



KEAHLIAN GANDA MODUL PEMBINAAN KARIR

Program Keahlian : Teknik Mesin
Paket Keahlian : Teknik Pemesinan
Sekolah Menengah Kejuruan (SMK)

KELOMPOK
KOMPETENSI

E

Profesional :
TEKNIK PEMESINAN BUBUT DAN FRAIS 4

Pedagogik :
PEMANFAATAN TIK DALAM PEMBELAJARAN



KATA SAMBUTAN

Peran guru profesional dalam proses pembelajaran sangat penting sebagai kunci keberhasilan belajar siswa. Guru profesional adalah guru yang kompeten membangun proses pembelajaran yang baik sehingga dapat menghasilkan pendidikan yang berkualitas. Hal tersebut menjadikan guru sebagai komponen yang menjadi fokus perhatian pemerintah pusat maupun pemerintah daerah dalam peningkatan mutu pendidikan terutama menyangkut kompetensi guru.

Pengembangan profesionalitas guru melalui program Guru Pembelajar (GP) merupakan upaya peningkatan kompetensi untuk semua guru. Sejalan dengan hal tersebut, pemetaan kompetensi guru telah dilakukan melalui uji kompetensi guru (UKG) untuk kompetensi pedagogik dan profesional pada akhir tahun 2015. Hasil UKG menunjukkan peta kekuatan dan kelemahan kompetensi guru dalam penguasaan pengetahuan. Peta kompetensi guru tersebut dikelompokkan menjadi 10 (sepuluh) kelompok kompetensi. Tindak lanjut pelaksanaan UKG diwujudkan dalam bentuk pelatihan guru paska UKG melalui program Guru Pembelajar. Tujuannya untuk meningkatkan kompetensi guru sebagai agen perubahan dan sumber belajar utama bagi peserta didik. Program guru pembelajar dilaksanakan melalui pola tatap muka, daring (online), dan campuran (blended) tatap muka dengan online.

Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan (PPPPTK), Lembaga Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Kelautan Perikanan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LP3TK KPTK), dan Lembaga Pengembangan dan Pemberdayaan Kepala Sekolah (LP2KS) merupakan Unit Pelaksana Teknis di lingkungan Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan yang bertanggung jawab dalam mengembangkan perangkat dan melaksanakan peningkatan kompetensi guru sesuai bidangnya. Adapun perangkat pembelajaran yang dikembangkan tersebut adalah modul untuk program Guru Pembelajar (GP) tatap muka dan GP online untuk semua mata pelajaran dan kelompok kompetensi. Dengan modul ini diharapkan program GP memberikan sumbangan yang sangat besar dalam peningkatan kualitas kompetensi guru.

Mari kita sukseskan program GP ini untuk mewujudkan Guru Mulia karena Karya.

Jakarta, Februari 2016
Direktur Jenderal
Guru dan Tenaga Kependidikan,

Sumarna Surapranata, Ph.D
NIP. 19590801 198503 2 001



KATA PENGANTAR

Undang–Undang Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen mengamanatkan adanya pembinaan dan pengembangan profesi guru secara berkelanjutan sebagai aktualisasi dari profesi pendidik. Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan (PKB) dilaksanakan bagi semua guru, baik yang sudah bersertifikat maupun belum bersertifikat. Untuk melaksanakan PKB bagi guru, pemetaan kompetensi telah dilakukan melalui Uji Kompetensi Guru (UKG) bagi semua guru di Indonesia sehingga dapat diketahui kondisi objektif guru saat ini dan kebutuhan peningkatan kompetensinya.

Modul ini disusun sebagai materi utama dalam program peningkatan kompetensi guru mulai tahun 2016 yang diberi nama diklat PKB sesuai dengan mata pelajaran/paket keahlian yang diampu oleh guru dan kelompok kompetensi yang diindikasikan perlu untuk ditingkatkan. Untuk setiap mata pelajaran/paket keahlian telah dikembangkan sepuluh modul kelompok kompetensi yang mengacu pada kebijakan Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan tentang pengelompokan kompetensi guru sesuai Jabaran Standar Kompetensi Guru (SKG) dan indikator pencapaian kompetensi (IPK) yang ada di dalamnya. Sebelumnya, soal UKG juga telah dikembangkan dalam sepuluh kelompok kompetensi. Sehingga diklat PKB yang ditujukan bagi guru berdasarkan hasil UKG akan langsung dapat menjawab kebutuhan guru dalam peningkatan kompetensinya.

Sasaran program strategi pencapaian target RPJMN tahun 2015–2019 antara lain adalah meningkatnya kompetensi guru dilihat dari *Subject Knowledge* dan *Pedagogical Knowledge* yang diharapkan akan berdampak pada kualitas hasil belajar siswa. Oleh karena itu, materi yang ada di dalam modul ini meliputi kompetensi pedagogik dan kompetensi profesional. Dengan menyatukan modul kompetensi pedagogik dalam kompetensi profesional diharapkan dapat mendorong peserta diklat agar dapat langsung menerapkan kompetensi pedagogiknya dalam proses pembelajaran sesuai dengan substansi materi yang diampunya. Selain dalam bentuk *hard-copy*, modul ini dapat diperoleh juga dalam bentuk digital, sehingga guru dapat lebih mudah mengaksesnya kapan saja dan dimana saja meskipun tidak mengikuti diklat secara tatap muka.

Kepada semua pihak yang telah bekerja keras dalam penyusunan modul diklat PKB ini, kami sampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Jakarta, Februari 2016
Atas nama Direktur Jenderal
Guru dan Tenaga Kependidikan,

Drs. Marthen Katte Patiung, M.M.
NIP. 19590416 198603 1 002



DAFTAR ISI

KATA SAMBUTAN	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
DAFTAR TABEL.....	v
PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan.....	1
C. Peta Kompetensi.....	2
D. Ruang Lingkup.....	4
E. Saran Cara Penggunaan Modul	5
KEGIATAN PEMBELAJARAN	7
KEGIATAN PEMBELAJARAN 1: PENGEMBANGAN EKSTRAKURIKULER	
UNTUK AKTUALISASI DIRI PESERTA DIDIK.....	7
A. Tujuan.....	8
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	8
C. Uraian Materi	9
D. Aktivitas Pembelajaran.....	8
RANGKUMAN	16
TES FORMATIF	18
KUNCI JAWABAN.....	22



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Peta Konsep Pengembangan Ekstrakurikuler untuk Aktualisasi Diri Peserta Didik	9
--	---



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Kompetensi Inti Guru	2
Tabel 2. 1 Keterkaitan antara Intrakurikuler dengan Ekstrakurikuler	15
Tabel 2. 2 Identifikasi Kompetensi Dasar Mata Pelajaran yang Relevan dengan Keterampilan Kepramukaan	17
Tabel 3. 1 Contoh Analisis Mata Pelajaran Biologi Kelompok Mata Pelajaran Dasar Kejuruan pada Bidang Keahlian Kesehatan Sekolah Menengah Kejuruan/Madrasah Aliyah Kejuruan, Kelas X.....	19
Tabel 3. 2 Contoh Penyusunan Program	22



PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kegiatan PKB adalah kegiatan keprofesian yang wajib dilakukan secara terus menerus oleh guru dan tenaga kependidikan agar kompetensinya terjaga dan terus ditingkatkan. Salah satu kegiatan PKB sesuai yang diamanatkan dalam Peraturan Menteri Negara dan Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi Nomor 16 Tahun 2009 tentang Jabatan Fungsional Guru dan Angka Kreditnya adalah kegiatan Pengembangan Diri. Kegiatan Pengembangan diri meliputi kegiatan diklat dan kegiatan kolektif guru.

Agar kegiatan pengembangan diri optimal diperlukan modul-modul yang digunakan sebagai salah satu sumber belajar pada kegiatan diklat fungsional dan kegiatan kolektif guru dan tenaga kependidikan lainnya. Modul diklat adalah substansi materi pelatihan yang dikemas dalam suatu unit program pembelajaran yang terencana guna membantu pencapaian peningkatan kompetensi yang didesain dalam bentuk *printed materials* (bahan tercetak).

Penulisan modul didasarkan pada hasil peta modul dari masing-masing mapel yang terpetakan menjadi 4 (empat) jenjang. Keempat jenjang diklat dimaksud adalah (1) Diklat Jenjang Dasar; (2) Diklat Jenjang Lanjut; (3) Diklat Jenjang Menengah, dan (4) Diklat Jenjang Tinggi. Diklat jenjang dasar terdiri atas 5 (lima) *grade*, yaitu *grade* 1 s.d 5, diklat jenjang lanjut terdiri atas 2 (dua) *grade*, yaitu *grade* 6 dan 7, diklat menengah terdiri atas 2 (dua) *grade*, yaitu *grade* 8 dan 9, dan diklat jenjang tinggi adalah *grade* 10.

Modul diklat disusun untuk membantu guru dan tenaga kependidikan meningkatkan kompetensinya, terutama kompetensi profesional dan kompetensi pedagogik. Modul tersebut digunakan sebagai sumber belajar (*learning resources*) dalam kegiatan pembelajaran tatap muka.

B. Tujuan

Penggunaan modul dalam diklat PKB dimaksudkan untuk mengatasi keterbatasan waktu, dan ruang peserta diklat, memudahkan peserta diklat belajar mandiri sesuai

kemampuan, dan memungkinkan peserta diklat untuk mengukur atau mengevaluasi sendiri hasil belajarnya.

Target kompetensi dan hasil pembelajaran yang diharapkan dapat dicapai melalui modul ini meliputi kompetensi pedagogi dan kompetensi profesional pada grade 6 (enam). Setelah mempelajari materi pembelajaran pedagogi yaitu prosedur pengembangan kurikulum yang terkait dengan mata pelajaran pengelolaan utilitas, dan materi pembelajaran profesional tentang pengelolaan utilitas, guru kejuruan paket keahlian Teknik Gambar Mesin diharapkan mampu:

1. Menggunakan teknik pembubutan ulir segi tiga, mengebor, boring, rimer, dan kartel untuk pembuatan benda kerja.
2. Menggunakan teknik pengefraisan untuk melubang, memperbesar lubang dan merimer pada pembuatan benda kerja
3. Membuat gambar assembly menggunakan CAD 2D
4. Membuat gambar komponen dengan CAD 3D
5. Membuat kontur 2 Dimensi dengan CAM

C. Peta Kompetensi

Melalui materi pembelajaran ini, Saudara akan melakukan tahapan kegiatan pembelajaran kompetensi pedagogi dan profesional pada grade F.

Tabel 1 Kompetensi Inti Guru

Kompetensi Inti Guru		
20. Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu		
Grade	Kompetensi GuruPaket Keahlian	Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK)
F	20.22 Menggunakan teknik pembubutan ulir segi tiga, mengebor, boring, rimer, dan kartel untuk pembuatan benda kerja.	20.22.1 Melakukan teknik pembubutan ulir segi tiga, sesuai dengan tuntutan pekerjaan. 20.22.2 Melakukan teknik pembuatan lubang/ mengebor sesuai dengan tuntutan pekerjaan. 20.22.3 Melakukan teknik memperbesar lubang (boring) sesuai dengan tuntutan pekerjaan.

		<p>20.22.4 Melakukan teknik merimer sesuai dengan tuntutan pekerjaan</p> <p>20.22.5 Melakukan teknik mengkartel sesuai dengan tuntutan pekerjaan.</p>
20.28	Menggunakan teknik pengefraisan untuk melubang, memperbesar lubang dan merimer pada pembuatan benda kerja	<p>20.28.1 Melakukan teknik pembuatan lubang dengan pengefraisan sesuai tuntutan pekerjaan</p> <p>20.28.2 Melakukan teknik memperbesar lubang dengan pengefraisan sesuai dengan tuntutan pekerjaan.</p> <p>20.28.3 Melakukan teknik merimer pada mesin frais sesuai dengan tuntutan pekerjaan</p>
20.42	Membuat gambar assembly menggunakan CAD 2D	<p>20.42.1 Menganalisis konsep gambar part assembly (gambar bagian rakitan)</p> <p>20.42.2 Menganalisis konsep gambar assembly (gambar rakitan)</p> <p>20.42.3 Menyajikan Gambar komponen part assembly</p> <p>20.42.4 Menyajikan gambar assembly disajikan</p> <p>20.42.5 Menganalisis fungsi perintah pembuatan part list dipilih Membuat <i>Part list</i></p>
20.47	Membuat gambar komponen dengan CAD 3D	<p>20.47.1 Menganalisis konsep gambar 3D kompleks sesuai dengan SOP</p> <p>20.47.2 Memilih fungsi perintah dalam CAD untuk membuat gambar 3D kompleks sesuai dengan standar kerja</p> <p>20.47.3 Memilih fungsi perintah menggambar sketsa 3D kompleks sesuai dengan SOP</p> <p>20.47.4 Memilih fungsi perintah membuat sketsa gambar 3D kompleks sesuai dengan standar kerja</p> <p>20.47.5 Menggunakan fungsi perintah dalam CAD untuk membuat sketsa gambar 3D kompleks sesuai dengan standar kerja</p>

		<p>20.47.6 Memilih fungsi perintah untuk menyajikan gambar 3D kompleks (termasuk gambar 2D) sesuai dengan SOP</p> <p>20.47.7 Memilih fungsi perintah untuk memberi ukuran, toleransi, suaian, toleransi geometris, tanda pengerjaan dan angka kekasaran permukaan sesuai dengan SOP</p> <p>20.47.8 Menyajikan gambar 3D kompleks sesuai dengan standar kerja</p>
	2.59 Membuat kontur 2 Dimensi dengan CAM	<p>20.59.1 Menganalisis ikon-ikon penggambaran 2 D</p> <p>20.59.2 Menggunakan ikon-ikon perintah penggambaran 2D</p> <p>20.59.3 Menganalisis status gambar sesuai prosedur</p> <p>20.59.4 Menggunakan menu status dalam menggambar 2 D</p> <p>20.59.5 Membuat gambar 2 D sesuai SOP</p> <p>20.59.6 Mengedit gambar 2 D sesuai SOP</p> <p>20.59.7 Menyajikan gambar dan atau menyimpan gambar sesuai SOP</p>

D. Ruang Lingkup

Agar proses pembelajaran dapat berlangsung secara efektif, maka ruang lingkup penyajian materi pembelajaran dalam modul ini diorganisasikan menjadi 4 (empat) Kegiatan Belajar (KB), sebagai berikut.

Kegiatan Belajar 1 (satu) memuat sajian materi pedagogi. Bahan kajian ini merupakan implementasi pengembangan kurikulum pada mata pelajaran yang diampu guru kejuruan.

Kegiatan Pembelajaran 2 (dua) memuat sajian materi Teknik Pembubutan Ulir, Memperbesar Lubang dan Merimer pada Mesin Bubut. Materi pokok yang disajikan dalam kegiatan belajar ini yaitu (1) Teknik Pembubutan Ulir (2) Teknik Dasar Pembubutan Ulir Segi Tiga (3) Pengeboran pada Mesin Bubut (4) Persyaratan Pembubutan Diameter Dalam.

Kegiatan Belajar 3 (tiga) memuat sajian Gambar Rakitan 2D dengan CAD. Materi pokok yang disajikan dalam kegiatan belajar ini yaitu (1) Konsep gambar part assembly (2) gambar assembly (3) Pembuatan Part List.

Kegiatan Belajar 4 (empat) memuat sajian Pembuatan Gambar 3D Kompleks dengan CAD. Materi pokok yang disajikan dalam kegiatan belajar ini yaitu (1) Konsep gambar 3D Kompleks (2) Perintah Menggambar Sketsa 3D Kompleks (3) Perintah untuk Memberi Ukuran, Toleransi, Suaian, Toleransi Geometris, dan Tanda Pengerjaan.

Kegiatan Belajar 5 (lima) memuat sajian Perancangan Gambar 2D dengan CAM. Materi pokok yang disajikan dalam kegiatan belajar ini yaitu (1) Perintah untuk Membuat Gambar 2D dengan CAM (2) Status Gambar (3) Membuat Gambar 2D dengan CAM (4) Mengedit Gambar 2D dengan CAM.

E. Saran Cara Penggunaan Modul

Materi pembelajaran utama Gambar Rakitan 2D dengan CAD dan Teknik Pemesinan dengan ALat Potong Khusus ini berada pada tingkatan *grade 6* (enam), terdiri dari materi pedagogi dan materi profesional. Materi pedagogi berisi bahan pembelajaran tentang implementasi pengembangan kurikulum yang terkait dengan mata pelajaran yang diampu guru dan materi profesional berisi bahan pembelajaran tentang prinsip dan prosedur pemeliharaan kompresor dan pompa. Materi pembelajaran dalam setiap Kegiatan Belajar, terbagi atas 3 (tiga) bagian, yaitu: Pengantar aktivitas pembelajaran, Uraian materi yang terbagi dalam beberapa Bahan Bacaan, Rincian aktivitas pembelajaran, Lembar Kerja/Tugas Praktek, Rangkuman dan Tes Formatif.

Materi pembelajaran ini terkait dengan materi pembelajaran pada grade sebelumnya.

Waktu yang digunakan untuk mempelajari materi pembelajaran ini diperkirakan 150 JP, dengan rincian untuk materi pedagogi 45 JP dan untuk materi profesional 105 JP, melalui diklat PKB moda tatap muka.

Untuk memulai kegiatan pembelajaran, Saudara harus mulai dengan membaca Pengantar Aktivitas Belajar, menyiapkan dokumen-dokumen yang diperlukan/diminta, mengikuti tahap demi tahap kegiatan pembelajaran secara sistematis dan mengerjakan perintah-perintah kegiatan pembelajaran pada

Lembar Kerja (LK) baik pada ranah pengetahuan dan keterampilan. Untuk melengkapi pengetahuan, Saudara dapat membaca bahan bacaan yang telah disediakan dan sumber-sumber lain yang relevan. Pada akhir kegiatan Saudara akan dinilai oleh pengampu dengan menggunakan format penilaian yang sudah dipersiapkan.



KEGIATAN PEMBELAJARAN

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1: PENGEMBANGAN EKSTRAKURIKULER UNTUK AKTUALISASI DIRI PESERTA DIDIK.

Pengembangan potensi peserta didik sebagaimana dimaksud dalam tujuan pendidikan nasional secara sistemik-kurikuler diupayakan melalui kegiatan intrakurikuler, kokurikuler, dan ekstrakurikuler. Kegiatan intrakurikuler diselenggarakan melalui kegiatan terstruktur dan terjadwal sesuai dengan cakupan dan tingkat kompetensi muatan atau mata pelajaran. Kegiatan kokurikuler dilaksanakan melalui penugasan terstruktur dan mandiri terkait satu atau lebih dari muatan atau mata pelajaran. Kegiatan ekstrakurikuler yang merupakan kegiatan terorganisasi/terstruktur di luar struktur kurikulum setiap tingkat pendidikan yang secara konseptual dan praktis mampu menunjang upaya pencapaian tujuan pendidikan.

Peserta didik merupakan anggota masyarakat yang dipandang perlu mendapatkan layanan pendidikan agar dapat tumbuh menjadi individu yang berkualitas baik kualitas sikap, pengetahuan, maupun keterampilan. Sebagaimana diamanatkan oleh Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sisdiknas, Pasal 1 ayat (1) yang menyatakan bahwa pendidikan nasional berfungsi mengembangkan kemampuan dan membentuk watak serta peradaban bangsa yang bermartabat dalam rangka mencerdaskan kehidupan bangsa, bertujuan untuk berkembangnya potensi peserta didik agar menjadi manusia yang beriman dan bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, berakhlak mulia, sehat, berilmu, cakap, kreatif, mandiri, dan menjadi warga negara yang demokratis serta bertanggung jawab. Atas dasar ini, maka setiap pendidikan harus dapat memerankan fungsinya membentuk individu berkualitas baik kualitas sikap, pengetahuan, maupun keterampilan seiring dengan tuntutan zaman.

Dijelaskan pula pada Pasal 12 ayat (1) butir b pada Undang-Undang Sisdiknas tersebut bahwa peserta didik mendapatkan pelayanan pendidikan sesuai dengan bakat, minat, dan kemampuannya. Selanjutnya pada PP Nomor 13 Tahun 2015 tentang perubahan kedua atas PP Nomor 19 Tahun 2009 tentang Standar Nasional Pendidikan Pasal 1 ayat (21), ditegaskan bahwa peserta didik adalah anggota

masyarakat yang berusaha mengembangkan potensi diri melalui proses pembelajaran yang tersedia pada jalur, jenjang, dan jenis pendidikan tertentu. Atas dasar hal tersebut, maka diperlukan kegiatan untuk mewadahi potensi peserta didik sebagaimana tercantum pada Permendikbud Nomor 62 Tahun 2014 tentang kegiatan Ekstrakurikuler pada Dikdasmen dan Permendikbud Nomor 63 Tahun 2014 tentang Pendidikan Kepramukaan sebagai ekstrakurikuler wajib. Wadah ini bermanfaat untuk mendorong bertumbuhnya potensi peserta didik secara optimal.

A. Tujuan

1. Setelah mengikuti pelatihan ini, peserta diharapkan memiliki kompetensi sebagai berikut:
2. Kemampuan menganalisis konsep, prinsip, manfaat, dan langkah-langkah kegiatan intrakurikuler dan ekstrakurikuler.
3. Kemampuan menganalisis kompetensi dasar mata pelajaran.
4. Kemampuan menganalisis keterkaitan antara kegiatan intrakurikuler dengan ekstrakurikuler.
5. Kemampuan menyusun program ekstrakurikuler.
6. Kemampuan melaksanakan program ekstrakurikuler.
7. Kemampuan melaksanakan penilaian dan evaluasi kegiatan ekstrakurikuler.
8. Kemampuan menyusun laporan hasil pelaksanaan kegiatan ekstrakurikuler.
9. Kemampuan merencanakan kegiatan tindak lanjut.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Indikator pencapaian kompetensi materi Pengembangan Ekstrakurikuler untuk Aktualisasi Diri Peserta Didik adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis konsep, prinsip, manfaat, dan langkah-langkah kegiatan intrakurikuler dan ekstrakurikuler;
2. Menganalisis kompetensi dasar mata pelajaran;
3. Menganalisis keterkaitan antara kegiatan intrakurikuler dengan ekstrakurikuler;
4. Merancang program ekstrakurikuler;

5. Melaksanakan program ekstrakurikuler;
6. Melaksanakan penilaian dan evaluasi kegiatan ekstrakurikuler;
7. Membuat laporan hasil pelaksanaan kegiatan ekstrakurikuler;
8. Merencanakan kegiatan tindak lanjut.

C. Uraian Materi

Materi pembelajaran Pengembangan Ekstrakurikuler untuk Aktualisasi Diri Peserta Didik terdiri dari: **Pertama**; perbedaan dan keterkaitan antara intrakurikuler dengan ekstrakurikuler, meliputi konsep, prinsip, manfaat, dan langkah-langkah kegiatan intrakurikuler dan ekstrakurikuler. **Kedua**; Pengelolaan dan Pengkoordinasian Kegiatan dan Ekstrakurikuler, terdiri dari analisis kompetensi, penyusunan program, pelaksanaan program, penilaian dan evaluasi, pelaporan, tindak lanjut. Peta konsep materi Pengembangan Ekstrakurikuler dan Aktualisasi Diri Peserta Didik pada lingkup Pedagogik ini adalah:

Gambar 1 Peta Konsep Pengembangan Ekstrakurikuler untuk Aktualisasi Diri Peserta Didik



Konsep, Prinsip, Manfaat, dan Langkah-langkah Ekstrakurikuler

Intrakurikuler merupakan kegiatan pengembangan diri yang dilaksanakan melalui kegiatan proses belajar mengajar yang terjadi di sekolah sebagai lembaga formal. Intrakurikuler berkaitan dengan belajar dan pembelajaran. Menurut Shaleh, (2008) belajar merupakan suatu perubahan yang terjadi melalui latihan atau pengalaman. Belajar selalu melibatkan aktivitas. Dengan demikian intrakurikuler melibatkan aktivitas belajar. Kegiatan ini dapat terjadi secara berkesinambungan antara konsep pembelajaran yang dilaksanakan di dalam kelas dan di luar kelas sesuai dengan penerapan kurikulum yang dilaksanakan oleh satuan pendidikan.

Intrakurikuler diikat oleh kurikulum satuan pendidikan yang berlaku. Kegiatan ini dilakukan secara teratur, jelas, dan terjadwal. Kegiatan intrakurikuler dikelola secara sistematis sebagai program utama dalam proses mendidik peserta didik. Kegiatan intrakurikuler tidak terlepas dari kegiatan yang dinamakan kokurikuler. Komponen ini diperlukan untuk mendukung pemahaman materi yang diterima peserta didik pada kegiatan intrakurikuler. Kokurikuler dapat berupa tugas-tugas yang mendukung pembelajaran. Oleh karena itu, kokurikuler dapat menjadi sarana pendukung pemahaman peserta didik terhadap materi yang diterimanya pada kegiatan intrakurikuler. Kegiatan intrakurikuler berada dibawah tanggung jawab guru mapel atau guru kelas. Atas dasar ini, maka pendidik perlu memberikan kokurikuler yang mampu meningkatkan pemahaman peserta didik pada kegiatan intrakurikuler.

Intrakurikuler bermanfaat mengembangkan potensi akademik peserta didik. Proses mendidik peserta didik pada intrakurikuler merupakan kegiatan belajar mengajar yang dilakukan di sekolah sesuai dengan struktur program kurikulum yang terdapat dalam silabus. Kegiatan ini bermanfaat mengembangkan potensi akademik peserta didik, sekalipun potensi non akademik lain juga berkembang. Kemampuan akademik penting diperhatikan sebagaimana yang diungkap oleh Marjoribanks (1987) bahwa prestasi akademik biasanya berhubungan dengan ukuran kemampuan seseorang. Oleh karenanya memperhatikan kemampuan akademik melalui kegiatan intrakurikuler penting.

Langkah-langkah kegiatan intrakurikuler tertuang dalam bentuk Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP). Pembahasan secara detail akan disampaikan pada modul lain. Akan tetapi secara global kegiatan intrakurikuler melalui langkah-

langkah: (1) pengembangan KTSP, (2) penyiapan silabus, (3) pengembangan RPP, (4) pelaksanaan pembelajaran di kelas, (5) penilaian dan evaluasi pembelajaran di kelas, dan (6) tindak lanjut hasil pembelajaran. Langkah keempatlah yang merupakan realisasi dari kegiatan intrakurikuler. Dengan demikian kegiatan intrakurikuler diikat oleh kurikulum sekolah.

Selanjutnya, sesuai Permendikbud nomor 62 tahun 2014 bahwa kegiatan ekstrakurikuler adalah kegiatan kurikuler di luar jam belajar kegiatan intrakurikuler dan kegiatan kurikuler di bawah bimbingan dan pengawasan satuan pendidikan. Kegiatan ekstrakurikuler diselenggarakan dengan tujuan untuk mengembangkan potensi, bakat dan minat, kemampuan, kepribadian, kerjasama, kemandirian, peserta didik secara optimal dalam rangka mendukung pencapaian tujuan pendidikan nasional. Oleh karena itu, kegiatan ekstrakurikuler merupakan program besar yang ada di satuan pendidikan yang tidak terpisahkan dengan kurikulum di satuan pendidikan tersebut.

Prinsip ekstrakurikuler berbeda dengan intrakurikuler. Kegiatan ekstrakurikuler tidak terikat seperti pada intrakurikuler. Penyelenggaraan kegiatan ekstrakurikuler untuk meningkatkan dan mengembangkan kemampuan, minat, bakat, dan potensi peserta didik. Hal ini berarti bahwa kegiatan ekstrakurikuler merupakan komponen pendukung kurikulum yang dirancang secara sistematis dan relevan dalam upaya meningkatkan mutu pendidikan di sekolah.

Peningkatan mutu pendidikan di sekolah melalui kegiatan ekstrakurikuler memberikan peluang kepada peserta didik untuk mengembangkan potensinya secara optimal. Beberapa manfaat yang dapat diperoleh peserta didik dengan mengikuti kegiatan ekstrakurikuler sebagaimana tercantum pada Permendikbud RI Nomor 62 Tahun 2014 tentang kegiatan Ekstrakurikuler pada Dikdasmen adalah: (1) Pengembangan kemampuan personal melalui peningkatan dan perluasan potensi, minat, dan bakat peserta didik; (2) Memfasilitasi minat, bakat, potensi, dan kreativitas peserta didik yang berbeda-beda; (3) Pengembangan kemampuan personal dalam pembentukan karakter; (4) Pengembangan kemampuan sosial dalam bermasyarakat; (5) Sebagai sarana rekreasi karena kegiatan ekstrakurikuler dilakukan dalam suasana menyenangkan. (6) Pengembangan kemampuan berkomunikasi dan bekerja sama dengan orang lain.

