat dibedakan sebagai berikut:

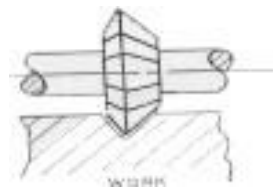
- a. Aksial. Digunakan ketika pisau menghasilkan permukaan sejajar dengan sumbu putar dari pisau frais
- b. Radial. Terjadi bila proses pemotongan dimana pisau memproduksi permukaan tegak lurus terhadap poros putaran pisau frais
- c. Menyudut. Ketika pisau frais menghasilkan permukaan menyudut terhadap poros utama pisau frais
- d. Pembentukan (Form) ketika pisau frais mengfhasiljkan bentuk-bentuk tertentu sesuai dengan bentuk pisau frais.



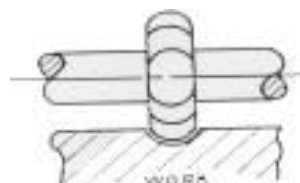
a. Pemotongan Aksial



b. Pemotongan Radial



d. Pemotongan Sudut



e. Pemotongan Bentuk

Gambar. 30. Berbagai Macam Posisi Benda Kerja terhadap Pisau Frais

2. Material pahat/pisau frais:

Pisau frais atau gigi pisau frais pada umumnya terbuat dari bahan-bahan high speed steel, cemented carbide atau cast alloy. Pisau frais dapat dibedakan mejadi pisau frais solid dan pisau frais inserted. Tipe solid dibuat dibuat dari material solid seperti HSS atau dibuat dari carbon steel, alloy steel, atau HSS dengan gigi cemented carbide yang dibrasing pada bodi pisau.

Pada pisau frais sisip gigi-giginya dibuat dari HSS, cast alloy, atau cemented carbide. Body/tubuh pisau biasanya dibuat dari alloy steel untuk menghemat ongkos. Pisau inserted dapat dilepas apabila telah mengalami kerusakan/tumpul untuk diganti dengan yang baru

3. Macam Pisau Frais Berdasarkan Bentuknya

Berdasarkan bentuknya pisau frais dapat dibedakan sebagai berikut:

a. Pisau Frais Lurus (Plain Milling Cutter)

1) Pisau Lurus Untuk Pemotongan Ringan (Light Duty Plain Milling Machine)

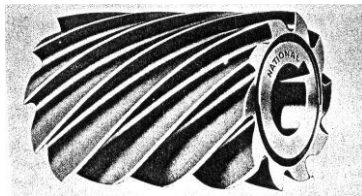
Pisau ini pada umumnya digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan ringan Bentuk gigi dari pisau ini pada umumnya berupa gigi lurus maupun gigi miring/helik. Gigi helik biasanya mempunyai sudut 25° . Gigi-gigi helik lebih sesuai untuk pemakanan dengan tenaga yang lebih sedikit mulai awal pemakanan, getaran yang lebih ringan dan mampu menghasilkan permukaan yang lebih halus. Gigi-gigi pisau ini pada umumnya kecil dengan pitch kecil pula. Pisau ini didesain untuk pemotongan ringan dengan kecepatan sedang.



Gambar. 31. Pisau Frais Lurus (Plain Milling Cutter)

2) Pisau Lurus Untuk Pemotongan Kasar/Berat (Heavy Duty Plain Milling Cutter)

Pisau ini dibuat lebih besar dan lebar dengan jumlah gigi yang lebih kecil daripada light duty plain milling. Untuk pisau frais dengan diameter 3" biasanya terdiri dari 8 gigi dan untuk diameter 4" biasanya 10 gigi. Sudut kemiringan gigi pisau antara 25° - 45° . Pahat ini didesain untuk pekerjaan-pekerjaan kasar (berat)

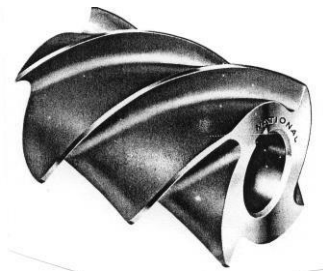


Gambar. 32. Pisau Lurus Untuk Pemotongan Kasar/Berat (Heavy Duty Plain Milling Cutter)

3) Pisau Rata Helik (Helical Plain cutter)

Pisau ini mempunyai jumlah gigi yang lebih sedikit dan lebih kasar daripada pisau rata untuk pekerjaan berat/kasar. Pisau rata helik dengan diameter 3 " biasanya mempunyai jumlah gigi 4. Sudut kemiringan gigi pisau ini biasanya 45° hingga 60° atau lebih besar. Sudut helik yang besar ini mampu menyerap gaya pemotongan yang terjadi.

Pisau ini cocok untuk pemakanan lebar, dangkal pemotongan profil pada dan besi lunak dan tidak efisien untuk pemakanan



Gambar. 33. Pisau Rata Helik (Helical Plain cutter)

kasar seperti pada pisau rata untuk pemakanan kasar

b. Pisau Sisi (Side Milling Cutter)

Side Milling Cutter sama dengan Plain Milling Cutter namun pada salah satu sisi atau kedua sisi terdapat mata potong/mata pisau. Dengan pisau

ini dapat dilakukan pemakanan pada sisi muka dan pada kedua sisi samping.

Macam-macam pisau sisi (side milling cutter) antara lain:

- 1) Pisau sisi lurus (Plain side milling cutter) dengan sisi lurus pada sisi muka dan kedua sisi sampingnya.
- 2) Pisau setengah sisi (Half side milling cutter) mempunyai gigi helik pada sisi muka dan gigi pemotong pada satu sisi samping. Pisau tipe ini dianjurkan untuk pengefraisan permukaan kasar dan pengfraisan pada satu sisi saja.
- 3) Pisau Staggered (Staggered tooth side milling cutter) pisau ini dianjurkan untuk pemotongan kasar, alur dan slotting.



Gambar. 34. Macam-macam Pisau Sisi (Side Milling Cutter)

c. Pisau Potong/Gergaji (Metal Slitting Saw)

Pisau ini didesain untuk operasi pemotongan dan pemotongan alur sempit (narrow slot). Untuk pemotongan yang dalam diperlukan kelonggaran (clearance) samping yang mencukupi.

Beberapa macam pisau gergaji antara lain:

- 1) Pisau gergaji lurus (Plain metal selting saw). Merupakan pisau yang paling tipis dengan sisi lurus dan pada sisi sampingnya dibuat tirus masuk. Hal ini digunakan untuk mencegah terjadinya tekanan pada sisi pisau . Gigi-gigi pisau harus tajam dan mempunyai jumlah yang

lebih banyak daripada pisau muka lurus (plain milling cutter). Namun demikian kecepatan pemakanan (feed) harus lebih rendah (biasanya $1/8$ hingga $1/4$ dari feed yang digunakan pada pisau lurus. Pisau gergaji lurus biasanya dibuat dengan ketebalan $1/32$ inch sampai dengan $3/16$ inch dengan diameter $2\frac{1}{2}$ " sampai 8 ".

2) Pisau Potong dengan Gigi Samping (Metal Slitting Saw with Side Teeth)

Pisau ini mempunyai bentuk yang sama dengan pisau sisi. Pada sisi samping diberi kelonggaran untuk beram dan melindungi mencegah pisau dari tekanan dan jepitan sewaktu pengoperasian. Pisau ini biasanya dibuat dengan tebal $1/16$ inch sampai $3/16$ inch dan diameter dari $2\frac{1}{2}$ " sampai 8 ". Pisau jenis ini dianjurkan untuk membuat alur yang dalam dan proses pemotongan.

3) Pisau Potong Staggered (Staggered Tooth Metal Slitting Saw)

Pisau ini mempunyai bentuk yang sama pisau staggered. Pisau ini dianjurkan untuk pemotongan selebar $3/16$ inchi dan selebihnya, dan bisa pula untuk pemotongan yang lebih tajam. Biasanya pisau ini mempunyai lebar $3/16$ inchi hingga $1/4$ Inchi dengan diameter 3" sampai 8".

4) Pisau Alur Sekrup (Screw Slotting Cutter) adalah pisau potong khusus yang didesain untuk memotong alur dalam kepala baut. Pisau ini juga dapat digunakan untuk pemotongan ringan seperti pemotongan tube copper, ring piston dan benda sejenisnya. Pisau ini mempunyai fine feeds. Pada sisi pisau ini dibuat lengkung lurus san sejajar. Pisau ini mempunyai lebar 0,020"-0,182" dan diameter maksimal $2\frac{3}{4}$ inchi.

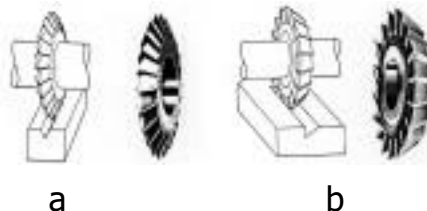


Gambar.35. Macam-macam Pisau Potong/Gergaji (Metal Slitting Saw) a. Pisau gergaji lurus b. Pisau Potong Staggered dan Pisau Potong dengan Gigi Samping c. Pisau Alur Sekrup

d. Pisau Sudut (Angular Milling Cutter)

Pisau sudut digunakan untuk pemotongan sudut seperti pemotongan alur V, ekor burung, serrations dan gigi reamer. Terdapat dua macam pisau sudut yaitu:

- 1) Pisau sudut tunggal. Pisau ini mempunyai satu sisi permukaan sudut. Pisau ini digunakan pada pembuatan alur ekor burung, notches pada roda ratchet dan operasional sejenis. Sudut pisau ini pada umumnya antara 45° - 60°
- 2) Pisau sudut ganda digunakan untuk pembuatan alur V. Pisau ini mempunyai bentuk sisi V dan biasanya dibuat dengan sudut 45° , 60° , atau 90°



Gambar. 36. Pisau Sudut (Angular Milling Cutter) a. Pisau sudut tunggal b. Pisau sudut ganda

e. Pisau Jari (End Mill Cutter)

End Mill Cutter merupakan pisau solid dengan sisi dan gagang yang menjadi satu. Namun demikian terdapat pisau endemil dengan mata pisau dan gagang terpisah yang disebut tipe shell. Selain tipe shell tersebut pisau end mill mempunyai gagang lurus atau tirus yang dapat dipasangkan pada spindle mesin frais. End mill dapat digunakan untuk pengefraisan muka, pengefraisan horizontal, vertikal, menyudut atau melingkar. Operasional umumnya termasuk pembuatan alur, keyways,

pockets (kantong), shoulders (tingkat), permukaan datar dan pengefraisan bentuk.

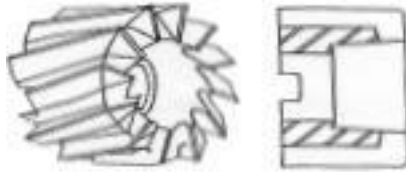
End Mill sebagian besar digunakan pada mesin frais vertikal meskipun tidak menutup kemungkinan dipakai pada mesin frais horizontal. Terdapat berbagai macam bentuk end mill dan biasanya terbuat dari HSS, comented carbide, atau gigi comented carbide yang disisipkan. Macam-macam end mill tersebut antara lain:

- 1) End mill dua mata (two flute). Pisau ini hanya mempunyai dua mata potong pada selubungnya. Ujung sisi didesain untuk dapat memotong hingga ke center. Pisau ini dapat digunakan sebagaimana bor dan dapat pula digunakan untuk membuat alur.
- 2) End mill dengan mata potong jamak. Pisau ini mempunyai tiga, empat, enam atau delapan sisi potong dan biasanya mempunyai diameter di atas 2 "
- 3). Ball end mill. Pisau ini digunakan untuk pengefraisan fillet atau alur dengan radius pada permukaannya, untuk alur bulat, lubang, bentuk bola dan untuk semua pengerjaan bentuk bulat
- 4) Shell end mill. Pisau ini mempunyai lubang untuk pemasangannya pada arbor pendek. Gigi-gigi pisau ini biasanya berbentuk helik. Pisau ini dibuat lebih besar ukurannya dari pada pisau solid dan biasanya berukuran 1 ¼ " sampai 6 "



Gambar. 37. Pisau Jari (End Mill Cutter) (A) Dua mata satu ujung, (B) Dua mata dua ujung, (C) Tiga mata satu ujung, (D) Mata ganda satu ujung, (E) Empat mata dua ujung, (F) Dua mata ujung bulat,

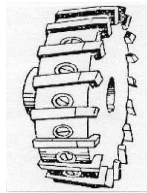
(G) Type Carbide , (H) Tipe carbide gigi helik kanan, (I) Mata potong ganda gagang tirus, (J) Tipe carbide dengan ujung tirus dangigi helik



Gambar. 38. Pisau Shell End Mill

f. Pisau Muka (Face Mill Cutter)

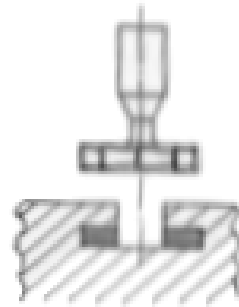
Adalah pisau bentuk khusus dari pisau end mill besar. Pisau ini dibuat dengan ukuran 6 '' atau lebih. Face milli cutter biasanya mempunyai mata potong sisip (inserted). Pisau ini biasanya dipasangkan langsung pada spindel mesin frais dan digunakan untuk menghasilkan permukaan datar.



Gambar. 39. Pisau Muka

g. T-Slot Milling Cutter.

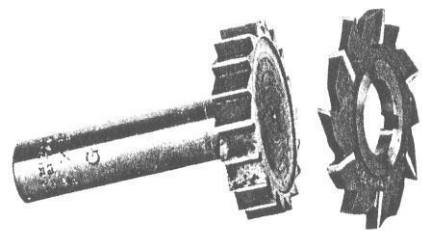
Merupakan pisau tipe end mill khusus yang didesain untuk pemotongan alur T, seperti pada meja mesin frais.



Gambar. 40. Pisau Alur T (T-Slot Milling Cutter)

h. Keyseat Cutter

Pisau ini merupakan pisau khusus yang digunakan untuk membuat keyseat untuk alur woodruff. Pahat ini sesuai untuk semua ukuran alur



Gambar. 41. Pisau Keyseat

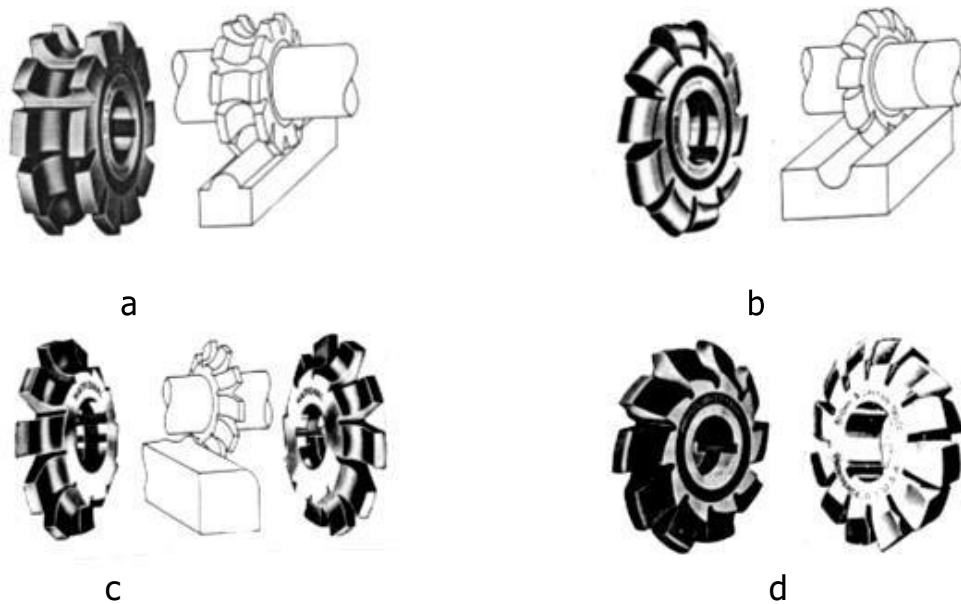
woodruff. Pisau ini mempunyai diameter antara $\frac{1}{4}$ " sampai $1 \frac{1}{2}$ " dan tipe arbor dengan diameter $2 \frac{1}{8}$ " sampai $3 \frac{1}{2}$ ".

i. Pisau Bentuk

Pisau ini digunakan untuk mengefraisi permukaan dengan bentuk yang bervariasi sesuai keinginan. Pisau ini dapat digunakan untuk mengefraisi bentuk-bentuk dan ukuran standar maupun bentuk-bentuk dan ukuran yang berbeda-beda. Berbagai macam pisau bentuk dapat dilihat pada Gambar 42 dan Gambar 43.

j. Fly cutter

Fly cutter terdiri dari satu atau lebih bentuk gigi dalam satu pisau. Dalam penggunaannya sama dengan proses pengeboran



Gambar. 42. Berbagai Macam pisau Bentuk a. Pisau Cekung b. Pisau Cembung c. Pisau sudut bulat d. Pisau Roda Gigi,



Gambar. 43. Pisau Frais Bentuk Khusus

j. Rotary Files

Pisau ini mempunyai bentuk yang hampir sama dengan end mill tetapi sebenarnya bukan pisau. Rotary files cocok untuk berbagai macam bentuk dan ukuran dan biasanya dibuat dari bahan HSS atau carbide. Rotary files biasanya digunakan dalam mesin-mesin portabel. Pisau ini digunakan dalam finishing hasil pengelasan, dies, mould dan operasional lain yang tidak membutuhkan pengurangan dimensi dalam jumlah besar.

4. Bentuk Gigi Pisau Frais

Dilihat dari bentuknya gigi-gigi pisau frais dapat dibedakan menjadi: gigi lurus dan helik, gigi tempel dari bahan cemented carbide dan gigi insert .

a. Gigi lurus dan helik.

Pisau lurus dan helik biasanya digunakan dalam pengefraisan horizontal. Beberapa macam pisau frais yang mempunyai gigi horizontal dan helik yang menyatu dengan bodi pisau. Bentuk gigi tersebut antara lain

1) Gigi lurus

Gigi ini biasanya terdapat pada pisau alur, pisau potong dan pisau tipis lainnya, pisau-pisau sudut tunggal dan jamak, pisau woodruff dan pisau bentuk. Gigi biasanya dibuat lurus dengan alasan kesulitan dalam pembuatannya bila harus dibuat dalam bentuk lain. Pitch dari pisau ini

biasanya lebih kecil untuk mengoptimalkan kontak gigi dengan benda kerja.

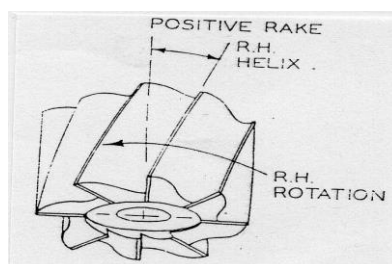
2) Gigi helik

Gigi helik mempunyai kemiringan yang bervariasi antara 10° hingga 15° . Gigi dengan sudut kecil biasanya digunakan untuk pengefraisan kasar dengan hasil beram yang kasar. Sedangkan untuk sudut besar dengan jumlah gigi sedikit sesuai untuk pemotongan kasar pada material yang liat (ductile). Beberapa keuntungan gigi pisau fraisdibuat helik antara lain:

- perubahan gaya potong yang relatif stabil
- hasil permukaan lebih halus
- umur pahat meningkat karena panjang sudut potong lebih besar

3) Gigi helik kanan

Gigi helik kanan menghasilkan sudut rake positif terhadap ujung pisau. Gigi ini sesuai untuk mengefraisi mild steel, copper, maupun aluminium. Namun demikian sudut positif ini dapat menimbulkan masalah bila digunakan pada benda yang sangat liat



Gambar. 44. Gigi Helik Kanan

4) Gigi helik kiri

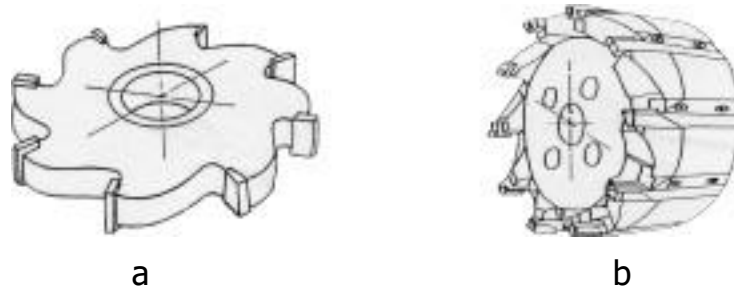
Gigi helik kiri menghasilkan sudut rake negatif dan sesuai untuk pemotongan brass atau material brittle lain seperti cast iron. Sudut rake negatif dapat meningkatkan kekuatan pemotongan dan mencegah pahat dari ketumpulan

b. Cemented Carbide Cutter

Untuk meningkatkan kecepatan potong dan memperpanjang umur pahat maka bahan pahat dapat dibuat dari cemented carbide. Dalam hal ini pemasangan gigi dapat dilakukan dengan cara:

- 1) mata pisau dipasang pada bodi pisau dengan cara brazing
- 2) mata pisau dipasang pada bodi pisau dengan jalan disisipkan
- 3) mata pisau dipasang dengan menggunakan pola Throw Away Tips.

Pada tipe ini bodi pisau dibuat alur khusus untuk memasang mata pisau. Mata pisau tinggal dipasangkan saja pada alur yang telah disediakan. Pada tipe ini bila terdapat satu gigi pemakan yang rusak dapat segera diganti dengan mudah. Selain itu pada jenis pisau ini tidak diperlukan pengasahan alat potong



Gambar. 45. Pahat Carbida (Cemented Carbide Cutter)
a. Gigi ditempelkan dengan brazing b. Gigi sisip

b. Pahat Sisip (Inserted)

Gigi sisip dibuat dari bahan HSS atau cemented carbide. Mata pisau disisipkan pada bodi pisau frais dan dikencangkan. Pisau sisip biasanya berdiameter besar (lebih dari 100 mm), seperti pada pisau rata muka, pisau sisi, slab mill dan sejenisnya.