Langkah-langkah kegiatan ekstrakurikuler tertuang dalam bentuk perencanaan program kegiatan ekstrakurikuler. Kegiatan Ekstrakurikuler pilihan di satuan pendidikan dapat dilakukan melalui tahapan: (1) identifikasi kebutuhan, potensi, dan minat peserta didik; (2) Analisis sumber daya yang diperlukan dalam penyelenggaraan kegiatan ekstrakurikuler; (3) mengupayakan sumber daya sesuai pilihan peserta didik atau menyalurkannya ke satuan pendidikan atau lembaga lainnya; (4) menyusun Program Kegiatan Ekstrakurikuler; (5) menetapkan bentuk kegiatan yang diselenggarakan.

Keterkaitan antara Kegiatan Intrakurikuler dan Ekstrakurikuler

Pelaksanaan kegiatan ekstrakurikuler di sekolah juga sebagai wadah dan sarana untuk mencapai dimensi kompetensi sikap dan keterampilan. Dengan demikian, dimensi sikap dan keterampilan merupakan kompetensi yang akan dituju pada kegiatan ekstrakurikuler di sekolah. Sementara itu, kedua kompetensi tersebut berkenaan dan berhubungan dengan konten mata pelajaran pada intrakurikuler. Dengan demikian antara kegiatan ekstrakurikuler dengan kegiatan intrakurikuler berkaitan.

Ada kemungkinan pembelajaran intrakurikuler yang melatih sikap dan keterampilan di luar pengetahuan, memerlukan waktu dan sarana yang lebih leluasa, misalnya melalui kegiatan aktualisasi pada ekstrakurikuler. Atas dasar inilah, maka kegiatan aktualisasi menjadi bahasan utama dalam mata latihan ini. Hal ini sejalan dengan yang tertuang pada Permendikbud nomor 62 tahun 2014 tentang Kegiatan Ekstrakurikuler pada Pendidikan Dasar dan Menengah bahwa ekstrakurikuler terdiri dari dua kegiatan yakni ekstrakurikuler wajib dan ekstrakurikuler pilihan. Pada ekstrakurikuler wajib antara lain mewadahi aktualisasi, sedangkan ekstrakurikuler pilihan merupakan kegiatan pengembangan diri non aktualisasi.

Kegiatan ekstrakurikuler wajib adalah kegiatan ekstrakurikuler yang wajib diselenggarakan oleh satuan pendidikan dan wajib diikuti oleh seluruh peserta didik, terkecuali bagi peserta didik dengan kondisi tertentu yang tidak memungkinkan untuk mengikuti kegiatan ekstrakurikuler tersebut. Dalam hal ini pendidikan Kepramukaan merupakan ekstrakurikuler wajib yang harus diikuti oleh semua peserta didik.

Pendidikan kepramukaan merupakan kegiatan ekstrakurikuler yang secara sistemik diperankan sebagai wahana penguatan psikologis-sosial-kultural (*reinforcement*) perwujudan sikap dan keterampilan kurikulum 2013 yang secara psikopedagogis koheren dengan pengembangan sikap dan kecakapan dalam pendidikan kepramukaan. Dengan demikian pencapaian Kompetensi Inti Sikap Spiritual (KI-1), Sikap Sosial (KI-2), dan Keterampilan (KI-4) memperoleh penguatan bermakna (*meaningfull learning*) melalui fasilitasi sistemik-adaptif pendidikan kepramukaan di lingkungan satuan pendidikan.

Tujuan tersebut di atas, dicapai melalui kegiatan–kegiatan di lingkungan sekolah (*intramural*) dan di luar sekolah (*ekstramural*) sebagai upaya memperkuat proses pembentukan karakter bangsa yang berbudi pekerti luhur sesuai dengan nilai dan moral Pancasila. Pendidikan Kepramukaan dinilai sangat penting. Melalui pendidikan kepramukaan akan timbul rasa memiliki, saling tolong menolong, mencintai tanah air dan mencintai alam. Karenanya Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan mewajibkan setiap sekolah melaksanakan ekstrakurikuler wajib pendidikan kepramukaan.

Dalam pelaksanaan kegiatan kepramukaan satuan pendidikan dapat bekerjasama dengan organisasi kepramukaan setempat dengan mengacu pada ketentuan yang berlaku. Proses saling interaktif dan saling menguatkan ranah sikap dalam bingkai KI-1, KI-2 dan ranah keterampilan dalam KI-4 sepanjang yang bersifat konsisten dan koheren dengan sikap dan kecakapan Kepramukaan merupakan aktualisasi dan penguatan pencapaian Kurikulum 2013.

Model pelaksanaan kegiatan ekstrakurikuler wajib Kepramukaan dapat dilakukan melalui tiga model yakni 1) Model Blok bersifat wajib, setahun sekali, berlaku bagi seluruh peserta didik, terjadwal, penilaian umum, 2) Model Aktualisasi bersifat wajib, rutin, terjadwal, berlaku untuk seluruh peserta didik dalam setiap kelas, penjadwalan, dan penilaian formal dan 3) Reguler di Gugus Depan. Bersifat Sukarela, berbasis minat.

Selanjutnya, kegiatan ekstrakurikuler pilihan adalah kegiatan ekstrakurikuler yang dapat dikembangkan dan diselenggarakan oleh satuan pendidikan dan dapat diikuti oleh peserta didik sesuai bakat dan minatnya masing-masing. Selain peserta didik diharuskan mengikuti program kegiatan ekstrakurikuler wajib berupa pendidikan kepramukaan, satuan pendidikan juga dapat menawarkan salah satu kegiatan

program kegiatan ekstrakurikuler pilihan. Disarankan kepada peserta didik agar dalam penentuan satu kegiatan ekstrakurikuler pilihan tersebut perlu mempertimbangkan dan memperhitungkan waktu yang tersedia. Hal ini perlu diketahui agar peserta didik tidak banyak menghabiskan waktu untuk kegiatan ekstrakurikuler pilihan yang akhirnya dapat menghambat dan mengambil waktu yang seharusnya untuk pendalaman materi mata pelajaran.

Ide pengembangan kegiatan ekstrakurikuler pilihan berpangkal dari kebutuhan, bakat, dan minat peserta didik atau sekelompok peserta didik. Oleh karena itu kegiatan Ekstrakurikuler pada satuan pendidikan perlu dikembangkan dengan prinsip: (1) partisipasi aktif yakni bahwa Kegiatan Ekstrakurikuler menuntut keikutsertaan peserta didik secara penuh sesuai dengan minat dan pilihan masing-masing; dan (2) menyenangkan yakni bahwa Kegiatan Ekstrakurikuler dilaksanakan dalam suasana yang menggembirakan bagi peserta didik. Selain itu kegiatan ekstrakurikuler pilihan juga dapat dikembangkan yang berkenaan dengan konten dari satu atau beberapa mata pelajaran agar bermanfaat positif bagi peserta didik.

Memperhatikan uraian prinsip kegiatan ekstrakurikuler di atas, sangatlah jelas bahwa keikutsertaan peserta didik dalam kegiatan ekstrakurikuler harus sesuai dengan kebutuhan, potensi, minat, dan bakat pilihan masing-masing agar selama mengikuti kegiatan ekstrakurikuler mereka merasakan senang.

Menurut Permendikbud RI Nomor 62 Tahun 2014 tentang Ekstrakurikuler, bentuk kegiatan ekstrakurikuler yang dapat dilakukan di sekolah berupa:

- a. Krida, misalnya: Kepramukaan, Latihan Kepemimpinan Siswa (LKS), Palang Merah Remaja (PMR), Usaha Kesehatan Sekolah (UKS), Pasukan Pengibar Bendera (Paskibra), dan lainnya;
- b. Karya ilmiah, misalnya: Kegiatan Ilmiah Remaja (KIR), kegiatan penguasaan keilmuan dan kemampuan akademik, penelitian, dan lainnya;
- c. Latihan olah-bakat latihan olah-minat, misalnya: pengembangan bakat olahraga, seni dan budaya, pecinta alam, jurnalistik, teater, teknologi informasi dan komunikasi, rekayasa, dan lainnya;
- d. Keagamaan, misalnya: pesantren kilat, ceramah keagamaan, baca tulis alquran, retreat; atau
- e. Bentuk kegiatan lainnya.

Gambaran keterkaitan antara intrakurikuler dengan ekstrakurikuler ditunjukkan pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2. 1 Keterkaitan antara Intrakurikuler dengan Ekstrakurikuler

Mata Pelajaran	Keterampilan Pramuka							
	Simpul dan Ikatan (<i>Pioneering</i>)	Mendaki Gunung (<i>Mountenering</i>)	Peta dan Kompas (<i>Orientering</i>)	Berkemah (<i>Camping</i>)	Wirausaha	Bela Negara	Teknologi	Komunikasi
SD								
Agama dan Budi Pekerti								
PPKn								
B. Indonesia								
Matematika								
IPA					√			
IPS								
Seni Budaya dan Prakarya								
Penjasorke s								
SMP								
Agama dan Budi Pekerti								
PPKn								
B. Indonesia								
Matematika								
IPA								
IPS								
B. Inggris								
Seni Budaya								
Penjasorke s								
Prakarya								
SMA								
Agama dan Budi Pekerti								
PPKn								
B. Indonesia								
Matematika								
Sejarah Indonesia								
Bahasa Inggris								

Seni Budaya								
Penjasorke s								
Prakarya dan Kewirausa haan								
SMK								
Agama dan Budi Pekerti								
PPKn								
B. Indonesia								
Matematik a								
Sejarah Indonesia								
Bahasa Inggris								
Seni Budaya								
Penjasorke s								
Prakarya dan Kewirausa haan								

Catatan:

Keterkaitan ditunjukkan dengan memberikan tanda centang (*check*) dengan memperhatikan keterkaitan antara mata plajaran dengan keterampilan kepramukaan.

Selanjutnya, data tentang keterkaitan berdasarkan tabel 2.1 diidentifikasi kompetensi mata pelajaran yang relevan dengan keterampilan kepramukaan seperti ditunjukkan pada tabel 2.2

Tabel 2. 2 Identifikasi Kompetensi Dasar Mata Pelajaran yang Relevan dengan Keterampilan Kepramukaan

Mapel	Keterampilan Kepramukaan	Kompetensi yang Relevan			
		KD dari KI 1	KD dari KI 2	KD dari KI 3	KD dari KI 3
IPA	Wirausaha	1.1 Bertambah keimanannya dengan menyadari hubungan keteraturan dan kompleksitas alam dan jagad raya terhadap kebesaran Tuhan yang menciptakannya, serta mewujudkannya dalam pengamalan ajaran agama yang dianutnya	2.1 Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu; objektif; jujur; teliti; cermat; tekun; hati hati; bertanggung jawab; terbuka; dan peduli lingkungan) dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi sikap dalam melakukan inkuiri ilmiah dan berdiskusi	3.7 Mendeskripsikan hubungan antara sumber daya alam dengan lingkungan, teknologi, dan masyarakat	4.6 Menyajikan laporan tentang sumber daya alam dan pemanfaatannya oleh masyarakat
Bahasa Indonesiadst.

Pengelolaan dan Pengkoordinasian Ektrakurikuler

Pengelolaan dan pengkoordinasian kegiatan ekstrakurikuler yang dijadikan pendukung pencapaian kompetensi mata pelajaran dirancang melalui tahapan sebagai berikut:

a. Analisis Kompetensi Dasar Mata pelajaran:

Langkah ini dilakukan untuk melinierkan keempat Kompetensi Inti/KI-1, KI-2, KI-3, dan KI-4. Kegiatan ini penting dilakukan agar pembelajaran yang dilaksanakan selaras dengan sikap (spiritual dan sosial), pengetahuan, dan keterampilan. Melalui analisis ini akan terpetakan Kompetensi Dasar/KD-KD tertentu yang memerlukan pengembangan atau aktualisasi lebih lanjut. Aktualisasi pembelajaran tersebut akan diwadahi pada kegiatan ekstrakurikuler. Dengan demikian kegiatan yang berlangsung pada ekstrakurikuler dapat mewadahi kegiatan yang dikembangkan pada intrakurikuler. Kegiatan seperti ini menjadi lebih bermakna karena apa yang dilaksanakan pada kegiatan ekstrakurikuler berhubungan dengan apa yang dilakukan peserta didik pada kegiatan intrakurikuler. Keterpaduan ini penting untuk diperhatikan oleh penyusun program kegiatan intrakurikuler dan ekstrakurikuler. Contoh hasil analisis kompetensi Mata Pelajaran Biologi kelompok Mata Pelajaran Dasar Bidang Kejuruan pada Bidang Keahlian Kesehatan Sekolah Menengah Kejuruan/Madrasah Aliyah Kejuruan dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut:

No	KD dari KI-1	KD dari KI-2	KD dari KI-3	KD dari KI-4	Aktualisasi Kegiatan
1	1.1. Memahami nilai-nilai keimanan dengan menyadari hubungan keteraturan dan	2.1 Berperilaku ilmiah: teliti, tekun, jujur terhadap data dan fakta, disiplin, tanggung jawab,dan	3.3 Mengdeskripsikan berbagai tingkat keanekaragaman hayati di Indonesia melalui hasil obesrvasi	4.3 Melakukan analisis ekologi di lingkungan sekitar	Kegiatan proyek pohon asuh melalui wadah ekstrakurikuler wajib (kepramukaan)

No	KD dari KI-1	KD dari KI-2	KD dari KI-3	KD dari KI-4	Aktualisasi Kegiatan
	kompleksitas alam terhadap kebesaran Tuhan yang menciptakannya.	peduli dalam observasi dan eksperimen, berani dan santun dalam mengajukan pertanyaan dan berargumentasi, peduli lingkungan, gotong royong, bekerjasama, cinta damai, berpendapat secara ilmiah dan kritis, responsif dan proaktif dalam dalam setiap tindakan dan dalam melakukan pengamatan dan percobaan di dalam kelas/laboratorium maupun di luar kelas/laboratorium	.		

Tabel 3. 1 Contoh Analisis Mata Pelajaran Biologi Kelompok Mata Pelajaran Dasar Kejuruan pada Bidang Keahlian Kesehatan Sekolah Menengah Kejuruan/Madrasah Aliyah Kejuruan, Kelas X

- b. Penyusunan program intrakurikuler dirancang menjadi satu kesatuan dengan kegiatan kokurikuler dan ekstrakurikuler. Kegiatan intrakurikuler yang dilaksanakan melalui pembelajaran di kelas maupun di luar kelas dapat dioptimalkan dengan memberikan tugas kepada peserta didik melalui kegiatan kokurikuler. Kegiatan ini dilakukan dalam rangka meningkatkan pemahaman terhadap materi yang diberikan pada saat intrakurikuler. Langkah penyusunan program intrakurikuler yang harus dilaksanakan oleh pendidik

Program kegiatan merupakan realisasi hasil analisis kompetensi mata pelajaran. Berdasarkan tabel 3.1 di atas, pembina bersama pelatih ekstrakurikuler dapat menindaklanjuti kegiatan aktualisasi Mata Pelajaran Dasar Bidang Kejuruan pada Bidang Keahlian Kesehatan Sekolah Menengah Kejuruan/Madrasah Aliyah Kejuruan Kompetensi Dasar Biologi SMK untuk dijadikan program kegiatan ekstrakurikuler. Kegiatan membuat proyek pohon asuh berdasarkan kesepakatan bersama dengan pembina dan/atau pelatih ekstrakurikuler akan ditetapkan sebagai salah satu program kegiatan ekstrakurikuler wajib model aktualisasi.

Program kegiatan ini tidak menutup kemungkinan dijadikan sebagai proyek bersama dengan mata pelajaran selain Biologi. Kegiatan proyek bersama ini dapat membantu meringankan peserta didik dan pendidik dari aspek waktu atau beban belajar tetapi tanpa meninggalkan tujuan utamanya yaitu menumbuhkan sikap dan keterampilan peserta didik untuk peduli lingkungan (sesuai KD-2.1). Hasil pengembangan kegiatan intrakurikuler dan ekstrakurikuler ini dapat mewujudkan sekolah yang mampu menghasilkan peserta didik yang mandiri, tangguh, dan berkarakter.

Oleh karena itu pada saat menyusun analisis kompetensi, pengampu mata pelajaran “duduk bersama” dengan para pembina dan/atau pelatih ekstrakurikuler untuk bersama-sama menentukan dan menyepakati kegiatan aktualisasi yang akan diterapkan pada kegiatan ekstrakurikuler. Setelah analisis kompetensi dilakukan oleh pengampu mata pelajaran, maka pembina dan/atau pelatih ekstrakurikuler menindaklanjutinya sebagaimana tercantum pada Permendikbud RI Nomor 62 Tahun 2014 tentang Ekstrakurikuler Pasal 4 Ayat (2), bahwa Pengembangan berbagai bentuk Kegiatan Ekstrakurikuler Pilihan dilakukan melalui tahapan: (a) identifikasi kebutuhan, potensi, dan minat peserta didik; (b)

analisis sumber daya yang diperlukan untuk penyelenggaraannya; (c) pemenuhan kebutuhan sumber daya sesuai pilihan peserta didik atau menyalurkannya ke satuan pendidikan atau lembaga lainnya; (d) penyusunan program Kegiatan Ekstrakurikuler; dan (e) penetapan bentuk kegiatan yang diselenggarakan. Langkah berikutnya adalah menentukan sumber daya yang diperlukan dalam merealisasikan kegiatan. Atas dasar langkah ini maka disusunlah program kegiatan. Contoh program kegiatan dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut.

Program Ekstrakurikuler	Nama Kegiatan	Rasional	Tujuan	Deskripsi kegiatan	Pengelolaan				Evaluasi
					Waktu	Sarpras	Penjab	Pendanaan	
Kepramukaan model aktualisasi, Karya Ilmiah Remaja, Jurnal	Proyek Pohon Asuh	Tuntutan keterampilan pilan menganalisis data hasil observasi tentang berbagai tingkat keanekaragaman hayati (gen, jenis dan ekosistem) di Indonesia a.	<ul style="list-style-type: none"> Mempai kompetensi pada aspek keterampilan dalam bentuk proyek Menu mbuhkan embangan sikap dan perilaku yang peduli lingkungan 	Peserta didik melakukan kegiatan proyek yang mencakup perencanaan, pelaksanaan, analisis, dan pelaporan	Semester ganjil, dilaksanakan selama 1 semester	Lahan, Polybag, Pot, Peralatan berkebun	Pembina, Pelatih, Guru mapel	Mandiri, donator, atau sesuai peruntukan (BOS, Komite, dll).	Ketercapaian tujuan pada setiap indikator yang telah ditetapkan dalam perencanaan

Tabel 3. 2 Contoh Penyusunan Program

Catatan:

- (1) Proyek Pohon Asuh dapat dilakukan pada kegiatan aktualisasi pada ekstrakurikuler wajib. Apabila sebagai ekstrakurikuler wajib maka kegiatan tersebut tidak digunakan pada ekstrakurikuler pilihan.
- (2) Proyek pohon asuh yang dikembangkan dalam kegiatan ekstrakurikuler dapat digunakan untuk mendukung beberapa mata pelajaran lain seperti mapel Geografi, bahasa Indonesia, dan Bahasa Inggris.
- (3) Kegiatan ini merupakan bagian dari komponen kesiswaan yang dirumuskan pada RKS/RKJM/RKT/RKAS.

c. Pelaksanaan Program

Penjadwalan Kegiatan Ekstrakurikuler dirancang di awal tahun pelajaran oleh guru mata pelajaran dan pembina ekstrakurikuler di bawah bimbingan kepala sekolah/madrasah atau wakil kepala sekolah/madrasah. Jadwal Kegiatan Ekstrakurikuler diatur agar tidak menghambat pelaksanaan kegiatan intra dan kokurikuler.

d. Penilaian dan Evaluasi Program

Pelaksanaan program kegiatan ekstrakurikuler perlu dilakukan penilaian dan evaluasi. Penilaian merupakan salah satu umpan balik untuk mengetahui ketercapaian hasil belajar. Untuk mengetahui pencapaian kompetensi ekstrakurikuler maka diperlukan penilaian. Pada akhir kegiatan ekstrakurikuler perlu diketahui pencapaian kompetensi yang dicapai oleh peserta didik. Penilaian kegiatan ekstrakurikuler menunjukkan kinerja peserta didik dalam bentuk kualitatif dan dilengkapi dengan deskripsi. Kriteria keberhasilan meliputi proses dan pencapaian kompetensi peserta didik dalam kegiatan Ekstrakurikuler.

Peserta didik wajib memperoleh nilai minimal “baik” pada kegiatan ekstrakurikuler pada setiap semesternya. Nilai yang diperoleh pada kegiatan ekstrakurikuler berpengaruh terhadap kenaikan kelas peserta didik. Bagi peserta didik yang belum mencapai nilai minimal perlu mendapat bimbingan terus menerus untuk mencapainya.

Dalam kegiatan ekstrakurikuler dilaksanakan penilaian dengan menggunakan penilaian yang bersifat otentik mencakup penilaian sikap dan keterampilan. Penilaian sikap dengan menggunakan penilaian berdasarkan pengamatan, penilaian diri, penilaian antar teman, dan/atau jurnal. Penilaian keterampilan sebagaimana dimaksud dengan menggunakan penilaian unjuk kerja, proyek, dan portofolio.

Seiring kegiatan ekstrakurikuler sebagai pendukung kegiatan intrakurikuler, maka penilaian pencapaian kompetensi yang diamanatkan dalam KD mata pelajaran dapat diperoleh melalui hasil kerjasama antara guru mata pelajaran dengan pelatih ekstrakurikuler.

Contoh kegiatan ekstrakurikuler berupa proyek Pohon Asuh yang terdapat pada uraian ini, dapat dilaksanakan pada ekstrakurikuler wajib (model aktualisasi) hasil penilaiannya dapat digunakan oleh mata pelajaran Biologi, Geografi, Bahasa Indonesia, dan/atau Bahasa Inggris untuk penilaian keterampilan. Nilai keterampilan tersebut diperoleh dari hasil penggunaan Rubrik Penilaian Proyek. Sedangkan nilai sikap diperoleh dari hasil penggunaan instrumen pengamatan. Nilai yang dituliskan pada rapor berupa sebutan: 1) Sangat Baik/SB, 2) Baik/B, 3) Cukup/C, dan 4) Kurang/K disertai dengan deskripsi yang menggambarkan sikap dan keterampilan kegiatan proyek pohon asuh.

Evaluasi dilakukan untuk mengetahui keefektifan dan efisiensi pelaksanaan kegiatan ekstrakurikuler termasuk kendala dan masalah serta solusi yang dilakukan dalam pelaksanaan kegiatan tersebut. Dengan evaluasi ini diharapkan akan menjadi bahan pertimbangan dalam memperbaiki pelaksanaan kegiatan ekstrakurikuler agar menjadi lebih baik pada masa mendatang.

Aspek yang dievaluasi terkait dengan pelaksanaan kegiatan ekstrakurikuler meliputi:

- Program kegiatan ekstrakurikuler.
- Silabus kegiatan ekstrakurikuler.
- Rencana pelaksanaan kegiatan.
- Pelaksanaan kegiatan.

- Relevansi materi mata pelajaran dengan kegiatan ekstrakurikuler. Berdasarkan rentang waktu, evaluasi dapat dilaksanakan dalam rentang per kegiatan, bulanan, atau semester. Dengan evaluasi yang dilakukan secara berkesinambungan akan dapat diambil berbagai langkah tindak lanjut, baik yang terkait dengan perbaikan program, kesinambungan program dan pemantapan program.

Penilaian dan evaluasi kegiatan ekstrakurikuler dilakukan untuk mengukur ketercapaian tujuan pada setiap indikator yang telah ditetapkan dalam perencanaan. Satuan pendidikan hendaknya mengevaluasi setiap indikator yang sudah tercapai maupun yang belum tercapai. Berdasarkan hasil evaluasi, satuan pendidikan dapat melakukan perbaikan rencana tindak lanjut untuk siklus kegiatan berikutnya.

Contoh kegiatan ekstrakurikuler pada SMK yang juga memuat tentang panduan pelaksanaan, lembar kerja, sistematika laporan, penilaian adalah sebagai berikut:

Contoh Kegiatan Ekstrakurikuler untuk SMK

Panduan Pelaksanaan Kegiatan Proyek Pohon Asuh

Tujuan	Indikator
1. Mencapai kompetensi pada aspek keterampilan dalam bentuk proyek	<ul style="list-style-type: none"> • Menyusun perencanaan proyek Pohon Asuh • Melaksanakan proyek Pohon Asuh • Menyusun laporan hasil proyek Pohon Asuh
2. Menumbuhkembangkan sikap dan perilaku yang peduli lingkungan	<ul style="list-style-type: none"> • Menyirami tanaman • Menyiangi tanaman • Memupuk tanaman • Tidak memetik bagian dari tanaman tanpa alasan tertentu

Contoh Lembar Kerja Tugas Proyek Pohon Asuh berdasarkan hasil analisis Tabel 3.1.

LEMBAR KERJA

MATA PELAJARAN : BIOLOGI

(Dasar Bidang Kejuruan pada Bidang Keahlian Kesehatan Sekolah Menengah Kejuruan/Madrasah Aliyah Kejuruan)

KELAS : X

TUGAS PROYEK : POHON ASUH

TUJUAN : MENJAGA KEBERLANGSUNGAN HIDUP POHON

KOMPETENSI DASAR:

- 1.1 Memahami nilai-nilai keimanan dengan menyadari hubungan keteraturan dan kompleksitas alam terhadap kebesaran Tuhan yang menciptakannya..
- 2.1 Berperilaku ilmiah: teliti, tekun, jujur terhadap data dan fakta, disiplin, tanggung jawab, dan peduli dalam observasi dan eksperimen, berani dan santun dalam mengajukan pertanyaan dan berargumentasi, peduli lingkungan, gotong royong, bekerjasama, cinta damai, berpendapat secara ilmiah dan kritis, responsif dan proaktif dalam setiap tindakan dan dalam melakukan pengamatan dan percobaan di dalam kelas/laboratorium maupun di luar kelas/laboratorium
- 3.3 Mengdeskripsikan berbagai tingkat keanekaragaman hayati di Indonesia melalui hasil observasi.
- 4.3 Melakukan analisis ekologi di lingkungan sekitar.

PERENCANAAN PROYEK

Lakukan prosedur kerja untuk persiapan penyelesaian proyek ini:

1. Mempelajari berbagai literatur yang berhubungan dengan keanekaragaman hayati (gen, jenis, dan ekosistem)
2. Menentukan lahan/lokasi proyek Pohon Asuh
3. Menyediakan pohon yang akan digunakan dalam proyek
4. Menentukan data-data yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek.
5. Menyiapkan peralatan yang digunakan untuk menggali data yang diperlukan (instrument/Lembar Kerja/camera/alat tulis, dll.).
6. Selesaikan proyek ini selamaminggu/bulan.

7. Buatlah jadwal rencana kegiatan untuk pengamatan, penggalian dan pengolahan data, serta pelaporan.
8. Lakukan bersama kelompok, jika mengalami kesulitan konsultasikan dengan Pembina/Pelatih/Guru

PELAKSANAAN PROYEK

1. Lakukan penempatan/penanaman pohon di lahan langsung, pot, polybag, atau pot gantung.
2. Rawat tanaman secara teratur dengan cara menyiram, menyiangi, memberi pupuk, dan menjaga seluruh bagian tanaman dari kerusakan.
3. Gali informasi/data tentang kondisi tanaman secara berkala dengan bantuan peralatan, instrumen/tabel/camera/alat tulis, dll.
4. Informasi/data yang telah diperoleh diolah dan dianalisis.
5. Buat simpulan atas kegiatan dan hasil yang diperoleh.

PELAPORAN HASIL PROYEK

1. Tulis berbagai kegiatan yang kalian telah lakukan mulai dari perencanaan hingga pelaksanaan proyek.
2. Lengkapi laporan hasil proyek dengan gambar-gambar yang kalian peroleh di lapangan untuk memperkuat bukti.
3. Gunakan sistematika berikut untuk memandu kalian dalam menuliskan deskripsi laporan hasil proyek.

Contoh Sistematika Laporan Proyek Pohon Asuh

SISTEMATIKA LAPORAN PROYEK	
MATA PELAJARAN :	BIOLOGI
(Dasar Bidang Kejuruan pada Bidang Keahlian Kesehatan Sekolah Menengah Kejuruan/Madrasah Aliyah Kejuruan)	
KELAS :	X
TUGAS PROYEK :	POHON ASUH
TUJUAN :	MENJAGA KEBERLANGSUNGAN HIDUP POHON
A. PERENCANAAN PROYEK:	
1. Prosedur kerja	
2. Peralatan yang digunakan	
3. Penjadwalan	
B. PELAKSANAAN PROYEK:	
1. Kegiatan perawatan pohon (menyiram, menyiangi, memberi pupuk, melindungi tanaman dari kerusakan).	
2. Kegiatan observasi dan penggalan Data	
3. Pengolahan dan Analisis Data	
4. Masalah dan pemecahannya	
5. Membuat gambar kondisi Pohon Asuh setelah mendapat perawatan	
C. HASIL PROYEK:	
Produk: Pohon Asuh yang terawat dan gambar kondisi Pohon Asuh	
D. SIMPULAN DAN REKOMENDASI	
E. DAFTAR PUSTAKA	

Contoh Rubrik Penilaian Proyek

Nama Siswa/Kelompok :

Judul Proyek : Pohon Asuh

Tujuan : Menjaga keberlangsungan hidup pohon.

Aspek yang dinilai	Skor			
	1	2	3	4
1. Perencanaan				
mempersiapkan prosedur kerja:				
Menentukan data yang akan digali				
Mempersiapkan peralatan (instrumen/Lembar Kerja/kamera/alat tulis)				
Penyusunan jadwal kegiatan proyek				
2. Pelaksanaan				
Menanam				
Menyirami				
Menyiangi				
Memberi pupuk				
Menjaga tanaman dari kerusakan				
Penggalian data				
Pengolahan data				
Analisis data				
Pemecahan Masalah				
Pembuatan Produk/gambar kondisi Pohon Asuh				
3. pelaporan				
Men deskripsikan semua proses kegiatan yang telah dilakukan				
Didukung data hasil pengamatan, penggalian data, dan pengolahan.				
Penulisan laporan secara sistematis				
Menggunakan kaidah penulisan bahasa Indonesia yang baik dan benar.				
Komentar:			

Catatan:

1. Pembina/Pelatih/Guru mengembangkan kriteria skor 4, 3, 2, 1.
2. Kegiatan ini dapat digunakan sebagai model pembelajaran berbasis proyek pada kegiatan intrakurikuler.

Contoh Pengamatan Sikap Peduli Lingkungan dalam Kegiatan Proyek Pohon Asuh

No	Nama Peserta Didik	Indikator yang dinilai				Skor yang diperoleh	Nilai
		Menyirami	Menyiangi	Memupuk	Mengembangkan		
1	IGO	Y	Y	Y	Y	4	S
2	EMGGI	Y	Y	Y	-	3	B
3	DIONI	Y	Y	-	-	2	B
4	AHMATO	Y	-	-	-	1	C
5	JENG SINTA	-	-	-	-	0	K

Keterangan:

- a. Nilai yang diperoleh dari kegiatan ini sebagai nilai kegiatan ektrakurikuler wajib, dan dilaporkan kepada guru mata pelajaran untuk memberikan nilai sikap peduli lingkungan, dan juga dapat dimanfaatkan oleh mata pelajaran lain yang bergabung dalam proyek pohon asuh, selain mata pelajaran biologi.
- b. Kriteria Nilai sebagai berikut: a) Skor <2: Kurang/K, b) Skor 2: Cukup/C, c) Skor 3: Baik/B, d) Skor 5: Sangat Baik/SB

e. Pelaporan

Laporan mempunyai peranan yang penting dalam pelaksanaan program kegiatan ekstrakurikuler karena dalam pelaksanaan kegiatan hubungan antara guru pembina ekstrakurikuler dengan guru mata pelajaran

merupakan bagian dari keberhasilan pelaksanaan kegiatan tersebut. Agar laporan itu efektif dan komunikatif maka penyusunan laporan minimal harus mencakupi aspek latar belakang, tujuan, sasaran, hasil yang diharapkan, program kegiatan, pelaksanaan, masalah dan solusi pemecahan masalah, serta simpulan.

f. Tindak Lanjut

Tindak lanjut merupakan komponen penting dalam siklus pelaksanaan suatu program. Pada akhir pelaksanaan kegiatan ekstrakurikuler ini diperlukan tindak lanjut untuk menentukan langkah berikutnya yang akan dilakukan. Tindak lanjut hasil evaluasi program kegiatan ekstrakurikuler dapat dilakukan dengan cara mengidentifikasi hasil laporan kegiatan ekstrakurikuler diantaranya kelengkapan Pembina/pelatih ekstrakurikuler yang berupa:

- Program kegiatan ekstrakurikuler
- Silabus materi kegiatan ekstrakurikuler
- Rencana pelaksanaan kegiatan
- Pelaksanaan kegiatan
- Penilaian hasil kegiatan
- Hasil evaluasi

Berdasarkan hasil evaluasi program kegiatan ekstrakurikuler yang telah dilakukan maka tindak lanjut berikutnya dapat berupa:

- Perbaikan program, jika memang ternyata tujuan yang telah ditentukan belum tercapai. Maka program kegiatan ekstrakurikuler tersebut perlu dirancang ulang untuk memperbaiki program berikutnya.
- Pemantapan program, jika program kegiatan ekstrakurikuler yang diprogramkan itu dapat dilaksanakan sesuai dengan yang telah direncanakan.
- Penyusunan program ekstrakurikuler untuk tahun berikutnya berdasarkan hasil evaluasi.

g. Aktivitas Pembelajaran

Secara umum aktivitas pembelajaran pada materi pengembangan ekstrakurikuler untuk aktualisasi diri peserta didik, diawali dengan **kegiatan persiapan:**

Kegiatan ini dilaksanakan untuk mempersiapkan sarana pendukung kegiatan pembelajaran di kelas sekaligus perkenalan dengan fasilitator di kelas.

Kegiatan pendahuluan:

Kegiatan ini untuk memberikan motivasi dan apersepsi/pengkondisian implementasi kurikulum serta penyampaian tujuan pembelajaran, dll.

Kegiatan inti:

Kegiatan inti dilaksanakan mengikuti urutan pembelajaran saintifik, meliputi aktivitas pembelajaran 1, membahas materi perbedaan dan keterkaitan antara kegiatan intrakurikuler dan ekstrakurikuler, dan kegiatan pembelajaran 2 membahas pengelolaan dan pengkoordinasian kegiatan ekstarkurikuler.

Kegiatan Penutup:

Kegiatan ini untuk merangkum hasil pembelajaran, refleksi dan umpan balik, dan tindak lanjut.

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran 1 adalah sebagai berikut:

1. Pada pembelajaran mata latih pengembangan ekstrakurikuler untuk aktualisasi diri peserta didik, aktivitas peserta didik mempelajari 2 sub materi latih yang dikemas pada kegiatan pembelajaran 1 dan 2, yaitu (1) materi perbedaan dan keterkaitan antara kegiatan Ekstrakurikuler dan Intrakurikuler, dan (2) materi pengelolaan dan pengkoordinasian kegiatan ekstrakurikuler.
2. Waktu yang tersedia untuk mempelajari kegiatan pembelajaran pengembangan ekstrakurikuler untuk aktualisasi diri disesuaikan dengan struktur program pendidikan dan pelatihan di PPPPTK BMTI, terdiri dari: kegiatan persiapan pembelajaran, kegiatan pendahuluan, kegiatan inti meliputi kegiatan pembelajaran 1 dan kegiatan pembelajaran 2, dan kegiatan penutup.
3. Selama mengikuti pembelajaran, Anda perlu berkonsentrasi, bekerja secara mandiri dan bekerja kelompok, serta menyiapkan bahan bacaan yang bersumber dari uraian materi pada buku ini, diantaranya:
 - a. Permendikbud Nomor 65 Tahun 2013 tentang Standar Proses.
 - b. Permendikbud Nomor 57 tentang kurikulum 57 Tahun 2014 tentang kurikulum 2013 SD/MI.
 - b. Permendikbud Nomor 58 tentang kurikulum 2013 SMP/Mts.
 - c. Permendikbud Nomor 59 tentang kurikulum 2013 SMA/MA
 - d. Permendikbud Nomor 60 tentang Kurikulum 2013 SMK/MAK.
 - e. Permendikbud Nomor 62 Tahun 2014 tentang Ekstrakurikuler.
 - f. Permendikbud Nomor 63 Tahun 2014 tentang Kepramukaan.
 - g. Permendikbud Nomor 103 Tahun 2014 tentang Pembelajaran.
 - h. Permendikbud Nomor 104 Tahun 2014 tentang Penilaian.
4. Penyusunan program intrakurikuler dirancang menjadi satu kesatuan dengan kegiatan kokurikuler dan ekstrakurikuler. Kegiatan intrakurikuler yang dilaksanakan melalui pembelajaran di kelas maupun di luar kelas dapat dioptimalkan dengan memberikan tugas kepada pesera didik melalui kegiatan kokurikuler. Kegiatan ini dilakukan dalam rangka meningkatkan pemahaman terhadap materi yang diberikan pada saat intrakurikuler.

5. Kegiatan pembelajaran perlu dibantu oleh pengurus kelas. Oleh karena itu Anda pilih satu orang sebagai ketua kelas, satu orang sebagai wakil, dan satu orang sekretaris. Apabila ada kegiatan kelompok, maka setiap kelompok memilih ketua dan sekretaris kelompok. Ketua kelas dan wakil bertugas mengkoordinasikan kegiatan pelatihan dari awal hingga akhir termasuk pengumpulan tugas-tugas, sedangkan sekretaris kelas mengatur notula kegiatan baik kegiatan kelas maupun kegiatan di masing-masing kelompok. Semua tugas dan notula dari awal hingga akhir kegiatan diserahkan kepada fasilitator di kelas pada hari terakhir pelatihan (sebelum kegiatan penutupan).
6. Pada kegiatan pembelajaran satu Anda akan melaksanakan pembelajaran yang urutannya mengikuti alur saintifik sebagai berikut:
 - a. Amati dan simaklah gambar/foto kegiatan intrakurikuler dan ekstrakurikuler secara individu melalui layar LCD di kelas.
 - b. Carilah informasi tentang perbedaan dan keterkaitan kegiatan intrakurikuler dan ekstrakurikuler dari bacaan uraian materi kegiatan pembelajaran 1.
 - c. Bekerjalah dalam kelompok, masing-masing kelompok beranggotakan 5 orang.
 - d. Diskusikan dalam kelompok hasil pengamatan yang diperoleh dan tentukan fakta-fakta yang mendukung masalah yang dianalisis, kemudian tuliskan pada kertas plano.
 - e. Komunikasikan data hasil diskusi kelompok yang telah dideskripsikan pada kertas plano (model penyajian di kertas plano diserahkan kepada kreativitas kelompok).
 - f. Tempelkan kertas plano di dinding tembok kelas, kemudian secara bergantian masing-masing kelompok membaca hasil kerja kelompok lain, sekaligus memberikan masukan secara tertulis di kertas yang telah tersedia, jangan lupa setiap masukan harus diberi identitas nama dan asal kelompok.
 - g. Diskusikan dalam kelompok untuk membandingkan fakta-fakta hasil pengamatan pada kelompok lain dengan hasil kerja kelompoknya sendiri.

- h. Kumpulkan hasil kerja tersebut kepada fasilitator melalui ketua kelas, jangan lupa memberi identitas kelompok dilengkapi dengan nama anggota.

Pertanyaan diskusi:

LK. 01

Bagaimana hasil analisis Anda tentang konsep, prinsip, manfaat dan langkah-langkah kegiatan intrakurikuler dan kegiatan ekstrakurikuler berdasarkan informasi yang telah Anda dapatkan?

LK. 02

Bagaimanakah keterkaitan antara kegiatan intrakurikuler dan ekstrakurikuler? Berikan contoh konkret berdasarkan pengalaman Anda atau berdasarkan informasi yang telah Anda dapatkan dari sumber bacaan!

- i. Di akhir kegiatan pembelajaran sub materi satu Anda akan mengomunikasikan hasil kerja kelompok pada kertas plano yang di tempel di dinding untuk diketahui dan diperbaiki oleh kelompok lain yang nantinya akan digunakan sebagai kesimpulan bersama.

Aktivitas pembelajaran 2 adalah sebagai berikut:

Pada kegiatan pembelajaran dua Anda akan melaksanakan pembelajaran yang urutannya mengikuti alur saintifik, akan tetapi setelah Anda menggali informasi Anda akan diminta bermain peran, yaitu memerankan komponen sekolah (KS, Wakasis, Pembina/Pelatih Ekstrakurikuler, dan Guru Mapel) dalam mengelola dan mengkoordinasikan kegiatan ekstrakurikuler. Langkah yang harus dilakukan pada aktivitas pembelajaran kedua ini adalah sebagai berikut:

1. Amati dan simaklah tayangan video kegiatan ekstrakurikuler secara individu melalui layar LCD di kelas.
2. Carilah informasi tentang pengelolaan dan pengkoordinasian kegiatan intrakurikuler dan ekstrakurikuler dari bacaan uraian materi pada bahan ajar ini atau dari sumber lain.
3. Lakukan kegiatan bermain peran untuk mensimulasikan seorang Kepala Sekolah sedang mengelola dan mengkoordinasikan kegiatan ekstrakurikuler mulai dari kegiatan identifikasi kebutuhan, potensi, dan minat peserta didik berdasarkan proses analisis kompetensi mata pelajaran, analisis sumber daya yang diperlukan, menyusun program ekstrakurikuler, melaksanakan program, menilai dan mengevaluasi, melaporkan, hingga tindak lanjut kegiatan ekstrakurikuler, dengan langkah sebagai berikut:
 - a. Pilihlah masing-masing satu orang untuk berperan sebagai:
 - Kepala Sekolah/KS.
 - Wakil Kepala Sekolah urusan Kesiswaan/Wakasis
 - Pembina/pelatih ekstrakurikuler/Pembina ekskul
 - Pelatih ekstrakurikuler/pelatih ekskul
 - b. Peserta yang tidak berperan sebagai tersebut di atas, berperanlah sebagai guru, kemudian bagilah menjadi 5 jenis rumpun mata pelajaran yang berbeda.
 - c. Peserta yang berperan sebagai Kepala Sekolah mengatur kegiatan penyusunan program kegiatan ekstrakurikuler dengan langkah sebagai berikut:
 - Guru mapel (ada 5 rumpun mapel) diminta melakukan analisis kompetensi mata pelajaran, kemudian hasilnya dituangkan ke dalam Format 1.

- Hasil analisis kompetensi mata pelajaran dikomunikasikan dengan wakasis, pembina kesiswaan dan/atau pelatih ekstrakurikuler.
- Wakasis bersama pembina dan/atau pelatih ekstrakurikuler menindaklanjuti hasil analisis kompetensi mata pelajaran, yang selanjutnya digunakan sebagai dasar penyusunan program kegiatan aktualisasi pada kegiatan ekstrakurikuler wajib, hasilnya dituangkan pada Format 2.

Komunikasikan hasil kerja tim di depan kelas, oleh 4 orang yang berperan sebagai KS, wakasis, pembina/pelatih, dan wakil guru mapel.

- a. Di akhir kegiatan pembelajaran dua yang berperan sebagai KS, Wakasis, Pembina/Pelatih Ekstrakurikuler, dan Guru Mapel akan mengomunikasikan hasil kerja tim agar dapat diketahui oleh semua peserta.
- b. Tagihan yang harus Anda penuhi pada aktivitas pembelajaran dua adalah: hasil kerja kelompok yang dituliskan pada format LK. 03 dan LK. 04.
- c. Setelah Anda mengikuti seluruh rangkaian kegiatan pembelajaran, diharapkan secara jujur Anda dapat menjawab pertanyaan sebagai berikut:
 - 1) Bagaimana kebermanfaatan kegiatan ekstrakurikuler terhadap pencapaian kompetensi yang diamanatkan dalam program intrakurikuler?
 - 2) Bagaimana pendapat Anda terhadap program intrakurikuler dan ekstrakurikuler?
 - 3) Bagaimana peran pembina, guru, dan pelatih pada kegiatan intrakurikuler dan ekstrakurikuler?
 - 4) Bagaimana pendapat Anda tentang kesulitan dalam menyusun dan mengkoordinasikan program intrakurikuler dan ekstrakurikuler?



RANGKUMAN

1. Intrakurikuler merupakan kegiatan pengembangan diri yang dilaksanakan melalui kegiatan proses belajar mengajar yang merupakan inti dari proses yang terjadi di sekolah sebagai lembaga formal. Kegiatan ini dapat terjadi secara berkesinambungan antara konsep pembelajaran yang dilaksanakan di dalam kelas dan di luar kelas berdasarkan penerapan kurikulum yang dilaksanakan oleh satuan pendidikan.
2. Kegiatan intrakurikuler wajib diikuti oleh peserta didik, bersifat mengikat, dilaksanakan dengan jadwal dan waktu yang jelas, dilaksanakan terus menerus sesuai kalender akademik. Sasaran dan tujuan intrakurikuler adalah menumbuhkan kemampuan akademik peserta didik, dimana kegiatannya berada di bawah tanggungjawab guru mapel atau guru kelas.
3. Intrakurikuler dilakukan sekolah secara teratur, jelas, dan terjadwal. Kegiatan ini dikelola secara sistematis yang merupakan program utama dalam proses mendidik peserta didik. Intrakurikuler, kokurikuler, dan kegiatan ekstrakurikuler merupakan kegiatan kurikulum pada satuan pendidikan yang saling terkait satu dengan yang lain, dalam rangka mencapai mutu satuan pendidikan. Kegiatan kokurikuler adalah kegiatan kurikuler yang mendukung kegiatan intrakurikuler berupa tugas-tugas pendukung pembelajaran.
4. Kegiatan Ekstrakurikuler dapat memfasilitasi bakat, minat, dan kreativitas peserta didik yang berbeda-beda, dimana kegiatannya berada dibawah tanggungjawab pembina dan/atau pelatih ekstrakurikuler.
5. Kegiatan ekstrakurikuler meliputi ekstrakurikuler wajib dan ekstrakurikuler pilihan. Kegiatan ekstrakurikuler wajib berupa kepramukaan. Ada tiga macam model pelaksanaan kepramukaan, yaitu sistem blok, aktualisasi, dan reguler.
6. Ekstrakurikuler wajib adalah program ekstrakurikuler yang harus diikuti oleh seluruh peserta didik, terkecuali bagi Peserta Didik dengan kondisi tertentu yang tidak memungkinkan untuk mengikuti kegiatan Ekstrakurikuler tersebut.
7. Penyusunan program intrakurikuler direncanakan menjadi satu kesatuan dengan kegiatan kokurikuler dan ekstrakurikuler. Kegiatan ini dilakukan dalam rangka meningkatkan penguasaan terhadap kompetensi yang diamanatkan dalam intrakurikuler.

8. Langkah penyusunan program intrakurikuler yang harus dilalui oleh pendidik adalah dengan melakukan analisis kompetensi mata pelajaran. Melalui analisis ini akan terpetakan Kompetensi Dasar tertentu yang memerlukan pengembangan atau aktualisasi lebih lanjut. Aktualisasi dari pembelajaran tersebut akan diwadahi pada kegiatan ekstrakurikuler.
9. Pelaksanaan Program Kegiatan Ekstrakurikuler yang telah disusun perlu dilakukan penilaian, evaluasi, laporan, dan rencana tindaklanjut.



TES FORMATIF

Petunjuk:

- Kerjakan soal berikut ini dengan cermat
- Pilih salah satu jawaban yang paling tepat

Soal:

1. Peserta didik merupakan anggota masyarakat yang dipandang perlu mendapatkan layanan pendidikan agar dapat tumbuh menjadi individu berkualitas dalam dimensi sikap, pengetahuan, maupun keterampilan. Pada pernyataan manakah kegiatan yang mendukung bahwa satuan pendidikan perlu mengoptimalkan pembentukan sikap dan keterampilan?
 - A. Pendidikan nasional berfungsi mengembangkan kemampuan dan membentuk watak serta peradaban bangsa yang bermartabat dalam rangka mencerdaskan kehidupan bangsa.
 - B. Pendidikan bertujuan untuk berkembangnya potensi peserta didik agar menjadi manusia yang beriman dan bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, berakhlak mulia, sehat, berilmu, cakap, kreatif, mandiri, dan menjadi warga negara yang demokratis serta bertanggung jawab.
 - C. Setiap pendidikan harus dapat memerankan fungsinya membentuk individu berkualitas dalam dimensi sikap, pengetahuan, maupun keterampilan seiring dengan tuntutan jaman.
 - D. Setiap satuan pendidikan wajib mengembangkan kegiatan untuk mewadahi potensi peserta didik sebagaimana tercantum pada Permendikbud Nomor 62 Tahun 2014 tentang Kegiatan Ekstrakurikuler pada Pendidikan Dasar dan Menengah dan Permendikbud Nomor 63 Tahun 2014 tentang Pendidikan Kepramukaan.
2. Berikut adalah pernyataan yang kurang tepat berkaitan dengan intrakurikuler, kokurikuler, dan ekstrakurikuler.

- A. Intrakurikuler merupakan kegiatan pengembangan diri yang dilaksanakan melalui kegiatan proses belajar mengajar yang merupakan inti dari proses yang terjadi di sekolah sebagai lembaga formal.
 - B. Antara intrakurikuler, kokurikuler, dan ekstrakurikuler belum tentu ada keterkaitan atau belum tentu dapat dikaitkan satu dengan lainnya.
 - C. Agar supaya peserta didik memahami dan mendalami materi yang dipelajari pada kegiatan intrakurikuler maka diperlukan kegiatan kokurikuler, kegiatan kokurikuler ini dapat berupa tugas-tugas yang mendukung pembelajarannya.
 - D. Ekstrakurikuler dilaksanakan diluar intrakurikuler, kegiatan ekstrakurikuler terdiri atas kegiatan ekstrakurikuler wajib dan pilihan, waktu pelaksanaan, sasaran dan program, teknis pelaksanaan, evaluasi dan kriteria keberhasilan berbeda dengan kegiatan intrakurikuler.
3. Pernyataan berikut berkaitan dengan karakteristik untuk mengetahui perbedaan intrakurikuler dengan ekstrakurikuler, kecuali:
- A. Kegiatan intrakurikuler wajib diikuti oleh peserta didik, bersifat mengikat, dilaksanakan dengan jadwal dan waktu yang jelas, dilaksanakan terus menerus sesuai kalender akademik.
 - B. Sasaran dan tujuan intrakurikuler adalah menumbuhkan kemampuan akademik peserta didik, dimana kegiatannya berada dibawah tanggungjawab guru mata pelajaran atau guru kelas, keberhasilan peserta didik dalam menguasai kompetensi disesuaikan dengan kurikulum yang diberlakukan oleh sekolah, dan dinilai dengan menggunakan tes dan non tes.
 - C. Kegiatan ekstrakurikuler wajib tidak harus diikuti oleh peserta didik, bersifat mengikat, dilaksanakan dengan jadwal dan waktu yang jelas, dilaksanakan terus menerus.
 - D. Ekstrakurikuler pilihan disesuaikan dengan bakat dan minat peserta didik. Sasaran dan tujuan ekstrakurikuler adalah menemukan dan mengembangkan potensi peserta didik, serta memberikan manfaat

sosial yang besar dalam mengembangkan kemampuan berkomunikasi, bekerja sama dengan orang lain.

4. Pengembangan berbagai bentuk kegiatan ekstrakurikuler pilihan dapat dilakukan melalui tahapan sebagai berikut. Manakah langkah yang tepat?
 - A. (a) analisis sumber daya yang diperlukan untuk penyelenggaraannya (b); identifikasi kebutuhan, potensi, dan minat peserta didik; (c) pemenuhan kebutuhan sumber daya sesuai pilihan peserta didik atau menyalurkannya ke satuan pendidikan atau lembaga lainnya; (d) penyusunan program kegiatan ekstrakurikuler; dan (e) penetapan bentuk kegiatan yang diselenggarakan.
 - B. (a) identifikasi kebutuhan, potensi, dan minat peserta didik; (b) analisis sumber daya yang diperlukan untuk penyelenggaraannya; (c) pemenuhan kebutuhan sumber daya sesuai pilihan peserta didik atau menyalurkannya ke satuan pendidikan atau lembaga lainnya; (d) penyusunan program kegiatan ekstrakurikuler; dan (e) penetapan bentuk kegiatan yang diselenggarakan.
 - C. (a) analisis sumber daya yang diperlukan untuk penyelenggaraannya; (b) identifikasi kebutuhan, potensi, dan minat peserta didik; (c) pemenuhan kebutuhan sumber daya sesuai pilihan peserta didik atau menyalurkannya ke satuan pendidikan atau lembaga lainnya; (d) penetapan bentuk kegiatan yang diselenggarakan, dan (e) penyusunan program Kegiatan ekstrakurikuler.
 - D. (a) identifikasi kebutuhan, potensi, dan minat peserta didik; (b) pemenuhan kebutuhan sumber daya sesuai pilihan peserta didik atau menyalurkannya ke satuan pendidikan atau lembaga lainnya; (c) analisis sumber daya yang diperlukan untuk penyelenggaraannya; (d) penyusunan program kegiatan ekstrakurikuler; dan (e) penetapan bentuk kegiatan yang diselenggarakan.
5. Kegiatan ekstrakurikuler pada satuan pendidikan dikembangkan dengan menggunakan prinsip berikut:

- A. Partisipasi aktif yakni bahwa kegiatan ekstrakurikuler menuntut keikutsertaan peserta didik dan orang tua peserta didik secara penuh sesuai dengan minat dan pilihan masing-masing; dan menyenangkan yakni bahwa kegiatan ekstrakurikuler dilaksanakan dalam suasana yang menggembirakan bagi peserta didik.
- B. Partisipasi aktif yakni bahwa kegiatan ekstrakurikuler menuntut keikutsertaan peserta didik secara penuh sesuai dengan minat dan pilihan masing-masing; dan menyenangkan yakni bahwa kegiatan ekstrakurikuler dilaksanakan dalam suasana yang menggembirakan bagi peserta didik dan segenap warga sekolah.
- C. Partisipasi aktif yakni bahwa kegiatan ekstrakurikuler menuntut keikutsertaan seluruh *stakeholder* secara penuh sesuai dengan minat dan pilihan masing-masing; dan menyenangkan yakni bahwa kegiatan ekstrakurikuler dilaksanakan dalam suasana yang menggembirakan bagi peserta didik.
- D. Partisipasi aktif yakni bahwa kegiatan ekstrakurikuler menuntut keikutsertaan peserta didik secara penuh sesuai dengan minat dan pilihan masing-masing; dan menyenangkan yakni bahwa kegiatan ekstrakurikuler dilaksanakan dalam suasana yang menggembirakan bagi peserta didik.



KUNCI JAWABAN

1. D
2. B
3. C
4. B
5. D

TEKNIK PEMESINAN BUBUT DAN FRAIS 4

Paket Keahlian : Teknik Pemesinan

Program Keahlian : Teknik Mesin

Kelompok Kompetensi : E



TEKNIK PEMESINAN BUBUT DAN FRAIS 4

PAKET KEAHLIAN : TEKNIK PEMESINAN

PROGRAM KEAHLIAN : TEKNIK MESIN

Penyusun:

Tim PPPPTK

BMTI



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN**

2015



KATA PENGANTAR

Undang–Undang Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen mengamatkan adanya pembinaan dan pengembangan profesi guru secara berkelanjutan sebagai aktualisasi dari profesi pendidik. Pembinaan Karir (PK) dilaksanakan bagi semua guru, baik yang sudah bersertifikat maupun belum bersertifikat. Untuk melaksanakan PK bagi guru, pemetaan kompetensi telah dilakukan melalui Uji Kompetensi Guru (UKG) bagi semua guru di di Indonesia sehingga dapat diketahui kondisi objektif guru saat ini dan kebutuhan peningkatan kompetensinya.

Modul ini disusun sebagai materi utama dalam program peningkatan kompetensi guru mulai tahun 2016 yang diberi nama diklat PK sesuai dengan mata pelajaran/paket keahlian yang diampu oleh guru dan kelompok kompetensi yang diindikasikan perlu untuk ditingkatkan. Untuk setiap mata pelajaran/paket keahlian telah dikembangkan sepuluh modul kelompok kompetensi yang mengacu pada kebijakan Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan tentang pengelompokan kompetensi guru sesuai jabatan Standar Kompetensi Guru (SKG) dan indikator pencapaian kompetensi (IPK) yang ada di dalamnya. Sebelumnya, soal UKG juga telah dikembangkan dalam sepuluh kelompok kompetensi. Sehingga diklat PK yang ditujukan bagi guru berdasarkan hasil UKG akan langsung dapat menjawab kebutuhan guru dalam peningkatan kompetensinya.

Sasaran program strategi pencapaian target RPJMN tahun 2015–2019 antara lain adalah meningkatnya kompetensi guru dilihat dari *Subject Knowledge* dan *Pedagogical Knowledge* yang diharapkan akan berdampak pada kualitas hasil belajar siswa. Oleh karena itu, materi yang ada di dalam modul ini meliputi kompetensi pedagogik dan kompetensi profesional. Dengan menyatukan modul kompetensi pedagogik dalam kompetensi profesional diharapkan dapat mendorong peserta diklat agar dapat langsung menerapkan kompetensi pedagogiknya dalam proses pembelajaran sesuai dengan substansi materi yang diampunya. Selain dalam bentuk *hard-copy*, modul ini dapat diperoleh juga dalam bentuk digital, sehingga guru dapat lebih mudah mengaksesnya kapan saja dan dimana saja meskipun tidak mengikuti diklat secara tatap muka.