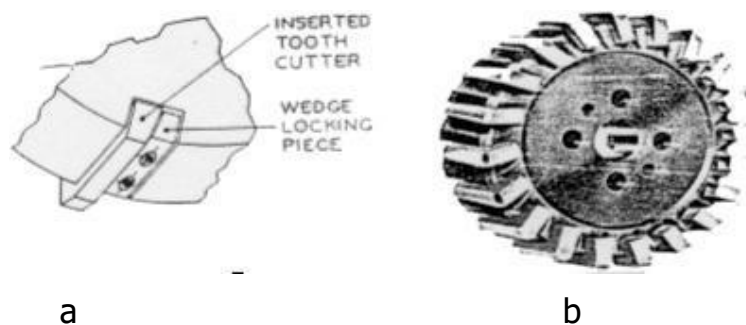
Beberapa keuntungan menggunakan pisau frais sisip antara lain:

- 1) pertimbangan penghematan ongkos produksi

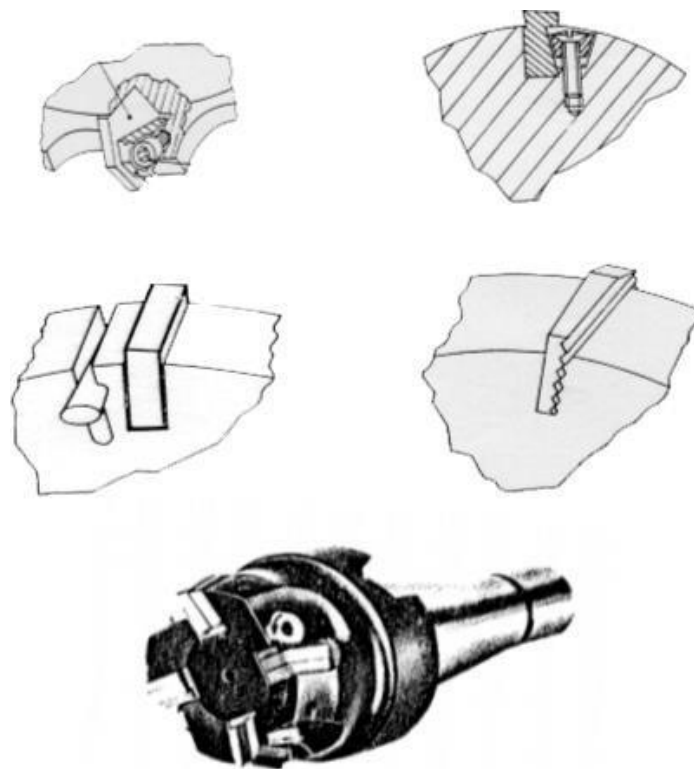
- 2) mengatasi masalah panas yang timbul akibat gesekan pisau dengan benda kerja.
- 3) bila digunakan model throw away tips dapat menghemat langkah pengasahan.
- 4) Bila salahsatu gigi rusak , patah, atau tumpul dapat segera diganti.
- 5) pemasangan pahat ssip relatif cepat.

Pemasangan/penyisipan mata potong pada pisau frais dapat dilakukan dengan berbagai cara sebagai berikut:

- 1) pengunci baji (wedge locking)
- 2) pengunci baji bergerigi (serrated wedge locking)
- 3) pengunci baji dengan throw away tip (wedge locking a throw away tip)
- 4) penyekrupan selubung tirus (tapered sleeve screw)
- 5) pengunci batang tirus (tapered pin locking)
- 6) bergerigi dan tirus (serrated and tapered)
- 7) pengunci cam (cam locking)



Gambar 46. Pemasangan Pisau Sisip a. pengunci baji (wedge locking) b. pengunci baji bergerigi (serrated wedge locking)

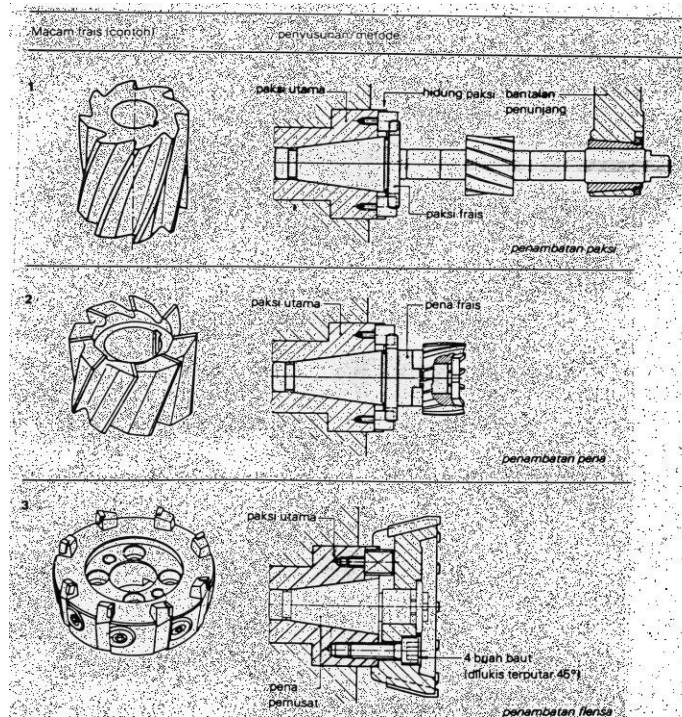


Gambar 47. Pemasangan Pisau Sisip a. pengunci baji dengan throw away tip (wedge locking a throw away tip) b. penyekrupan selubung tirus (tapered sleeve screw c. pengunci batang tirus (tapered pin locking) d. bergerigi dan tirus (serrated and tapered) e. pengunci cam (cam locking)

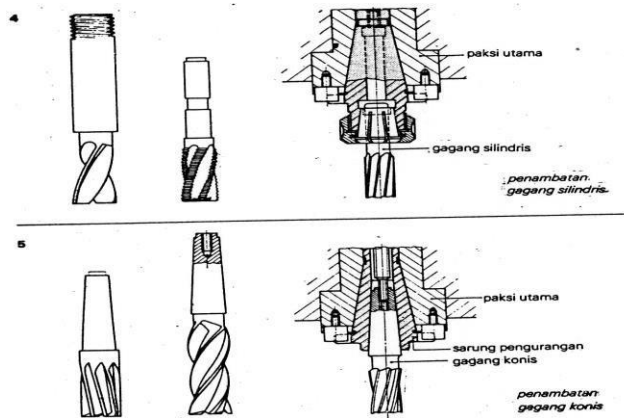
Pemasangan dan Pelepasan Pisau

Terdapat berbagai macam pisau frais sesuai kegunaannya. Oleh karena itu terdapat pula berbagai macam cara pemasangannya. Secara umum cara pemasangan maupun pelepasan pisau dapat dibedakan menjadi:

- Pemasangan Pisau pada Arbor Panjang
- Pemasangan Pisau pada Arbor Pendek (pena frais)
- Pemasangan Pisau pada Flens
- Pemasangan pisau jari dengan gagang silindris dan pemasangan pisau frais jari dengan gagang tirus



Gambar 48. Berbagai Macam Cara Pemasangan Pisau Frais dengan Arbor Panjang, Arbor Pendek dan Flensa



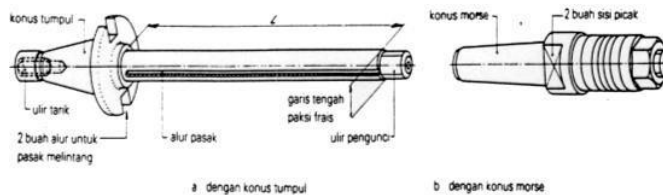
Gambar 49. Berbagai Macam Cara Pemasangan Pisau Frais Jari dengan Gagang Silindris dan Gagang Berulir dengan Arbor Panjang, Arbor Pendek dan Flensa

Pemasangan Pisau pada Arbor Panjang:

1. Konstruksi Arbor Panjang

Perkakas tempat pisau frais dipasang disebut arbor. Pada arbor dapat dipasang pisau frais dengan lubang silindris pada setiap jarak yang diinginkan dari ujung spindle utama. Sebuah pisau frais yang dipasang jauh dari ujung spindle utama pada waktu pemakanan akan bergetar sebagai akibat dari gerakan pemotongan pisau.

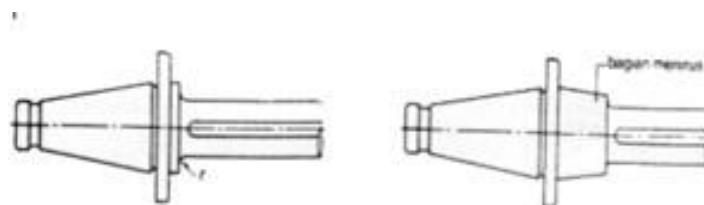
Arbor panjang hanya digunakan untuk mengefrais horizontal. Oleh karena itu harus ditunjang oleh bantalan penunjang, maka ujung arbor yang menonjol dari bantalan penunjang seringkali merupakan suatu gangguan untuk menggunakannya. Oleh karena itu pisau frais kita tempatkan pada jarak sekecil mungkin dengan spindle utama



Gambar 50. Bagian-bagian Utama Arbor Panjang

Bagian-bagian utama dari arbor panjang ini antara lain:

Konus/tirus. Sekarang semua mesin dilengkapi dengan konis tumpul yang dinormalisasi dalam NEN 5443



Gambar 51. Tirus Arbor Panjang

Penjamin

untuk menjamin arbor panjang terhadap perputaran terdapat dua kemungkinan:

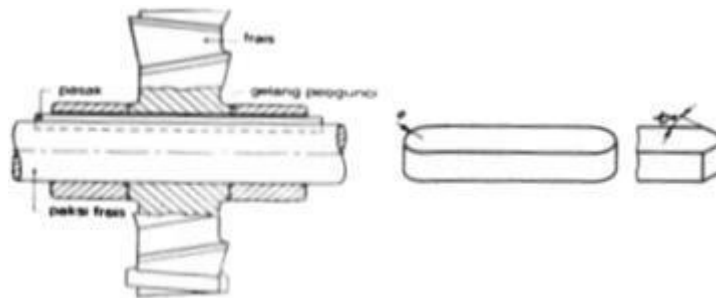
pada konus tumpul terdapat dua buah alur untuk pasak melintang
pada konus morse metris terdapat 2 sisi pipih.

Poros arbor

Fungsi poros arbor adalah: 1) untuk pemasangan pisau frais, 2) pemasangan pisau frais pada tempat yang ditentukan sebelumnya.

Alur pasak.

Alur pasak dengan pasaknya berfungsi menjamin pisau frais terhadap perputaran.



Gambar 52. Alur Pasak

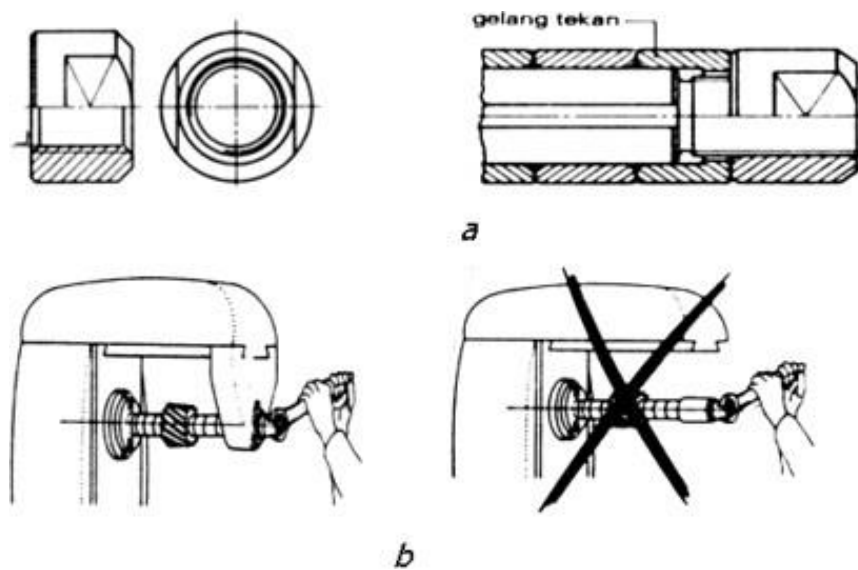
Ulir pengunci. Ulir pengunci diputarakan sebuah mur sehingga frais terjepit dengan teguh pada arbor. Penjepitan dapat dilaksanakan dengan mengikat mur pengunci yang masuk pas pada ujung ulir arbor. Ulir pengunci ini memiliki ulir sekrup yang halus.

Petunjuk penggunaan:

Gunakan kunci yang sesuai untuk mengencangkan mur

Mur harus dikukuhkan setelah bantalan penunjang ditempatkan.

Sebelum arbor panjang ditempatkan ke dalam spindel, mur harus dikencangkan dengan tangan



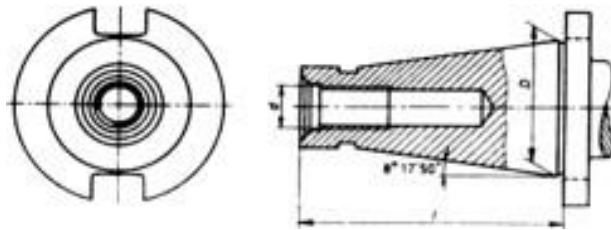
Gambar 53 Ulir/Mur Pengunci. a. Konstruksi, b. Pengencangan mur.

Ulir Tarik.

Dengan ulir tarik ini pisau frais ditarik (dibautkan) erat ke dalam spindel utama. Semua perkakas lengkapan mesin frais untuk memasang pisau frais harus diberi ulir tarik yang sama jenisnya. Bahan yang digunakan dalam membuat arbor adalah baja karbon. Bahan ini memiliki daya tahan terhadap 1) aus, 2) puntiran atau torsi, dan 3) kelelahan. Beberapa syarat yang harus dipenuhi untuk pasak memanjang antara lain:

pasak pada sisi atasnya harus bebas dari gelang pengunci atau frais pasak tersebut harus masuk dengan pas ke dalam alur pasak pasak tersebut pada kedua ujungnya harus dibulatkan atau diserongkan. Gelang pengunci atau frais harus dengan mudah dapat digeser

pasak itu harus lebih panjang daripada ukuran lebar frais. Dengan cara demikian gelang pengunci dijamin terhadap selip

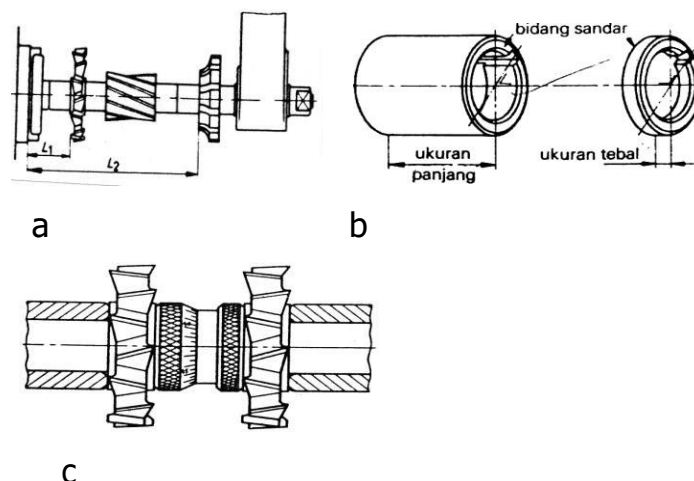


Gambar 54. Ulir Tarik

Gelang Pengunci.

Gelang pengunci digunakan: 1) agar dapat mengunci pisau frais pada tempat yang didinginkan, 2) mengunci dua buah frais atau lebih dengan cermat satu terhadap lainnya. Gelang tersebut tersedia dalam berbagai ukuran panjang dan tebal. Ukuran panjangnya sedemikian rupa sehingga kita dapat menyusun suatu kombinasi ukuran panjang tertentu dengan jumlah gelang sekecil mungkin.

Bila diperlukan untuk menyetel 2 buah frais pada jarak yang cermat satu terhadap lainnya maka dapat digunakan gelang pengunci yang dapat distel. Gelang itu terdiri atas dua bagian yaitu: sebuah tabung ulir dan sebuah mur gelang.



Gambar 55. Berbagai Macam Gelang Pengunci a. posisi penggunaan gelang pengunci, b. konstruksi gelang pengunci, c.

Gelang Pengunci yang dapat distel

Penunjang

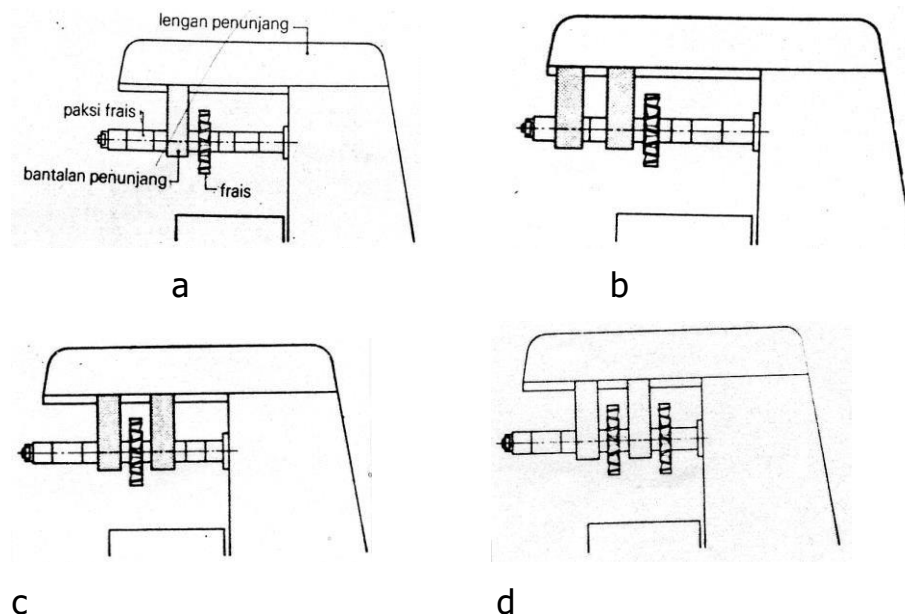
Gaya pengerjaan arbor panjang cenderung akan melengkung ke atas. Untuk itu arbor panjang harus ditunjang dengan bantalan penunjang yang dipasang pada lengan penunjang. Bantalan penunjang ditempatkan sedekat mungkin dengan arbor panjang. Dalam hal ini dapat ditempatkan dua buah bantalan penunjang

Metode pembantalan yang dapat dilakukan antara lain:

pada arbor panjang satu atau dua buah tabung jalan diantara gelang pengunci

ujung arbor panjang dilengkapi tap arbor panjang. Tap ini meluncur ke dalam bantalan penunjang

dengan bantuan center didalam lubang senter yang diasah dan disepuh keras dalam arbor panjang.



Gambar 56. Berbagai Macam Cara Penunjang a. sebuah bantalan penunjang b. dua buah bantalan penunjang pada ujung

- c. dua buah bantalan penunjang pada kedua sisi pisau frais
- d. dua buah pisau frais dan dua buah penunjang

Bantalan Penunjang.

Bila bantalan penunjang terletak pada tempat yang tepat maka ia dijepit pada lengan penunjang. Bantalan penunjang terletak dengan mantap dalam sumbu spindel utama.

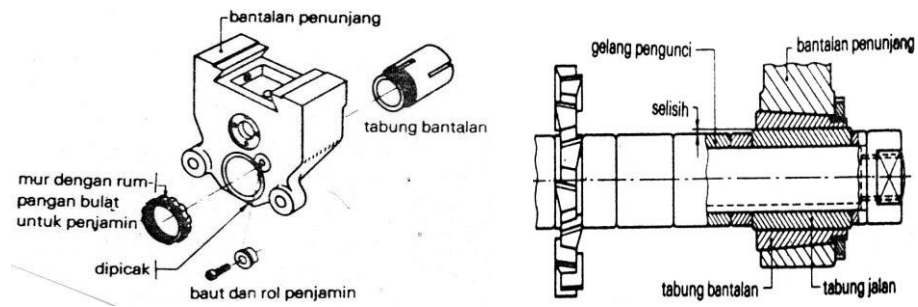
Pemasangan bantalan penunjang dapat dilakukan dengan:

bantalan luncur yang dapat distel dibuat dari perunggu penyetelannya dengan mengikat mur dari tabung bantalan yang konis. Baut penjamin sekerup dikukuhkan. Bantalan luncur mempunyai garis tengah yang lebih besar daripada gelang pengunci arbor panjang. Oleh karena itu bantalan luncur dapat dipindah-pindahkan tempatnya dan dapat menunjang arbor panjang pada setiap titik dengan bantuan tabung jalan.

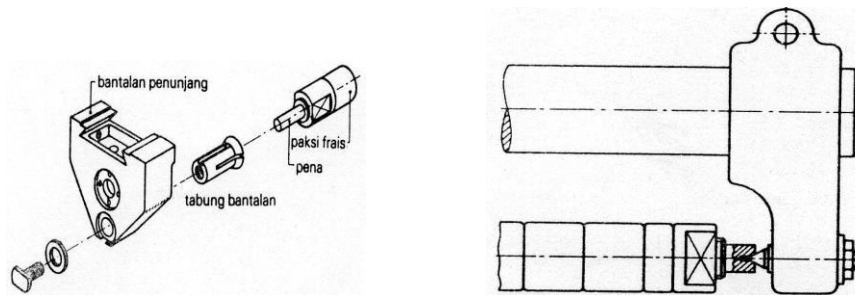
Bantalan luncur dengan pembantalan pena.