Kepada semua pihak yang telah bekerja keras dalam penyusunan modul diklat PK ini, kami sampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Jakarta, Desember 2015
Direktur Jenderal,

Sumarna Surapranata, Ph.D
NIP: 195908011985031002



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL.....	x
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan.....	1
C. Peta Kompetensi	2
D. Ruang Lingkup.....	4
E. Cara Penggunaan Modul	5
KEGIATAN PEMBELAJARAN	7
KEGIATAN PEMBELAJARAN 1 : TEKNIK PEMBUBUTAN ULIR SEGI EMPAT	7
A. Tujuan.....	7
B. Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK).....	7
C. Uraian Materi :Teknik Pembubutan Ulir Segi Empat.	7
D. Aktivitas Pembelajaran	27
E. Latihan/ Kasus/ Tugas	29
F. Rangkuman	31
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	32
KEGIATAN PEMBELAJARAN 2 : TEKNIK PEMBUBUTAN ULIR TRAPESIUM	35
A. Tujuan.....	35
B. Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK).....	35
C. Uraian Materi: Teknik Pembubutan Ulir Trapesium	35
D. Aktivitas Pembelajaran	45
E. Latihan/ Kasus/ Tugas	47
F. Rangkuman	49
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	51
KEGIATAN PEMBELAJARAN 3 : TEKNIK PENGEFRAISAN RODA GIGI LURUS	54
A. Tujuan.....	54
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	54
C. Uraian materi	54
1. Dasar-dasar Bentuk Kontruksi Roda Gigi	54
2. Dasar-Dasar Pengefraisan Roda Gigi Lurus.....	67
3. Dasar-Dasar Pengukuran Roda Gigi	77

D. Aktivitas Pembelajaran	96
Aktivitas 1. Mengamati Kegiatan Mesin Frais (2 JP)	96
Aktivitas 2: Standarisasi Roda Gigi Lurus Dan Alat Potong (2 JP)	96
Aktivitas 3: Teknik Proses Pengfraisan Roda Gigi Lurus.....	96
Aktivitas 4: proses pengukuran / pemeriksaan roda gigi lurus (2 JP)	97
E. Latihan/ Kasus/ Tugas	98
F. Rangkuman	101
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	103
KEGIATAN PEMBELAJARAN 4 : TEKNIK PENGEFRAISAN BATANG RACK (RACK GEAR).....	107
A. Tujuan.....	107
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	107
C. Uraian Materi	107
1. Pengertian Rack dan Pinion Gear	107
2. Pengfraisan Roda Gigi Rack	108
3. Metoda Pengfraisan Batang Gigi (Rack Gear)	112
D. Aktivitas Pembelajaran	116
Aktivitas 1. Mengamati Kegiatan Mesin Frais (2 JP)	116
Aktivitas 2: Standarisasi Roda Gigi Rack Gear Dan Alat Potong (2 JP)	116
Aktivitas 3: Teknik Proses Pengfraisan Roda Gigi Rack Gear (2JP)	116
Aktivitas 4: Proses Pengukuran / Pemeriksaan Roda Gigi Rack Gear (2 JP)	
117	
E. Latihan/ Kasus/ Tugas	118
F. Rangkuman	120
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	121
KEGIATAN PEMBELAJARAN 5 : TEKNIK PENGEFRAISAN RODA GIGI PAYUNG (BEVEL GEAR)	126
A. Tujuan.....	126
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	126
C. Uraian Materi	126
D. Aktivitas Pembelajaran.....	146
E. Latihan/ Kasus/ Tugas	148
F. Rangkuman	151
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	155
KUNCI JAWABAN.....	156

PENUTUP	167
DAFTAR PUSTAKA	168
GLOSARIUM.....	170
LAMPIRAN	172



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Bentuk Dan Ukuran Profil Ulir Segiempat	8
Gambar 1. 2 Fungsi Ulir Segiempat Sebagai Penggerak.....	9
Gambar 1. 3 Jenis Ulir Segiempat	9
Gambar 1. 4 Bentuk Dan Jenis Pahat Khusus.....	10
Gambar 1. 5 Bentuk Pahat Ulir Luar Segiempat	10
Gambar 1. 6 Pahat Ulir Dalam Segiempat Jenis “lfanger”	10
Gambar 1. 7 Pemegang Pahat Dan Bentuk Pahat	11
Gambar 1. 8 Pahat Ulir Luar Segiempat.....	11
Gambar 1. 9 Pahat Ulir Dalam Segiempat.....	12
Gambar 1. 10 Pengasahan Bidang Bebas Ujung Pahat Ulir	12
Gambar 1. 11 Pahat Dipasang Pada Dudukan Rumah Pahat	12
Gambar 1. 12 Posisi Pahat Dipasang Sesumbu Senter Putar Mesin	12
Gambar 1. 13 Posisi Pahat Tegak Lurus Terhadap Sumbu Benda Kerja.....	13
Gambar 1. 14 Penyetingan Pahat Ulir Dalam Segi Empat.....	13
Gambar 1. 15 Penyetingan Sisi Potong.Pahat Ulir Dalam	13
Gambar 1. 16 Sudut Bebas Pahat Ulir Segi empat.....	14
Gambar 1. 17 Perbedaan Sudut Bebas Kiri Dan Kanan Pahat Ulir Segi Empat.....	15
Gambar 1. 18 Diameter Besar Ulir Menentukan Kecepatan Putaran	15
Gambar 1. 19 Bentuk Pahat Dengan Sisi Potong Miring	16
Gambar 1. 20 Penunjukan Skala Eretan Dan Metoda Pematongan Pahat	16
Gambar 1. 21 Pengaturan Awal Skala Eretan Dan Pengukuran Kisar Ulir.....	16
Gambar 1. 22 Periksa Pendinginan Pada Permukaan Dinding Alur Ulir	17
Gambar 1. 23 Periksa Dinding Uliran Dan Kikir Bagian Yang Tajam	17
Gambar 1. 24 Metoda Pematongan Lurus Dan Zig-Zag	17
Gambar 1. 25 Reseting Pahat Jika Pahat Patah.....	18
Gambar 1. 26 Pemakanan Ulang Dan Hindari Pahat Jika Terjepit.....	18
Gambar 1. 27 Pengaturan Tebal Pemakanan Dan Otomatis Ulir.....	18
Gambar 1. 28 Prinsip Pematongan Kisar Pada Ulir Ganda.....	19
Gambar 1. 29 Kelonggaran Ulir Searah Sumbunya.....	19
Gambar 1. 30 Pembatas Pematongan Kedalaman.....	19

Gambar 1. 31 Pembatas Pemotongan Melintang	20
Gambar 1. 32 Pengaturan Awal Pemakanan Dan Kedalam Panjang Ulir	20
Gambar 1. 33 Bubut Ulir Dalam Tandai Kedalaman Tangkai Pahat	20
Gambar 1. 34 Diperhatikan Kelenturan Pada Bubut Ulir Dalam.....	21
Gambar 1. 35 Perhatikan Saat Pemotongan Hindari Pahat Patah.....	21
Gambar 1. 36 Ilustrasi Penyetingan Ulang Pahat	21
Gambar 1. 37 Media Pendingin proses pemotongan	22
Gambar 1. 38 Pemeriksaan Ulir Dengan Alat Pemeriksa (Gauge).....	22
Gambar 1. 39 Membersihkan Alur Ulir.....	23
Gambar 1. 40 Penunjukan Ukuran Ulir Segi Empat.....	23
Gambar 2. 1 Geometris Ulir Trapezium	36
Gambar 2. 2 Jenis Dan Penggunaan Ulir Trapesium.....	37
Gambar 2. 3 Penunjukkan Ukuran Ulir Trapesium Tr.30 X 6	38
Gambar 2. 4 Penunjukkan Ukuran Ulir Trapesium Ganda	38
Gambar 2. 5 Kelonggaran Ulir Trapesium (AC)	39
Gambar 2. 6 Penampang Pahat Ulir Trapesium	39
Gambar 2. 7 Sudut-Sudut Pahat Ulir Trapesium.....	39
Gambar 2. 8 Sudut Bebas Muka Dan Belakang Pahat	40
Gambar 2. 9 Dasar Perhitungan Lebar Pahat.....	40
Gambar 2. 10 Diameter Bakalan Ulir	41
Gambar 2. 11 Posisi Pahat Terhadap Benda Kerja	41
Gambar 2. 12 Mengatur Pasangan Roda Gigi.....	42
Gambar 2. 13 Metoda Proses Pemotongan Ulir	42
Gambar 2. 14 Metode Memiringkan Eretan Atas.....	42
Gambar 2. 15 Pemeriksaan Kedalaman Ulir.....	43
Gambar 2. 16 Pemeriksa Ulir Luar Dan Dalam.....	43
Gambar 2. 17 Cara Mengukur Kedalaman Ulir.....	43
Gambar 2. 18 Diameter Poros Yang Digunakan.....	43
Gambar 2. 19 Menghitung Kedalaman Ulir.....	44
Gambar 3. 1 Bentuk Roda Gigi.....	56

Gambar 3. 2 Istilah Penting Dalam Roda Gigi	58
Gambar 3. 3 Geometri Roda Gigi Lurus	64
Gambar 3. 4 Bagian Utama Dari Roda Gigi Lurus	64
Gambar 3. 5 Bahan Poros Roda Gigi.....	67
Gambar 3. 6 Pemasangan Benda Kerja Dengan Mandril	69
Gambar 3. 7 Pisau Frais Roda Gigi	70
Gambar 3. 8 Cara Menyetel Senter Pisau/Cutter.....	72
Gambar 3. 9 Gambar Kerja Roda Gigi	75
Gambar 3. 10 Pemotongan Gigi Lurus	77
Gambar 3. 11 Bagan Roda Gigi Dengan Roda Gigi Standar(Gearmaster)	80
Gambar 3. 12 Pemeriksaan Eksentrisitas Roda Gigi	82
Gambar 3. 13 Pemeriksaan Roda Gigi Dengan Rol Baja.....	82
Gambar 3. 14 Pemeriksaan Roda Gigi Ganjil Dengan Rol Baja	83
Gambar 3. 15 Pemeriksaan Diameter Lingkaran Pitch	84
Gambar 3. 16 Pengukuran Tebal Gigi pada Garis Pitch	85
Gambar 3. 17 Pemeriksaan Tebal Gigi Pada Contant Chord.....	86
Gambar 3. 18 Pengukuran Tebal Gigi Sistem Base Tangent.....	87
Gambar 3. 19 Pengukuran Tebal Gigi Dengan Mikrometer	88
Gambar 3. 20 Pemeriksaan Jarak Gigi/Kisar (Pitch).....	88
Gambar 3. 21 Pemeriksaan Bentuk Involute Gigi	89
Gambar 3. 22 Pemeriksaan Bentuk Involute Gigi David Brown	90
Gambar 3. 23 Pemeriksaan Kelonggaran Back Lash	91
Gambar 3. 24 Benda Kerja Pengefraisan Roda Gigi.....	92
Gambar 3. 25 Periksa Benda Kerja, Mandril, Pisau Frais	92
Gambar 3. 26 Tentukan Pelat Pembagi.....	93
Gambar 3. 27 Pemasangan Kepala Pembagi Pada Mesin	93
Gambar 3. 28 Posisi Sumbu Frais Pada Sumbu Benda Kerja	93
Gambar 3. 29 Stopper Pembatas Jarak Langkah Meja	94
Gambar 3. 30 Arah Pengefraisan Alur Gigi.....	94
Gambar 3. 31 Tahapan Pengefraisan Gigi	95
Gambar 3. 32 Pengukur Roda Gigi.....	95
Gambar 3. 33 Chamfer Profil Roda Gigi Yang Tajam	95

Gambar 4. 1 Bentuk Rack Gear Gigi Lurus Dan Miring	108
Gambar 4. 2 Ukuran Gigi Rack.....	108
Gambar 4. 3 Pencekaman Benda Kerja Pada Meja Mesin.....	110
Gambar 4. 4 Batang Gigi Merubah Gerak Lurus Menjadi Gerak Putar	112
Gambar 4. 5 Pengefraisan Batang Gigi Dengan Menggeser Langsung Spindel Meja	112
Gambar 4. 6 Proses Dengan Skala Spindel Meja.....	113
Gambar 4. 7 Cekam Benda Kerja Dengan Klem Pada Meja Mesin	113
Gambar 4. 8 Menseting Posisi Nol Awal Pergerakan Benda Kerja	114
Gambar 4. 9 Setting Pemotongan Alur Gigi.....	114
Gambar 4. 10 Lakukan Pengefraisan Alur	115
Gambar 4. 11 Hilangkan Tajam Sudut Gigi Dengan Kikir	115
Gambar 4. 12 Periksa Ketebalan Gigi Dengan Jangka Sorong	115
Gambar 5. 1 Spesifikasi Geomertri Roda Gigi Payung Lurus	127
Gambar 5. 2 Spesifikasi Roda Gigi Payung Miring	132
Gambar 5. 3 Jangka Sorong Pengukuran Roda Gigi.....	136
Gambar 5. 4 Memfrais Bentuk Roda Gigi Payung	138
Gambar 5. 5 Pemasangan Kepala Pembagi.....	138
Gambar 5. 6 Penyetingan Kemiringan Kepala Pembagi	139
Gambar 5. 7 Pemasangan Posisi Pisau Frais.....	139
Gambar 5. 8 Konstruksi Gigi Roda Gigi Payung	140
Gambar 5. 9 Pengefraisan Roda Gigi Payung Lurus	140
Gambar 5. 10 Koreksi nc2 Pengefraisan Roda Gigi Payung Lurus.....	140
Gambar 5. 11 Koreksi HT Pengefraisan Roda Gigi Payung Lurus.....	141
Gambar 5. 12 Koreksi HT2 Pengefraisan roda gigi payung lurus.....	141
Gambar 5. 13 Koreksi nc3 Pengefraisan Roda Gigi Payung Lurus.....	141
Gambar 5. 14 Pemeriksaan Dimensi Gigi Dengan Jangka Sorong.....	142
Gambar 5. 15 Gambar Kerja Pembuatan Roda Gigi Payung.....	142
Gambar 5. 16 Pemasangan Kepala Pembagi.....	143
Gambar 5. 17 Penyetingan Kemiringan Kepala Pembagi	143

Gambar 5. 18 Pemasangan Posisi Pisau Frais.....	143
Gambar 5. 19 Pengefraisan Roda Gigi Payung Lurus	144
Gambar 5. 20 Koreksi Nc2 Pengefraisan Roda Gigi Payung Lurus	144
Gambar 5. 21 Koreksi Nc3 Pengefraisan Roda Gigi Payung Lurus	145
Gambar 5. 22 Koreksi 2HT Pengefraisan Roda Gigi Payung Lurus.....	145
Gambar 5. 23 Pemeriksaan Dimensi Gigi Dengan Jangka Sorong.....	145



DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Standarisasi Ulir Segi Empat	8
Tabel 1. 2 Langkah Kerja Proses Pembubutan Ulir Segi Empat	24
Tabel 2. 1 Standar Dimensi Ulir Trapesium	36
Tabel 3. 1 Modul Standar JIS B 1701-1973	61
Tabel 3. 2 Modul Standar NEN 1630	61
Tabel 3. 3 Modul Standar DIN 780	61
Tabel 3. 4 Tabel Hubungan Modul – CP - DP	63
Tabel 3. 5 Ukuran Utama Roda Gigi Sistem Modul	65
Tabel 3. 6 Ukuran Utama Roda Gigi Sistem Diametral Pitch	66
Tabel 3. 7 Pemilihan nomor pisau sistim modul	70
Tabel 3. 8 Satu set cutter modul dengan 15 nomor	71
Tabel 3. 9 Satu Set Cutter Modul Sistem Diameter Pitch	71
Tabel 5. 1 Rumus Geometri Roda Gigi Payung Lurus	127
Tabel 5. 2 Contoh Dimensi Geometri Roda Gigi Payung Lurus	130
Tabel 5. 3 Tabel Roda Gigi Payung Miring	133
Tabel 5. 4 Tabel Roda Gigi Payung Miring (Lanjutan)	133
Tabel 5. 5 Contoh Dimensi Perhitungan Roda Gigi Payung Miring	134
Tabel 5. 6 Pengukuran Roda Gigiharga S dan Ha	137



PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Modul PK level 5 “Teknik Pemesinan Bubut” merupakan salah satu modul dari 10 modul yang direncanakan untuk kegiatan pembelajaran program diklat produktif. Hasil yang akan didapat setelah mempelajari modul ini peserta diklat akan mampu baik secara teori maupun praktik tentang teknik pembuatan ulir penggerak/transmisi segi empat, ulir trapesium dengan mesin bubut dan teknik teknik pembuatan roda gigi lurus, rack gear lurus dan roda gigi payung dengan mesin frais. Selain itu juga menguasai tentang cara penggunaan alat-alat bantu dan alat perkakas yang digunakan dalam mesin bubut itu.

Uraian kegiatan pembelajaran Modul ini berisi bahan kajian teori dan latihan praktik. Karena pelatihan praktik berdasarkan kepada kajian teori maka sebelum melaksanakan pelatihan praktik tersebut peserta diklat harus sudah mengerti, memahami dan menguasai kajian teorinya dengan baik.

Waktu penyelesaian untuk modul ini adalah 200 jam pembelajaran. Namun perlu diingat bahwa pada sistem pelatihan berdasarkan kompetensi fokusnya ada pada pencapaian kompetensi bukan pada lamanya waktu. Setiap peserta diklat mungkin membutuhkan waktu yang berbeda pula untuk menjadi kompeten dalam keterampilan tertentu. Oleh karena itu kegiatan dan waktu penyelesaian modul untuk setiap peserta diklat tidak selalu sama dan sangat tergantung dari kecepatan dan kemampuan individu peserta diklat.

B. Tujuan

Modul ini disajikan dengan tujuan memberikan bekal pengetahuan dan keterampilan Teknik Pemesinan level 5 serta keselamatan kerja khususnya dalam Teknik Pemesinan Bubut 5, sehingga peserta diklat memiliki Kompetensi Guru Paket Keahlian , yaitu mampu:

1. Teknik pembubutan ulir segi empat sesuai dengan tuntutan pekerjaan
2. Teknik pembubutan ulir trapesium sesuai dengan tuntutan pekerjaan
3. Teknik pengefraisan roda gigi lurus sesuai dengan tuntutan pekerjaan

4. Teknik pengefraisan gigi rack/rack gear lurus sesuai dengan tuntutan pekerjaan
5. Teknik pengefraisan roda gigi patung sesuai dengan tuntutan pekerjaan.

C. Peta Kompetensi

Kompetensi Inti Guru			
Grade	Kompetensi Guru Paket Keahlian	Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK)	Deskripsi Materi
5	Menggunakan teknik pembubutan ulir segi empat, ulir trapesium	<ul style="list-style-type: none"> - Melakukan teknik pembubutan ulir segi empat sesuai dengan tuntutan pekerjaan. - Melakukan teknik pembubutan ulir trapesium sesuai dengan tuntutan pekerjaan 	Materi L-5 terdiri atas: <ul style="list-style-type: none"> • Standarisasi ulir segi empat dan ulir trapezium (Geometris, bahan) • Metoda pembuatan ulir segi empat dan trapezium • Alat potong ulir segi empat dan trapezium. <ul style="list-style-type: none"> – Geometris – Pemeriksaan / pengukuran alat potong • Teknik pembubutan ulir segi empat <ul style="list-style-type: none"> – Tahapan pembubutan ulir segi empat – Pengaturan roda gigi pengganti – Pemasangan dan Pengaturan alat potong – Pengaturan kecepatan, dalam pemotongan (Parameter) • Pengukuran / pemeriksaan ulir segi empat dan trapezium. • Teknik pembubutan ulir trapezium <ul style="list-style-type: none"> – Tahapan pembubutan ulir trapesium – Pengaturan roda gigi pengganti
	Menggunakan teknik pengefraisan roda gigi lurus, dan rack lurus	<ul style="list-style-type: none"> - Merancang pembuatan roda gigi lurus - Melakukan teknik pengefraisan roda gigi lurus jenis modul dan diameter pitch - Merancang pembuatan gigi rack lurus - Melakukan teknik pengefraisan gigi rack lurus 	
	Menggunakan teknik pengefraisan roda gigi payung.	<ul style="list-style-type: none"> - Merancang pembuatan roda gigi payung - Melakukan teknik pengefraisan untuk pembuatan roda gigi payung 	

			<ul style="list-style-type: none"> – Pemasangan dan Pengaturan alat potong – Pengaturan kecepatan, dalam pemotongan (Parameter) • Standarisasi roda gigi lurus (Geometris, bahan) • Metoda pembuatan roda gigi lurus • Alat potong roda gigi lurus <ul style="list-style-type: none"> – Geometris – Pemeriksaan / pengukuran alat potong • Teknik pengfraisan roda gigi lurus <ul style="list-style-type: none"> – Tahapan Tahapan pengfraisan roda gigi lurus – Pengaturan roda gigi pengganti – Pemasangan dan Pengaturan alat potong – Pengaturan kecepatan, dalam pemotongan (Parameter) • Standarisasi rack gear (Geometris, bahan) • Metoda pembuatan rack gear • Alat potong rack gear <ul style="list-style-type: none"> – Geometris – Pemeriksaan / pengukuran alat potong • Teknik pengfraisan rack lurus <ul style="list-style-type: none"> – Tahapan Tahapan pengfraisan rack gear – Pemasangan dan Pengaturan alat potong – Pengaturan kecepatan, dalam pemotongan (Parameter)
--	--	--	--

			<ul style="list-style-type: none"> • Standarisasi roda gigi payung (Geometris, bahan) • Metoda pembuatan roda gigi payung • Alat potong roda gigi payung <ul style="list-style-type: none"> – Geometris – Pemeriksaan / pengukuran alat potong • Teknik pengefraisan pembuatan roda gigi payung . <ul style="list-style-type: none"> – Tahapan Tahapan pengefraisan roda gigi payung – Pemasangan dan Pengaturan alat potong – Pengaturan kecepatan, dalam pemotongan (Parameter)
--	--	--	--

D. Ruang Lingkup

Lingkup pembelajaran dalam Modul PK Teknik Pemesinan pada level 5 “Teknik Pemesinan Bubut 5” yaitu :

1. Kegiatan Belajar 1 (Pedagogik)
2. Kegiatan Belajar 2 menjelaskan Teknik pembubutan ulir segi empat
3. Kegiatan Belajar 3 menjelaskan teknik pembubutan ulir trapesium
4. Kegiatan Belajar 4 menjelaskan teknik pengefraisan roda gigi lurus
5. Kegiatan Belajar 5 menjelaskan teknik pengefraisan gigi rack lurus
6. Kegiatan Belajar 6 menjelaskan teknik pengefraisan roda gigi payung

Kegiatan Belajar 2 sampai 6 membahas materi materi : Perlengkapan mesin bubut untuk pembuatan ulir/ poros eksentrik; Alat potong pada mesin bubut untuk pembuatan ulir/ poros eksentrik; Spesifikasi Geometri ulir/ poros eksentrik; Teknik

pengukuran ulir/ poros eksentrik; Teknik pembubutan ulir/ poros eksentrik; Tahapan pengebubutan ulir/ poros eksentrik; Pemasangan dan Pengaturan alat potong; Pengaturan kecepatan pemotongan (Parameter).

Perlengkapan frais mesin untuk pembuatan roda gigi; Alat potong pada mesin frais untuk pembuatan roda gigi; Tentang Teknik pembuatan roda gigi pada mesin frais; Spesifikasi Geometri roda gigi; Teknik pengukuran roda gigi; Teknik pengefraisan roda gigi ; Tahapan pengefraisan roda gigi; Pemasangan dan Pengaturan alat potong; Pengaturan kecepatan kedalaman pemotongan (Parameter)

E. Cara Penggunaan Modul

1. Peserta pelatihan

- a. Baca bahan/materi yang telah diidentifikasi dalam setiap tahap belajar dengan tujuan mendapatkan tinjauan umum mengenai isi proses belajar anda.
- b. Buat catatan terhadap apa yang telah dibaca.
- c. Pikirkanlah bagaimana pengetahuan baru yang diperoleh berhubungan dengan pengetahuan dan pengalaman yang telah anda miliki.
- d. Rencanakan aplikasi praktik pengetahuan dan keterampilan anda.
- e. Coba kerjakan seluruh pertanyaan dan tugas praktik yang terdapat pada tahap belajar.
- f. Merevisi dan meninjau materi belajar agar dapat menggabungkan pengetahuan anda.
- g. Mengamati keterampilan praktik yang didemonstrasikan oleh pelatih atau orang yang telah berpengalaman lainnya.
- h. Ajukan pertanyaan kepada pelatih tentang konsep sulit yang anda temukan.
- i. Menerapkan praktik kerja yang aman.
- j. Mengamati indikator kemajuan personal melalui kegiatan praktik
- k. Melaksanakan tugas penilaian untuk penyelesaian belajar anda.
- l. Mempraktikkan keterampilan baru yang telah anda peroleh.
- m. Jika ada sesuatu yang tidak anda mengerti pada modul ini, tanyakan pada pelatih untuk membantu anda.
- n. Pusatkan pada pencapaian pengetahuan dan keterampilan baru.

2. Peran pelatih

- a. Membantu anda untuk merencanakan proses belajar.
- b. Membimbing anda melalui tugas-tugas pelatihan yang dijelaskan dalam tahap belajar.
- c. Membantu anda untuk memahami konsep dan praktik baru dan untuk menjawab pertanyaan anda mengenai proses belajar anda.
- d. Membantu anda untuk menentukan dan mengakses sumber tambahan lain yang anda perlukan untuk belajar anda.
- e. Mengorganisasikan kegiatan belajar kelompok jika diperlukan.
- f. Merencanakan seorang ahli dari tempat kerja untuk membantu jika diperlukan.
- g. Melaksanakan penilaian apabila anda telah siap dan merencanakan proses belajar dan penilaian selanjutnya dengan anda.
- h. Menjelaskan kepada anda mengenai hal yang perlu untuk diperbaiki dan merundingkan rencana pelatihan selanjutnya dengan anda.
- i. Mencatat pencapaian/perolehan anda.



KEGIATAN PEMBELAJARAN

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1 : TEKNIK PEMBUBUTAN ULIR SEGI EMPAT

A. Tujuan

1. Setelah berdiskusi dan menggali informasi, peserta diklat dapat menjelaskan langkah pembubutan ulir segi empat sesuai SOP secara jujur dan menghargai pendapat peserta diklat lainnya.
2. Setelah berdiskusi dan menggali informasi, peserta diklat dapat melakukan pemasangan alat potong sesuai SOP secara teliti dan mandiri.
3. Setelah berdiskusi dan menggali informasi, peserta diklat dapat melakukan pembubutan ulir segi empat sesuai SOP secara teliti dan mandiri.
4. Setelah berdiskusi dan menggali informasi, peserta diklat dapat melakukan pemeriksaan ulir segi empat dengan teliti.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK)

- Melakukan teknik pembubutan ulir segi empat sesuai dengan tuntutan pekerjaan.

C. Uraian Materi :Teknik Pembubutan Ulir Segi Empat.

Bahan Bacaan :

1. Metoda Pembubutan Ulir Segi Empat

Selain ilmu pengetahuan , sikap kerja dan keterampilan serta kemampuan mengoperasikan mesin, Dalam pembuatan ulir segiempat memerlukan pemahaman bentuk dan dimensi ukir segiempat , sehingga bisa menentukan bentuk dan penyetelan pahat ulir pada mesin bubut

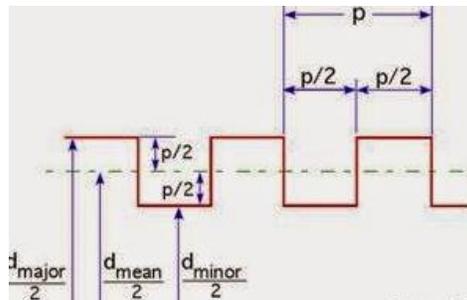
2. Geometri Ulir Segi Empat

Tabel 1. 1 Standarisasi Ulir Segi Empat

Square Threads				
Note: $h_1 = 0,5 \times P$ $H = (0,5 \times P) + a$ $h_2 = (0,5 \times P) - b$ $e = 0,5 \times P$ $D = d + (2 \times a)$ $d_1 = d - (2 \times h_1)$				
Nominal diameter	Major Diameter		Minor Diameter, d_1	Pitch, P
	Bolt, d	Nut, D		
22	22	22.5	17	5
26	26	26.5	21	5
30	30	30.5	24	6
36	36	36.5	30	6
40	40	40.5	33	7
44	44	44.5	37	7
48	48	48.5	40	8
52	52	52.5	44	8
60	60	60.5	51	9

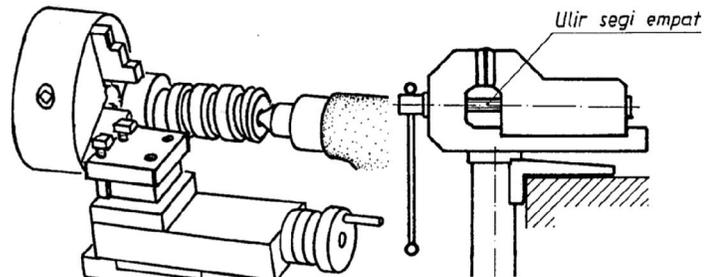
Example : SQ 30 x 6
 A square thread of nominal diameter = 30 mm and Pitch = 6 mm.