Tabung bantalan jarum atau senter penunjang untuk operasioanal ringan

Agar tidak mengganggu gerakan benda kerja dan pencekamnya kebanyakan bantalan penunjang di sisi bawahnya dibuat tirus



Bantalan penunjang dengan Penampang Bantalan penunjang dengan tabung bantalan yang dapat disetel tabung bantalan yang dapat disetel



Bantalan penunjang dengan tabung bantalan lancar

Bantalan penunjang dengan senter

Gambar 57. Berbagai Macam Bantalan Penunjang dan pemasangannya

2. Pemasangan Pisau Frais pada Arbor Panjang

a. Cara Memasang Arbor

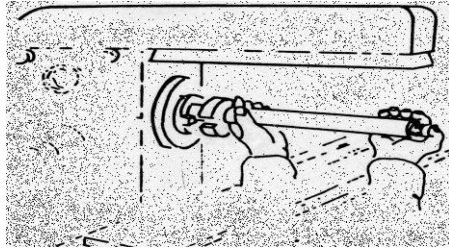
ambillah arbor yang akan dipakai, yang besarnya sesuai dengan besar lubang frais

bersihkan bagian tirusnya dan kemudian masukkan bagian tirus ini kedalam lubang spindel

perhatikan agar pasda waktu memasukan, alur pada arbor

bertepatan dengan nok pada spindel

keraskan arbor dengan baut penarik pada bagian belakang tiang.

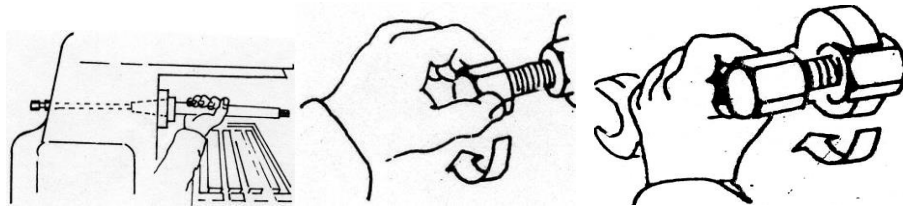


Gambar 58. Cara Memasang Arbor

Cara mengeraskan arbor

bila arbor sudah dipasang dengan baik pada spindel, kemudian dikeraskan dengan baut penarik.

Untuk menghindarkan terlepasnya arbor dari spindel, keraskan lagi dengan mur penjamin



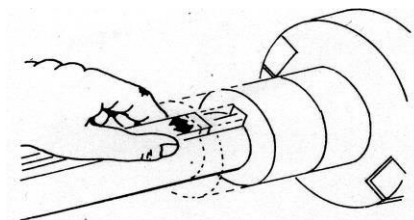
Gambar 59. Cara Mengeraskan Arbor

Cara memasang pasak pada arbor

Sebelum pasak diletakkan, alur pasak pada arbor harus ada pada bagian atas

Bila akurnya sudah dibersihkan, maka pasak dipasang masuk di antara lubang pada cincin

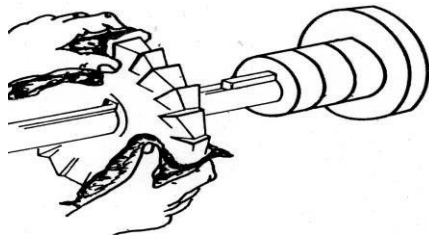
Pasak harus dipasang agak ketat, jangan pakai pasak yang longgar.



Gambar 60. Cara Memasang Pasak pada Arbor

d. Memasang Pisau Frais

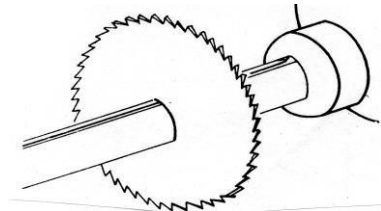
- 1) Masukkan pisau frais dengan hati-hati disertai pengamatan bahwa pisau frais sudah betul berhadapan dengan spindel dan didorong dengan pelan, sehingga meluncur pada arbor
- 2) Putar pisau frais sehingga alur pasak dari pisau frais lurus dengan pasak



Gambar 61. Memasang Pisau Frais

e. Memasang Pisau Frais Gergaji

Pasang pisau frais gergaji pada arbor tanpa pasak dan jepit antara dua buah cincin memungkinkan pisau frais meluncur terhadap arbor pada beban yang terlampau besar.



Gambar 62. Memasang Pisau Frais Gergaji

f. Kedudukan alas arbor

aturlah kedudukan frais sehingga bertepatan dengan permukaan yang akan difrais

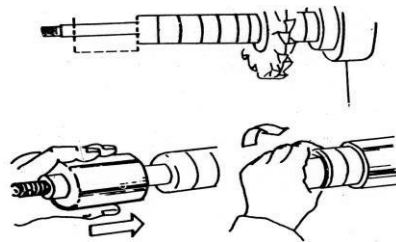
atur letak meja mesin bila perlu pada kedudukan yang tepat masukkan cincin-cincin pada arbor dan putar sehingga alur pasak lurus terhadap pasak

masukkan alas pada arbor

pasang cincin pada arbor demikian rupa sehingga ujung arbor

berulir tidak tertutup oleh cincin

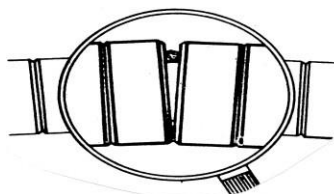
masukkan mur pengunci dan keraskan dengan kekuatan tangan



Gambar 63 Kedudukan alas arbor

g. Memasang cincin arbor

Bersihkan cincin dan jagalah agar antara cincin yang satu dengan cincin lainnya tidak terdapat tatal, karena bila ada tatal dapat menyebabkan arbor jadi bengkok pada saat dikeraskan



Gambar 64. Memasang cincin arbor

h. Mengeraskan frais

jagalah agar gagang kunci tegak lurus terhadap mur

gunakan kunci yang betul pas untuk murnya dan keraskan dengan cukup kuat



Gambar 65. Mengeraskan frais

i. Menyetel lengan mesin

Tentukan kedudukan alas arbor sedekat mungkin dengan mesin frais

Bersihkan lengan dan pendukung arbor

Periksa kelurusan antara pendukung arbor terhadap lengan

pasang pendukung arbor pada lengan demikian rupa sehingga

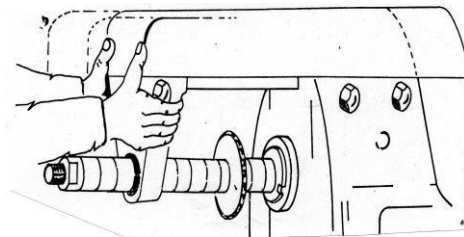
bagian depan dari pendukung arbor itu rata terhadap permukaan

lengan

keraskan mur pada pendukung dengan cukup kuat

geser lengan sehingga alas masuk dalam pendukung

keraskan mur pengikat lengan dengan cukup kuat.



Gambar 66. Menyetel lengan mesin

Pemasangan Pisau pada Arbor Pendek (Pena Frais)

1. Konstruksi Arbor Pendek (Pena Frais)

Arbor pendek digunakan untuk memasang pisau frais yang

berlubang silindris sedekat mungkin dengan spindel utama. Pisau

frais yang dapat di pasang dengan pena frais antara lain frais

kepala, frais kepala mantel, dan frais kepala pisau.

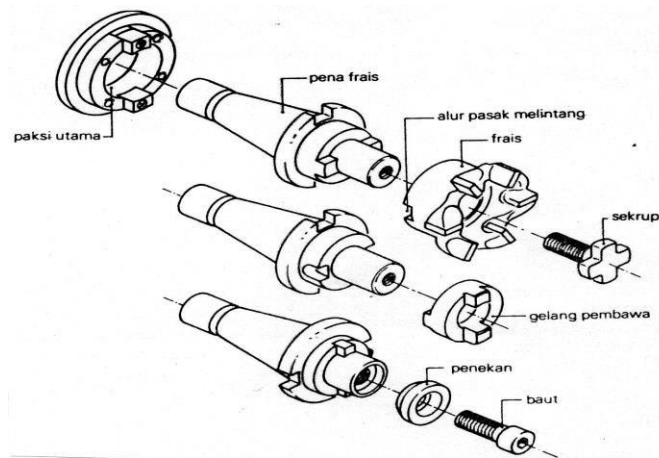
Pemasangan pisau frais pada pena frais berlawanan dengan pada

spindel utama. Perbedaan itu antara lain:

pena frais digunakan baik untuk horizontal maupun vertikal

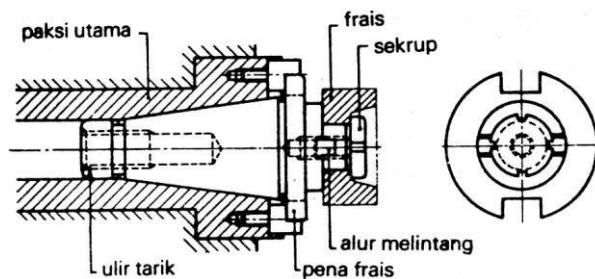
tidak diperlukan penunjang seperti pada penggunaan arbor

dipasang dengan sekrup.



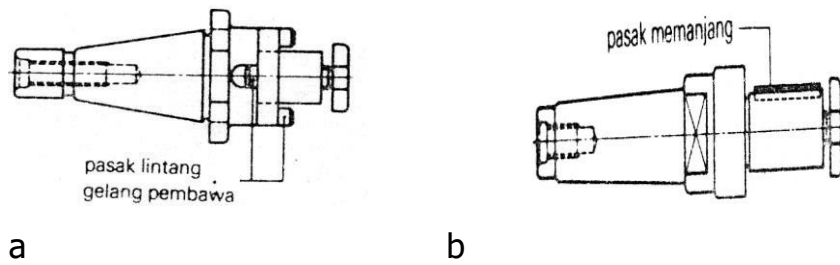
Gambar 67. Pemasangan Frais Pada Arbor Pendek

Garis tengah konus, ulir tarik, dan pena memiliki ukuran yang sama. Pena frais jauh lebih pendek dari pada arbor panjang. Ukuran panjangnya antara lain tergantung dari garis tengah pena (NEN 1581). Untuk berbagai ukuran lubang frais dalam pemasangannya dapat dilakukan dengan cukup satu jenis konus.



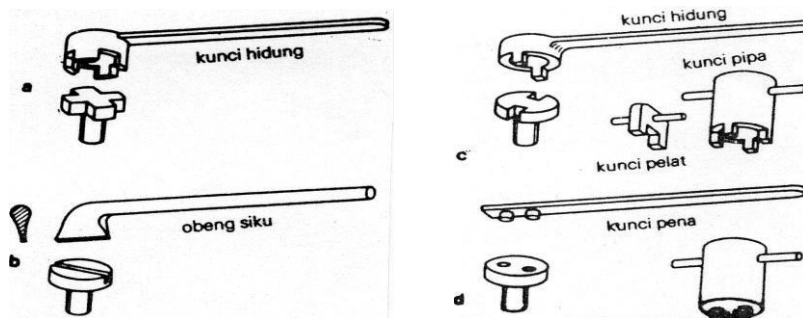
Gambar 68. Konstruksi Pemasangan Pisau Frais pada Arbor Pendek

Dalam pemasangannya pisau frais dijamin dengan: 1) pasak lintang, 2) dengan pasak memanjang. Beberapa keuntungan penggunaan pasak melintang antara lain: pemasangan pasak-pasak melintang mempunyai gaya-gaya secara lebih baik daripada pasak memanjang lubang frais dan pena tidak diperlemah oleh suatu alur pasak.



Gambar 69. Penjaminan Pisau Frais dengan Pasak a. dengan pasak lintang b. dengan pasak memanjang

Sekrup pena frais dilengkapi dengan ulir kanan metris. Namun demikian untuk sekrup pena yang lama masih pula terdapat ulir kiri. Oleh karena itu diperlukan kecermatan dalam pemasangannya serta penggunaan kunci-kunci yang diperlukan.



Gambar 70. Kunci-kunci yang dibutuhkan dalam Pemasangan Pisau Frais dalam Arbor Pendek

2. Memasang Pisau Frais Pada Arbor Pendek (Pena Frais)

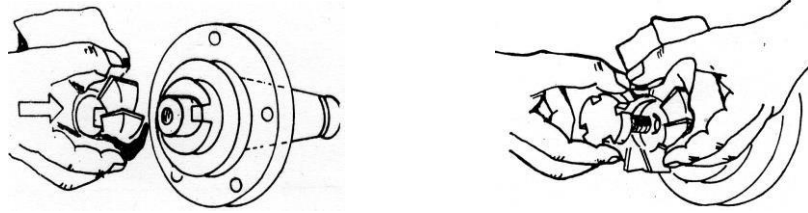
a. Memasang Pisau Frais

bersihkan arbor dan frais

pasang arbor pada spindel mesin

Pasang frais pada arbor demikian rupa sehingga alur pada pisau frais bertepatan dengan pasak pada arbor

Pegang pisau frais dalam kedudukan yang baik pada arbor dan kemudian keraskan baut dengan kekuatan tangan



Gambar 71. Memasang Pisau Frais

b. Mengeraskan dengan kunci

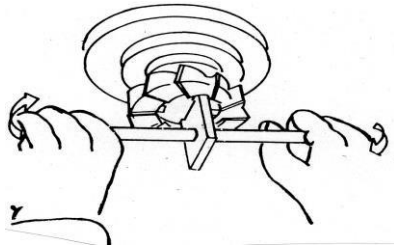
- 1) periksa kunci dan baut agar tidak dalam keadaan aus
- 2) masukkan kunci pada celah baut sehingga tepat
- 3) pergunakan tangkai pemutar kemudian ditekan sehingga baut itu cukup keras

Perhatian

kunci-kunci yang aus dan rusak jangan digunakan, tapi diganti dengan baik

baut yang celah-celahnya sudah rusak jangan dipakai, tapi diganti

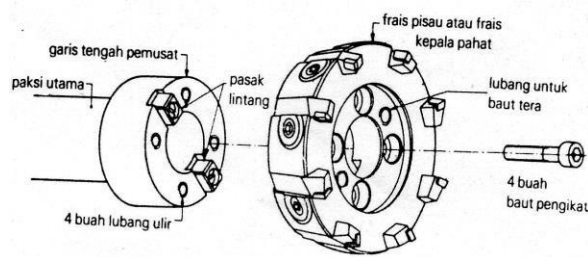
Antara frais dan kepala baut, harus selalu dipasang cincin



Gambar 72 Mengeraskan dengan kunci

3. Memasang Pisau Frais Pada Flensa

Penjepitan flensa dilakukan untuk memasang frais pisau atau pisau frais kepala pahat dengan garis tengah besar secara stabil dan memusat pada spindel utama. Pisau frais dapat dipasang dengan bantuan empat buah baut pada ujung spindel utama.

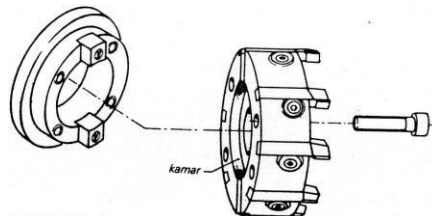


Gambar 73. Pemasangan Pisau Frais Pada Flens

Dalam pemasangannya pisau frais dapat dipasang dengan pemusatan luar maupun pemusatan dalam. Pada pemusatan luar : frais dipusatkan pada garis tengah luar spindel utama . Dalam hal ini terdapat dua cara:

frais dilengkapi dengan suatu alur yang sesuai benar dengan konstruksi spindel utama

frais dipusatkan dengan tepi pemusatan yang khusus atau gelang pasang pada garis tengah luar spindel utama.



Gambar 74. Pemusatan Luar

Sedangkan pada pemusatan dalam, sebuah pena pemusat (misal: arbor tirus pendek) dipasang didalam konus spindel utama.

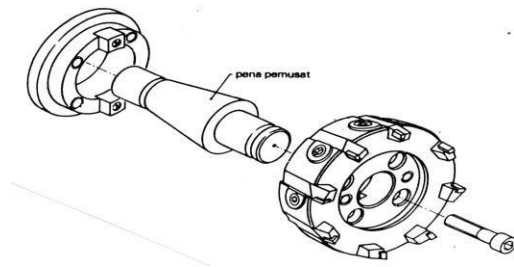
Keuntungan dari pemusatan dalam:

penukaran pisau frais berlangsung lebih mudah lewat rel masuk di sisi depan pena pemusat

perbandingan panjang dan diameter lebih menguntungkan daripada pemusatan luar

pemusatan lebih teliti dengan ruang main radial yang lebih kecil karena garis tengah pena pemusat lebih kecil maka ketika spindel

utama menjadi lebih panas pena pemusat akan memuai sangat sedikit, sehingga frais tidak akan menjepit pena bidang standar pisau frais lebih mudah dibuat datar dan siku-siku benar tidak ada kemungkinan spindel utama rusak.



Gambar 75. Pemusatan Dalam

3. Pemasangan pisau jari dengan gagang silindris dan pemasangan pisau frais jari dengan gagang tirus:

a. Pemasangan gagang silindris

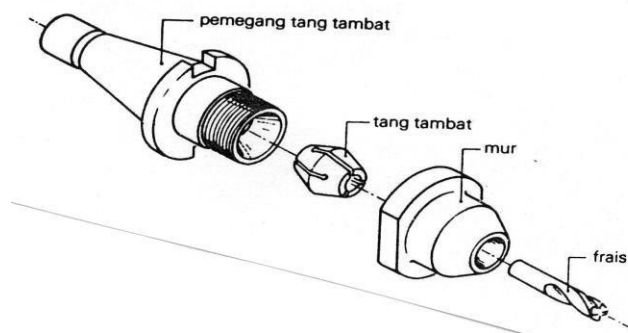
Dengan pemegang tang pasang (arbor pendek) kita dapat menjepit dan memasang pisau frais kedalam spindel utama frais dengan gagang silindris

Pada prinsipnya arbor pendek terdiri dari sebuah tabung konis dengan lubang silindris. Ukuran lubang itu harus sama atau sedikit lebih besar dari diameter gagang pisau frais. Kekencangan pemasangan diperoleh bila arbor pendek konis ditekan ke dalam lubang gagang yang juga konis.

Dilihat dari bentuknya tang pasang sangat banyak. Sejumlah diantaranya terdapat dalam gambar di bawah:

Petunjuk penggunaan.

ukuran panjang jepit pisau frais dalam arbor pendek paling sedikit harus 2 x garis tengah gagang pisau frais. Yang paling aman ialah menjepit pisau frais sedemikian rupa hingga penyuaian arbor pendek menjepit keliling gagang pisau frais sesuai dengan ukuran panjangnya.



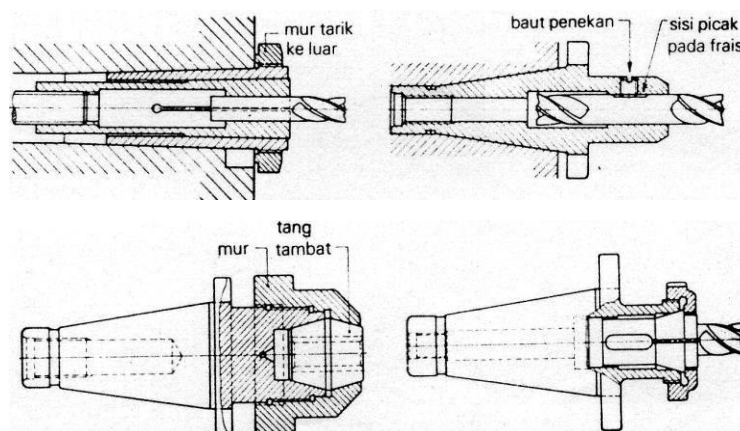
Gambar 76. Pemasangan Pisau Jari dengan Gagang Silindris

gunakan kunci yang tepat untuk mengikat atau menekan tang pasang

jangan memasang gagang silindris dengan garis tengah yang lebih besar atau lebih kecil yang dinyatakan pada tang pasang dalam arbor pendek yang biasa, pisau frais dengan gagang silindris pada pengefraisan yang lebih berat cenderung selip dan bergeser sebuah bor dengan gagang silindris tidak boleh ditempatkan dalam arbor pendek, kecuali lubangh dalam arbor tersebut sesuai ukurannya atau tersedia alat bantu.

walaupun bahaya pada penempatan sebuah aparat peluas akan berkurang, namun dianjurkan konstruksi yang serupa seperti untuk bor. Aparat peluas itu harus memiliki ukuran yang sama dengan arbor.

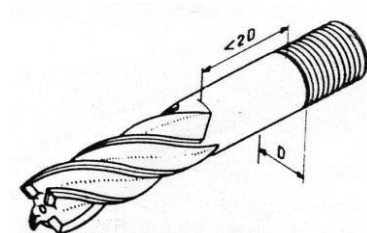
dengan sebuah pisau frais atau kelengkapan peluas, yang gagangnya rusak tidak dapat dilakukan pengefraisan yang cermat. Arbor akan rusak dan tidak mungkin menjepit dengan baik periksalah terhadap kotoran dan beram tempatkan dengan baik pemegang maupun atrbor pendek dalam keadaan bersih dan diberi gemuk di rak.



Gambar 77. Pemasangan Pisau Frais Gagang silindris dengan baut Penekan

Konstruksi arbor pendek untuk pengefraisan kasar/berat

Bila pengefraisan berat kemungkinan frais akan selip, maka dalam hal ini pisau frais dapat dibuat dengan gagang yang berulir.



Gambar 78. Pisau Frais dengan Gagang Berulir

b. Pemasangan Pisau frais dengan gagang konus

Pemasangan ini dilakukan untuk pisau-pisau frais yang mempunyai gagang konis seperti bor, peluas dan lainnya. Dalam hal ini pisau

frais dapat pasang dengan dua cara:

langsung dalam spindel utama

dengan sarung pengurangan/sarung tirus

Pemasangan frais bertangkai lurus dengan menggunakan kollet.

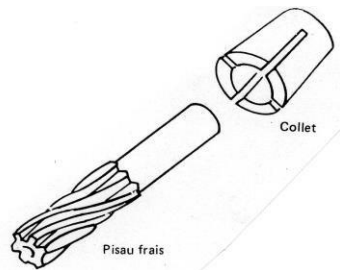
Memasang kollet pada arbor

Agar pisau frais yang bertangkai lurus dapat dipasang dalam arbor yang lubangnya tirus kita gunakan kollet. Kollet dikeraskan dalam arbor dengan mur pengunci, sehingga untuk ini diperlukan arbor tersendiri.

Ambilah kolet yang ukuran lubangnya sesuai dengan ukuran tangkai pisau frais.

Bersihkan lubang arbor dan kollet sebelum dimasukkan ke dalam arbor.

Masukkan mur pengunci, tapi belum dikeraskan.



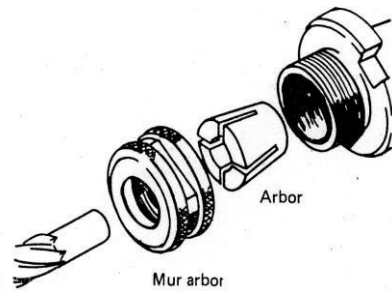
Gambar 79. Memasang kollet pada arbor

2) Memasang frais pada arbor.

a) Masukkan pisau frais kedalam kollet.

b) Tekan pisau frais sedalam-dalamnya memasuki kollet.

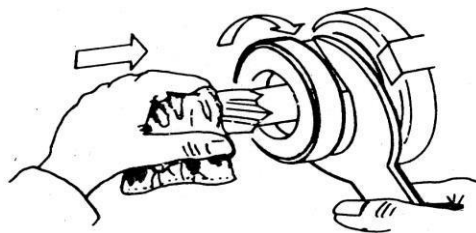
c) Pegang pisau frais dan keraskan mur pengunci sehingga cukup kuat dengan mempergunakan kunci khusus



Gambar 80. Memasang frais pada arbor

3) Melepaskan frais.

- a) atur roda gigi pada posisi kecepatan terendah
- b) lepaskan mur pengunci dengan mempergunakan kunci
- c) cabut pisau frais sehingga bersama-sama kollet lepas dari arbor
- d) putar pisau frais sehingga lepas dari kollet



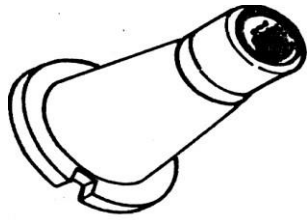
Gambar 81. Melepaskan frais.

Langkah-langkah Pemasangan Pisau Frais Jari Bertangkai Tirus pada Kepala Tegak

Pemasangan frais jari.

Memilih arbor.

- a). ambillah arbor pendek yang mempunyai lubang tirus sama dengan tirus dari pada tangkai frais.
- b). Bila ukuran besarnya tirus tidak sama, pakailah sarung pengurang.

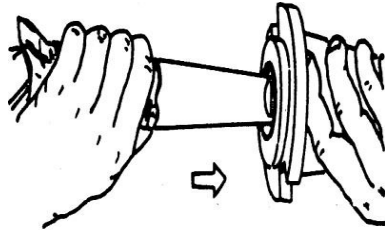


Arbor

Gambar 82. Memilih Arbor

2) Memasang frais.

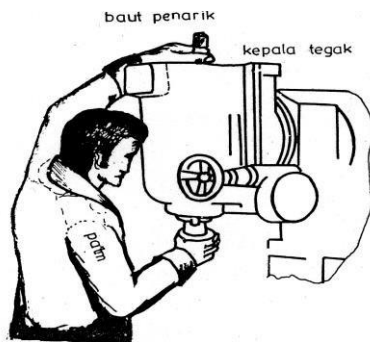
- a). Lubang arbor dan tangkai pisau dibersihkan sehingga tidak ada tatal.
- b) selaraskan tangkai frais itu sehingga lidah pada ujungnya tepat pada tempatnya.
- c). pukul frais dengan palu lunak agar cukup ketat.



Gambar 83. Memasang frais.

3) Memasanga arbor.

- a). bersihkan baut dan ulir arbor
- b). masukkan arbor kedalam spindel sehingga pen pembawa pada spindelnya tepat masuk dalam alur pada arbor.
- c). pegang arbor sambil tekan keatasa.
- d). keraskan arbor dengan baut penarik.
- e). Baut penarik itu dikeraskan lagi oleh mur penjamin.
- f). Jalankan spindel putaran sedang untuk melihat putaran frais.



Gambar 84. Memasanga arbor.

e. Pemasangan pisau frais bertangkai dan berulir

Peralatan-peralatan yang diperlukan antara lain:

arbor

kollet

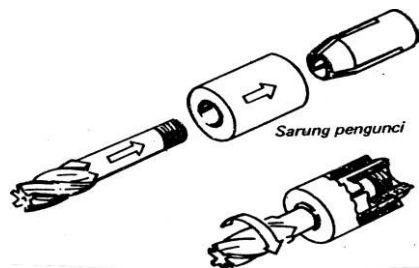
sarung

mur pengunci.

Memasang pisau frais.

a) gabungkan sarung pengunci dengan kollet

Masukkan frais kedalam kollet dan putar secukupnya untuk memasukkan ulur.



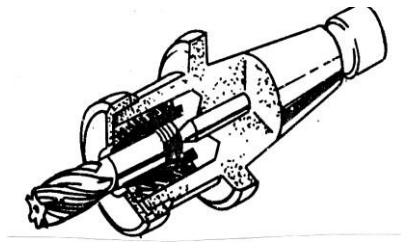
Gambar 85. Memasang pisau frais.

2) Memasang kollet ke dalam arbor

masukkanlah gabungan kollet, sarung dan frais kedalam lubang arbor dengan teliti sehingga ujung sarung masih menonjol sedikit di luar arbor

masukkan mur pengunci sampai menyentuh ujung sarung dan

kemudian putar satu setengah putaran.



Gambar 86. Memasang kollet ke dalam arbor

4. Melepaskan Pisau Frais

a. Cara melepas arbor

Lepas pisau frais

Kendorkan baut yang mengikat arbor

Pukul dengan palu plastik ujung dari arbor hingga tirus arbor terlepas dari spindel

Pegang arbor dengan satu tangan dan tangan yang lain melepas mur pengunci

Ambil dengan hati-hati arbor dengan dua tangan dan tempatkan pada tempat yang aman dari kemungkinan yang dapat menyebabkan kerusakan.

b. Cara Melepas Pisau Frais

Yakinkan bahwa arbor terdukung oleh penyangga arbor sebelum dikendorkan

Bersihkan sisa-sisa pemotongan dari arbor

Lepas mur arbor dengan kunci

Lepaskan support arbor

Lepaskan mur dan pisau dan tempatkan pada tempat yang aman

c. Rangkuman

1. Pisau frais dapat dibagi menjadi pisau solid dan pisau inserted, sedangkan bila dilihat dari gigi potongnya dapat dibedakan menjadi gigi lurus dan miring.
2. Ditinjau dari posisi benda kerja terhadap pisau frais, proses pengefraisan dapat dibedakan menjadi pengefraisan aksial, radial, menyudut, dan pengefraisan bentuk.
3. Pemasangan maupun pelepasan pisau dapat dibedakan menjadi pemasangan pada Arbor Panjang, Arbor Pendek (pena frais), Flens, dan pemasangan pisau jari dengan gagang silindris dan gagang tirus

d. Tugas

Lakukan pengamatan di bengkel dan uraikan tentang cara pemilihan dan pemasangan pisau frais. Catat dalam lembar pengamatan.

e. Tes Formatif

1. Sebutkan dan jelaskan masing-masing fungsi dari pisau frais
2. Jelaskan cara-cara pemasangan pisau frais.

f. Kunci Jawaban Formatif

Fungsi pisau frais:

1. Pisau lurus: untuk mengefrais permukaan datar dengan penyayatan sisi

Pisau sisi: untuk memotong slot, alur dan poros spines, pisau memotong pada kedua bagian samping/keliling dan muka

T-slot: digunakan untuk membuat alur T, alur rata dan ekor burung

Form milling: untuk membuat roda gigi, bentuk cekung dan cembung, menghasilkan bentuk-bentuk sudut bundar, lekukan dan

gigi roda gigi.

2. Pemasangannya dengan mengikuti langkah-langkah pada pemasangan pisau dengan perbedaan pada jenis mesin frais (dengan pengamatan)

g. Lembar Kerja

Lihat di Lampiran (Lembar Kerja)

3. Kegiatan Belajar 3

Penggunaan Kepala Pembagi

a. Tujuan Kegiatan

Setelah mempelajari materi ini diharapkan mahasiswa memiliki kompetensi

:

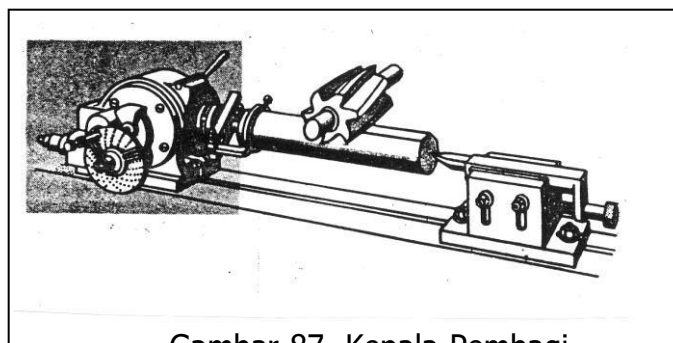
- 1) Memahami dan mampu menggunakan kepala pembagi
- 2) Memahami penggunaan kepala pembagi

b. Uraian Materi

1) Kepala Pembagi

Kepala pembagi merupakan satu dari alat bantu yang penting dalam proses frais. Alat ini digunakan untuk membagi lingkaran atau keliling benda kerja menjadi bagian yang sama, seperti pada pembuatan roda gigi, segi empat, segienam, segidelapan dan lainnya. Alat ini dapat pula digunakan untuk memutar benda kerja dengan perbandingan relatif terhadap meja seperti pada pembuatan helik dan pereameran.

Kepala pembagi terdiri dari roda gigi cacing dengan jumlah gigi 40 yang di pasang pada spindel kepala pembagi. Hal ini berarti bahwa perbandingan putaran kepala pembagi dan benda kerja berbanding 40.



Gambar 87. Kepala Pembagi

a) Fungsi Kepala Pembagi

Roda gigi dibuat pada mesin frais dengan cara menyayat benda kerja, membuat alur-alur pada keliling benda kerja dengan jarak

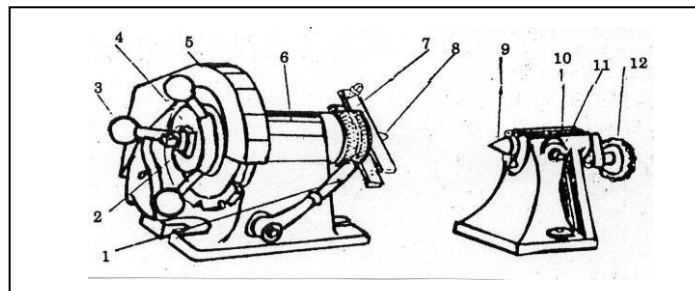
dan bentuk tertentu sehingga membentuk roda gigi. Jarak dari alur satu ke alur lainnya harus sama. Oleh karena itu pada pembuatan roda gigi dengan mesin frais diperlukan alat pembagi keliling benda kerja yang disebut kepala pembagi. Kepala pembagi berfungsi untuk membagi keliling benda kerja menjadi bagian yang sama besar.

b) Macam Kepala Pembagi

Kepala pembagi terdiri atas:

- ✓ kepala pembagi dengan pelat pembagi
- ✓ kepala pembagi dengan penggerak roda gigi cacing dan ulir cacing
- ✓ kepala pembagi dengan roda gigi cacing dan poros cacing yang dilengkapi dengan piring pembagi
- ✓ kepala pembagi universal
- ✓ kepala pembagi dengan kelengkapan optic

(1) Kepala pembagi dengan pelat pembagi



Gambar 88. Kepala pembagi dengan pelat pembagi

Keterangan gambar:

1. handel/pengunci
2. mur penyetel
3. handel pemutar porors
4. pelat pembagi dengan 12 bagian
5. pelat penutup/pelindung untuk meliondungi pelat dari kotoran dan tatal
6. body (rumah kepla pembagi)
7. pelat pembawa

8. center poros kepala pembagi
9. center kepala lepas
10. alur lubang senter
11. baut pengunci senter kepala lepas
12. center kepala lepas

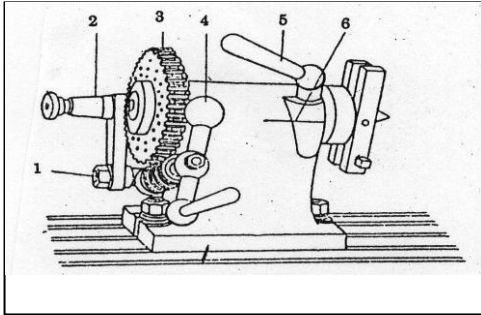
Pembagian menggunakan kepala pembagi terbatas pada pembagian 2, 3, 4, 6, dan 12 bagian saja

(2) Kepala pembagi dengan penggerak roda cacing dan ulir cacing

Pembagian dengan kepala pembagi yang digerakkan oleh roda gigi cacing dan ulir cacing yang dilengkapi dengan lubang-lubang, akan lebih banyak jika dibandingkan dengan pembagian yang menggunakan pelat pembagi. Lubang yang terdapat pada roda gigi cacing yaitu 16, 42, dan 60 lubang sehingga pembagian kelilingnya dapat dilakukan sebagai berikut:

- pada lingkaran yang berjumlah 156 dapat membagi keliling 2,4,8. dan 16 bagian
- pada lingkaran yang berjumlah 42 dapat membagi keliling sebanyak 2,3,6,7,1`4,21, dan 42 bagian
- pada lingkaran yang berjumlah 60 lubang dapat membagi keliling sebanyak 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14, 15, 16, 20, 21, 30, 42 dan 60 bagian

Kepala pembagi dengan penggerak roda gigi cacing dan ulir cacing dapat dilihat pada Gambar 89:



Keterangan :

1. mur dan baut pengunci
2. pen penyetel
3. roda gigi cacing yang berlubang
4. engkol pemutar
5. pengunci poros pembagi
6. celah pada bodi (untuk menjepit poros)

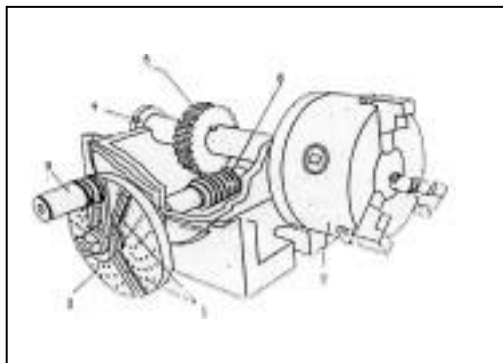
Gambar 89. Kepala pembagi dengan penggerak roda cacing dan ulir cacing

(3) Kepala pembagi dengan roda gigi cacing yang dilengkapi dengan piring pembagi

Roda gigi cacing dan ulir cacing mempunyai perbandingan putaran 40:1. artinya jika engkol diputar 40 putaran maka roda gigi cacing baru berputar satu putaran sehingga untuk pembagian keliling z bagian diperlukan putaran engkol sebanyak n putaran yang dapat dihitung dengan persamaan:

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

- N = putaran engkol
 Z = jumlah pembagian yang diperlukan
 40 = angka perbandingan transmisi



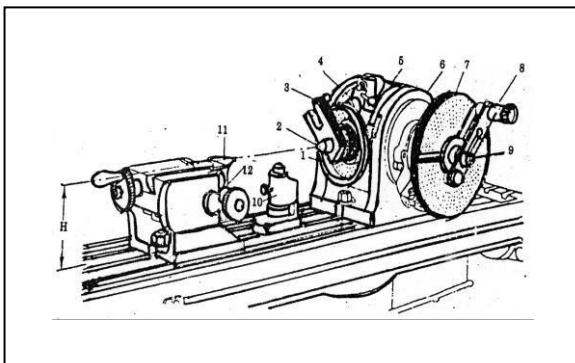
Gambar 90. Kepala pembagi dengan roda gigi cacing yang dilengkapi dengan piring pembagi

(4) Kepala Pembagi Universal

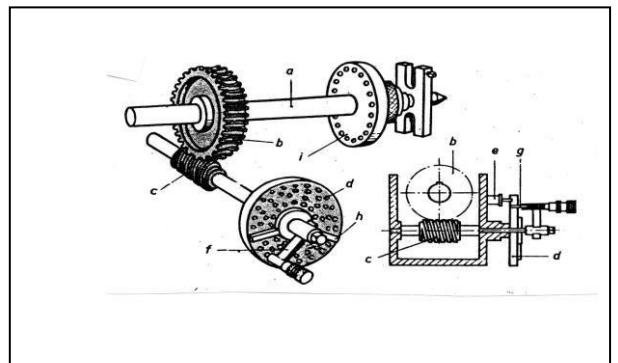
Pada kepala pembagi universal poros pembagi dapat disetel secara horizontal, vertical atau miring. Sehingga dengan kepala pembagi universal kita dapat membuat roda gigi bentuk miring (helik), roda gigi kerucut (payung), maupun roda gigi cacing.

Kepala pembagi terdiri dari roda gigi cacing dengan jumlah gigi 40 yang di pasang pada spindel kepala pembagi. Hal ini berarti bahwa perbandingan putaran antar kepala pembagi dan benda kerja berbanding 40.

Prinsip kerja dari kepala pembagi dapat disajikan dalam Gambar 92 sebagai berikut:



Gambar 91. Kepala Pembagi Universal



Gambar 92. Prinsip Kerja Kepala Pembagi

Pada poros pembagi a dipasang roda cacing (roda ulir) b. Pada roda cacing ini bekerja sebuah cacing (ulir) c, yang dapat diputar dengan bantuan engkol f. Pena penusuk dari engkol itu dapat disetel ke dalam. Dengan demikian berbagai lingkaran lubang dari piringan pembagi d dapat dipakai

Piringan pembagi yang dapat ditukar-tukar dan diputar terhadap poros cacing dapat dipasangkan pada rangka kepala pembagi dengan bantuan e. Untuk mempermudah supaya setiap kali tidak perlu melakukan perhitungan berapa bagian dan harus berhenti di mana, maka dipasang sebuah gunting dengan kaki-kaki h yang dapat disetel. Bagian depan dari poros pembagi dilengkapi dengan ulir sekerup untuk pemasangan piring pembagi bila diperlukan.

Sehubungan dengan kemungkinan adanya kelonggaran antara cacing dan roda cacing, engkol harus selalu diputar ke arah yang sama, sehingga engkol tidak diperbolehkan diputar kembali saat pembagian. Bila engkol diputar terlalu jauh maka ia harus diputar kembali sebesar lebih kurang $\frac{1}{2}$ putaran sebelum dapat dilakukan lagi menurut arah yang benar.

(5) Kepala pembagi dengan kelengkapan optic

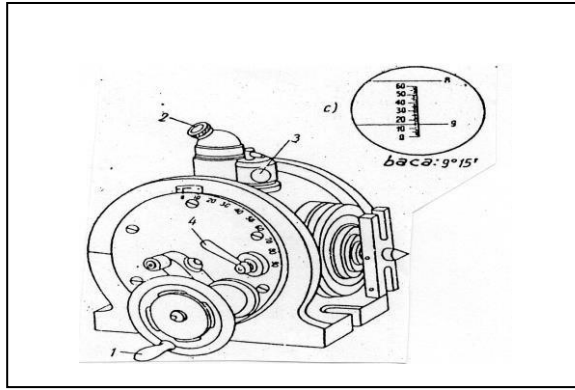
Kepala pembagi dengan kelengkapan optic digunakan untuk pembagian yang sangat teliti. Pembagian dapat kita gunakan persamaan:

$$\alpha = \frac{360}{Z}$$

Keterangan:

α = besarnya sudut putaran engkol

Z = jumlah pembagian



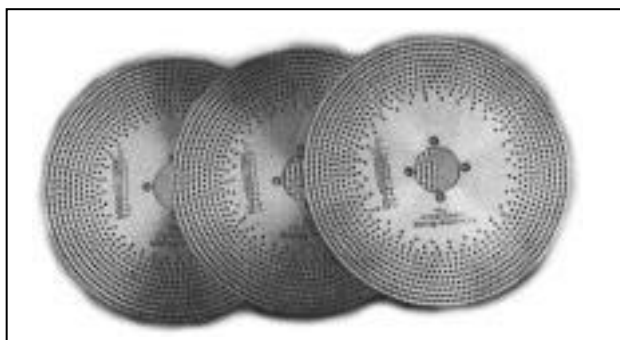
Gambar 93. Kepala pembagi dengan kelengkapan optic

c) Piring Pembagi

Piring pembagi mempunyai lubang-lubang yang dilengkapi dengan gunting pembatas.lubang-lubang. Pada piring pembagi tersebut terdapat lingkaran-lingkaran yang mempunyai jumlah lubang tertentu

Tabel 3. Jumlah lubang pada piring pembagi

Seri A				Seri B		
1		2		1	2	3
30	69	38	77	15	21	37
41	81	42	87	16	23	39
43	91	47	93	17	27	41
48	99	49	111	18	29	43
51	117	53	119	19	31	47
57		59		20	33	49



Gambar 94. Piring Pembagi

d) Pembagian dengan kepala pembagi

Pembagian dengan kepala pembagi dapat dilakukan secara langsung, tidak langsung, maupun deferensial

(1) Pembagian secara langsung

Pembagian kepala pembagi secara langsung yaitu pembagian yang menggunakan piring pembagi dengan jumlah lubang tertentu. Pembagian langsung tergantung dari jumlah lubang-lubang pada piringan pembagi yang tersedia atau dapat digunakan. Piring pembagi yang telah distandar mempunyai lubang-lubang seperti dalam Tabel 3 di atas. Putaran engkol pada pembagian langsung dapat dihitung dengan persamaan

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

Contoh:

Akan dibuat roda gigi dengan jumlah gigi 64. Roda gigi tersebut dikerjakan dengan mesin frais menggunakan kepala pembagi. Tentukan putaran engkol dan piring pembagi yang digunakan

Penyelesaian:

Putaran engkol dihitung dengan persamaan:

$$N = \frac{40}{Z} = \frac{40}{64} = \frac{5}{8} \text{ putaran}$$

Maka engkol harus diputar $\frac{5}{8}$ tiap bagiannya.