Tr 30 x 16 P 2
 (A multiple start ISO Metric trapezoidal screw thread of Nominal Diameter = 30 mm and Pitch = 16 mm : 2 mm = 8 gangs)



Gambar 1. 1 Bentuk Dan Ukuran Profil Ulir Segiempat

Fungsi ulir segi empat sering digunakan sebagai penggerak seperti pada ragum,, pembawa eretan pada meja mesin karena jenis ulir ini kuat menahan beban aksial, seperti yang perlihatkan pada gambar dibawah ini



Gambar 1. 2 Fungsi Ulir Segiempat Sebagai Penggerak

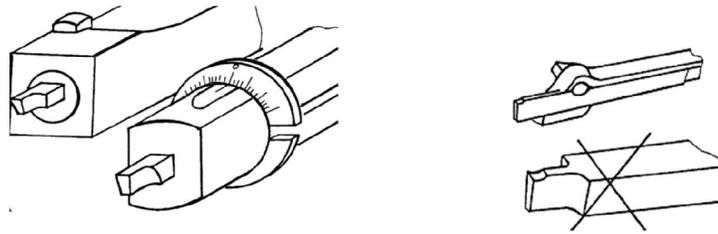
Menurut arah putaran spiralnya ada jenis ulir segiempat dapat dibuat menjadi dua macam, yaitu kekiri atau kekanan., selain itu menurut jumlah ulirannya dalam satu poros ,pada ulir segiempat juga dapat dibuat menjadi ulir ganda atau majemuk. seperti yang perlihatkan pada gambar dibawah ini



Gambar 1. 3 Jenis Ulir Segiempat

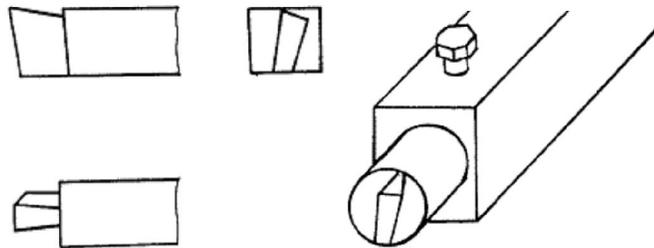
3. Pahat Bubut Ulir Segi Empat.

1.1 Bentuk dan jenis Pahat pemotong benda kerja jenis khusus selalu dilengkapi dengan pemegang (holder). Sedangkan pahat pemotong yang terbuat dari bahan pahat berpenampang segiempat, bentuknya disesuaikan dengan posisi pemotongan. Tidak dianjurkan untuk dibuat, karena akan membuang bahan terlalu banyak., seperti yang perlihatkan pada gambar dibawah ini



Gambar 1. 4 Bentuk Dan Jenis Pahat Khusus

1.2 Bentuk pahat alur ulir segiempat disesuaikan dengan bentuk dasar dan arah pemotongannya. Untuk bahan dasar berpenampang segiempat. Bahan dasar berpenampang bulat biasanya dilengkapi dengan pemegang (holder).



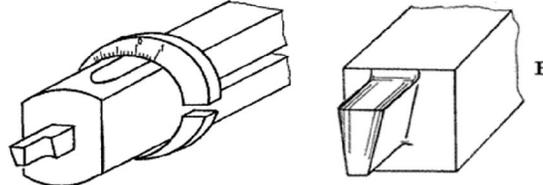
Gambar 1. 5 Bentuk Pahat Ulir Luar Segiempat

1.3 Pahat ulir dalam segiempat jenis "ifanger" telah terbentuk sesuai dengan kebutuhan yang dilengkapi dengan tangkai khusus. Apabila saudara kesulitan untuk mendapatkan jenis pahat "ifanger" mata pahat dapat dibuat dari bahan pahat berpenampang bulat dan dilengkapi dengan pemegang (holder).



Gambar 1. 6 Pahat Ulir Dalam Segiempat Jenis "Ifanger"

1.4 Atau dapat juga terbuat dari bahan berpenampang segiempat yang dilengkapi dengan pemegang berskala. Bentuk pahat seperti (terlihat pada gambar berikut) tidak baik digunakan karena akan terjepit selama proses pemotongan.



Gambar 1. 7 Pemegang Pahat Dan Bentuk Pahat

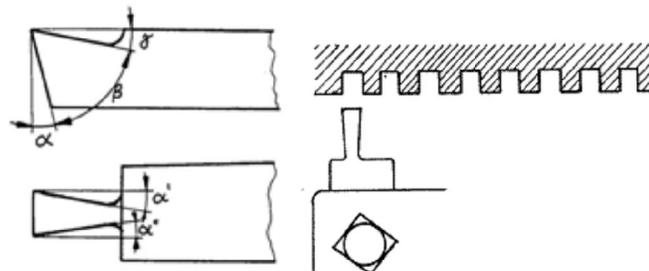
1.5 Pahat ulir luar segiempat digunakan untuk membuat alur ulir segiempat tunggal maupun majemuk. Sudut-sudut pahat potong :

α = Sudut bebas

β = Sudut baji

γ = Sudut buang

δ = Sudut potong



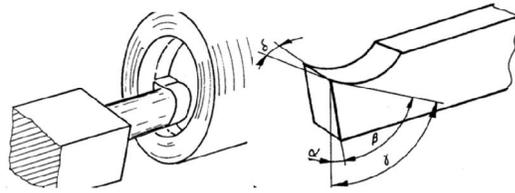
Gambar 1. 8 Pahat Ulir Luar Segiempat

1.6 Pahat ulir dalam segiempat digunakan untuk membentuk alur ulir segiempat dalam. Istilah Sudut-sudut pahat ulir luar dan dalam segiempat adalah :

α = Sudut bebas

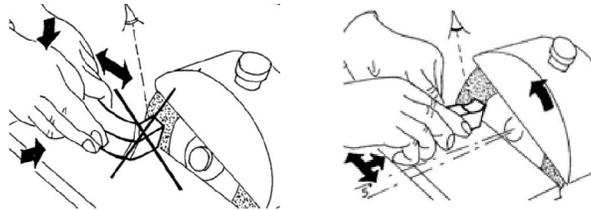
β = Sudut baji

γ = Sudut buang



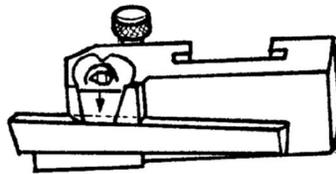
Gambar 1. 9 Pahat Ulir Dalam Segiempat

1.7 Apabila pahat potong tumpul, maka bagian yang digerinda hanya pada bagian bidang bebas ujungnya saja. Pahat ulir luar dan dalam segiempat tidak dapat diasah ulang, karena akan mengakibatkan ukuran lebar sisi potong akan berkurang



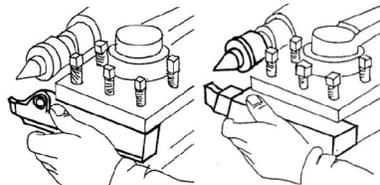
Gambar 1. 10 Pengasahan Bidang Bebas Ujung Pahat Ulir

1.8 Pencekaman pahat ulir dijepit pada tangkai pahat, kemudian dipasang pada dudukan rumah pahat (*tool holder*).



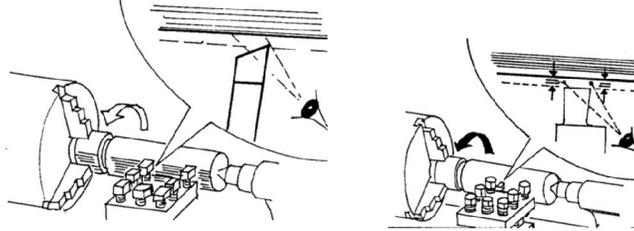
Gambar 1. 11 Pahat Dipasang Pada Dudukan Rumah Pahat

1.9 Kemudian diatur ketinggiannya setinggi sumbu benda kerja dan Posisi pahat potong dipasang tegak lurus terhadap sumbu benda kerja



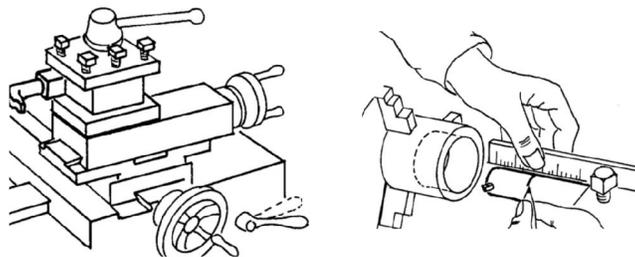
Gambar 1. 12 Posisi Pahat Dipasang Sesumbu Senter Putar Mesin

1.10 Penjepitan pahat ulir luar segiempat dipasang dan diatur setinggi sumbu benda kerja. Sebaiknya Posisi pahat diatur tegak lurus terhadap sumbu benda kerja dengan menggunakan alat bantu mal ulir, seperti terlihat gambar dibawah ini :



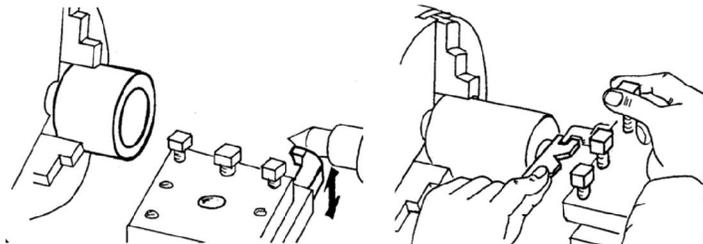
Gambar 1. 13 Posisi Pahat Tegak Lurus Terhadap Sumbu Benda Kerja

1.11 Sedangkan pahat ulir dalam segiempat, pertama-tama diatur pada penjepit pahat sehingga posisi sisi potong segaris dengan sumbu pahat itu sendiri (mendatar). Kedua, perhatikan panjang pahat, karena harus disesuaikan dengan kedalaman pemotongan dan tandailah agar terhindar dari tabrakan, seperti terlihat gambar dibawah ini :.



Gambar 1. 14 Penyetingan Pahat Ulir Dalam Segi Empat

1.12 Selanjutnya, sisi potong diatur setinggi sumbu benda kerja. Pengaturan posisi pahat agar tegak lurus terhadap sumbu benda kerja, menggunakan alat bantu mal ulir seperti terlihat gambar dibawah ini :.



Gambar 1. 15 Penyetingan Sisi Potong.Pahat Ulir Dalam

2. Perhitungan Sudut Bebas Pahat Ulir

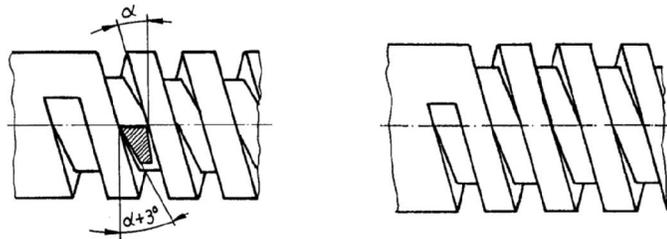
Menghitung sudut bebas kiri dan kanan pahat ulir luar segiempat tergantung dari sudut kisar ulir.

Sudut kisar ulir segiempat :

$$\text{Tangen sudut kisar } (\alpha) = \frac{\text{kisar}}{\text{keliling}}$$

$$\tan \alpha = \frac{P}{\pi \cdot d}$$

$d = d_3 =$ diameter tengah.



Gambar 1. 16 Sudut Bebas Pahat Ulir Segi empat

$$d_3 = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

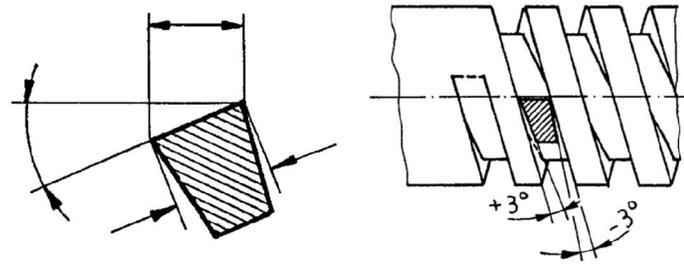
Menghitung lebar sisi potong pahat ulir segiempat.

$$L_1 = \frac{\text{kisar}}{2}$$

Panjang pahat minimal harus sama dengan L_1 , tapi harus lebih sedikit dari ukuran tersebut agar terdapat kebebasan antara leher pahat dengan profil ulir yang terbentuk.

Untuk sudut bebas kiri = sudut kisar + 3°

Untuk sudut bebas kanan = sudut kisar - 3°

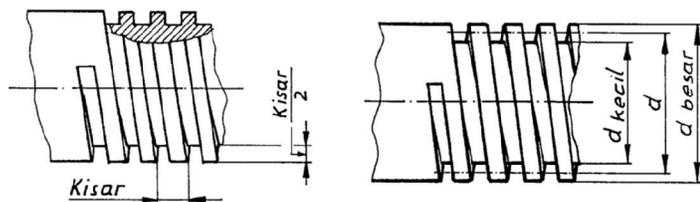


Gambar 1. 17 Perbedaan Sudut Bebas Kiri Dan Kanan Pahat Ulir Segi Empat

Kedalaman maksimal pemakanan = $\frac{kisar}{2}$, berarti maksimal kedalaman pemotongan dari pahat sebesar $\frac{kisar}{2}$ akan menghasilkan diameter terbesar dan terkecil.

Kecepatan putar pembubutan ulir tergantung keahlian operator atau $(1/3 - 1/2)$ x kecepatan putar normal

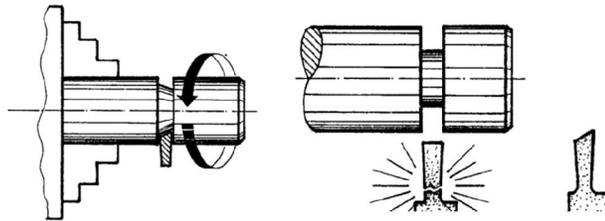
Kecepatan putar normal $\frac{Vc.1000}{\pi.d}$ dimana $d = \frac{d_{besar} + d_{kecil}}{2}$



Gambar 1. 18 Diameter Besar Ulir Menentukan Kecepatan Putaran

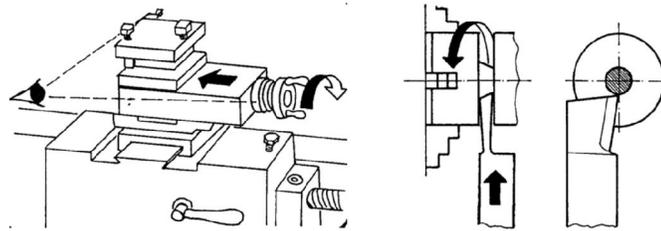
3. Proses Pemotongan Ulir

3.1 Gaya yang timbul pada pahat dengan bidang miring γ . Pahat ulir lebih mudah patah dibandingkan pahat potong (pahat dengan sisi potong miring). Oleh karena itu pada proses pemotongan ulir diatur Kecepatan putar mempergunakan pahat potong sama dengan sepertiga dari kecepatan putar normal.



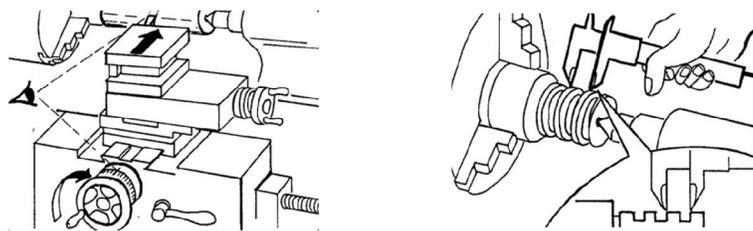
Gambar 1. 19 Bentuk Pahat Dengan Sisi Potong Miring

3.2 Agar hasil sesuai dengan ukuran yang diinginkan, posisi pahat potong harus diatur dengan memperhitungkan skala eretan memanjang. Metoda pemotongan dengan pahat potong, dilakukan dengan cara tegak lurus sumbu benda kerja.



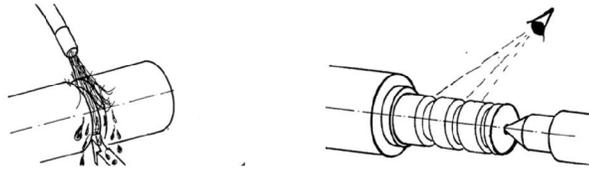
Gambar 1. 20 Penunjukan Skala Eretan Dan Metoda Pemotongan Pahat

3.3 Proses pemotongan ulir luar segiempat, posisi ujung sisipotong pahat harus berada pada permukaan awal pemotongan dengan menyentuh perlahan dan skala eretan melintang di 'nol' kan. Untuk memeriksa kisar ulir yang dihasilkan sesuai dengan yang diinginkan, dilakukan pemotongan awal kemudian ukur dengan jangka sorong.



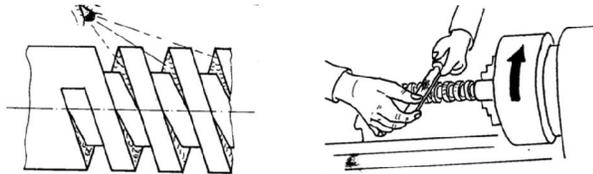
Gambar 1. 21 Pengaturan Awal Skala Eretan Dan Pengukuran Kisar Ulir

3.4 Media pendingin yang sesuai pada proses pemotongan agar pahat menyayat dengan baik dan tatal mengalir dengan lancar. Setelah pemakanan mencapai kira-kira setengah dari kedalaman yang diharuskan, periksa permukaan kedua dinding alur ulir. Perhatikan gambar dibawah ini



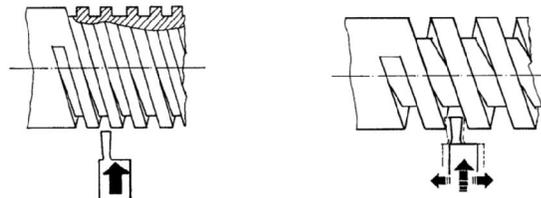
Gambar 1. 22 Periksa Pendinginan Pada Permukaan Dinding Alur Ulir

3.5 Apabila permukaan kedua dinding alur ulir yang terbentuk kasar, dapat disimpulkan bahwa pemasangan kemiringan pahat tidak tepat. Apabila kedalaman telah mencapai ukuran yang diharuskan, kemudian bagian yang tajam dibersihkan dengan kikir atau ampelas.



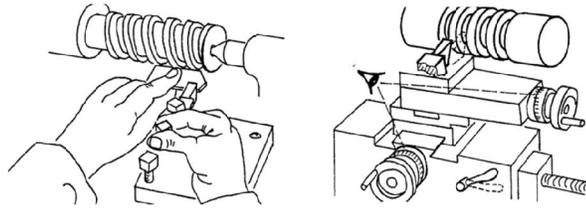
Gambar 1. 23 Periksa Dinding Uliran Dan Kikir Bagian Yang Tajam

3.6 Metoda pemotongan lurus (langsung) dilakukan apabila membuat alur ulir berukuran kecil atau bahan benda benda kerja lunak. Sedangkan pembuatan alur ulir berukuran besar dilakukan dengan metoda pemotongan zig-zag. Perhatikan kelonggaran ulir eretan atas pada saat menggeser zig-zag.



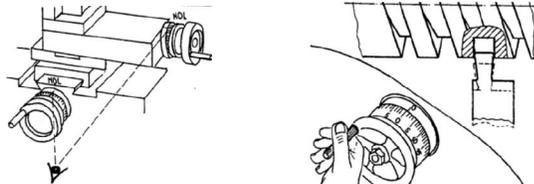
Gambar 1. 24 Metoda Pemotongan Lurus Dan Zig-Zag

3.7 Apabila pada saat proses pemotongan pahat patah, maka posisi penjepitan pahat pengganti harus diatur dengan baik. Pengaturan posisi pahat terhadap alur ulir dilakukan pada saat otomatis pemakanan, pahat diatur terhadap alur semula dengan menggeser eretan melintang dan memanjang.



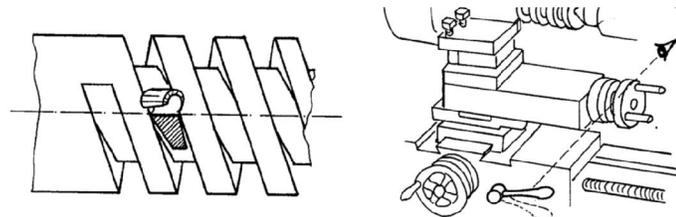
Gambar 1. 25 Reseting Pahat Jika Pahat Patah

3.8 Pemakanan dilanjutkan dengan menghitung kedalaman semula atau menghitung kembali dari awal. Dianjurkan proses pemakanan ulang dilakukan dari awal secara bertahap, agar terhindar dari kemungkinan pahat terjepit.



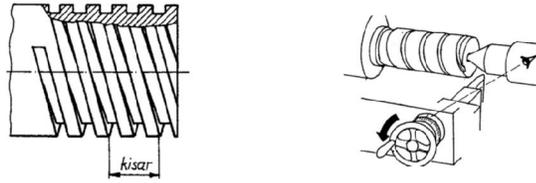
Gambar 1. 26 Pemakanan Ulang Dan Hindari Pahat Jika Terjepit

3.9 Berhati-hatilah mengatur kedalaman pemakanan, karena kadang-kadang terjadi pemakanan menebal secara tiba-tiba. Sebelum alur ulir selesai dengan baik jangan melepaskan handel penghubung otomatis ulir, karena akan merubah posisi pahat terhadap alur semula.



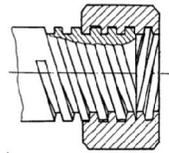
Gambar 1. 27 Pengaturan Tebal Pemakanan Dan Otomatis Ulir

3.10 Untuk proses pembuatan alur ulir ganda atau majemuk, prinsip pemotongannya sama dengan alur ulir tunggal, hanya saja pada saat akan melakukan pemotongan alur ulir berikutnya pahat digeser sejarak satu kali gang.



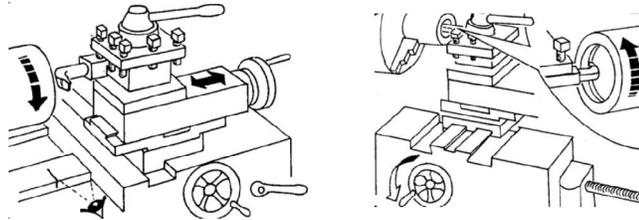
Gambar 1. 28 Prinsip Pemotongan Kisar Pada Ulir Ganda

3.11 Pada saat proses pemotongan alur ulir yang mempunyai kisar besar (majemuk), kecepatan langkah penyayat diperlambat karena gaya-gaya yang terjadi pada pahat akan besar. Hasil yang baik ulir segiempat ganda (majemuk) tidak terdapat kelonggaran searah sumbunya



Gambar 1. 29 Kelonggaran Ulir Searah Sumbunya

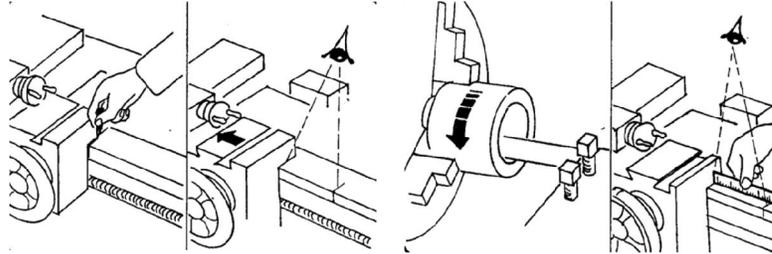
3.12 Pada proses pemotongan alur ulir dalam segiempat sebaiknya dibuat tanda pembatas kedalaman pemotongan, pada permukaan luar. Pengaturan sisi potong terhadap permukaan diameter dalam benda kerja dilakukan pada saat mesin dalam keadaan berputar, kemudian skala eretan melintang di"nol"kan.



Gambar 1. 30 Pembatas Pemotongan Kedalaman

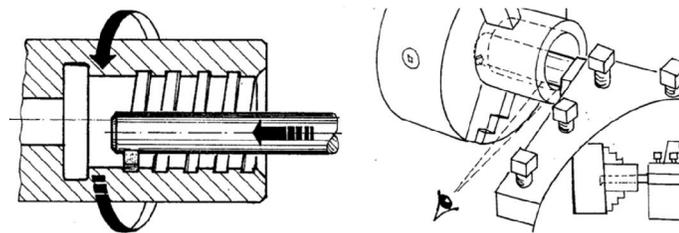
3.13 Kisar ulir yang akan dibuat diperiksa dengan cara menjalankan mesin sebanyak putaran tertentu dan eretan akan bergeser sejauh tertentu. Kebenaran kisar ulir yang akan dibuat dapat dihitung dengan cara :

$$Kisar = \frac{\text{Jarak langkah}}{\text{Jumlah putaran}}$$



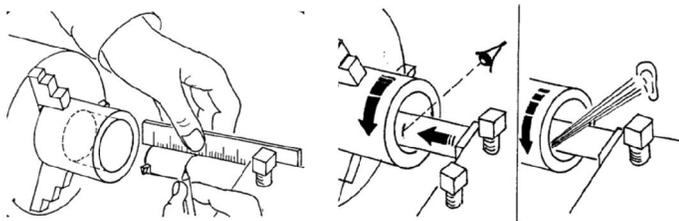
Gambar 1. 31 Pembatas Pemotongan Melintang

3.14 Pemakanan awal dilakukan untuk mengetahui kerataan dan kesempurnaan pahat memotong benda kerja. Penjepitan pahat dipasang sedikit lebih panjang dari panjang benda kerja apabila membuat alur ulir tembus. Berilah tanda pembatas kedalam panjang ulir.



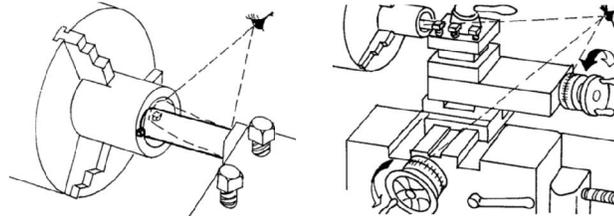
Gambar 1. 32 Pengaturan Awal Pemakanan Dan Kedalam Panjang Ulir

3.15 Apabila ulir yang akan dibentuk panjangnya terbatas (tidak tembus), tandai tangkai pahat atau eretan memanjang. Amati dan dengarkan pada saat proses pemotongan berlangsung agar mengetahui dengan jelas hasil yang didapat.



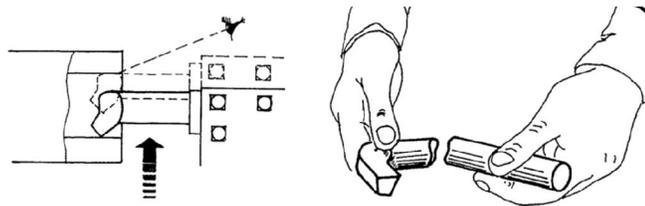
Gambar 1. 33 Bubut Ulir Dalam Tandai Kedalaman Tangkai Pahat

- 3.16 Untuk ulir dalam yang panjang dan kecil, pemasangan panjang pahat disesuaikan dan kelenturan diperhatikan. Cara menghindari atau memperkecilnya, kedalaman pemakanan diusahakan sekecil mungkin dan kecepatan langkah diperlambat.



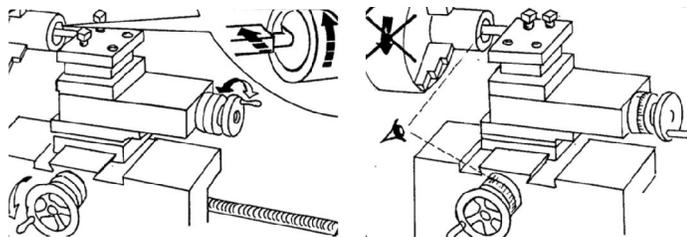
Gambar 1. 34 Diperhatikan Kelenturan Pada Bubut Ulir Dalam

- 3.17 Pada saat pahat akan dikembalikan, pergeseran pahat harus diperhitungkan agar tidak menyentuh permukaan dalam benda kerja (bebas). Apabila pada saat pemotongan tiba-tiba pahat patah, maka pahat harus diganti dengan ukuran dan bentuk yang sama.



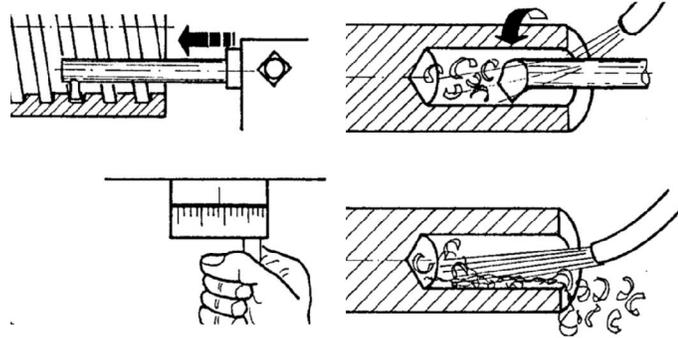
Gambar 1. 35 Perhatikan Saat Pemotongan Hindari Pahat Patah

- 3.18 Eretan atas dan eretan melintang digeser pada saat otomatis pemakanan berlangsung hingga mata potong pahat tepat terhadap posisi alur ulir yang sudah terbentuk. Matikan mesin dan atur eretan melintang dan eretan atas. Perhatikan dan tandai skala eretan.



Gambar 1. 36 Ilustrasi Penyetingan Ulang Pahat

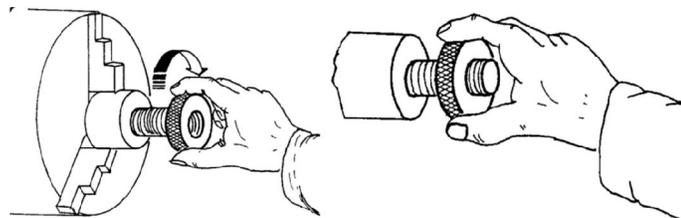
3.19 Pemotongan berikutnya dilakukan dengan memperhitungkan tebal pemakanan yang telah dilaksanakan sebelum penggantian pahat. Pada proses ini media pendingin sangat diperlukan karena kelancaran pemakanan dan mengalirnya tatal sangat diperlukan.



Gambar 1. 37 Media Pendingin proses pemotongan

5 Pengukuran Dan Pemeriksaan Hasil Pembubutan Ulir

6.1 Pemeriksaan ketepatan ulir dilakukan dengan alat pemeriksa (*gauge*) atau dengan pasangannya. Apabila terjadi kemacetan (biasanya pada bagian tengah), lakukan pemotongan berulang tanpa menambah tebal pemakanan.

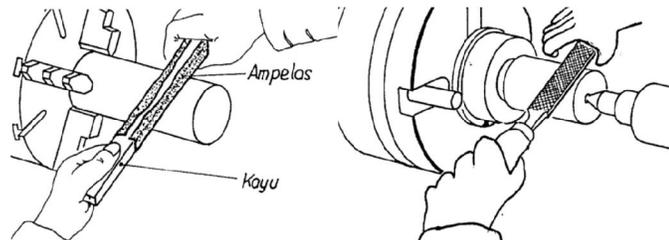


Gambar 1. 38 Pemeriksaan Ulir Dengan Alat Pemeriksa (Gauge)

Hasil yang baik adalah :

- a) Tidak longgar ke arah memanjang.
- b) Ada kelonggaran (ac) ke arah diameter/melintang.

6.2 Gunakan alat bantu seperti kayu dan alat lainnya sewaktu membersihkan alur ulir dengan kertas gosok (ampelas). Jangan membersihkan alur ulir dengan majun pada saat mesin berputar.

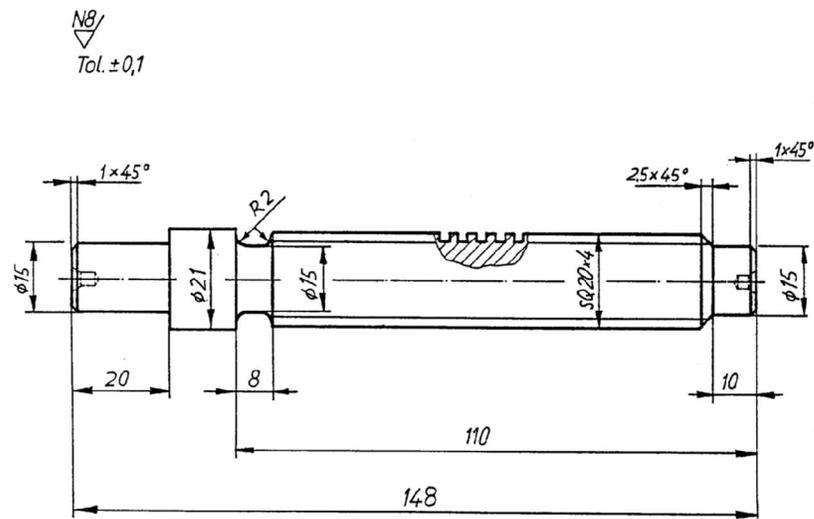


Gambar 1. 39 Membersihkan Alur Ulir

6 Langkah Kerja Proses Pembubutan Ulir Segi Empat

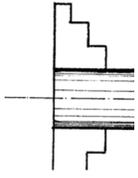
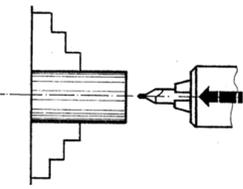
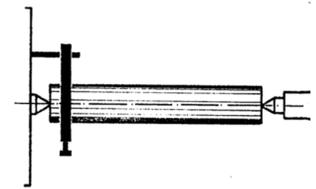
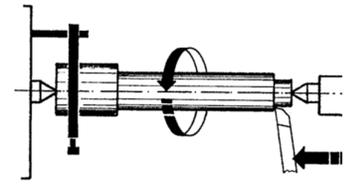
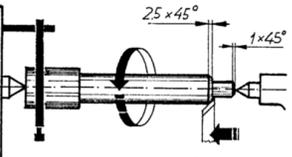
Direncanakan dilakukan proses pembubutan ulir segi empat dengan bahan

Bahan : st.37 \varnothing 1" x 150 dan bentuknya seperti gambar kerja dibawah ini

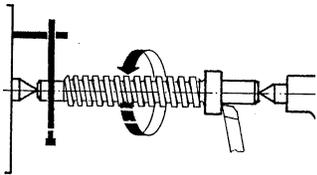


Gambar 1. 40 Penunjukan Ukuran Ulir Segi Empat

Tabel 1. 2 Langkah Kerja Proses Pembubutan Ulir Segi Empat

no	Kegiatan	Visual
1	<ul style="list-style-type: none"> - Proses pencekaman 1 a) Periksa bahan St. 37 $\varnothing 1"$ x 150 mm. b) Cekam dengan chuck 3 rahang. c) Gunakan alat ukur Jangka sorong 	
2	<ul style="list-style-type: none"> - Proses pemotongan 1 a) Gunakan alat potong : Senter bor dan Pahat tepi rata b) Setting Rpm c) Bubut kedua sisinya hingga panjang 150 mm dan senter bor. 	
3	<ul style="list-style-type: none"> - Proses pencekaman 2 a) Lepas chuck b) Gunakan peralatan pencekaman : Senter putar dan Lathe dog c) Setting Rpm d) Pasang benda kerja diantara 2 senter. 	
4	<ul style="list-style-type: none"> - Proses pemotongan 2 a) Setting Rpm b) Lakukan proses Bubut $\varnothing 20$ x 118mm c) Lakukan proses Bubut $\varnothing 15$ x 10 d) periksa ukuran diameter hasil pembubutan 	
5	<ul style="list-style-type: none"> a) Ganti pahat dg Pahat Champer b) Setting Rpm c) Lakukan proses Bubut d) Chamfer 1 x 45° dan 2,5 x 45°. 	

	e) periksa ukuran diameter hasil pembubutan	
6	<p>a) Ganti pahat dg Pahat alur</p> <p>b) Setting Rpm</p> <p>c) Lakukan proses Bubut alur $\varnothing 15 \times 8 \text{ mm}$</p> <p>d) periksa ukuran diameter hasil pembubutan</p>	
7	<p>Proses seting pahat ulir</p> <p>a) Pasangkan pahat ulir segiempat lebar 2 mm.</p> <p>b) Tepatkan posisi pahat ulir tegak lurus sumbu benda kerja.</p> <p>c) Gunakan Mal pahat ulir segiempat.</p> <p>d) Pahat ulir segi empat</p> <p>e) Mal pahat ulir segi empat</p>	
8	<p>a) Setting kasar otomatis bubut ulir</p> <p>b) Setting Rpm</p> <p>c) Lakukan pemotongan ulir ? dengan kisar 4 mm samapai Kedalaman pemotongan 2 mm.</p>	
9	<p>a) Ganti pahat dg Pahat Champer</p> <p>b) Setting Rpm</p> <p>c) Bersihkan bagian ulir yang tajam dengan pahat chamfer kanan dan kiri.</p> <p>d) Periksa hasil pembubutan ulir dengan jangka sorong. Dan fungsi ulir dg mal ulir segi empat</p>	

10	<ul style="list-style-type: none"> a) Balik benda kerja b) Setting pahat tepirata c) Setting rpm d) Lakukan proses Bubut $\varnothing 21 \times 30$ e) Lakukan proses Bubut $\varnothing 15 \times 20$ f) Lakukan proses Chamfer $1 \times 45^\circ$. 	
----	--	---

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas 1. Mengamati Kegiatan Mesin Bubut (2 JP)

Saudara diminta untuk mengamati kondisi kegiatan metoda pembuatan ulir segi empat dengan menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut

1. Apa yang saudara ketahui tentang prinsip kerja mesin bubut ?
2. Peralatan apa saja yang saudara ketahui dalam melakukan proses pembubutan ulir segi empat?
3. Menurut saudara Parameter apa saja yang penting ketahui untuk melakukan proses pembubutan ulir segi empat?

Aktivitas 2: Standarisasi Ulir Segi Empat Dan Alat Potong (2 JP)

Setelah Saudara mencermati gambar kegiatan metoda pembuatan ulir segi empat pada aktivitas 1, maka pada aktivitas 2 ini Saudara akan mendiskusikan bagaimana standarisasi ulir segi empat dan alat potong ulir segi empat. Untuk kegiatan ini Saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Apa yang saudara ketahui tentang standarisasi geometris ulir segi empat ?
2. Bagaimana saudara melakukan pemeriksaan / pengukuran geometris alat potong ulir segi empat.?
3. Menurut pendapat saudara mengapa pemeriksaan / pengukuran geometris alat potong ulir segi empat penting dilakukan ?

Saudara dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-02**.

Aktivitas 3: Teknik Proses Pembubutan Ulir Segi Empat (2 JP)

Setelah saudara mencermati gambar kegiatan standarisasi geometris ulir segi empat pada aktivitas 1, maka pada aktivitas 3 ini saudara akan mendiskusikan bagaimana proses pembubutan ulir segi empat. Untuk kegiatan ini saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Apa yang Saudara ketahui tentang Tahapan pembubutan ulir segi empat, faktor apa saja yang harus diperhatikan, sehingga dapat menghasilkan performansi profil ulir segi empat yang baik dan benar

2. Bagaimana melakukan pengaturan roda gigi pengganti pada mesin bubut untuk proses pembubutan ulir segi empat
3. Bagaimana melakukan pemasangan dan pengaturan alat potong pada mesin bubut untuk proses pembubutan ulir segi empat
4. Bagaimana melakukan pengaturan kecepatan (parameter), dalam pemotongan ulir segi empat

Saudara dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-03**.

Aktivitas 4: Proses Pengukuran / Pemeriksaan Ulir Segi Empat (2 JP)

Setelah Saudara mencermati kegiatan proses pembubutan ulir segi empat pada aktivitas 1, maka pada aktivitas 4 ini Saudara akan mendiskusikan bagaimana proses pengukuran / pemeriksaan ulir segi empat dilakukan. Untuk kegiatan ini Saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Apa yang Saudara ketahui tentang alat ukur / alat pemeriksa untuk ulir segi empat?
2. Faktor apa saja yang harus Saudara ketahui untuk melakukan pemeriksaan ulir segi empat?
3. Bagaimana tahapan proses pengukuran/pemeriksaan profil ulir segi empat dilakukan?

Saudara dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-04**.

Untuk memperkuat pemahaman Saudara tentang materi pokok bahasan diatas, silahkan Bacalah Bahan Bacaan Teknik proses pembubutan ulir segi empat, kemudian melaksanakan Tugas Praktek dengan menggunakan **LK-05.P**.

E. Latihan/ Kasus/ Tugas

Pilihlah Salah Satu Jawaban Di Bawah Ini Yang Paling Tepat

1. Fungsi dari ulir segi empat, umumnya digunakan sebagai
 - a. Penggerak beban radial
 - b. Penggerak beban aksial
 - c. Pengencang dari sambungan
 - d. Transportir
 - e. Penahan beban tekan
2. Ukuran pitch pada ulir segi empat, diukur dari...
 - a. Jarak puncak
 - b. Lebar alur ulir
 - c. Lebar puncak
 - d. Tinggi ulir
 - e. $\frac{1}{2}$ lebar alur ulir + $\frac{1}{2}$ lebar puncak
3. Ukuran Pahat ulir yang digunakan untuk pembubutan ulir segi empat sebesar....
 - a. Lebih besar dari lebar ulir
 - b. Sama dengan lebar ulir
 - c. Lebih kecil dari lebar ulir
 - d. Tergantung bentuk ulir
 - e. Sama dengan tinggi ulir
4. Pada proses pembubutan ulir segi empat berukuran besar, penambahan *depth of cut* dilakukan dengan...
 - a. Memajukan eretan melintang dan eretan atas yang diatur sejajar dengan benda kerja
 - b. Memajukan eretan atas pada eretan atas yang tegak lurus dengan benda kerja
 - c. Memajukan eretan atas pada eretan yang dimiringkan dengan sudut 29° .
 - d. Memajukan eretan melintang dan eretan memanjang sesuai dengan lebar ulir
 - e. Memajukan eretan melintang saja.
5. Pahat bubut ulir segi empat jenis ifanger adalah pahat bubut ulir yang

- a. Diasah dari bahan berpenampang segi empat dilengkapi tangkai
 - b. Diasah dari bahan berpenampang bulat dan diberi tangkai
 - c. Dibentuk berdasarkan sudut-sudut ulir
 - d. Dibentuk sesuai dengan kebutuhan dan dilengkapi tangkai khusus
 - e. Diasah dari bahan berpenampang pipih dijepit pada tangkai
6. Sudut bebas pahat ulir diasah dengan sudut...
- a. Bebas kiri $+3^\circ$, bebas kanan -3°
 - b. Bebas kiri $+3^\circ$, bebas kanan $+3^\circ$
 - c. Bebas kiri -3° , bebas kanan -3°
 - d. Bebas kiri $\pm 3^\circ$, bebas kanan $\pm 3^\circ$
 - e. Bebas kiri -3° , bebas kanan $+3^\circ$
7. Mal pahat ulir segi empat berfungsi untuk
- a. Pemanding dalam pengasahan pahat ulir segi empat
 - b. Alat ukur sudut pahat ulir segi empat
 - c. Pemanding ulir segi empat yang telah dibuat
 - d. Alat bantu pemasangan pahat ulir segi empat
 - e. Pemeriksa kedalaman ulir segi empat.

Jawablah Pertanyaan Di Bawah Ini Dengan Singkat

1. Tuliskan macam-macam jenis material/ bahan yang digunakan pahat bubut
2. Beberapa petunjuk penting yang harus diperhatikan ketika melakukan pembuatan ulir atau proses pemotongan benda kerja

F. Rangkuman

1. Seperti halnya pahat bubut ulir segitiga, besaran sudut-sudut kebebasan pahat bubut ulir segi empat tergantung dari kisar/ gang yang akan dibuat. Lebar pahat untuk ulir yang tidak terlalu presisi penambahannya sebesar 0,5 mm.
2. Untuk mendapatkan sudut bebas sisi samping pahat bubut ulir yang standar, sebelum melakukan penggerindaan atau pengasahan sudut-sudut kebebasannya harus dihitung terlebih dahulu sesuai kisar/gang ulir yang dibuat agar supaya mendapatkan sisi potong dan sudut kebebasan yang baik
3. Tindakan Keamanan pada kerja mesin bubut:
 - a) Periksa kestabilan pencekaman benda kerja pada ceckam mesin. Jika goyang atur kembali agar putaran benda kerja stabil.
 - b) Perhitungkan lintasan jatuhnya beram atau sisa potongan sehingga anda aman dari sisa potongan yang terlepas.
 - c) Perhatikan poros utama mesin bubut yang berputar sehingga anda mengambil jarak yang aman
 - d) Perhatikan penempatan pahat bubut pada eretan atas terutama kestabilan dan kuatnya penjepitan agar pada waktu proses pemotongan pahat bubut tidak terlepas dari eretan atas.
 - e) Perhatikan kekasaran dan suhu benda kerja jika ingin dipegang dengan tangan.
 - f) Selalu waspadalah selama mesin masih berjalan terhadap segala sesuatu yang mungkin terjadi.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Teknik pembubutan ulir segiempat dipelajari dengan diawali dari penguasaan terhadap pahat bubut, bahan bahan bubut, sifat pahat bubut, dan macam-macam pahat bubut. Dalam pembuatan ulir segi empat, sudut kebebasan pahat bubut ulir segi empat saat penguliran akan tergantung dari kisar/ gang yang dibuat. Untuk ulir segi empat yang tidak teralu presisi penambahannya sebesar 0.5 mm.

LEMBAR KERJA KB-2

LK – 01

1. Apa yang saudara ketahui tentang pengetahuan prinsip kerja mesin bubut?
.....
.....
2. Apa yang saudara ketahui tentang Nama nama bagian mesin bubut dan fungsinya?
.....
.....
3. Hal hal apa saja yang harus dipahami oleh seorang operator saat menggunakan mesin bubut?
.....
.....

LK - 02

1. Apa yang saudara ketahui tentang standarisasi geometris, bahan ulir segi empat ?
.....
.....
2. Bagaimana saudara melakukan pemeriksaan / pengukuran geometris alat potong ulir segi empat.?
.....
.....
3. Menurut pendapat saudara mengapa pemeriksaan / pengukuran geometris alat potong ulir segi empat penting dilakukan ?

.....
.....

LK - 03

1. Apa yang Saudara ketahui tentang Tahapan pembubutan ulir segi empat, faktor apa saja yang harus diperhatikan.

.....
.....

2. Bagaimana melakukan pemasangan dan Pengaturan alat potong pada mesin bubut untuk proses pembubutan ulir segi empat

.....
.....

3. Bagaimana melakukan Pengaturan kecepatan (Parameter), dalam pemotongan ulir segi empat

.....
.....

LK - 04

1. Apa yang Saudara ketahui tentang alat ukur / alat pemeriksa untuk ulir segi empat?

.....
.....

2. Faktor apa saja yang harus Saudara ketahui untuk melakukan pemeriksaan ulir segi empat?

.....
.....

3. Bagaimana tahapan proses pengukuran / pemeriksaan profil ulir segi empat ?

.....
.....

LK – 05.P

Dengan menyelesaikan LK-02 saudara harus mengikuti POS (Prosedur Operasional

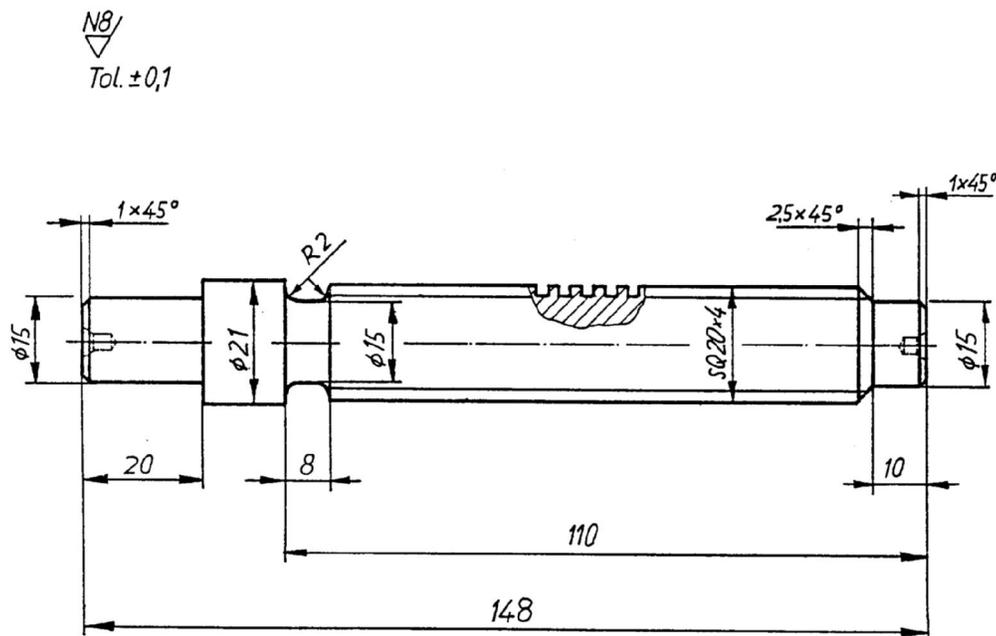
Standar) yang berlaku.

Untuk keperluan eksperimen, saudara dapat mengikuti petunjuk berikut:

1. Siapkan peralatan yang dibutuhkan proses pembubutan ulir segi empat;
2. Lakukan pemeriksaan terhadap langkah kerja proses pembubutan ulir segi empat;
3. Jika ragu-ragu terhadap apa yang akan saudara lakukan, jangan segan-segan bertanya ke fasilitator untuk meminta klarifikasi sehingga masalahnya menjadi lebih jelas;
4. Disarankan Saudara dapat melihat tayangan video program untuk menyimak demonstrasi penggantian oli pelumas kompresor sebelum melakukan tugas praktek ini;
5. Lakukan pekerjaan saudara sesuai POS (Prosedur Operasi Standar);
6. Saudara harus melakukan ini di bawah supervisi fasilitator.

TUGAS PRAKTIK:

Lakukan proses pembubutan ulir segi empat dari Bahan : st.37 \varnothing 1" x 150 , sepertigambar kerja dibawah ini



Gambar 2.41. Gambar Kerja Ulir Segi Empat

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2 : TEKNIK PEMBUBUTAN ULIR TRAPESIUM

A. Tujuan

1. Setelah berdiskusi dan menggali informasi, peserta diklat dapat menjelaskan langkah pembubutan ulir trapesium sesuai SOP secara jujur dan menghargai pendapat peserta diklat lainnya.
2. Setelah berdiskusi dan menggali informasi, peserta diklat dapat melakukan pemasangan alat potong sesuai SOP secara teliti dan mandiri.
3. Setelah berdiskusi dan menggali informasi, peserta diklat dapat melakukan pembubutan ulir trapesium sesuai SOP secara teliti dan mandiri.
4. Setelah berdiskusi dan menggali informasi, peserta diklat dapat melakukan pemeriksaan ulir trapesium dengan teliti..

B. Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK)

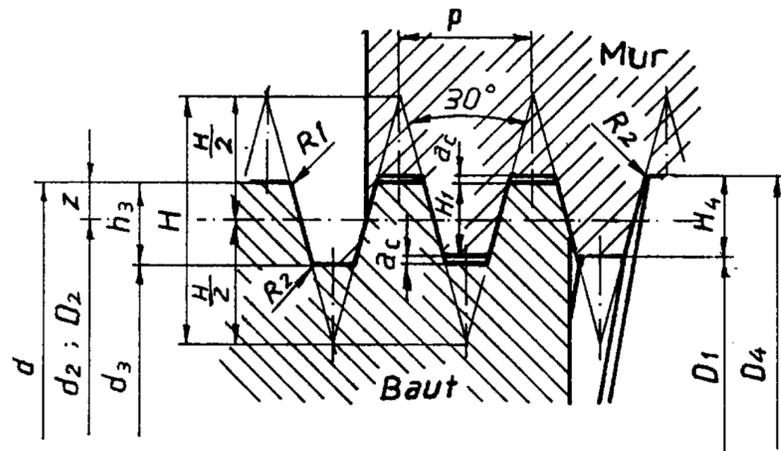
- Melakukan teknik pembubutan ulir trapesium sesuai dengan tuntutan pekerjaan

C. Uraian Materi: Teknik Pembubutan Ulir Trapesium

Bahan Bacaan :

Dalam sikap kerja dan keterampilan pembuatan ulir trapesium memerlukan ilmu pengetahuan serta kemampuan mengoperasikan mesin dan penyetelan pemasangan pahat ulir itu sendiri. Fungsi ulir trapesium sering digunakan sebagai penggerak seperti pada ragum, pembawa eretan pada meja mesin karena jenis ulir ini kuat menahan beban aksial

1. Standarisasi Ulir Trapezium (Geometris, Bahan)



Gambar 2. 1 Geometris Ulir Trapezium

Besaran pada ulir Trapezium

- $H_1 = 0,5 p$ $H = 1,866P$
- $d_3 = d - 2H_3$ H_1
- $h_3 = H_1 + AC$
- $Z = 0,25 p$ = 0,5P
- $d_2 = D_2 = d - 2 Z$ $H_3 = H_4 = 0,5P + a_c$

Penunjukkan

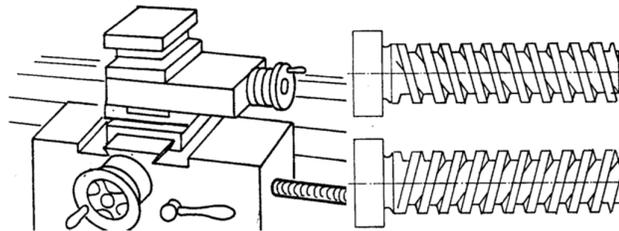
- Tr 48 x 8ulir tunggal dengan $d = 48 \text{ mm}$, $P = 8 \text{ mm}$
- Tr 48 x 16 (P8)maksudnya adalah ulir majemuk dengan $d = 48 \text{ mm}$, Kisar = 16 mm, $P = 8 \text{ mm}$,

Tabel 2. 1 Standar Dimensi Ulir Trapezium

BAUT		MUR		Ø Tusuk	P	Kelonggaran a_c	H_1	R_1 max
Ø Nominal	Ø Kern	Ø Nominal	Ø Kern					
8	6,2	8,3	6,5	7,25	1,5	0,15	0,75	0,08
10	7,5	10,5	8	9	2	0,25	1	0,13
12	8,5	12,5	9	10,5	3	0,25	1,5	0,13
16	11,5	16,5	12	14	4	0,25	2	0,13

20	15,5	20,5	16	18	4	0,25	2	0,13
24	18,5	24,5	19	21,5	5	0,25	2,5	0,13
28	22,5	28,5	23	25,5	5	0,25	2,5	0,13
32	25	33	26	29	6	0,5	3	0,25
36	29	37	30	33	6	0,5	3	0,25
40	32	41	33	36,5	7	0,5	3,5	0,25
44	36	45	37	40,5	7	0,5	3,5	0,25
48	39	49	41	44	8	0,5	4	0,25
52	43	53	44	48	8	0,5	4	0,25
60	50	61	51	55,5	9	0,5	4,5	0,25
70	59	71	60	65	10	0,5	5	0,25
80	69	81	70	75	10	0,5	5	0,25
90	77	91	78	84	12	0,5	6	0,25
100	78	101	88	94	12	0,5	6	0,25

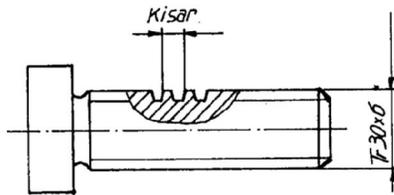
Ulir Trapesium adalah jenis ulir yang digunakan sebagai Transportir (pemindah gerak) pada mesin. Jenis ulir ini dapat dibuat dua macam arah putaran, ulir kanan dan ulir kiri.



Gambar 2. 2 Jenis Dan Penggunaan Ulir Trapesium

Penunjukkan pada gambar ulir Trapesium dinyatakan dalam:

- Tr.30 x 6
- Tr = Trapesium
- 30 = Diameter nominal
- 6 = Kisar



Gambar 2. 3 Penunjukkan Ukuran Ulir Trapesium Tr.30 X 6

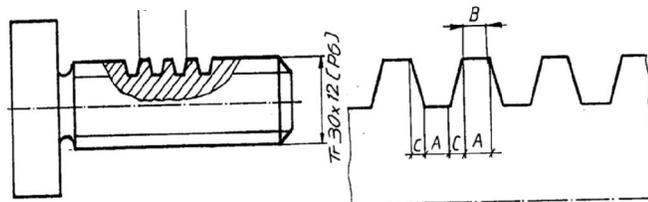
Contoh Penunjukkan gambar ulir Trapesium pada penulisan Tr. 30 x 12 (P6) , mempunyai arti bahwa

- Tr = Trapesium
- 30= Diameter Nominal
- 12 = Kisar
- P6 = Pitch = 6 mm, dan menyatakan ulir ganda (majemuk 2 jalan)

Lebar alur (A) harus sama dengan lebar alur (B).

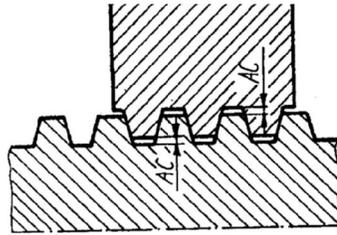
Dengan sudut profit ulir 30° maka lebar pahat yang digunakan dapat dihitung :

Lebar Pahat = $2A + 2C$,



Gambar 2. 4 Penunjukkan Ukuran Ulir Trapesium Ganda

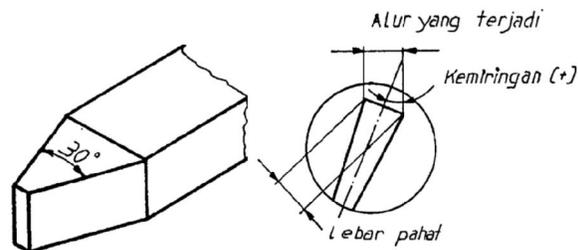
Kelonggaran ulir Trapesium (AC) hanya terjadi ke arah tegak lurus sumbu ulir saja. Besar AC diambil : 0,15 – 0,5mm, tergantung besar/kecilnya kisar yang dibuat. Bentuk pahat ulir trapesium sesuai dengan bentuk profil ulirnya.