Piring pembagi yang digunakan adalah piring pembagi seri B-1 dengan jumlah lubang 15, 16, 17, 18, 19 dan 20. dalam hal ini diambil jumlah yang bisa dibagi 8.

$$N = \frac{5}{8} = \frac{10}{16}$$

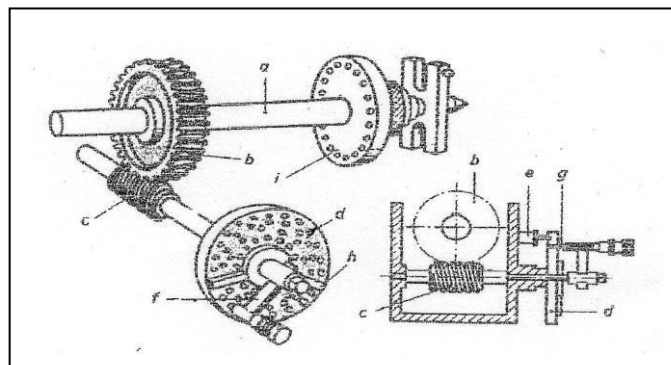
Jadi engkol diputar 10 lubang atau hingga lubang ke 11 pada piring pembagi yang mempunyai jumlah lubang 16

(2) Pembagian tidak langsung

Pembagian tidak langsung dilakukan bila pembagian langsung tidak dapat dilakukan. Pembagian tidak langsung dilakukan dengan tangan pada waktu masuknya penggerak cacing. Piringan pembagi d dipasangkan pada rangkanya. Cacing (ulir) yang menggerakkan berulir tunggal ($z_1 = 1$) dan roda cacing yang digerakkan mempunyai 40 gigi, ($z = 40$) perpindahan I_v antar cacing dan roda-roda cacing ialah:

$$I_v = Z_2/Z_1 = 40/1 = 40$$

I_v : perbandingan perpindahan kepala pembagi
 Z_1 : jumlah ulir cacing
 Z_2 : jumlah gigi roda cacing



Gambar 95. Pembagian Tidak Langsung

Supaya benda kerja berputar satu kali, engkolnya harus diputar 40 kali. Bila keliling benda kerja harus dibagi ke dalam 8 bagian yang sama, maka kita bagi putaran engkol

sebanyak 40, yang diperlukan untuk satu putaran benda kerja itu, dengan 8. Maka jumlah putaran engkol untuk tiap bagian ialah $40 : 8 = 5$.

Pada umumnya berlaku:

$$n_{ek} = (i_v / T_k) \text{ putaran}$$

n_e : perbandingan perpindahan kepala pembagi

i_{vk} : jumlah putaran engkol tiap bagian

T_k : jumlah bagian yang harus membagi keliling engkol

Misalnya kita akan membuat roda gigi yang mempunyai gigi 97 maka perhitungan langsungnya adalah:

$$N = \frac{40}{z} = \frac{40}{97}$$

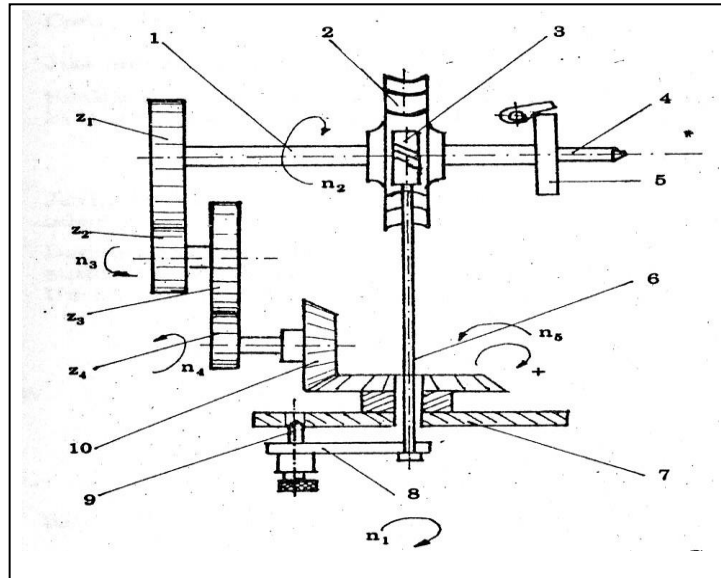
Piring pembagi dengan jumlah lubang 97 tidak tersedia. Berarti kita harus melakukan pembagian secara tidak langsung dengan menggunakan roda gigi-roda gigi tambahan untuk memutar piring pembagi ke arah yang berlawanan atau ke arah yang searah dengan putaran engkol. Perhitungan yang dilakukan sebagai berikut:

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

$$U = (Z_1 - Z) \frac{40}{Z_1}$$

Dari perhitungan tersebut akan didapatkan angka-angka yang menunjukkan jumlah gigi untuk roda gigi tambahan yang harus dipasang.

Pemasangan roda gigi tambahan tersebut dapat dilakukan sebagaimana terlihat dalam Gambar 96 berikut:



Gambar 96. Pemasangan Roda Gigi Tambahan

Keterangan:

1. poros utama kepala pembagi
2. roda gigi cacing
3. ulir cacing
4. center kepala pembagi
5. pelat pembawa
6. poros ulir cacing
7. piring pembagi
8. engkol penmuytar
9. pen pembatas/pengunci roda gigi payung dengan rasio perputaran 1:1
10. Z_1 , Z_2 , Z_3 dan Z_4 merupakan roda gigi tambahan dengan jumlah gigi seperti yang ditentukan.

Roda-roda gigi pada kepala pembagi sebagai roda-roda tukar mempunyai seri yang disajikan pada Tabel 4. berikut:

Tabel 4. Jumlah Gigi Roda-roda Tukar

Seri dan Jumlah Gigi									
1		2		3			4		
24				24	48		24	48	76
24		24		24	56		24	49	78
28		24	56	28	64		28	56	80
32	86	28	64	30	64		30	60	84
40	100	32	72	32	68	100	32	64	86
48	127	36	86	39	72	127	36	66	90
56		40	100	40	76		37	68	96
64		44	127	44	86		40	72	100
72		48		48	96		48		(127)

Contoh :

Akan dibuat sebuah roda gigi dengan mesin frais universal. Jika roda gigi tersebut memiliki 97 buah gigi

- tentukan putaran engkol dan pembagiannya
- tentukan jumlah gigi pada roda –roda gigi tambahan
- gambarakan pemasangan roda gigi tersebut

Penyelesaian:

Dengan pembagian langsung didapatkan

$$N = \frac{40}{z} = \frac{40}{97}$$

Piring pemnagio dengan jumlah lubang 97 tidak ada. Umpamakan gigi yang akan dibuat adalah 90 maka putaran engkolnya adalah

$$N = \frac{40}{z} = \frac{40}{90} = \frac{4}{9} = \frac{8}{18}$$

Jadi engkol diputar 8 lubang atau lubang ke 9 pada piring pembagi dengan jumlah lubang 18

Dengan perumpamaan jumlah gigi 90 tersebut berarti piring pembagi harus mundur 7 gigi untuk satu putaran benda kerja. Putaran piring pembagi ini dapat terlaksana jika dipasang roda-

roda gigi tambahan. Untuk menentukan jumlah gigi pada roda gigi tambahan dapat digunakan rumus:

$$\begin{aligned} U &= (Z1 - z) \frac{40}{Z1} \\ &= (90 - 97) \frac{40}{90} \\ &= -\frac{280}{90} \text{ (tanda negatif menunjukkan bahwa arah putaran} \end{aligned}$$

piring pembagi berlawanan dengan putaran engkol.

$$U = -\frac{280}{90} = -\frac{14}{9} \times \frac{20}{10}$$

Angka-angka 14, 9, 20 dan 10 di atas menunjukkan jumlah roda gigi tambahan yang harus dipasang. Apabila dilihat pada persediaan jumlah roda-roda gigi ternyata roda gigi dengan jumlah tersebut di atas tidak ada. Jadi harus dihitung lagi dengan mengalikan penyebut dan pembilang dengan bilangan yang sama dan seterusnya hingga didapat angka-angka yang sama dengan jumlah gigi roda-roda tukar yang tersedia pada perhitungan

pecahan, misalnya dikalikan dengan $\frac{2}{2}$ atau $\frac{3}{3}$, maka:

$$U = -\frac{280}{90} = -\frac{14}{9} \times \frac{20}{10}$$

Angka pecahan $\frac{14}{9}$ dikalikan masing-masing dengan 4 sehingga

menjadi $\frac{56}{36}$

Angka pecahan $\frac{20}{10} = \frac{2}{1}$ dikalikan masing-masing dengan 24

sehingga menjadi $\frac{48}{24}$

Hasil, perbandingan putarannya adalah: $U = - \frac{14}{9} \times \frac{20}{10} = \frac{56}{36} \times$

$$\frac{48}{24}$$

Dengan demikian roda-roda gigi tambahannya adalah:

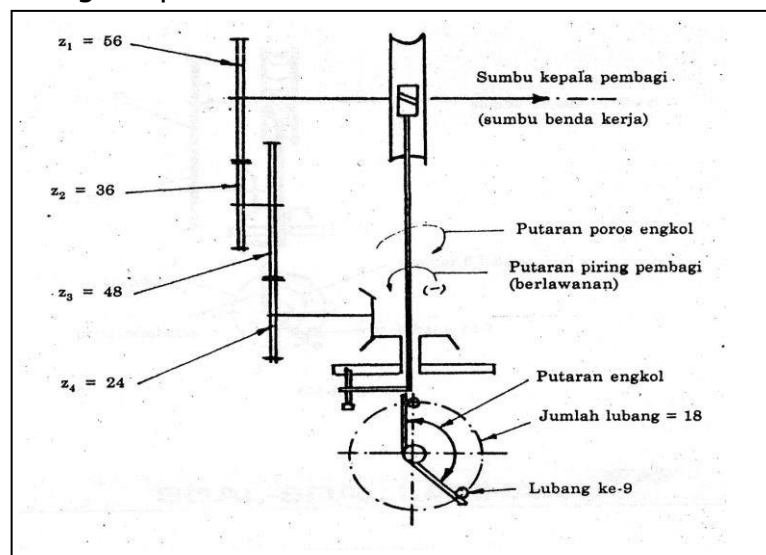
Z1 : 56 gigi

Z2 : 36 gigi

Z3 : 48 gigi

Z4 : 24 gigi

Pemasangan roda-roda gigi tambahan tersebut dapat disajikan dalam diagram pada Gambar 97 berikut:



Gambar 97 Pemasangan Roda Gigi Pengganti

(3) Pembagian diferensial

Terdapat pembagian-pembagian yang tidak dapat dilakukan dengan pembagian langsung maupun tidak langsung dengan kepala pembagi dan piring pembagi. Ini diantaranya berlaku untuk bilangan-bilangan yang tidak dapat dibagi 50. Untuk mengatasi hal tersebut digunakan pembagian deferensial.

Seandainya kita harus membagi sebuah benda kerja dalam 127 bagian maka kalau hal ini dilakukan secara tidak langsung kita harus mempunyai piring pembagi dengan 127 lubang. Pemutaran engkol tiap pembagian adalah

$$n_{ek} = \frac{iv}{Tk} = \frac{40}{127} \text{ putaran}$$

Piring pembagi dengan lubang 127 tidak tersedia pada perlengkapan sebuah kepala pembagi. Untuk melakukan pembagian $T_k = 127$ kita harus memilih sebuah bilangan pembagi pembantu yang jumlah putaran engkolnya dapat diwujudkan dengan piringan-piringan pembagi yang ada, misalnya $T_b = 120$. Maka jumlah putaran engkol tiap bagian adalah:

$$n_{ek} = \frac{iv}{T_b} = \frac{40}{120} = \mathbf{1/3 \text{ putaran}}$$

Bila engkolnya telah diputar 120 kali $1/3$ putaran, benda kerjanya berputar satu kali. Maka benda kerja itu mempunyai 120 pembagian. Jumlah ini kurang 7, sebab pembagiannya 127. Jadi pembagiannya $1/3$ terlalu besar. $1/3$ putaran ini dapat diperkecil dengan memutar piringan pembagi ke arah yang berlawanan sewaktu pemutaran engkol. Kompensasi ini dicapai dengan menggerakkan piring pembagi itu dengan poros roda cacing dengan bantuan roda-roda tukar. Dengan sendirinya piring pembagi itu tidak boleh dipasangkan lagi pada rangka kepala pembagi dan poros roda cacing – poros pembagi – tidak boleh diputar.

Bila kita memilih piring pembagi dengan 15 lubang untuk $1/3$ putaran engkol, engkolnya harus diputar 5 jarak

tiap bagiannya. Ini sama dengan $127 \times 5 = 635$ jarak setelah 127 pembagian. Namun benda kerjanya telah berputar satu kali setelah $40 \times 15 = 600$ jarak.

Jika pada piring pembagi yang diam kita putarkan engkolnya $635 - 600 = 35$ jarak terlalu banyak. Ini berarti bahwa selagi benda kerja membuat satu putaran, piring pembaginya harus diputar 35 bagian, yaitu $\frac{35}{15}$ putaran berlawanan dengan arah putar engkol.

Jadi perbandingan perpindahan i_u dari roda-roda tukarnya ialah:

$$i_u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1}{(35/15)} = \frac{15}{35}$$

i_u : perbandingan perpindahan roda-roda tukar
 n_1 : jumlah putaran benda kerja
 n_2 : jumlah putaran piring pembagi

Maka perbandingan roda giginya ialah:

$$U_w = \frac{1}{i_w} = \frac{1}{(35/15)} = \frac{35}{15} = \frac{7}{3}$$

Keterangan:

I_w : perbandingan perpindahan roda-roda tukar
 U_w : perbandingan roda gigi roda-roda tukar

Pada sebuah kepala pembagi dapat tersedia satu pasang roda-roda tukar dari pasangan-pasangan berikut;

Tabel 5. Roda-roda Gigi Pengganti

Seri dan Jumlah Gigi									
1		2		3			4		
24		24		24	48		24	48	76
24		24	56	28	56		28	49	78
28		28	64	30	64		30	56	80
32	86	32	72	32	68	100	32	60	84
40	100	36	86	39	72	127	36	64	86
48	127	40	100	40	76		37	66	90
56		44	127	44	86		40	68	96
64		48		48	96		48	72	100
72									(127)

Maka roda-roda tukar berikut dapat dipilih:

$$U_w = \frac{ZPG}{ZDG} = \frac{7}{3} = \frac{7 \times 8}{3 \times 8} = \frac{56}{24}$$

U_w = perbandingan roda gigi roda-roda tukar

ZPG = hasil mkali jumlah gigi dari roda-roda tukar penggerak

ZDG = hasil mkali jumlah gigi dari roda-roda tukar yang digerakkan

Bila perhitungan-perhitungan untuk pembagian deferensial kita tuliskan dalam rumus, akan didapatkan rumus:

$$n_{ek} = \frac{i_v}{T_b} \text{ putaran}$$

$$U_w = \frac{ZPG}{ZDG} = (T_b - T_k) \frac{i_v}{T_b}$$

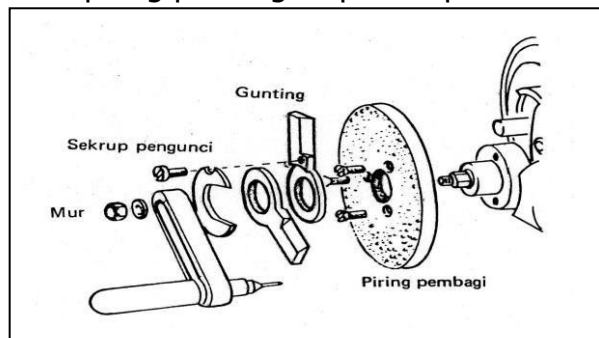
- Iv = perbandingan perpindahan kepala pembagi
- n_{ek} = jumlah putaran engkol tiap pembagian
- Tk = jumlah bagian dimana keliling benda kerja harus dibagi
- Tb = bilangan pembagi pembantu sembarang
- Uw = perbandingan roda gigi roda-roda tukar
- ZPG = hasil kali jumlah gigi dari roda-roda tukar penggerak
- ZDG = hasil kali jumlah gigi dari roda-roda tukar yang digerakkan

Bila Uw positif piring pembagi harus berputar searah dengan engkol. Bila Uw negatif arah putar piring pembagi dan engkol berlawanan. Hal yang terakhir ini lebih menguntungkan daripada yang pertama, sehubungan dengan adanya kelonggaran antara roda-roda tukar. Oleh karena itu bila mungkin kita harus memilih bilangan pembagi pembantu Tb yang lebih kecil dari pada pembagian yang dibuat Tk

2) Penggunaan Kepala Pembagi

a) Melepaskan Piring Pembagi

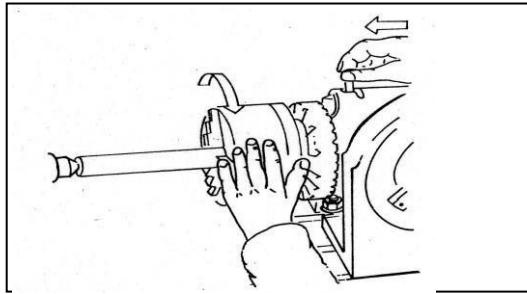
- (1). lepaskan mur yang ada di ujung sumbu cacing dan engkol pemutarnya dilepas ke luar
- (2). buka sekerup pengunci gunting dan lepaskan ring pengapitnya, kemudian gunting dikeluarkan
- (3). buka ketiga sekerup pengikat piring pembagi itu dan kemudian piring pembagi dapat dilepaskan dari sumbu cacing



Gambar 98. Melepas Piring Pembagi

b) Pembagian dengan piring depan

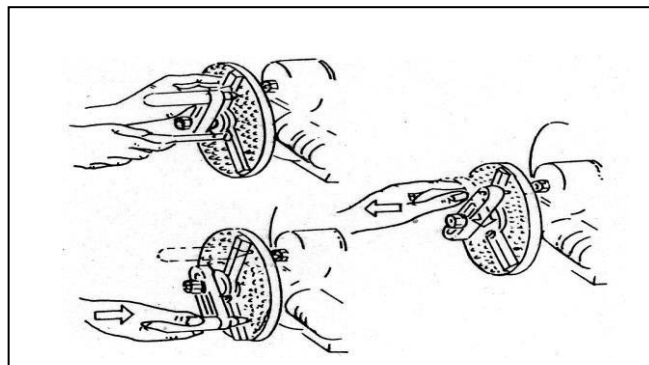
- (1). lepaskan hubungan spindel dengan sumbu cacing
- (2). pen pengunci ditarik ke belakang bila akan memutar piring depan sesuai dengan banyaknya celah-celah yang diperlukan, kemudian ditekan lagi ke depan



Gambar 99. Pengaturan piring Pembagi

c) Piring pembagi yang berlubang

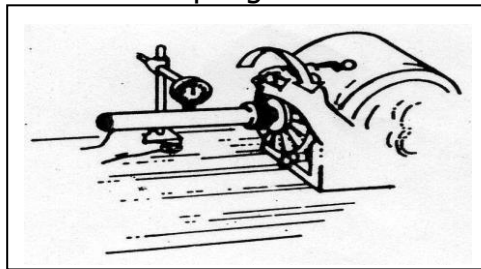
- (1). ambillah piring pembagi yang diperlukan yang ada lubangnya sesuai dengan hasil perhitungan
- (2). atur letak gunting agar kedua kaki menjepit jumlah lubang yang diperlukan
- (3). putar engkol antara kedua kaki, kemudian gunting digeser sehingga salah satu kaki gunting itu letaknya pada pen engkol



Gambar 100. Pengaturan Lubang Piring Pembagi

3) Memeriksa dan Menyetel

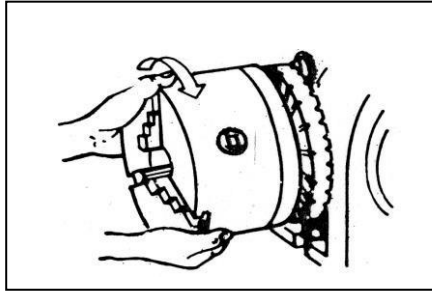
- a). bersihkan mandrel dan lubang spindelnya dan masukkan mandrel dalam lubang spindel
- b). lepaskan hubungan gigi spindel dengan sumbu cacing
- c). stel jam penunjuk di atas meja mesin kemudian spindel diputar sambil diteliti apakah berputarnya mandrel itu sudah konsentris yang dinyatakan oleh keadaan jarum yang tidak bergerak
- d). geser jam penunjuk mendekati spindel dan perhatikan angka yang ditunjukkan oleh jarumnya kemudian jam penunjuk digeser lagi ke arah ujung mandrel sambil diputar spindelnya
- e). longgarkan sedikit mur pengunci yang ada di sebelah belakang kepala pembagi dan pukul dengan palu lunak sedikit demi sedikit sambil diperiksa kembali.
- f). Kerjakan berulang-ulang dengan cara di atas sampai jam penunjuk menunjukkan angka yang sama untuk kedua ujung mandrel
- g). Keraskan semua mur pengunci



Gambar 101. Pemeriksaan Kepala Pembagi

4) Memasang penjepit Cekam

- a). bersihkan ulir pada ujung spindel kepala pembagi
- b). bersihkan ulir pada penjepit cekam dan kemudian masukkan pada spindel sambil memutar penjepit cekam.