Gambar 2. 5 Kelonggaran Ulir Trapesium (AC)

2. Pahat Ulir Segi Trapesium.

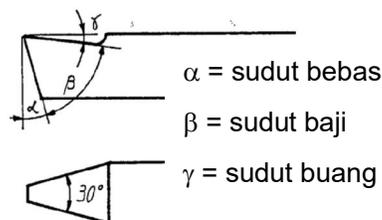
Pahat ulir trapesium yang berpenampang bulat biasanya dilengkapi pemegang. Pahat jenis ini dapat digunakan untuk beberapa kisar. Karena posisinya miring maka hasil lebar alur yang terjadi tidak sama dengan lebar pahatnya. Untuk itu harus dihitung $\text{Lebar Alur} = \text{Lebar Pahat} \cdot \cos \alpha$



Gambar 2. 6 Penampang Pahat Ulir Trapesium

Pahat ulir trapesium dalam biasanya dilengkapi dengan pemegang pahat untuk mempermudah dan menjamin kekuatan pengekaman pahat.

Sudut-sudut pahat ulir trapesium adalah :



Gambar 2. 7 Sudut-Sudut Pahat Ulir Trapesium

Sudut kisar dapat di hitung menggunakan persamaan

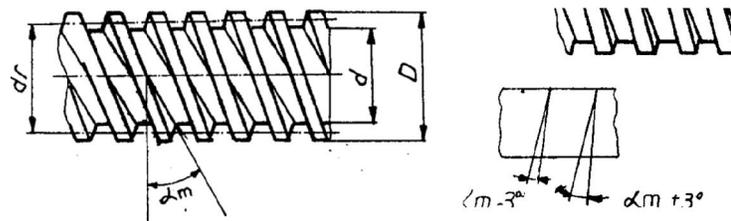
$$\text{Tangen sudut kisar} = \frac{\text{kisar}}{\text{keliling}}$$

$$\text{Sehingga } \text{Tg } \alpha = \frac{P}{\pi \cdot Dr} \quad \text{dimana } Dr = \frac{D-d}{2}$$

Karena profil ulir mempunyai kemiringan maka pengasahan pahat dibuat :

$$\text{Sudut bebas muka} = \alpha m + 3^{\circ}$$

$$\text{Sudut bebas belakang} = \alpha m - 3^{\circ}$$

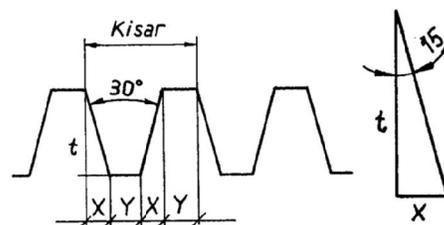


Gambar 2. 8 Sudut Bebas Muka Dan Belakang Pahat

3. Menghitung Lebar Pahat

Untuk menghitung lebar pahat untuk pembuatan ulir trapesium Tr 30 x 6

Perhatikan gambar dibawah ini :



Gambar 2. 9 Dasar Perhitungan Lebar Pahat

Dari gambar diatas kita bisa mengetahui nilai $Kisar = 2X + 2Y$

Maka kita dapat menghitung :

$$t = 0,5 \text{ kisar} + AC \quad , \text{ karena nilai } AC = 0,25 \text{ mm, maka}$$

$$t = 0,5 \cdot 6 + 0,25 = 3,25 \text{ mm}$$

Dari gambar segitiga diatas didapat bahwa $\text{tg } 15^{\circ} = \frac{X}{t}$, sehingga persamaan

$$\text{diperoleh } 0,2679 = \frac{X}{t} \quad , \text{ maka } X = 0,2679 \cdot 3,25$$

Selanjutnya dari persamaan $Kisar = 2X + 2Y$,

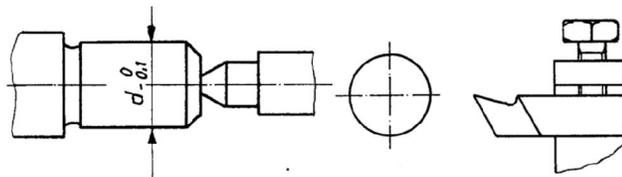
Maka $6 = 2 \cdot 0,87 + 2Y$ sehingga diperoleh $2Y = 6 - 1,74$

$$Y = \frac{4,26}{2} = 2,13 \text{ mm}, \text{ Jadi lebar pahat} = 2,13 \text{ mm}$$

4. Teknik Pembubutan Ulir Trapesium

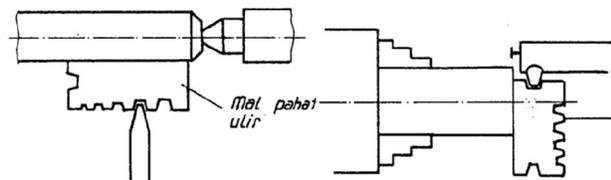
Dalam Teknik pembubutan ulir trapesium biasanya dilakukan Langkah-langkah sebagai berikut :

- 1) Pembubutan bakal ulir. Bakal ulir dibubut sebesar diameter nominal dengan toleransi diameter bakalan ulir sebesar 0,1 mm dari diameter ulir yg dibuat.



Gambar 2. 10 Diameter Bakalan Ulir

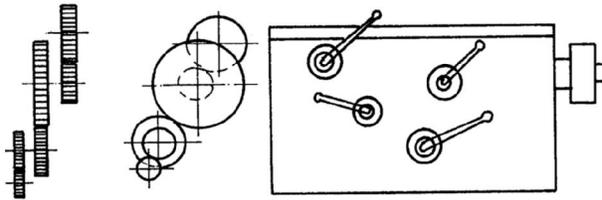
- 2) Mengatur posisi pahat. Pahat diatur setinggi senter untuk mendapatkan profil ulir yang tegak lurus terhadap sumbu benda kerja, posisi pahat harus diatur tegak lurus benda kerja. Pengaturan posisi pahat dapat menggunakan mal pahat ulir. Hal yang sama dilakukan untuk pahat ulir dalam. seperti terlihat gambar dibawah ini :



Gambar 2. 11 Posisi Pahat Terhadap Benda Kerja

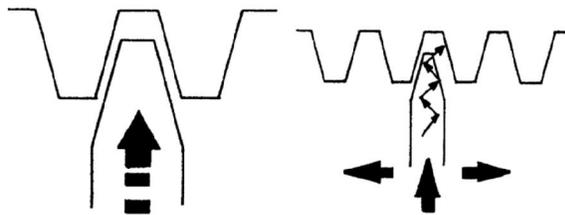
Gambar 3.11

- 3) Mengatur pasangan roda gigi. Biasanya Roda gigi yang harus dipasang dapat dilihat pada tabel yang tertera di mesin. Untuk tanpa mengganti roda gigi di atur dengan menggeser geser tuas yang terdapat pada mesin.



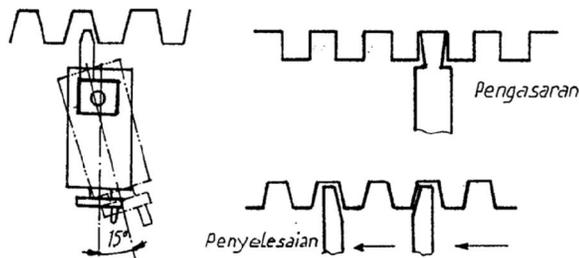
Gambar 2. 12 Mengatur Pasangan Roda Gigi

- 4) Metoda proses pemotongan untuk kisar kecil atau bahan yang rapuh digunakan metode memajukan pahat tegak lurus. Sedangkan Metode zig-zag dilakukan bila lebar pahat yang digunakan lebih kecil dari lebar alur ulir yang akan dibentuk. seperti terlihat gambar dibawah ini :



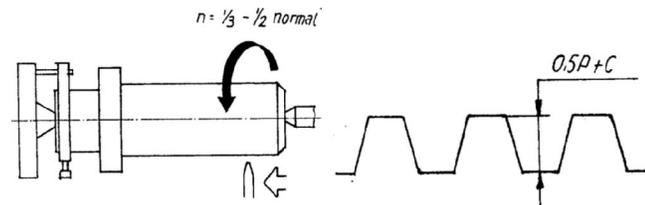
Gambar 2. 13 Metoda Proses Pemotongan Ulir

Metode memiringkan eretan atas sebesar 15° dilakukan dalam pemotongan profil ulir yang besar. Atau dipotong pengasaran terlebih dahulu dengan pahat ulir segiempat, kemudian penyelesaiannya dengan pahat trapesium. Untuk latihan pilih putaran $1/3 - 1/2$ dari putaran normal.



Gambar 2. 14 Metode Memiringkan Eretan Atas

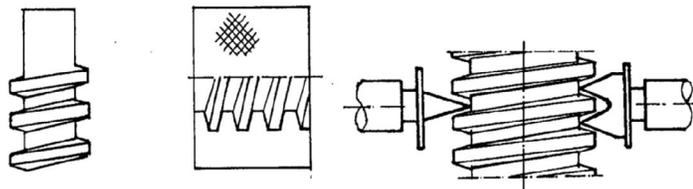
- 5) Kelima, pemeriksaan setelah kedalaman mencapai $(0,5 \times P) + AC$, ulir diperiksa apakah sudah masuk pasangannya atau belum,



Gambar 2. 15 Pemeriksaan Kedalaman Ulir

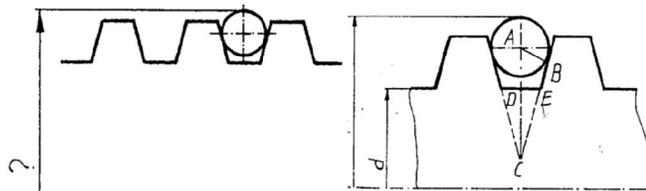
5. Pemeriksaan Dan Pengukuran Profil Ulir Trapesium

Ulir luar diperiksa dengan pemeriksa ulir luar (“Thread Ring Gauge”) dan ulir dengan pemeriksa ulir dalam (“Thread Plug Gauge”). Ulir yang presisi diukur dengan Micrometer ulir atau dengan proyektor bentuk.



Gambar 2. 16 Pemeriksa Ulir Luar Dan Dalam

Dengan menggunakan poros silindris kedalaman ulir dapat diukur dengan Micrometer luar. Hasil pembacaan micrometer dapat dihitung : $M = d + 2(r + AD)$

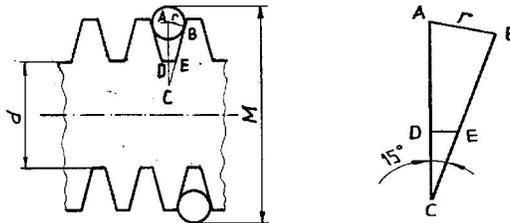


Gambar 2. 17 Cara Mengukur Kedalaman Ulir

	<i>maksimum</i>	<i>minimum</i>	<i>terbaik</i>
Diameter poros yang digunakan adalah:			
Maksimum =	$1,01 \times P$	$0,505 \times P$	$0,577 \times P$
Minimum =			
Terbaik =			

Gambar 2. 18 Diameter Poros Yang Digunakan

6. Cara Menghitung Kedalaman Ulir Dengan Bantuan Poros Silindris adalah :



Gambar 2. 19 Menghitung Kedalaman Ulir

- Contoh :
Hitung hasil pengukuran M, bila diameter poros yang digunakan = 4 mm.
- Hitungan :

Perhatikan gambar diatas didapat persamaan $M = d + 2(r + AD)$

$$AB = r = 2,0 \text{ mm}$$

$$DE = 0,5 \cdot \text{lebar pahat}$$

$$= 0,5 \cdot 2,129 = 1,06 \text{ mm}$$

$$\text{dari segitiga ABC dapat persamaan } \sin 15^\circ = \frac{AB}{AC}$$

$$\text{maka } AC = \frac{AB}{\sin 15^\circ} = \frac{2}{0,2588} = 7,72 \text{ mm}$$

$$\text{dari segitiga DEC dapat persamaan } \tan 15^\circ = \frac{DE}{DC}$$

$$\text{setelah dihitung diperoleh persamaan : } 0,2679 = \frac{1,06}{DC}$$

$$\text{maka } DC = \frac{1,06}{0,2679} = 3,95 \text{ mm}$$

$$\text{Sehingga jarak } AD = AC - DC = 7,72 - 3,95 = 3,77 \text{ mm}$$

$$\text{daripersamaan : } M = d + 2(r + AD) ,$$

$$\text{karena } d = 30 - (2 \cdot 3,25) = 23,5 \text{ mm} , \text{ maka}$$

$$M = 23,5 + 2(2 + 3,77) = 35,04 \text{ mm} .$$

$$\text{Jadi hasil pengukuran } = 35,04 \text{ mm} .$$

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas Pengantar

Aktivitas 1. Mengamati Kegiatan Mesin Bubut (2 JP)

Saudara diminta untuk mengamati kondisi kegiatan metoda pembuatan ulir trapesium dengan menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut

1. Apa yang saudara ketahui tentang prinsip kerja mesin bubut ?
2. Peralatan apa saja yang saudara ketahui dalam melakukan proses pembubutan ulir trapesium?
3. Parameter apa saja yang saudara ketahui untuk melakukan proses pembubutan ulir trapesium?

Aktivitas 2: Standarisasi Ulir Trapesium Dan Alat Potong (2 JP)

Setelah Saudara mencermati gambar kegiatan metoda pembuatan ulir trapesium pada aktivitas 1, maka pada aktivitas 2 ini Saudara akan mendiskusikan bagaimana standarisasi ulir trapesium dan alat potong ulir trapesium. Untuk kegiatan ini Saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Apa yang saudara ketahui tentang standarisasi geometris ulir trapesium ?
2. Bagaimana saudara melakukan pemeriksaan / pengukuran geometris alat potong ulir trapesium.?
3. Menurut pendapat saudara mengapa pemeriksaan / pengukuran geometris alat potong ulir trapesium penting dilakukan ?

Saudara dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-02**.

Aktivitas 3: Teknik Proses Pembubutan Ulir Trapesium (2 JP)

Setelah saudara mencermati gambar kegiatan standarisasi geometris ulir trapesium pada aktivitas 1, maka pada aktivitas 3 ini saudara akan mendiskusikan bagaimana proses pembubutan ulir trapesium . Untuk kegiatan ini saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Apa yang Saudara ketahui tentang Tahapan pembubutan ulir trapesium, faktor apa saja yang harus diperhatikan , sehingga dapat menghasilkan performansi profil ulir trapesium yang baik dan benar.

- 2 Bagaimana melakukan Pemasangan dan Pengaturan alat potong pada mesin bubut untuk proses pembubutan ulir trapesium.
- 3 Bagaimana melakukan Pengaturan kecepatan(Parameter), dalam pemotongan ulir trapesium.

Saudara dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-03**.

Aktivitas 4: Proses Pengukuran Pengukuran / Pemeriksaan Ulir Trapesium (2 JP)

Setelah Saudara mencermati kegiatan proses pembubutan ulir trapesium pada aktivitas 1, maka pada aktivitas 4 ini Saudara akan mendiskusikan bagaimana proses pengukuran / pemeriksaan ulir trapesium dilakukan. Untuk kegiatan ini Saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Apa yang Saudara ketahui tentang alat ukur / alat pemeriksa untuk ulir trapesium ?
2. Faktor apa saja yang harus Saudara ketahui untuk melakukan pemeriksaan ulir trapesium ?
3. Bagaimana tahapan proses pengukuran / pemeriksaan profil ulir trapesium ?

Saudara dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-04**.

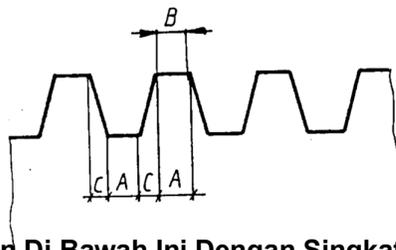
Untuk memperkuat pemahaman Saudara tentang materi pokok bahasan diatas, silahkan Bacalah Bahan Bacaan 3 Teknik proses pembubutan ulir trapesium, kemudian melaksanakan Tugas Praktek dengan menggunakan **LK-05.P**.

E. Latihan/ Kasus/ Tugas

Pilihlah Salah Satu Jawaban Di Bawah Ini Yang Paling Tepat

1. Ulir trapesium adalah ulir yang dipergunakan sebagai ulir...
 - a. Pengencang
 - b. Penggerak beban radial
 - c. Transportir
 - d. Penyambung beban tarik
 - e. Penahan beban tekan
2. Pada gambar ulir trapesium terdapat simbol Tr. 20x6. Angka 20 memiliki arti...
 - a. Diameter nominal ulir trapesium
 - b. Diameter luar ulir trapesium
 - c. Diameter dalam ulir trapesium
 - d. Jumlah gang per inch ulir trapesium
 - e. Jarak antara puncak ke puncak
3. Pada gambar ulir trapesium terdapat simbol Tr 48x16(P8). Ulir trapesium tersebut memiliki ulir jenis...
 - a. Ulir tunggal
 - b. Ulir kiri
 - c. Ulir ganda
 - d. Ulir kanan
 - e. Ulir kanan ganda
4. Pemeriksaan ulir luar trapesium dilakukan dengan
 - a. Thread ring gauge
 - b. Thread plug gauge
 - c. Thread gauge
 - d. Thread micrometer
 - e. Thread gauge micrometer
5. Kelonggaran yang diperbolehkan antara ulir dalam trapesium dengan ulir luar trapesium sebesar...
 - a. 0.20 – 0.35 mm
 - b. 0.30 – 0.50 mm
 - c. 0.20 – 0.40 mm

- d. 0.15 – 0.50 mm
 - e. 0.50 – 1.5 mm
6. Sudut profil ulir trapesium memiliki ukuran sebesar...
- a. 15°
 - b. 45°
 - c. 10°
 - d. 12°
 - e. 30°
7. Dalam pengasahan ulir trapesium, lebar ulir dibuat sebesar...
- a. $2A + 2C$
 - b. $A + C$
 - c. $2A + C$
 - d. $A + 2C$
 - e. $\frac{1}{2} A + C$



Jawablah Pertanyaan Di Bawah Ini Dengan Singkat.

1. Tuliskan arti Penunjukkan gambar ulir Trapesium pada penulisan Tr. 30 x 12 (P6)
2. Tuliskan Langkah-langkah biasanya dilakukan Dalam Teknik pembubutan ulir trapesium
3. Tuliskan alat untuk pemeriksa ulir luar

F. Rangkuman

1. Dalam sikap kerja dan keterampilan pembuatan ulir trapesium memerlukan ilmu pengetahuan serta kemampuan mengoperasikan mesin dan penyetelan pemasangan pahat ulir itu sendiri.
2. Fungsi ulir trapesium sering digunakan sebagai penggerak seperti pada ragum, pembawa eretan pada meja mesin karena jenis ulir ini kuat menahan beban aksial
3. Ulir Trapesium adalah jenis ulir yang digunakan sebagai Transportir (pemindah gerak) pada mesin. Jenis ulir ini dapat dibuat dua macam arah putaran, ulir kanan dan ulir kiri.
4. Besaran pada ulir Trapesium
 - a) $H_1 = 0,5 p$
 - b) $d_3 = d - 2H_3$
 - c) $h_3 = H_1 + AC$
 - d) $Z = 0,25 p$
 - e) $d_2 = D_2 = d - 2 Z$
5. Penunjukkan pada gambar ulir Trapesium dinyatakan Tr.30 x 6 , mempunyai arti sebagai berikut Tr = Trapesium, 30 = Diameter nominal, 6 = Kisar
6. Kelonggaran ulir Trapesium (AC) hanya terjadi ke arah tegak lurus sumbu ulir saja. Besar AC diambil : 0,15 – 0,5mm, tergantung besar/kecilnya kisar yang dibuat. Bentuk pahat ulir trapesium sesuai dengan bentuk profil ulirnya.
7. Prosedur umum Langkah Kerja :
 - a) Siapkan peralatan yang akan digunakan.
 - b) Periksa bahan dari kecukupan ukurannya.
 - c) Tentukan banyaknya putaran pada poros utama mesin bubut.
 - d) Pasang benda kerja pada cekam mesin.
 - e) Pasang bahan benda kerja pada cekam dan senter.
 - f) Pasang pahat potong pada eretan atas.
 - g) Atur kedudukan pahat potong sehingga ujung pahat terletak pada sumbu bahan benda kerja.

- h) Singgungkan ujung pahat pada bahan benda kerja dan tandai pada gerakan maju pahat.
- i) Majukan pahat sesuai dengan pemakanan pertama di sebelah kanan benda kerja pada tempat yang bebas.
- j) Mulailah pembubutan awal dengan menggerakkan eretan ke arah kiri.
- k) Hentikan mesin sejenak dan ukur diameter benda kerja yang telah dibuat.
- l) Bubutlah kembali dengan pembubutan berikutnya.
- m) Buat champer pada ujung-ujung benda kerja.
- n) Matikan mesin dan lepas benda kerja dari cekam.
- o) Lepaskan pahat potong bubut dari eretan atas.
- p) Bersihkan mesin dari beram atau sisa potongan benda kerja.
- q) Tindakan Keamanan dan keselamatan kerja:
- r) Periksa kestabilan pencekaman benda kerja pada cekam mesin. Jika goyang atur kembali agar putaran benda kerja stabil.
- s) Perhitungkan lintasan jatuhnya beram atau sisa potongan sehingga anda aman dari sisa potongan yang terlepas.
- t) Perhatikan poros utama mesin bubut yang berputar sehingga anda mengambil jarak yang aman.
- u) Perhatikan penempatan pahat bubut pada eretan atas terutama kestabilan dan kuatnya penjepitan agar pada waktu proses pemotongan pahat bubut tidak terlepas dari eretan atas.
- v) Perhatikan kekasaran dan suhu benda kerja jika ingin dipegang dengan tangan.
- w) Selalu waspadalah selama mesin masih berjalan terhadap segala sesuatu yang mungkin terjadi.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Teknik pembubutan ulir trapesium dipelajari setelah menguasai pembubutan segi empat, karena keterampilan yang diperlukan untuk melakukan pembubutan ulir trapesium lebih kompleks. Fungsi ulir trapesium digunakan untuk menahan beban aksial, sehingga banyak dipergunakan untuk proros transportir. Dimensi dari ulir trapesium pada prinsipnya sama dengan ulir lainnya, tetapi penunjukan ulir menggunakan kode Tr. Kelonggaran ulir trapesium hanya terjadi pada arah tegak lurus sumbu ulir saja, sebesar 0.15 – 0.5.

LEMBAR KERJA KB-3

LK – 01

1. Apa yang saudara ketahui tentang pengetahuan prinsip kerja mesin bubut?
.....
.....
2. Apa yang saudara ketahui tentang Nama nama bagian mesin bubut dan fungsinya?
.....
.....
3. Hal hal apa saja yang harus dipahami oleh seorang operator saat menggunakan mesin bubut?
.....
.....

LK - 02

1. Apa yang saudara ketahui tentang standarisasi geometris, ulir trapesium ?
.....
.....
2. Bagaimana saudara melakukan pemeriksaan / pengukuran geometris alat potong ulir trapesium.?
.....
.....

3. Menurut pendapat saudara mengapa pemeriksaan / pengukuran geometris alat potong ulir trapesium penting dilakukan ?

.....
.....

LK - 03

1. Apa yang Saudara ketahui tentang tahapan pembubutan ulir trapesium, faktor apa saja yang harus diperhatikan.

.....
.....

2. Bagaimana melakukan Pemasangan dan Pengaturan alat potong pada mesin bubut untuk proses pembubutan ulir trapesium

.....
.....

3. Bagaimana melakukan Pengaturan kecepatan(Parameter), dalam pemotongan ulir trapesium

.....
.....

LK - 04

1. Apa yang Saudara ketahui tentang alat ukur / alat pemeriksa untuk ulir trapesium?

.....
.....

2. Faktor apa saja yang harus Saudara ketahui untuk melakukan pemeriksaan ulir trapesium?

.....
.....

3. Bagaimana tahapan proses pengukuran / pemeriksaan profil ulir trapezium

.....
.....

LK – 05.P

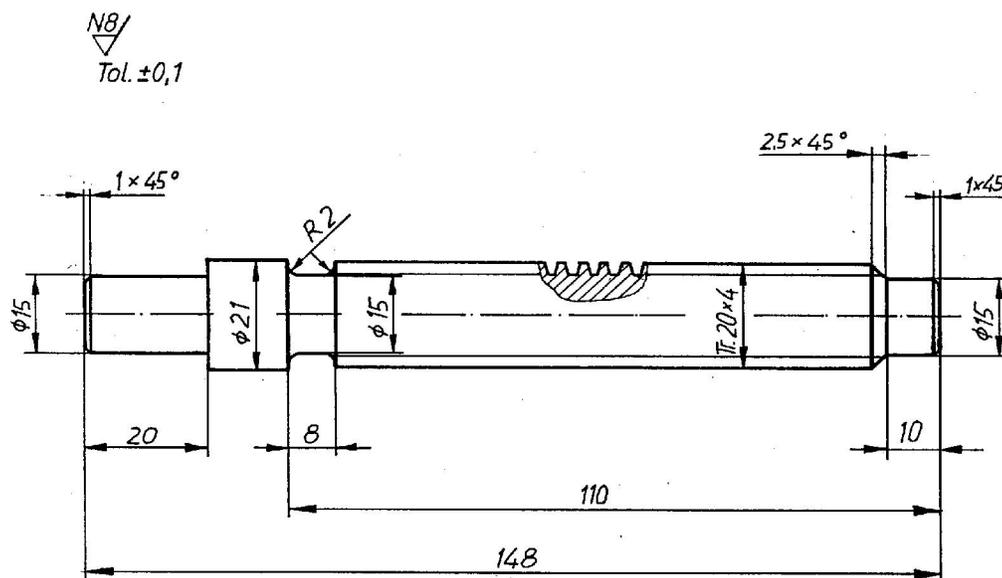
Dengan menyelesaikan LK-02 saudara harus mengikuti POS (Prosedur Operasional Standar) yang berlaku.

Untuk keperluan eksperimen, saudara dapat mengikuti petunjuk berikut:

1. Siapkan peralatan yang dibutuhkan proses pembubutan ulir trapesium;
2. Lakukan pemeriksaan terhadap langkah kerja proses pembubutan ulir trapesium;
3. Jika ragu-ragu terhadap apa yang akan saudara lakukan, jangan segan-segan bertanya ke fasilitator untuk meminta klarifikasi sehingga masalahnya menjadi lebih jelas;
4. Disarankan Saudara dapat melihat tayangan video program untuk menyimak demonstrasi penggantian oli pelumas kompresor sebelum melakukan tugas praktek ini;
5. Lakukan pekerjaan saudara sesuai POS (Prosedur Operasi Standar);
6. Saudara harus melakukan ini di bawah supervisi fasilitator.

TUGAS PRAKTIK:

Lakukan proses pembubutan ulir trapesium seperti gambar kerja dibawah ini



KEGIATAN PEMBELAJARAN 3 : TEKNIK PENGEFRAISAN RODA GIGI LURUS

A. Tujuan

1. Setelah berdiskusi dan menggali informasi, peserta diklat dapat melakukan perhitungan-perhitungan roda gigi lurus sesuai SOP secara teliti.
2. Setelah mengamati demonstrasi dan menggali informasi, peserta diklat dapat melakukan pemasangan alat potong pada pengefraisan roda gigi lurus sesuai SOP secara mandiri dan teliti.
3. Setelah berdiskusi dan menggali informasi, peserta dapat menjelaskan langkah-langkah pengefraisan roda gigi lurus sesuai SOP secara jujur dan menghargai pendapat peserta diklat lainnya.
4. Setelah mengamati demonstrasi dan menggali informasi dibengkel pemesinan, peserta dapat melakukan pengefraisan roda gigi lurus sesuai SOP secara teliti dan mandiri.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

- Merancang pembuatan roda gigi lurus
- Melakukan teknik pengefraisan roda gigi lurus jenis modul dan diameter pitch

C. Uraian materi

1. Dasar-dasar Bentuk Kontruksi Roda Gigi

1.1. Fungsi Roda Gigi

Pada umumnya bentuk gigi roda gigi yang banyak diproduksi dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu bentuk *involute* dan bentuk *cycloidal*. Bentuk *involute* lebih banyak diproduksi karena lebih cocok untuk keperluan produk permesinan, yang secara umum yang memerlukan ketelitian tertentu. Sedangkan untuk keperluan mesin-mesin dengan beban berat dan pekerjaan kasar umumnya digunakan roda gigi dengan bentuk *cycloidal*.