Gambar 102. Pemasangan cekam pada Kepala Pembagi

5) Memasang Benda kerja

Benda kerja dapat dipasang antara dua senter, satu senter dipasang dalam lubang spindel kepala pembagi dan senter lainnya dipasang pada kepala lepas

6) Penjepit universal dengan tiga cekam

Penjepit cekam tiga dipasang pada kepala pembagi dalam kedudukan tegak lurus terhadap meja mesin. Penjepit cekam tiga biasanya dipakai untuk menjepit benda-benda kerja yang bulat dan pendek.

c. Rangkuman

- 1) Kepala pembagi digunakan untuk membagi lingkaran atau keliling benda kerja menjadi bagian yang sama, seperti pada pembuatan roda gigi, segi empat, segienam, segidelapan dan lainnya.
- 2) Kepala pembagi terdiri atas:
 - kepala pembagi dengan pelat pembagi
 - kepala pembagi dengan penggerak roda gigi cacing dan ulir cacing
 - kepala pembagi dengan roda gigi cacing dan poros cacing yang dilengkapi dengan piring pembagi
 - kepala pembagi universal

- kepala pembagi dengan kelengkapan optic
- Pembagian dengan kepala pembagi dapat dilakukan secara langsung maupun secara tidak langsung

d. Tugas

Lakukan Pengamatan di Bengkel sekolah atau industri tentang penggunaan kepala pembagi dan kelengkapannya. Buatlah laporan pengamatan yang meliputi: Jenis kepala pembagi, konstruksi, sket bagian-bagian utamanya, cara kerja dan penggunaannya.

e. Tes Formatif

- 1) Apa guna kepala pembagi pada mesin frais ? Jelaskan
- 2) Berapa perbandingan putaran engkol poros cacing dan roda gigi cacing pada kepala pembagi ? Jelaskan
- 3) Sebutkan macam-macam kepala pembagi dan jelaskan masing-masing fungsinya.
- 4) Piring pembagi mempunyai lubang 15, 16, 17, 18, 20, 21, 23, 27, 29, 31, 33, 37, 39, 41, 43, 47, 49
Bagaimana cara pembagiannya bila akan membuat gigi-gigi roda gigi dengan jumlah:
 - a. 54
 - b. 97 (dengan perumpamaan jumlah gigi 100)
 - c. 64
 - d. 17

f. Kunci Jawaban Tes Formatif

- 1) untuk membagi lingkaran atau keliling benda kerja menjadi bagian yang sama, seperti pada pembuatan roda gigi, segi empat, segienam, segidelapan dan lainnya. Alat ini dapat pula digunakan untuk memutar

benda kerja dengan perbandingan relatif terhadap meja seperti pada pembuatan helik dan pereameran.

- 2) Jika engkol diputar 40 putaran maka roda gigi cacing baru berputar satu putaran sehingga untuk pembagian keliling z bagian diperlukan putaran engkol sebanyak n putaran
- 3) Macam Kepala Pembagi:
 - a. kepala pembagi dengan pelat pembagi
 - b. kepala pembagi dengan penggerak roda gigi cacing dan ulir cacing
 - c. kepala pembagi dengan roda gigi cacing dan poros cacing yang dilengkapi dengan piring pembagi
 - d. kepala pembagi universal
 - e. kepala pembagi dengan kelengkapan optic

- 4) a. $= (40/54) = (20/27)$, penggerakan 20 lubang pada jumlah lubang piring pembagi 27 atau 40 lubang pada piring pembagi 54.

$$b. Z = - \frac{40}{Z1} \times \frac{40}{100} = \frac{2}{5} \times \frac{6}{15} \quad \text{dengan demikian engkol diputar 6}$$

lubang atau lubang ke tujuh dari jumlah lubang 15.

Roda gigi tambahan:

$$U = (Z1 - z) \frac{40}{Z1} = (100 - 97) \frac{40}{100} = \frac{120}{100} = \frac{12}{10} = \frac{48}{40}$$

Dengan demikian roda gigi tambahannya adalah:

Z1 : 48 gigi

Z2 : 40 gigi

Tanda positif pada perhitungan di atas menunjukkan bahwa putaran piring pemnagin searah dengan putaran poros engkol

$= (40/64) = 5/8$. Engkol harus diputar 5/8 tiap putaran tiap pembagian

$$= 2 \frac{6}{17} \text{ (dua putaran tambah } \frac{6}{17} \text{)}$$

g. Lembar Kerja

Lihat di Lampiran Lembar Kerja

4. Kegiatan Belajar 4

Pengefraisan Roda Gigi Lurus dan Rack

a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

Setelah mempelajari modul ini diharapkan mahasiswa memiliki kompetensi:

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

b. Uraian Materi

Pengefraisan Roda Gigi Lurus dan Rack

1. Fungsi Roda Gigi

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

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

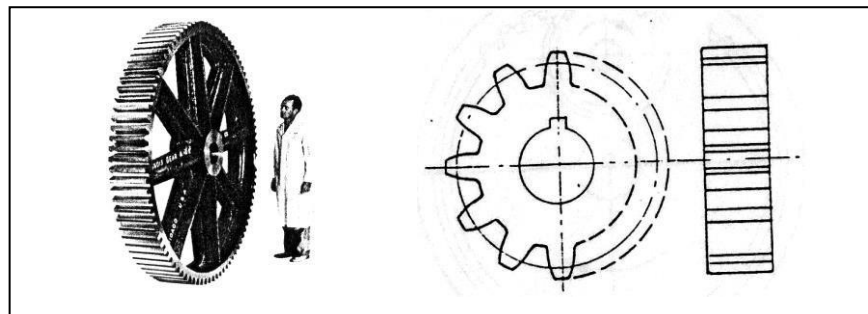
- a. poros sejajar (roda gigi lurus, roda gigi helik , roda gigi helik ganda, roda gigi dalam, roda gigi rack dan pinion)
- b. poros yang berpotongan (cacing dan roda cacing, roda gigi helik)
- c. untuk poros yang bersinggungan (roda gigi payung/konis)

2. Berbagai Macam Roda Gigi

a. Roda gigi lurus

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

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



Gambar 103. Roda Gigi Lurus

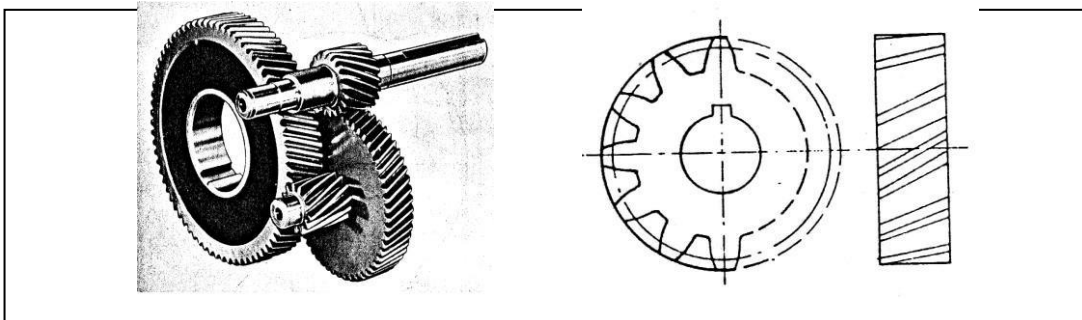
b. Roda gigi helik

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

- roda gigi helik dapat dioperasikan pada kecepatan tinggi daripada pada roda gigi lurus

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

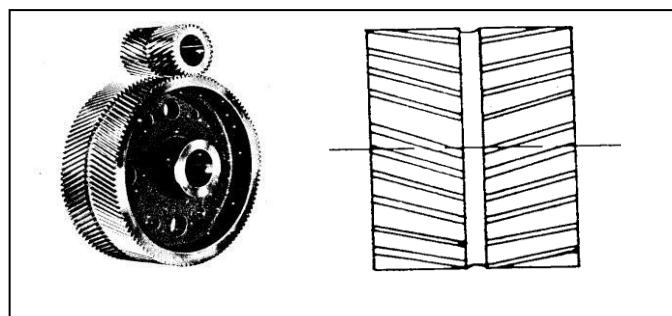
Namun demikian kelemahannya adalah pembuatan roda gigi helik lebih mahal daripada pembuatan roda gigi lurus



Gambar 104. Roda Gigi Helik.

c. Roda gigi helik ganda (Herringbone Gears)

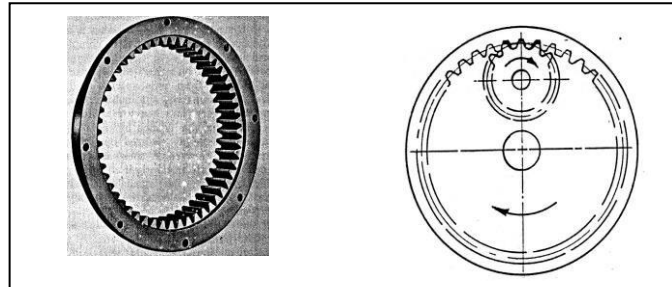
Roda gigi helik ganda merupakan roda gigi helik yang memiliki dua buah alur gigi dengan sudut yang berlawanan. Roda gigi ini digunakan bila kedudukan poros sejajar, diperlukan kecepatan sangat tinggi, dan pada pemakanan yang kasar(berat)



Gambar 105. Roda Gigi Helik Ganda

Roda gigi dalam merupakan roda gigi yang gigi-giginya dipotong pada bagian dalam silinder dan memerlukan pasangannya berupa roda gigi

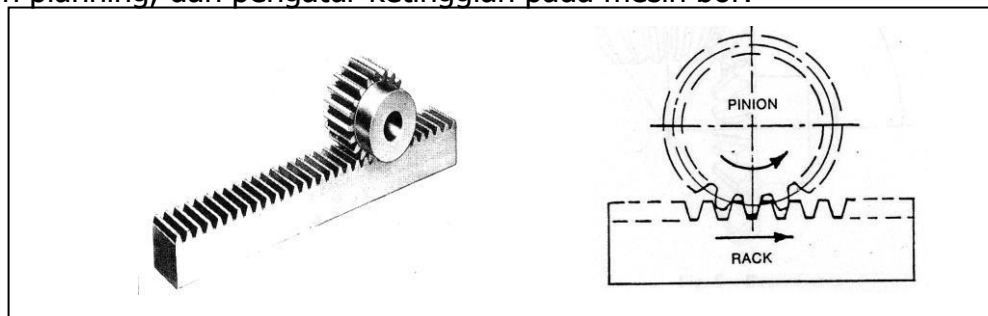
lurus kecil yang diletakkan di dalam sebagai pasangannya. Roda gigi ini digunakan pada posisi sumbu sejajar namun jarak antar senter terlalu kecil untuk mengakomodasi pemasangan roda gigi.



Gambar 106. Roda Gigi Dalam

d. Roda Gigi Rack dan Pinion

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

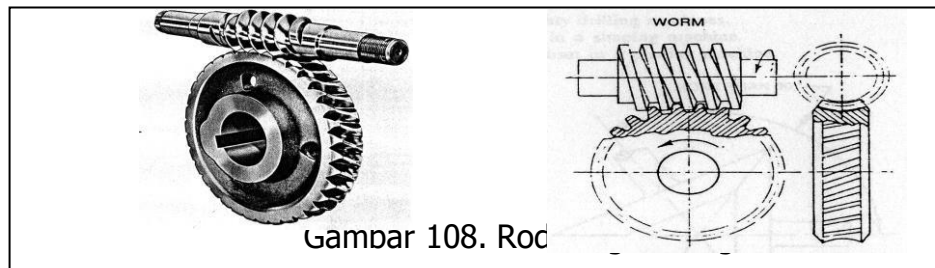


Gambar 107. Roda Gigi Rack dan Pinion

e. Roda gigi cacing.

Roda gigi cacing mempunyai gigi yang dipotong menyudut seperti pada roda gigi helik dan dipasangkan dengan ulir yang dinamakan ulir cacing. Penggunaan roda gigi ini biasanya untuk mereduksi kecepatan. Roda gigi ini dalam operasionalnya akan mengunci sendiri sehingga tidak

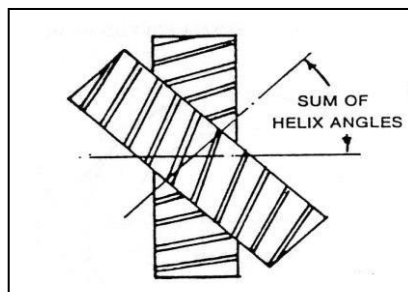
dapat diputar pada arah yang berlawanan. Keuntungan dari roda gigi ini adalah dengan memberikan input minimal dapat dihasilkan output dengan kekuatan maksimal. Roda gigi ini biasanya digunakan untuk kecepatan-kecepatan tinggi dengan kemampuan mereduksi kecepatan yang maksimal.



Gambar 108. Rod

f. Roda gigi helik

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

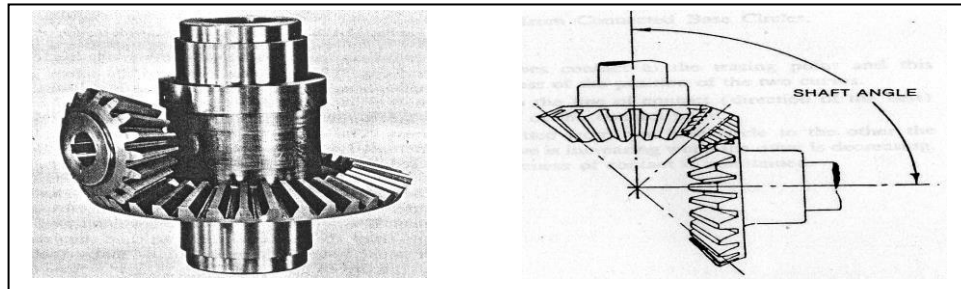


Gambar 109. Roda gigi helik

g. Roda gigi payung/konis

Apabila diinginkan memindah daya pada posisi poros yang bersinggungan (intersection) dapat digunakan roda gigi payung. Contoh penggunaan roda gigi ini misalnya pada: drill chuck, jalur vertical pada mesin planning, mekanisme pengatur langkah pada mesin skrap dan pengatur arah pada mesin bor pekerjaan berat. Pada umumnya pasangan

roda gigi payung membentuk sudut 90° namun dalam hal tertentu dapat dibuat pasangan roda gigi payung dengan sudut lebih besar dan lebih kecil dari 90° .



Gambar 110. Roda Gigi Payung/konis

3. Sistem Standar Roda Gigi

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

- sistem modul
- sistem diametral pitch dan circular pitch

a. Sistem Modul

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

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

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

Keterangan:

D = diameter jarak bagi, mm

Z = jumlah gigi dari roda gigi

m = modul

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

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

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

$$m = t / \pi$$

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

Tabel 6. Modul standar JIS B 1701-1973

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

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

Tabel 7. Modul standar NEN 1630

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

Tabel 8. Modul standar DIN 780

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

b. Sistem diametral pitch dan circular pitch

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

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

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

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

$$Cp = \frac{\phi.D''}{z} \text{ (inch)}$$

Keterangan:

Dp = diametral puitch

D = diametr jarak bagi dalam satuan inchi

Cp = circular pitch dalam satuan inchi

Z = jumlah gigi

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

Dari persamaan $m = \frac{D}{z}$ atau $D = z.m$, $D'' = \frac{z}{Dp}$ (inchi) dan 1 inchi

= 25,4 mm maka:

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

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

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

Tabel 9 berikut merupakan hubungan antara sistem modul dengan diametral ptch dan circular pitch

Tabel 9. Hubungan antara sistem modul dengan diametral ptch dan circular pitch

Modul	Diametral Pitch	Circular Pitch	
		Satuam mm	Satuan inchi
0,3	84,667	0,943	0,0371
0,6	42,333	1,885	0,0742

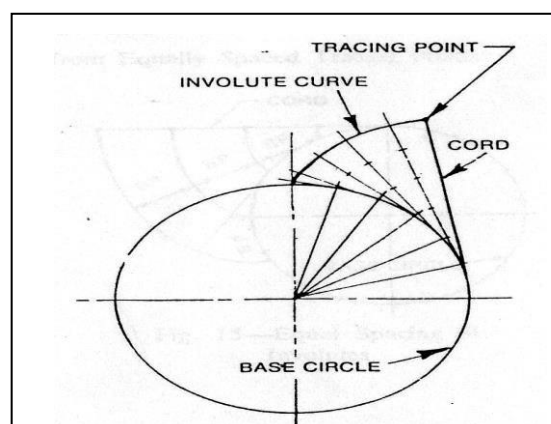
1	25,400	3,142	0,1237
2	12,700	6,283	0,2474

3	8,466	9,425	0,3711
4	6,350	12,566	0,4947
6	4,233	18,850	0,7421
8	3,175	25,132	0,9895
10	2,540	31,420	1,2368

4. Bentuk Gigi Involut

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

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



Gambar 111. Bentuk Gigi Involut

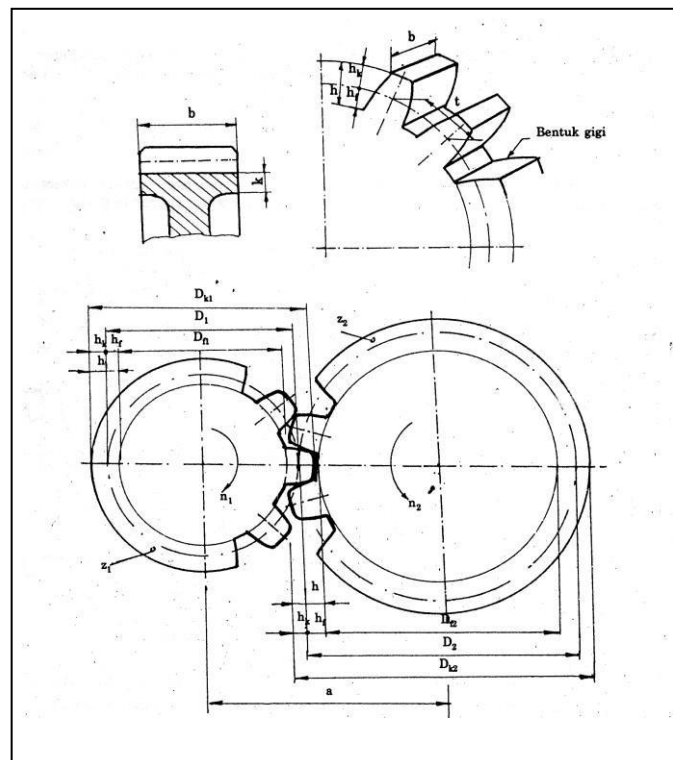
5. Bagian-bagian utama Roda gigi Lurus

Beberapa bagian utama dari roda gigi lurus adalah:

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

- k. Lebar gigi merupakan jarak antara kedua tepi roda gigi yang diukur pada permukaan referensi.

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



Gambar 112. Bagian-bagian Utama Roda Gigi

Keterangan:

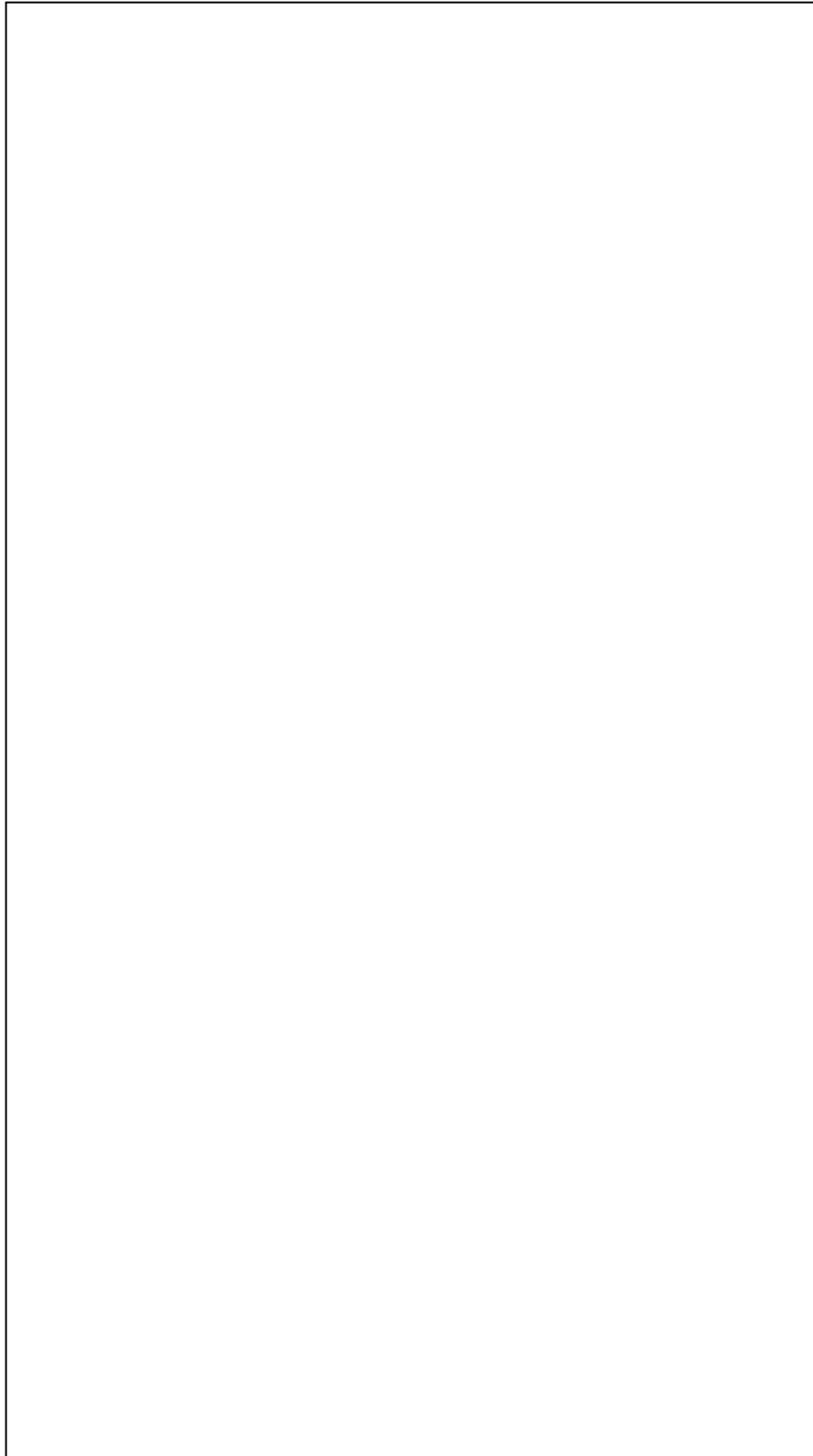
D = diameter jarak bagi
 D_k = diameter kepala gigi
 D_f = diameter kaki gigi
 h_k = tinggi kepala gigi
 h_f = tinggi kaki gigi
 h = tinggi gigi

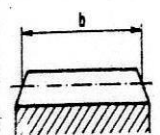
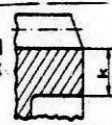
a = jarak antara poros
 t = jarak busur antara gigi
 b = lebar gigi
 k = tebal gigi
 z = jumlah gigi
 n = putaran roda gigi
 m = modul gigi

6. Perhitungan Roda Gigi Lurus

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

Tabel 10. Perhitungan Roda Gigi Lurus



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

7. Pengefraisan Roda Gigi Lurus

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

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

1. Penyiapan Benda Kerja

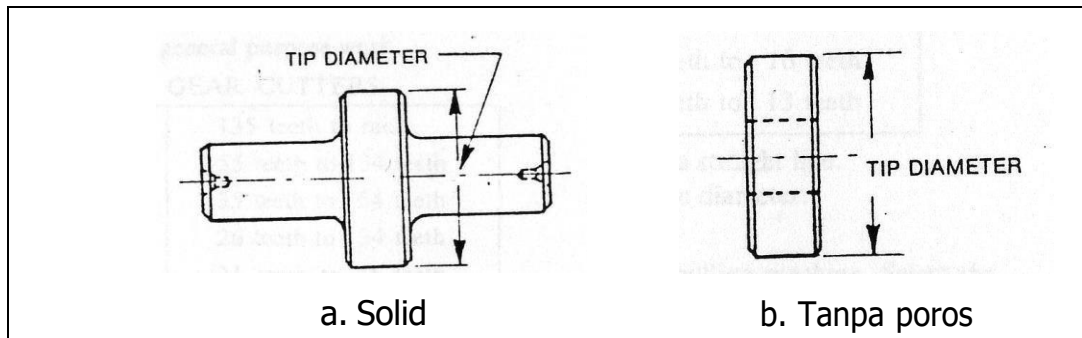
Pengefraisan roda gigi lurus dapat dilakukan pada benda kerja dengan poros menyatu (solid shaft gear blank) maupun benda kerja tanpa poros (hollow gear blank). Proses pembuatan roda gigi merupakan kelanjutan dari pekerjaan bubut terutama dalam membuat bahan dasarnya (blank). Oleh karena itu diperlukan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

a. penyiapan bahan roda gigi solid

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

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

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



Gambar 113. Bahan Awal Roda Gigi

c. Penentuan diameter bahan awal

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

1) Untuk metric

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

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

Contoh:

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

Penyelesaian:

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

2) Untuk sistem diametral pitch

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

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

Contoh:

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

Penyelesaian:

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

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

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

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

2. Pemasangan Benda Kerja

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

3. Pemilihan, pemasangan dan penyetingan pisau frais

a. Pemilihan Pisau Frais

Dua faktor harus dipertimbangkan dalam memilih pisau frais yaitu:

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

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

Tabel 11. Seri Pisau Roda Gigi

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

b. Pemasangan Pisau Frais

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

c. Pensetingan Pisau Frais

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

4. Penentuan kedalaman pemotongan

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

Kedalaman pemotongan = 2,25 x modul

Sedangkan untuk system diametral pitch:

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

Cara menseting kedalaman pemotongan

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

5. Penentuan pembagian dengan kepala pembagi

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

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

Sedangkan untuk pembagian tidak langsung dihitung dengan :

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

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

Keterangan:

N = putaran engkol pada piring pembagi

Z = jumlah gigi pada benda kerja

Z1= jumlah gigi yang diumpamakan

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

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

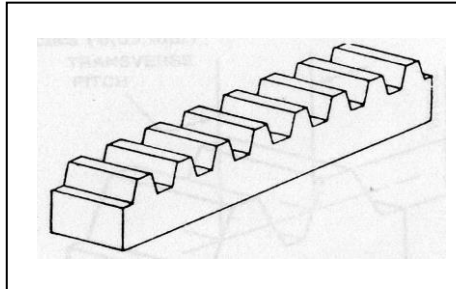
- a. telitilah kelurusan kesenteran kepala pembagi dan kepala lepas dengan dial indikator dan bantuan mandrel
- b. Pasang benda kerja diantara dua senetrel dan kencangkan kepala lepas
- c. Kencangkan dan usahakan backlash tidak terjadi dan mengganggu proses penghefraisan
- d. Hitunglah pembagian dengan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

6. Pemotongan Gigi

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

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

7. Pengefraisan Roda Gigi Rack



Gambar 114. Roda Gigi Rack

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

Langkah-langkah pembuatan roda rack akan meliputi:

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

1. Penyiapan Benda kerja

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

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

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

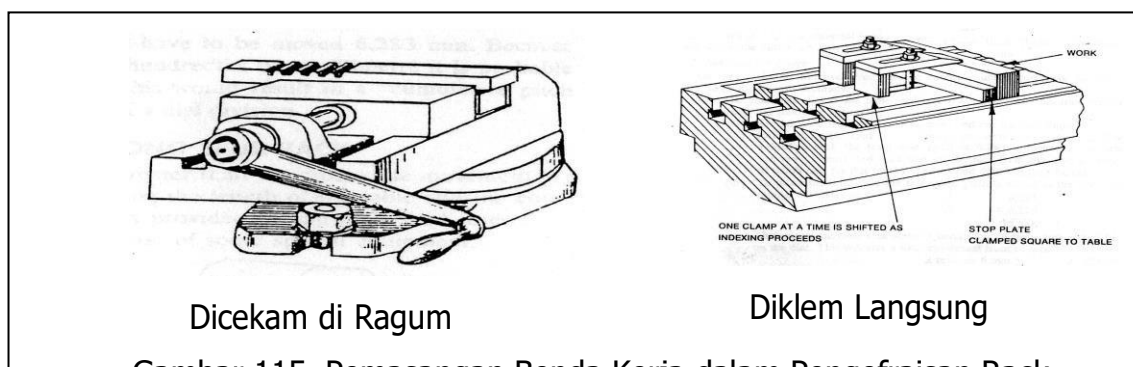
Untuk pembuatan roda gigi rack dapat digunakan mesin frais horizontal, maupun universal. Mesin tersebut harus dilengkapi dengan beberapa kelengkapan antara lain:

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

2. Pemasangan Benda Kerja

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

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



Gambar 115. Pemasangan Benda Kerja dalam Pengefraisan Rack

3. Pemilihan, pemasangan dan penyetingan pisau frais

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

4. Penentuan kedalaman pemotongan

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

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

Sedangkan untuk system diametral pitch:

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

Cara menyeting kedalaman pemotongan

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

5. Pemotongan Gigi

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

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

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

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

Contoh:

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

Penyelesaian:

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

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

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

Contoh

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

Penyelesaian:

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

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

c. Rangkuman

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

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

d. Tugas

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

e. Tes Formatif

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

f. Kunci Jawaban Tes Formatif

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

g. Lembar Kerja

Lihat di Lampiran

5. Kegiatan Belajar 5

Pengefraisan Roda Gigi Helik/Miring

a. Tujuan Kegiatan

Setelah mempelajari materi ini diharapkan mahasiswa memiliki kompetensi :

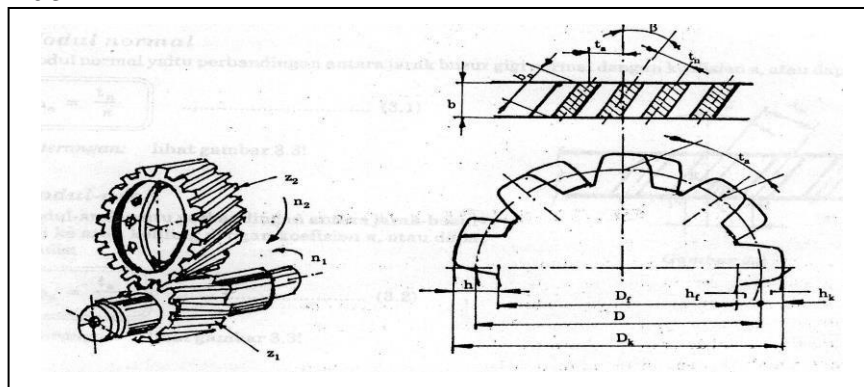
- 1) Memahami dan mamapu membuat perhitungan pengefraisan helix.
- 2) Memahami dan mampu membuat pengefraisan helix.

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 116. Bagian-bagian Utama Roda Gigi Miring

Keterangan

D : diameter jarak bagi

D_f : diameter kaki gigi

D_k : diameter kepala gigi

h : tinggi gigi

h_f : tinggi kaki gigi

h_k : tinggi kepla gigi

b : sudut kemiringan gigi/penyetelan

t_a : jarak antara busur gigi diukur dari alas

t_n : jarak antara bhusur gigi normal

- b : lebar gigi
- bn : 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

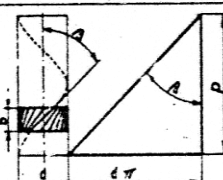
Perhitungan-perhitungan tersebut selengkapnya dapat disajikan pada Tabel 12. berikut.

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

Tabel 12 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) (s)	m_a	$m_a = \frac{m_n}{\cos \beta} = \frac{t_a}{\pi} = \frac{t_n}{\pi \cdot \cos \beta} = \frac{d_1}{z_1} = \frac{d_{k1}}{z_1 + 2 \cdot \cos \beta} = \frac{2 \cdot a}{z_1 + z_2}$
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	$d_{f1} = d_1 - 2,5 t_n = m_n \left(\frac{z_1}{\cos \beta} - 2,5 \right)$ $d_{f1} = d - 2 \frac{1}{8} m = m_n \left(\frac{z_1}{\cos \beta} - 2 \frac{1}{8} \right)$
12	Jarak-hati	a	$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = m_a \left(\frac{z_1 + z_2}{2} \right) = \frac{m_n}{\cos \beta} \left(\frac{z_1 + z_2}{2} \right)$
13	Sudut gigi atau sudut penyetulan	β	$\cos \beta = \frac{m_n}{m_a} = \frac{t_n}{t_a} = \frac{z_1 \cdot m_n}{d_1} = \frac{z_1 \cdot m_n}{d_{k1} - 2m_n} = \frac{m_n(z_1 + z_2)}{2 \cdot a}$ β van 10° tot hoogstens 25°
14	Kisar tiap putaran	p	$p_1 = \frac{d_1 \cdot \pi}{\tan \beta} = \frac{z_1 \cdot m_a \cdot \pi}{\tan \beta} = \frac{z_1 \cdot m_n \cdot \pi}{\sin \beta}$ 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	$Z_d = \frac{z_1}{\cos^2 \beta}$ 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
Pada β	0°	1°	19°	23°	28°	32°	35°	39°	43°	47°

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

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

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

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

2) Diameter Luar

Diameter luar merupakan diameter bahan awal yang harus dibubut.

- a) Diameter luar = Diameter pitch + (2 x modul)

$$= (z \times m \times \text{sec } \beta) + (2 \times m)$$

- b) Diameter Luar = diameter pitch + $\left(\frac{2}{\text{diametral pitch}} \right)$

$$= \left(\frac{z}{DP} \times \text{sec } \beta \right) + \left(\frac{2}{DP} \right)$$

3) Kisar yang harus dipotong

$$\text{Kisar benda kerja} = \frac{\text{Diameter pitch}}{\text{tg. sudut miring}}$$

$$= (DP/\text{tg } \beta)$$

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:

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

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

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 penmasangan roda gigi antara lain:

- a. telitilah pengunci gerakan plat pembagi
- b. teliti dan pastikan putaran benda kerja 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 antara 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 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.

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

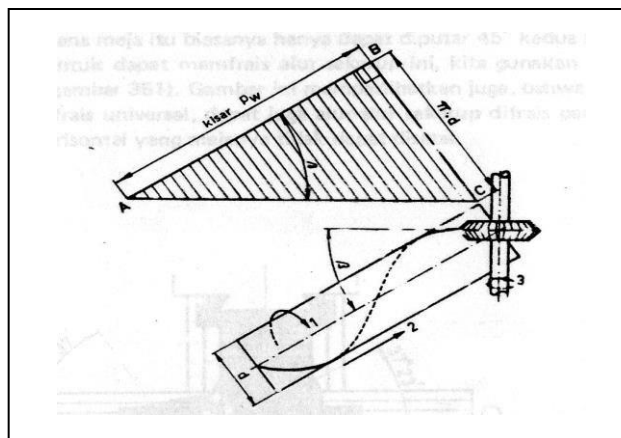
g. Setting kedalaman pemotongan

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 117. Prinsip Pembuatan Roda Gigi Helik

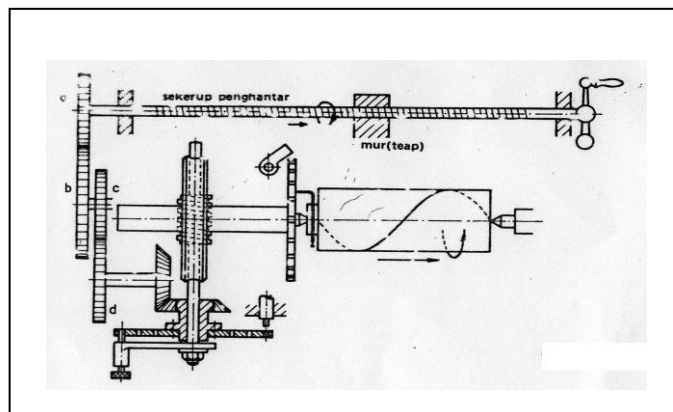
Benda kerja membuat gerakan putar sekeliling sumbunya (anak panah 1). Benda kerja memperoleh gerakan putar ini dari poros pembagi (poros roda) dari kepala pembagi. Poros pembaginya digerakkan oleh sekerup penghantar dari meja frais dengan perantaraan roda-roda tukar

Meja frais yang diputar meliputi sudut miring atau sudut penyetelan β melakukan gerakan insutun yang lamban (anak panah 2). Setelah satu

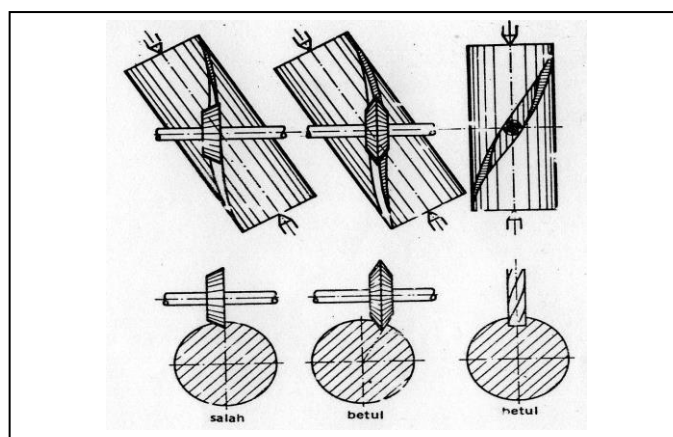
putaran penuh, benda kerja harus sudah bergeser menurut arah panjangnya sepanjang jarak yang sama dengan kisar p_w dari garis sekerupnya. Pisau frais yang dipasang pada poros frais melakukan gerakan utama penyayatan yang berlawanan (anak panah 3)

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 118. Urutan Kerja Pembuatan Roda Gigi Helik



Gambar 119. 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.

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

- 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

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

- a. kecepatan pemakanan lebih rendah daripada kecepatan pemotongan roda gigi nlurus
- b. putaran pisau diatur sesuai dengan jenis bahan yang akan di frais dan bahan pisau frais
- c. 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 pemesinan 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 tinggio 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

g. Lembar Kerja

Lihat Lampiran Lembar Kerja

BAB III EVALUASI

A. PERTANYAAN

- 1.** Apa gunanya vee block dan block Vee universal.
- 2.** Bagaimana kriteria produk yang baik.
- 3.** Sikap apasaja yang perlu dikemabngkan dan dihindari dalam bekerja.
- 4.** Jelaskan macam-macam ragum mesin pada mesin frais.
- 5.** Sebutkan dan jelaskan macam-macam kepala pembagi pada mesin frais.
- 6.** Piring pembagi mempunyai lubang 30, 41, 43, 48, 51, 57, 69, 81, 91, 99, dan 117. Jelaskan penggunaannya jika akan membuat roda gigi lurus dengan jumlah gigi $z = 25$.
- 7.** Akan dibuat roda gigi dengan jumlah gigi 73. hitunglah putaran engkol dan jumlah gigi pada roda gigi tambahannya.
- 8.** Apa perbedaan system modul dengan system diametral pitch.
- 9.** Roda gigi mempunyai modul 2. Berapa diamatral pitcnya. Jelaskan.
- 10.** Apa yang disebut modul normal.
- 11.** Pada sebuah piring pembagi harus difrais 2 alur dengan jarak sudut $12^{\circ} 55'$. Tentukan pembagian kelilingnya.
- 12.** Perbandingan perpindahan dari dua buah roda gigi yang bekerjasama ialah $i = 3,2$. Roda gigi penggerak mempunyai 25 gigi dengan modul $m = 3$ mm dan lebarnya $b = 10$ mm. Tentukan ukuran-ukuran yang diperlukan sebelum operasional pembuatannya.
- 13.** Pasangan roda gigi dan rack mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

Roda gigi mempunyai $z = 24$, $m = 4$ mm. Batang gigi mempunyai gigi (z_2) = 85 gigi. Roda gigi harus 2 mm lebih besar daripada batang gigi.

- 14.** Roda gigi helik dengan jumlah gigi 15 mempunyai 6 DP (diametral pitch) akan dibuat pada mesin frais. Sudut helik kanan dan kiri sebesar 24 derajat. Hitunglah diameter pitch, kisar benda kerja, jumlah gigi bayangan, dan dalam pemotongannya.
- 15.** Akan dibuat pasangan roda gigi helik. Roda gigi penggerak berlangkah kiri dengan jumlah gigi $z = 32$, dan sudut gigi 25° . perbandingan perpindahan $i = 2$, modul normal $m_n = 5$ mm dan lebarnya $b = 12$ mm.

B. KUNCI JAWABAN EVALUASI

- 1.** Untuk menjepit benda kerja yang bulat misalnya pada saat mengfrais alur-alur pasak pada poros dan sebagainya, penjepitan dilakukan dengan menggunakan block vee dengan kelengkapan klem atau baut. Klem poros universal dapat dipasang pada mesin frais horizontal atau mesin frais vertical.
- 2.** Dapat dilihat dari sisi ketepatan dimensi, bentuk, posisi, kekasaran permukaan dan fungsinya
- 3.** Sikap yang perlu dikembangkan: cermat, kehati-hatian, ketelitian, kerapihan, teamwork, disiplin dan lainnya. Yang harus dihindari: ceroboh, gugup, sembrono, masa bodoh, tidak disiplin, bergurau.
- 4.** Ragum datar, ragum putar (dapat berputar pada arah horizontal), dan ragum universal (dapat berputar pada arah horizontal dan vertical)
- 5.** Macam-macam kepala pembagi:
 - a. kepala pembagi dengan pelat pembagi

- b. kepala pembagi dengan penggerak roda gigi cacing dan ulir cacing
 - c. kepala pembagi dengan roda gigi cacing dan poros cacing yang dilengkapi dengan piring pembagi
 - d. kepala pembagi universal
 - e. kepala pembagi dengan kelengkapan optic
- 6.** Putaran engkol = $1\frac{3}{5}$. Digunakan piring pembagi dengan jumlah lubang 30 (didapat dari 5×6). Engkol diputar 1 kali ditambah 18 lubang atau lubang ke 19 pada piring pembagi yang mempunyai lubang 30.
- 7.** Dengan perumpamaan jumlah gigi 70 didapat putaran engkol $\frac{12}{21}$ dengan salahsatu alternatif roda gigi pengganti masing-masing 36, 30, 40, dan 28
- 8.** Modul menggunakan perbandingan antara diameter jarak bagi dari suatu roda gigi dengan jumlah giginya (dalam satuan metric). Sedangkan diametral pitch menggunakan perbandingan dari jumlah gigi dengan ukuran diameter jarak bagi yang mempunyai satuan inchi.
- 9.** DP = 12,7 (diperoleh dari $\frac{25,4}{\text{modul}}$)
- 10.** Modul normal merupakan perbandingan antara jarak busur giginormal dengan koefisien π
- 11.** Tk = $\frac{21600'}{775'}$ (diperoleh dari $\frac{360 \text{ derajat}}{\text{sudut pembagian}}$). Jumlah putaran engkol = $1\frac{47}{108}$ putaran (diperoleh dari (iv/Tk)). Dengan pecahan rantai diperoleh putaran engkol $1\frac{10}{23}$.

12. Dimensi roda gigi lurus

	Roda Gigi Kecil	Roda Gigi Besar
Z : jumlah gigi	25	80
m : modul	3	
d_1 : diameter lingk. tusuk	75	240
d_{k1} : diameter lingk. kepala	81	246
h : tinggi gigi	6,75	
a : jarak hati	157,3	
b : lebar gigi	30	
Sudut tekan	20°	

13. Dimensi roda gigi lurus dan rack

	Roda Gigi	Batang Gigi
Z : jumlah gigi	24	85
m : modul	4	
t ; tusuk gigi	12,56	
d_1 : diameter lingk. tusuk	96	
d_{k1} : diameter lingk. kepala	104	
panjang batang gigi	1067,60	
Jarak dari tengah-tengah gigi pertama dan terakhir sampai ujung-ujungnya	-	6,28
h : tinggi gigi	9	
a : jarak hati	64	
b : lebar gigi	42	40
Sudut tekan	20°	

14. Diameter pitch = 2,737 inch

Kisar = 19,304 inch

Jumlah gigi bayangan= 20

Dalam pemotongan = 0,359 inch

15. Dimensi roda gigi helik

	Roda Gigi 1	Roda Gigi 2
Z : jumlah gigi	32	64
m_n : modul normal	5	
β : Sudut gigi	25°	
m_a : modulus keliling	5,517	
d : diameter lingk. tusuk	176,54	353,09
d_k : diameter lingk. kepala	186,54	363,09
h : tinggi gigi	11,25	
a : jarak hati	264,82	
b : lebar gigi	60	
p_1 :kisar tiap putaran	1189,33	2378,77
arah kisar	kiri	kanan
Sudut tekan	20°	
Jumlah gigi bayangan	43	86

C. KRITERIA KELULUSAN

1. Penilaian Teori

No	Tipe Pertanyaan	Jumlah Soal	Skor Maksimal
1.	Essay (80 %)	15	100
2.	Penugasan (20 %)	6	100
Jumlah			

2. Penilaian Praktek

No	Tipe Pertanyaan	Bobot	Skor Maksimal
1.	Perencanaan dan Proses	25%	100
2.	Produk	55 %	100
3	Waktu	5 %	100
4	Penampilan	5 %	100
5	Sikap Kerja	10 %	100
Jumlah			

Nilai Akhir = 0,3 Nilai Teori + 0,7 Nilai Praktek

Syarat Lulus: Skor minimal 70

BAB IV PENUTUP

Setelah selesai mempelajari modul ini serta yakin akan penguasaan saudara silahkan hubungi Dosen untuk melakukan test kompetensi baik teori maupun praktek. Kompetensi ini merupakan kompetensi akhir sehingga diharapkan hasil belajar mampu meningkatkan dengan sungguh-sungguh derajat penguasaan materi. Peserta diklat yang telah mencapai kelulusan minimal dapat dinyatakan kompeten dalam hal Mengefrais. Namun apabila peserta diklat dinyatakan belum lulus, maka harus mengulang modul ini.

Jika peserta diklat telah dinyatakan lulus dalam kompetensi Mengefrais, maka berhak untuk memperoleh sertifikat kompetensi Mengefrais kompleks.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Rachman (1984) **Penambatan Frais**. Jakarta: PT. Bhratara Karya Aksara
- Bm. Surbakty dan Kasman Barus (1984) **Petunjuk Kerja Frais**. Madiun: CV Sinar Harapan Madiun
- Burghardt, Henry D., Axelrod, Aaron., and Anderson, James., (1960) **Machine Tool Operation**. Tokyo: McGraw Hill Kogakusha, Ltd.
- Chapman WAJ, (1979) **Workshop Technology Part 2**. London: Butler & Tunner Ltd.
- C. Van Terheijden dan Harun, (1981) **Alat-alat Perkakas Jilid 3**. Bandung: Binacipta,
- Eko Marsyahyo, (2003) **Mesin Perkakas Pemotongan Logam**. Malang: Bayumedia,
- Gerling, (1974) **All About Machine Tools**. New Delhi: Wiley Eastern Private Limited
- Krar and Oswald, (1985) **Machine Tool Operations**. New York: McGraw Hill Book Company
- S. Avrutin, (tanpa tahun) **Fundamental of Milling Practice**. Moscow: Foreign Language Publishing House
- Smith dan McCarthy, (1968) **Machine Tool Technology**. Illinois: McKnight & McKnight Publishing Company
- State Library of Victoria, (1971) **Fitting and Machining Part III**. Victoria: Wilke and Company
- Sularso dan Kiyolatsu Suga (2002) **Dasar Perencanaan dan pemilihan Elemen Mesin**. Jakarta: Pradnya Paramita
- Taufiq Rochim, (1993) **Proses Pemesinan**. Jakarta: HEDSP
- _____, (tanpa tahun) **Spesifikasi Geometris, Metrologi Industri & Kontrol Kualitas**. Bandung: ITB

PANDUAN PEMELAJARAN

Kompetensi	: Mengefrais Kompleks
Kode Modul	: M7.11A
Waktu	: 250 jam @ 50 menit
Tempat	:
Kelas	:
Waktu	:

KOMPETENSI

1. Pemasangan benda kerja
2. Mengenali Insert (pemasangan) menurut standar ISO
3. Pengefraisan benda rumit

DESKRIPSI KOMPETENSI

Kompetensi Mengefrais Kompleks meliputi aspek teori dengan bobot waktu 50 menit yang diikuti praktek dengan bobot waktu 150 jam, sebagai lanjutan dari kompetensi-kompetensi sebelumnya terutama kompetensi Melakukan Pekerjaan dengan Mesin Frais. Dalam kompetensi ini mahasiswa melaksanakan praktek dengan mesin-mesin perkakas (mesin bubut, bor, skrap, frais) dengan bimbingan, pengawasan Dosen/instruktur. Pembelajaran bersifat dialogis, kolaboratif dan partisipatif. Penilaian dilakukan dengan self assessment berbasis kompetensi yaitu mahasiswa dapat menilai sendiri hasil prakteknya berdasarkan rambu-rambu yang disepakati berdasarkan kompetensi yang ditetapkan dengan pengawasan dosen/instruktur.

PELAKSANAAN PEMELAJARAN

Pembelajaran dilaksanakan selama 250 jam masing-masing jam terdiri dari 50 menit Pembelajaran berupa teori dan 200 menit praktek dengan mesin perkakas untuk membuat benda kerja dengan mesin frais.

Mahasiswa bekerja secara mandiri dengan kecepatan belajar masing-masing.

SKEMA KERJA (JADWAL) PEMELAJARAN DAN PEMAKAIAN MESIN

No	Minggu Ke-															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																

KRITERIA PENILAIAN

Penilaian dilakukan dengan sisten "Self assessment berbasis kompetensi" . Dalam sistem ini penilaian bersifat terbuka. Setiap satu job selesai mahasiswa langsung dapat menyerahkan kepada Dosen/instruktur untuk dinilaisecara bersama berdasarkan format yang telah ditetapkan. Penilaian dilakukan terhadap proses, produk maupun ketepatan waktu. Kriteria penilaian untuk produk secara rinci sebagai berikut:

1. Untuk dimensi yang bersifat fungsional/fiks kriteria penilain menggunakan kaidah "GO" untuk dimensi yang memenuhi dan "NO GO" untuk dimensi yang tidak memenuhi. Untuk katagori "GO" nilai yang didapatkan adalah 10, sedangkan untuk "NO GO" nilainya adalah 0 (nol)
2. Untuk dimensi dengan persyaratan toleransi tertentu, kriteria penilaian adalah sebagai berikut:
 - a. Nilai 10 untuk dimensi yang memenuhi
 - b. Nilai 1 untuk dimensi yang tidak memenuhi
3. Untuk dimensi dengan toleransi umum kriteria penilaian sebagai berikut:
 - a. Nilai 10 unyuk dimensi yang memenuhi
 - b. Nilai 4 apabila penyimpangan tidak melebihi satu kali toleransi
 - c. Nilai 1 bila penyimpangan melebihi satu kali tolerans

JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK MESIN FT-UNY

PTM-2022

MENGEFRAIS
KOMPLEKS

PENCEKAMAN
BENDA KERJA

SEM ESTER 4

6 JAM PEMELAJARAN

TUJUAN: Mahasiswa akan dapat: Memahami penggunaan alat cekam benda kerja

PETUNJUK UMUM:

Lakukan pemasangan alat-alat pengecaman benda kerja pada mesin frais beserta pengecaman benda kerjanya. Sebelum memulai praktek rencanakan langkah-langkah kerja tersebut dengan mengisi lembar kerja ini dan diskusikan dengan dosen. Setelah rencana kerja tersusun mulailah melakukan langkah-langkah pemasangan pengecaman benda kerja beserta pengecaman benda kerja

MESIN DAN ALAT-ALAT YANG DIGUNAKAN;

- | | |
|--------------------|----|
| 1. Alat cekam..... | 6. |
| 2. | 7. |
| 3. | 8. |
| 4. | 9. |
| 5. | 10 |

BAHAN:

LANGKAH KERJA:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

TINDAKAN KEAMANAN DAN PENCEGAHAN:

EVALUASI:

No	Indikator	Bobot (nilai maksimal 100)	Pencapaian
1	Perencanaan Kerja	10 %	
2	Langkah Kerja	15 %	
3	Hasil Kerja	55 %	
4	Waktu	5 %	
5.	Penampilan	5 %	
5.	Sikap Kerja	10 %	
Jumlah			

KRITERIA KELULUSAN : Minimal 70

Pencapaian Kompetensi: Lulus/Tidak lulus*

....., 2022
Pengesahan Dosen

- Coret salah satu

JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK MESIN FT-UNY

PTM-2022

**MENGEFRAIS
KOMPLEKS**

**PENCEKAMAN
BENDA KERJA**

SEM ESTER 4

6 JAM PEMELAJARAN

TUJUAN: Mahasiswa akan dapat: Memahami penyiapan alat ukur (pengetesan mesin frais)

PETUNJUK UMUM:

Lakukan pengetesan ketegaklurusan spindel mesin frais dan ketegaklurusan ragum dengan dial indikator dan batang perata. Sebelum memulai praktek rencanakan langkah-langkah kerja tersebut dengan mengisi lembar kerja ini dan diskusikan dengan guru. Setelah rencana kerja tersusun mulailah melakukan langkah-langkah pengetesan.

MESIN DAN ALAT-ALAT YANG DIGUNAKAN;

- | | |
|----|----|
| 1. | 6. |
| 2. | 7. |
| 3. | 8. |
| 4. | 9. |
| 5. | 10 |

BAHAN:

LANGKAH KERJA:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

TINDAKAN KEAMANAN DAN PENCEGAHAN:

EVALUASI:

No	Indikator	Bobot (nilai maksimal 100)	Pencapaian
1	Perencanaan Kerja	10 %	
2	Langkah Kerja	15 %	
3	Hasil Kerja	55 %	
4	Waktu	5 %	
5.	Penampilan	5 %	
5.	Sikap Kerja	10 %	
Jumlah			

KRITERIA KELULUSAN : Minimal 70

Pencapaian Kompetensi: Lulus/Tidak lulus*

....., 2022
Pengesahan Dosen

* coret salahsatu

JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK MESIN FT-UNY

PTM-2022	MENGEFRAIS KOMPLEKS	PENCEKAMAN BENDA KERJA	SEM ESTER 4	6 JAM PEMELAJARAN
----------	---------------------	------------------------	-------------	-------------------

TUJUAN: Mahasiswa akan dapat: Memahami penyiapan alat bantu pengefraisan yang sesuai.

PETUNJUK UMUM:

Lakukan penyiapan dan pemasangan alat-alat bantu pengefraisan yang tersedia. Sebelum memulai praktek rencanakan langkah-langkah kerja tersebut dengan mengisi lembar kerja ini dan diskusikan dengan guru. Setelah rencana kerja tersusun mulailah melakukan langkah-langkah pemasangan.

MESIN DAN ALAT-ALAT YANG DIGUNAKAN;

1. Alat bantu
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.
- 7.
- 8.
- 9.
- 10

BAHAN:

LANGKAH KERJA:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

TINDAKAN KEAMANAN DAN PENCEGAHAN:

EVALUASI:

No	Indikator	Bobot (nilai maksimal 100)	Pencapaian
1	Perencanaan Kerja	10 %	
2	Langkah Kerja	15 %	
3	Hasil Kerja	55 %	
4	Waktu	5 %	
5.	Penampilan	5 %	
5.	Sikap Kerja	10 %	
Jumlah			

KRITERIA KELULUSAN : Minimal 70

Pencapaian Kompetensi: Lulus/Tidak lulus*

....., 2022
Pengesahan Dosen

* coret salahsatu

JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK MESIN FT-UNY

PTM-2022	MENGEFRAIS KOMPLEKS	PENCEKAMAN BENDA KERJA	SEM ESTER 4	6 JAM PEMELAJARAN
----------	---------------------	------------------------	-------------	-------------------

TUJUAN: Mahasiswa diharapkan memiliki kompetensi

1. Mampu memilih alat potong
2. Mampu memasang alat potong

PETUNJUK UMUM:

Lakukan pemilihan dan pemasangan pisau frais dengan berbagai cara yang telah ditetapkan. Sebelum memulai praktek rencanakan langkah-langkah kerja tersebut dengan mengisi lembar kerja ini dan diskusikan dengan guru. Setelah rencana kerja tersusun mulailah melakukan langkah-langkah pemilihan dan pemasangan

MESIN DAN ALAT-ALAT YANG DIGUNAKAN :

1. Pisau frais
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.
- 7.
- 8.
- 9.
- 10

BAHAN:

LANGKAH KERJA:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

TINDAKAN KEAMANAN DAN PENCEGAHAN:

EVALUASI:

No	Indikator	Bobot (nilai maksimal 100)	Pencapaian
1	Perencanaan Kerja	10 %	
2	Langkah Kerja	15 %	
3	Hasil Kerja	55 %	
4	Waktu	5 %	
5.	Penampilan	5 %	
5.	Sikap Kerja	10 %	
Jumlah			

KRITERIA KELULUSAN : Minimal 70

Pencapaian Kompetensi: Lulus/Tidak lulus*

....., 2022
Pengesahan Dosen

- coret salahsatu

JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK MESIN FT-UNY

PTM-2022	MENGEFRAIS KOMPLEKS	PENCEKAMAN BENDA KERJA	SEM ESTER 4	6 JAM PEMELAJARAN
----------	---------------------	------------------------	-------------	-------------------

TUJUAN: Mahasiswa diharapkan memiliki kompetensi :
 1. Memahami dan mampu menggunakan kepala pembagi
 2. Memahami penggunaan kepala pembagi

PETUNJUK UMUM:

Lakukan pengaturan dan pemasangan berbagai macam kepala pembagi pada mesin frais. Sebelum memulai praktek rencanakan langkah-langkah kerja tersebut dengan mengisi lembar kerja ini dan diskusikan dengan guru. Setelah rencana kerja tersusun mulailah melakukan langkah-langkah pemilihan dan pemasangan macam-macam kepala pembagi

MESIN DAN ALAT-ALAT YANG DIGUNAKAN;

- | | |
|-------------------------|----|
| 1. Kepala pembagi | 6. |
| 2. | 7. |
| 3. | 8. |
| 4. | 9. |
| 5. | 10 |

BAHAN:

LANGKAH KERJA:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

TINDAKAN KEAMANAN DAN PENCEGAHAN:

EVALUASI:

No	Indikator	Bobot (nilai maksimal 100)	Pencapaian
1	Perencanaan Kerja	10 %	
2	Langkah Kerja	15 %	
3	Hasil Kerja	55 %	
4	Waktu	5 %	
5.	Penampilan	5 %	
5.	Sikap Kerja	10 %	
Jumlah			

KRITERIA KELULUSAN : Minimal 70

Pencapaian Kompetensi: Lulus/Tidak lulus*

....., 2022
 Pengesahan Dosen

*coret salahsatu

JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK MESIN FT-UNY

PTM-2022	MENGEFRAIS KOMPLEKS	PENCEKAMAN BENDA KERJA	SEM ESTER 4	6 JAM PEMELAJARAN
----------	------------------------	---------------------------	-------------	----------------------

TUJUAN: Mahasiswa diharapkan memiliki kompetensi: Mampu membuat roda gigi lurus dengan cara yang benar

PETUNJUK UMUM:

Lakukan perencanaan proses, record pekerjaan pada lembar yang disediakan dan lakukan pembuatan roda gigi lurus dan diskusikan dengan guru. Setelah rencana kerja tersusun mulailah melakukan langkah-langkah pembuatan roda gigi lurus

MESIN DAN ALAT-ALAT YANG DIGUNAKAN;

- | | |
|----|----|
| 1. | 6. |
| 2. | 7. |
| 3. | 8. |
| 4. | 9. |
| 5. | 10 |

BAHAN:

LANGKAH KERJA:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

TINDAKAN KEAMANAN DAN PENCEGAHAN:

EVALUASI:

No	Indikator	Bobot (nilai maksimal 100)	Pencapaian
1	Perencanaan Kerja	10 %	
2	Langkah Kerja	15 %	
3	Hasil Kerja	55 %	
4	Waktu	5 %	
5.	Penampilan	5 %	
5.	Sikap Kerja	10 %	
Jumlah			

KRITERIA KELULUSAN : Minimal 70

Pencapaian Kompetensi: Lulus/Tidak lulus

....., 2022
Pengesahan Dosen

* coret salahsat

JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK MESIN FT-UNY

PTM-2022	MENGEFRAIS KOMPLEKS	PENCEKAMAN BENDA KERJA	SEM ESTER 4	6 JAM PEMELAJARAN
----------	------------------------	---------------------------	-------------	-------------------

TUJUAN: Mahasiswa diharapkan memiliki kompetensi: Mampu membuat rack dengan cara yang benar

PETUNJUK UMUM:

Lakukan perencanaan proses, record pekerjaan pada lembar yang disediakan dan lakukan pembuatan rack. Diskusikan dengan guru sebelum memulai pembuatan. Setelah rencana kerja tersusun mulailah melakukan langkah-langkah pembuatan rack

MESIN DAN ALAT-ALAT YANG DIGUNAKAN;

- | | |
|----|-----|
| 1. | 6. |
| 2. | 7. |
| 3. | 8. |
| 4. | 9. |
| 5. | 10. |

BAHAN:

LANGKAH KERJA:

- 1.
- 2.
- 3.

TINDAKAN KEAMANAN DAN PENCEGAHAN:

EVALUASI:

No	Indikator	Bobot (nilai maksimal 100)	Pencapaian
1	Perencanaan Kerja	10 %	
2	Langkah Kerja	15 %	
3	Hasil Kerja	55 %	
4	Waktu	5 %	
5.	Penampilan	5 %	
5.	Sikap Kerja	10 %	
Jumlah			

KRITERIA KELULUSAN : Minimal 70

Pencapaian Kompetensi: Lulus/Tidak lulus*

....., 2022
Pengesahan Dosen

* coret salahsat

JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK MESIN FT-UNY

PTM-2022	MENGEFRAIS KOMPLEKS	PENCEKAMAN BENDA KERJA	SEM ESTER 4	6 JAM PEMELAJARAN
----------	------------------------	---------------------------	-------------	-------------------

TUJUAN: Mahasiswa diharapkan memiliki kompetensi: Mampu membuat roda gigi miring/helik dengan cara yang benar

PETUNJUK UMUM:

Lakukan perencanaan proses, record pekerjaan pada lembar yang disediakan dan lakukan pembuatan roda gigi miring/helik. Diskusikan dengan guru sebelum memulai pembuatan. Setelah rencana kerja tersusun mulailah melakukan langkah-langkah pembuatan roda gigi miring/helik

MESIN DAN ALAT-ALAT YANG DIGUNAKAN;

- | | |
|----|----|
| 1. | 6. |
| 2. | 7. |
| 3. | 8. |
| 4. | 9. |
| 5. | 10 |

BAHAN:

LANGKAH KERJA:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

TINDAKAN KEAMANAN DAN PENCEGAHAN:

EVALUASI:

No	Indikator	Bobot (nilai maksimal 100)	Pencapaian
1	Perencanaan Kerja	10 %	
2	Langkah Kerja	15 %	
3	Hasil Kerja	55 %	
4	Waktu	5 %	
5.	Penampilan	5 %	
5.	Sikap Kerja	10 %	
Jumlah			

KRITERIA KELULUSAN : Minimal 70

Pencapaian Kompetensi: Lulus/Tidak lulus*

....., 2022
Pengesahan Dosen

* coret salahsat

LEMBAR PENILAIAN KESELURUHAN

No	Indikator	Job ke								Jumlah	Rerata
		1	2	3	4	5	6	7	8		
1	Perencanaan Kerja										
2	Langkah Kerja										
3	Hasil Kerja										
4	Waktu										
5.	Penampilan										
5.	Sikap Kerja										
Jumlah											

Kesimpulan : Kompeten/tidak kompeten*

....., 2022

Pengesahan Dosen/Instruktur

*) coret salahsatu