Dalam bidang permesinan, jenis roda gigi adalah bermacam macam. Ada yang membedakan roda gigi dari bentuk giginya dan ada pula yang membedakannya menurut posisi dari poros untuk masing - masing roda gigi pada suatu pasangan roda gigi. Akan tetapi, dari dua cara membedakan itu pada dasarnya jenis roda gigi yang dibedakan adalah sama.

Secara umum fungsi dari roda gigi adalah untuk :

- a. Meneruskan daya dari poros penggerak ke poros yang digerakkan.
- b. Mengubahputaran dari poros penggerak ke poros yang digerakkan, yaitu dari putaran tinggi ke putaran rendah atau dari putaran rendah ke putaran tinggi. Bisa juga mengubah putaran di sini berarti membuat arah putaran poros yang digerakkan berlawanan dengan arah putaran poros penggerak.
- c. Memindahkan zat cair dari satu tempat ke tempat lain, misalnya oli, minyak tanah, dan sebagainya. Jadi, fungsi roda gigi di sini adalah sebagai pompa zat cair. Dalam otomotif dikenal adanya sistem pelumas dengan 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 atau menurunkan kecepatan.

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. Perhatikan gambar Roda Gigi Lurus dibawah ini.



Gambar 3. 1 Bentuk Roda Gigi

1.2. Jenis Roda Gigi Menurut Bentuk Gigi

Berdasarkan dari bentuk giginya maka roda gigi dapat dibedakan :

1. Roda gigi lurus (*spur gear*), Pada jenis roda gigi ini, pemotongan gigi-giginya adalah searah dengan porosnya. Ada pula jenis gigi lurus lainnya tetapi badan gigi tidak berbentuk lingkaran melainkan berbentuk batang segi empat panjang. Pada permukaan memanjang inilah pemotongan gigi-giginya dilakukan yang arahnya kadang-kadang tegak lurus dan kadang-kadang membentuk sudut terhadap batang gigi (badan gigi). Bentuk gigi yang demikian ini biasa disebut dengan Gigi *Rack*.
2. Roda gigi helix (*helical gear*) Jenis roda gigi ini pemotongan gigi-giginya tidak lurus tetapi sedikit membentuk sudut di sepanjang badan gigi yang berbentuk silinder. Bila dilihat arah alur giginya nampak bahwa alur tersebut membengkok.
3. Roda gigi payung (*straight bevel gear*), Pada jenis roda gigi ini pemotongan gigi-giginya adalah pada bagian yang konis. Pada permukaan yang konis ini gigi-gigi dibentuk yang arahnya lurus dan searah dengan poros roda gigi.
4. Roda gigi spiral (*spiral gear*), Gigi-gigi roda gigi spiral arahnya membentuk suatu kurve. Biasanya pemotongan gigi-giginya juga pada permukaan yang konis.
5. Roda gigi cacing (*worm gear*), Jenis roda gigi ini biasanya merupakan satu pasangan yang terdiri dari batang berulir cacing dan roda gigi cacing. Pada batang ulir cacing bentuk giginya seperti ulir. Dan pada roda gigi cacing bentuk giginya hampir sama dengan roda gigi helix, akan tetapi permukaan giginya membentuk lengkungan ke dalam.

6. Roda gigi dalam (*internal gear*), Pada jenis roda gigi ini pemotongan gigi-giginya adalah pada bagian dalam dari permukaan ring/lubang. Biasanya bentuk giginya adalah lurus seperti roda gigi lurus (*spur gear*).

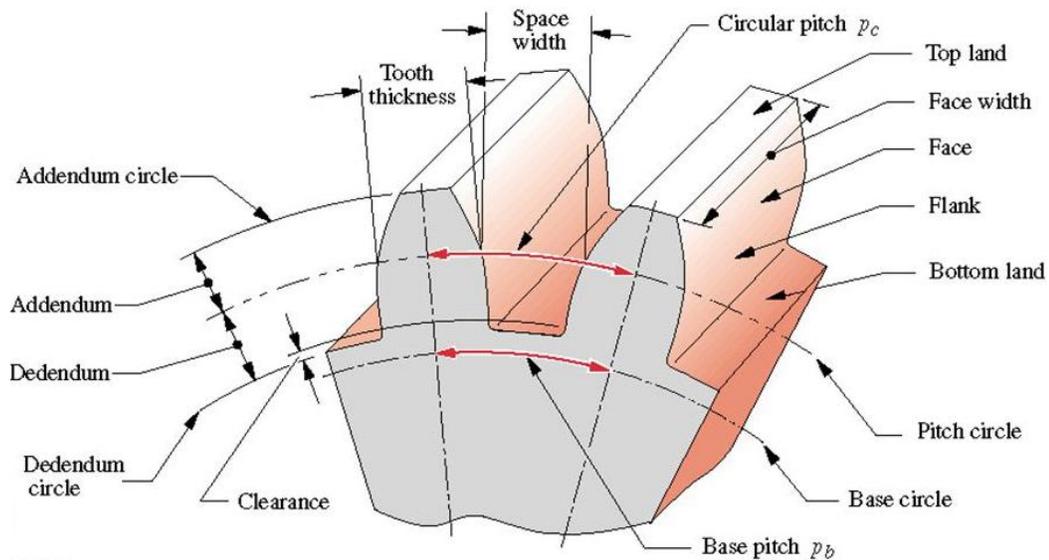
1.3. Jenis Roda Gigi Menurut Posisi Poros Pasangan Roda Gigi

Cara membedakan roda gigi yang kedua ini adalah dengan melihat posisi dari masing-masing roda gigi untuk pasangan roda gigi. Jenis roda gigi tersebut antara lain adalah :

1. Roda gigi yang masing-masing porosnya satu sama lain posisinya sejajar sewaktu roda-roda gigi tersebut dipasangkan. Contohnya adalah roda gigi lurus (*spur gear*) dan roda gigi helix (*helical gear*).
2. Roda gigi yang masing-masing porosnya mempunyai posisi saling menyiku satu sama lain. Contohnya adalah roda gigi payung dan roda gigi spiral. Menyiku di sini artinya poros roda gigi yang satu posisinya tegak lurus terhadap poros roda gigi yang lain.
3. Ada pula pasangan roda gigi yang poros-porosnya satu sama lain posisi tegak lurus, akan tetapi poros yang satu berada di atas poros yang lain dengan posisi menyilang. Roda gigi yang termasuk dalam jenis ini adalah roda gigi cacing, juga roda gigi helix.

1.4. Beberapa Istilah Penting Dalam Roda Gigi

Untuk mengetahui elemen-elemen yang penting dalam roda gigi dapat dilihat Gambar di bawah ini.



Gambar 3. 2 Istilah Penting Dalam Roda Gigi

1. *Diametral pitch* (P) adalah banyaknya gigi untuk tiap satu inci dari diameter tusuk. *Diametral pitch* ini hanya merupakan harga secara hipotesis saja yang harganya tidak bisa diukur. Akan tetapi pengertiannya sangat penting untuk mempertimbangkan proporsi jumlah gigi.
2. Modul (m) adalah panjang dari diameter lingkaran *pitch* untuk tiap gigi. Satuan untuk modul adalah milimeter.
3. *Circular Pitch* (CP) adalah jarak arc yang diukur pada lingkaran *pitch* dari salah satu sisi sebuah gigi ke sisi yang sama dari gigi yang berikutnya.
4. *Addendum* (Add) adalah jarak radial dari lingkaran *pitch* sampai pada ujung puncak dari gigi.
5. Kelonggaran (*Clearance*) adalah jarak radial dari ujung puncak sebuah gigi roda gigi yang satu ke bagian dasar dari gigi roda gigi yang lain untuk suatu pasangan roda gigi. Harga-harga standar dari *clearance* ini adalah :
6. *Deddendum* ($Dedd$) adalah jarak radial dari lingkaran *pitch* sampai pada dasar dari gigi.
7. Diameter blank/Diameter luar (DI) adalah jarak yang panjangnya sama dengan diameter lingkaran *pitch* ditambah dengan dua *addendum*.

8. Ketebalan gigi adalah jarak tebal gigi yang diukur pada lingkaran *pitch* dari satu sisi ke sisi yang lain pada gigi yang sama.
9. *Back Lash*. Menurut arti katanya kira-kira gerak terlambat. Untuk istilah *back lash* pada roda gigi pengertiannya adalah jarak dari sisi ujung gigi yang satu sampai pada sisi kerja (*working flank*) dari gigi yang lain pada satu pasangan roda gigi. Untuk sudut tekan (*pressure angle*) biasanya dibuat sama dengan 20° dan $14\frac{1}{2}^\circ$. Sedangkan tinggi gigi atau kedalaman gigi (*teeth depth*) umumnya dibuat 2.25 kali modul untuk roda gigi dengan sudut tekan 20° .
Sedangkan untuk roda gigi dengan sudut tekan $14\frac{1}{2}^\circ$ kedalaman giginya dibuat sama dengan 2.157 modul (*m*).
10. Untuk jarak antara pusat kedua roda gigi (*a*) dari pasangan roda gigi dapat dihitung bila jumlah diameter tusuk (*Dt*) kedua roda gigi sudah diketahui.
11. 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° .

1.5. Standar sistem satuan 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 dan sistem diametral pitch dan circular pitch

1.5.1. 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 tusuk 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 tusuk (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 ($\pi \times D$). dengan demikian dapat ditulis:

$$\pi \cdot D = t \cdot z$$

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

$$m = \frac{t}{\pi}$$

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 dibawah ini. berikut:

Tabel 3. 1 Modul Standar JIS B 1701-1973

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

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

Tabel 3. 2 Modul Standar NEN 1630

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

Tabel 3. 3 Modul Standar DIN 780

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

36	39	42	45	50	55	60
65	70	75	-	-	-	-

1.5.2. Sistem Diametral Pitch

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

Diametral pitch (D_p) adalah perbandingan dari jumlah gigi dengan ukuran diameter jarak tusuk yang mempunyai satuan inchi. Jika jumlah gigi dari roda gigi adalah z buah dengan ukuran diameter tuduk (D_t) dalam satuan inchi, maka diametral pitchnya adalah:

$$D_p = \frac{z}{D_t}$$

1.5.3. Sistem Circular Pitch

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

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

Keterangan:

D_p = *diametral pitch*

D = *diameter jarak bagi dalam satuan inchi*

C_p = *circular pitch dalam satuan inchi*

Z = *jumlah gigi*

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

= 25,4 mm maka:

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

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

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

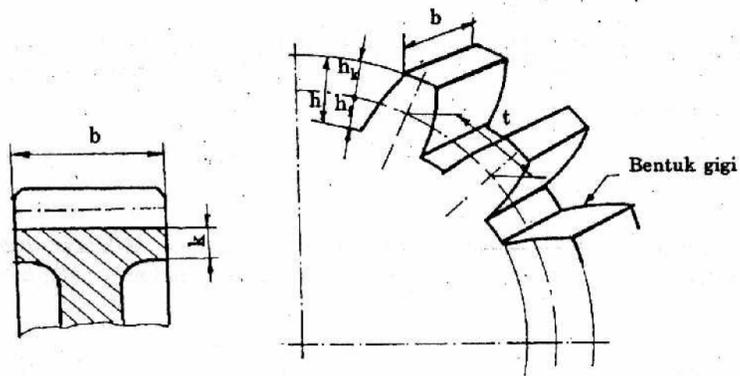
Tabel berikut merupakan hubungan antara sistem modul dengan diametral pitch dan circular pitch

Tabel 3. 4 Tabel Hubungan Modul – CP - DP

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

1.6. Bagian-Bagian Geometri Roda Gigi Lurus

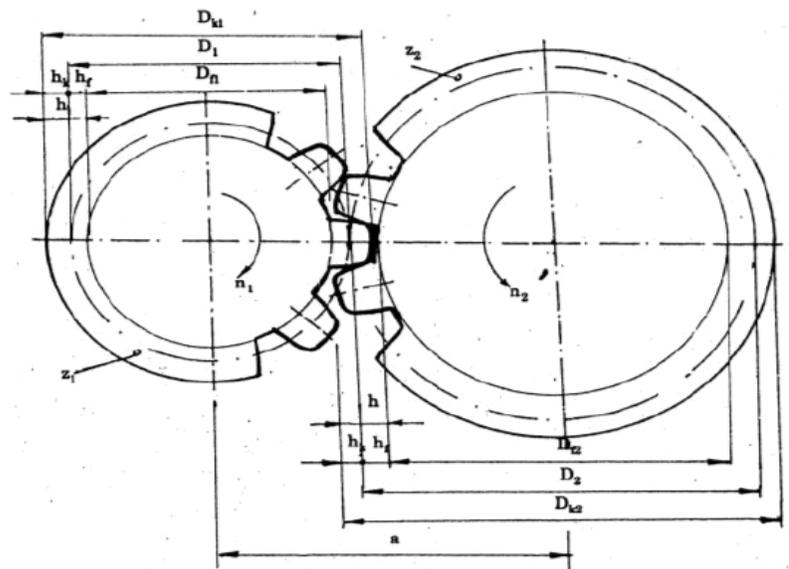
Bagian-bagian utama tersebut dapat digambarkan dalam Gambar sebagai berikut:



Keterangan:

- | | |
|--------------------------|----------------------------|
| D= diameter jarak bagi | a= jarak antara poros |
| Dk= diameter kepala gigi | t= jarak busur antara gigi |
| Df= diameter kaki gigi | b= lebar gigi |
| hk= tinggi kepala gigi | k= tebal gigi |
| hf= tinggi kaki gigi | z= jumlah gigi |
| h= tinggi gigi | n= putaran roda gigi |
| | m= modul gigi |

Gambar 3. 3 Geometri Roda Gigi Lurus



Gambar 3. 4 Bagian Utama Dari Roda Gigi Lurus

1.7. Perhitungan Geometri Roda Gigi Lurus

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

Tabel 3. 5 Ukuran Utama Roda Gigi Sistem Modul

Nama	Simbol	Rumus
Sudut Tekan Normal	α	Biasanya 20°
Modul	M	$m = \frac{Dt}{z} = \frac{t}{\pi}$
Kisar / jarak tusuk gigi	T	$t = \pi \cdot m = \frac{Dt \cdot \pi}{z}$
Jumlah gigi	Z	$z = \frac{Dt}{m} = \frac{Dt \cdot \pi}{t}$
Tinggi kepala gigi / addendum	hk	$hk = 1 \cdot m$
Tinggi kaki gigi / dedendum	hf	$hf = 1,157 m$
Tinggi gigi	H	$H = hk + hf = 1 \cdot m + 1,157 m = 2,157 \cdot m$
Diameter luar/blank	DI	$DI = (z + 2)m = zm + 2m = Dt + 2m$
Jarak antar pusat roda gigi	a	$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = m \left(\frac{z_1 + z_2}{2} \right)$
Lebar	b	$b = 6 - 8 \cdot m$ penggerak otomotif $b = 6 - 12 \cdot m$ penggerak umum

Tabel 3. 6 Ukuran Utama Roda Gigi Sistem Diametral Pitch

Nama	Simbol	Rumus
Addendum / kepala gigi	Hk	$hk = \frac{1}{P}$
Dedendum / kaki gigi	Hf	$hf = \frac{1,157}{P}$
Diametral pitch	P	$P = \frac{z + 2}{Dl} = \frac{\pi}{p}$
Circular pitch	P	$p = \frac{\pi}{P} = \frac{\pi \cdot Dt}{z}$
Pitch diameter / Diameter tusuk	Dt	$Dt = \frac{z}{P} = 0,3183 \cdot p \cdot z = \frac{Dl \cdot z}{z + 2}$
Outside diameter / Diameter luar	DI	$Dl = Dt + 2a = \frac{z}{P} + 2 \left(\frac{1}{p} \right) = \frac{z + 2}{P}$
Clearance	C	$c = \frac{0,157}{P}$
Jarak antar pusat roda gigi	a	$a = \frac{z_1 + z_2}{2 \cdot Dt}$
Tinggi gigi	H	$H = hk + hf = \frac{2,157}{P}$

2. Dasar-Dasar 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:

2.1. Penyiapan Benda Kerja

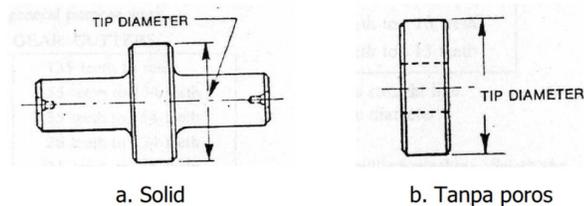
Pengefraisan roda gigi lurus dapat dilakukan pada benda kerja dengan poros menyatu (*solid shaft gear blank*) maupun benda kerja tanpa poros (*hollow gear blank*). Proses pembuatan roda gigi merupakan kelanjutan dari pekerjaan bubut terutama dalam membuat bahan dasarnya (blank). Oleh karena itu diperlukan 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: telitilah kelurusan senter kepala tetap dan kepala lepas, serta 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. Perhatikan gambar bahan awal roda gigi dibawah ini



Gambar 3. 5 Bahan Poros Roda Gigi

c. Penentuan diameter bahan awal (DI)

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 roda gigi sistem metric

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

- Diameter pitch/diameter tusuk (D_t) = $z \times m$
- Addendum = $1 \times m$
- Diameter bahan awal (DI) = $(z \times m) + (2 \times m)$
= $(z + 2) \times m$
= $D_t + 2m$

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

Penyelesaian:

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

2) Untuk roda gigi sistem diametral pitch

Penentuan diameter luar (diameter bahan awal) ditentukan oleh jumlah gigi dan diametral pitchnya. *Pitch diameter Addendum* Diameter luar (diameter bahan awal)

Contoh:

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

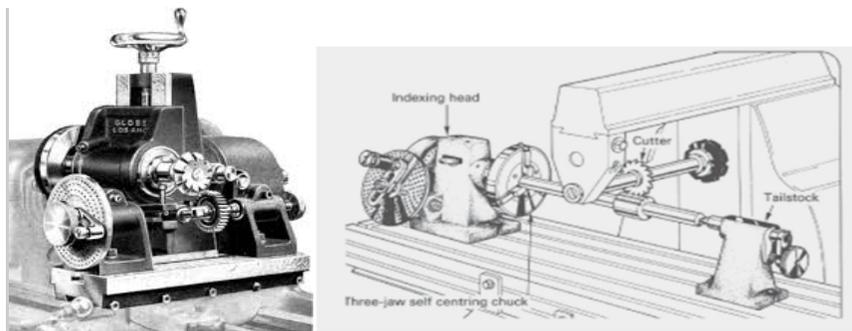
Penyelesaian: Diameter luar (diameter bahan awal)

$$Dl = \frac{z + 2}{Dp} = \frac{25 + 2}{12} = 2,25" (57,15 \text{ mm})$$

2.2. 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.

Harus diingat bahwa dalam proses pemotongan roda gigi, benda kerja telah dibubut terlebih dahulu sesuai dengan diameter luar (DI) atau blank, jadi dalam mesin frais tinggal memotong profil giginya saja. Cara pemasangan benda kerja ini ada bermacam-macam sesuai dengan besar kecilnya beban. Gambar dibawah ini menunjukkan contoh pemasangan benda kerja dengan mandril



Gambar 3. 6 Pemasangan Benda Kerja Dengan Mandril

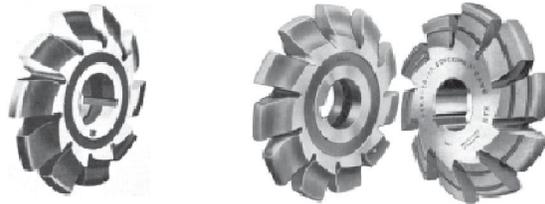
2.3. Pemilihan, Pemasangan Dan Penyetingan Pisau Frais

2.3.1. Pisau Roda Gigi (*Gear Cutters*)

Untuk memperjelas uraian materi sebelumnya tentang pisau roda gigi, di bawah ini akan dibahas lagi lebih luas tentang materi pisau roda gigi. Sebagaimana alat-alat potong pada mesin bubut, pisau roda gigi dibuat dari bahan baja carbon (*carbon steel*) atau baja kecepatan potong tinggi (*High Speed Steel = HSS*). Bentuknya dibuat sedemikian rupa sehingga hasil pemotongnya membentuk profil gigi, yakni garis lengkung (*evolvente*).

2.3.2. Macam Pisau Frais Roda Gigi

Tipe *evolvente*, Digunakan baik untuk pemotongan pengasaran maupun untuk penyelesaian (*finishing*) pada roda gigi dengan profil gigi kecil (modul kecil).



Gambar 3. 7 Pisau Frais Roda Gigi

Beram (tatal) akan terbuang sebagian melalui alur-alur. Karena alurnya berselang-seling, maka pada benda kerja tidak akan terjadi garis-garis. *Cutter* tipe ini digunakan untuk pengefraisan pengasaran pada roda gigi dengan profil besar (modul = 2,5 + 12). Untuk penyelesaian (*finishing*) digunakan cutter tipe plain.

2.3.3. Ukuran Pisau Frais Roda Gigi

Pisau frais roda gigi dibuat untuk setiap ukuran, yakni untuk *diametral pitch* maupun untuk sistem modul. Untuk setiap ukuran terdiri satu set yang mempunyai 8 buah atau 15 buah. Untuk setiap nomor *cutter* hanya dipakai untuk memotong roda gigi dengan jumlah gigi tertentu. Hal ini dibuat mengingat bahwa roda gigi dengan jumlah gigi sedikit profil giginya akan sedikit berbeda dengan profil gigi dari roda gigi dengan jumlah gigi banyak seperti diperlihatkan pada Tabel tabel dibawah ini.

Tabel 3. 7 Pemilihan nomor pisau sistim modul

No.	Nomor Pisau	Untuk Memotong Gigi Berjumlah
01	1	12 + 13
02	2	14 + 16
03	3	17 + 20
04	4	21 + 25
05	5	26 + 34
06	6	35 + 134
07	7	155 + 134
08	8	135 atas "Gigi rack"

Tabel 3. 8 Satu set cutter modul dengan 15 nomor

No.	Nomor Pisau	Untuk Memotong Gigi Berjumlah
01	1	12
02	1,5	13
03	2	14
04	2,5	15 + 16
05	3	17 + 18
06	3,5	19 + 20
07	4	21 + 22
08	4,5	23 + 25
09	5	26 + 20
10	5,5	30 + 34
11	6	35 + 41
12	6,5	42 + 54
13	7	55 + 80
14	7,5	81 + 134
15	8	135 + tak terhingga (Gigi rack)

Pisau frais yang digunakan untuk pemotongan roda gigi menurut sistem diametral pitch, juga mempunyai 8 buah cutter (satu set). Misal roda gigi dengan jumlah 12 gigi, maka cutter terdiri dari nomor 8.

Tabel 3. 9 Satu Set Cutter Modul Sistem Diameter Pitch

No.	Nomor Pisau	Untuk Memotong Gigi Berjumlah
01	1	135 –tak terhingga (Gigi rack)
02	2	55 + 134
03	3	35 + 54
04	4	26 + 34
05	5	21 + 25
06	6	17 + 20
07	7	14 + 16
08	8	12 + 13

2.3.4. 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 roda gigi. Maka dibuat seri pisau yang dapat dipakai untuk pembuatan roda gigi dengan berbagai ukuran.

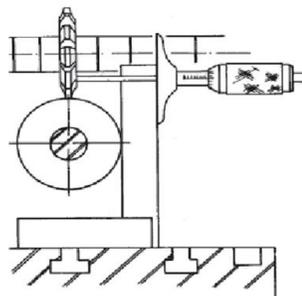
a. Pemasangan Pisau Frais

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

b. Penyetingan Pisau Frais

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

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



Gambar 3. 8 Cara Menyetel Senter Pisau/Cutter

Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut.

- 1) Letakkan siku pada meja dan singgungkan pada benda kerja.
- 2) Ukur tebal cutter (d).
- 3) Pandang micrometer kedalaman yang harus diseting adalah :

$$\text{panjang micrometer kedalaman} = \frac{Dk - d}{2}$$

- 4) Panjang micrometer kedalaman berdasarkan hasil perhitungan rumus diatas digunakan untuk menseting posisi senter pisau/cutter seperti pada gambar.

2.3.5. Penentuan Kedalaman Pemotongan

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

- Kedalaman pemotongan = 2,157 x modul
- Kedalaman Pemotongan untuk *system diametral pitch* = 2,157/P

Cara menseting kedalaman pemotongan :

- 1) Gerakkan meja hingga benda kerja yang telah dicekam pada tempat yang akan disayat berada pada posisi tengah di bawah pisau.
- 2) Tempelkan kertas tipis yang telah dibasahi pada permukaan benda kerja
- 3) Hidupkan mesin hingga pisau frais berputar dan siap menyayat
- 4) Dekatkan benda kerja menuju pisau frais hingga menyentuh kertas tipis.
- 5) Bila pisau telah menyentuh kertas tipis, bebaskan benda kerja menjauh pisau.
- 6) Hentikan mesin dan setinglah ukuran pada angka nol
- 7) Naikkan benda kerja sesuai kedalaman yang disyaratkan
- 8) Lakukan pemakanan hingga tercapai kedalaman yang ditentukan.

2.3.6. Penentuan Pembagian Dengan Kepala Pembagi

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

$$nc = \frac{i}{z}$$

Keterangan :

nc = putaran engkol kepala pembagi

i = rasio kepala pembagi (pada umumnya $i = 40:1$)

z = jumlah gigi

Bila jumlah gigi (z) yang diminta tidak bisa diselesaikan dengan rumus diatas, maka penyelesaiannya bisa dilakukan dengan cara pembagian tidak langsung atau pembagian differensial.

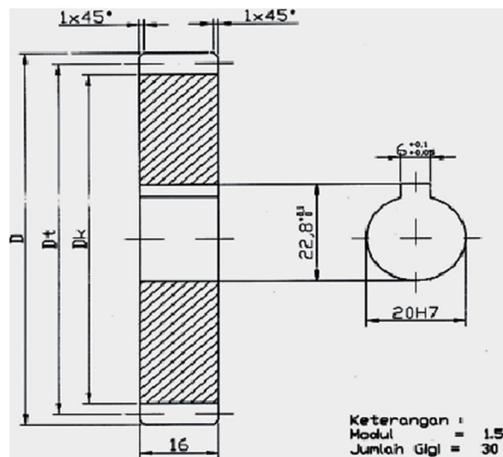
Selain penentuan putaran tersebut langkah-langkah penggunaan kepala pembagi paling tidak meliputi hal-hal di bawah ini:

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

2.3.7. Pengefraisan/Pemotongan Gigi Sistem Modul

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 sampai di ujung benda kerja
 - b. Setelah satu kali penyayatan telitilah ketepatan profil maupun ketepatan ukuran agar dapat dilakukan perbaikan bila masih kurang
 - c. Lakukan pemakanan pada gigi ke tiga dan selanjutnya hingga selesai.
 - d. Sebagai contoh untuk memotong roda gigi lurus pada mesin frais dapat dilakukan dengan cara berikut ini.
- 1) Pelajari gambar kerja misalnya diketahui sebuah roda gigi lurus dengan $z = 30$ gigi dan modulnya (m) 1,5.



Gambar 3. 9 Gambar Kerja Roda Gigi

Maka ukuran-ukuran yang lain dapat direncanakan sebagai berikut.

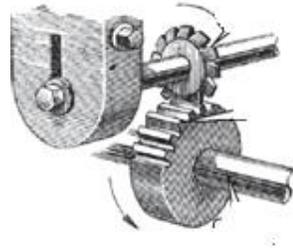
- Diameter tusuk (D_t) = $z \cdot m = 30 \cdot 1,5 = 45$ mm
- Diameter luar (D_k) = $D_t + (2 \cdot m) = 45 + (2 \cdot 1,5) = 48$ mm
- Kedalaman gigi (h) = $2,157 \cdot m = 2,157 \cdot 1,5 = 3,23$ mm
- Pisau yang digunakan adalah nomor 5
- Pembagian pada kepala pembagi bila ratio perbandingan pembagiannya adalah $40 : 1$, maka:

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

$$= \frac{40}{30} = 1 \frac{10}{30} = 1 \frac{6}{18}$$

Jadi, engkol kepala pembagi diputar sebesar satu putaran penuh, ditambah 6 lubang pada indeks piring pembagi berjumlah 18.

- 2) Persiapkan peralatan dan perlengkapan yang diperlukan untuk pembuatan roda gigi lurus.
- 3) Pasang blank roda gigi yang sudah terpasang pada mandril di antara dua senter.
- 4) Setting pisau di tengah-tengah benda kerja dan lanjutkan setting pisau di atas nol permukaan benda kerja.
- 5) Atur kedalaman pemakanan sesuai perhitungan.
- 6) Atur pembagian mengatur piring pembagi dan lengan untuk pembagian 30 gigi, dalam hal ini dari hasil perhitungan menggunakan piring pembagi berjumlah 18.
- 7) Setelah yakin benar, bahwa posisi cutter di tengah-tengah benda kerja geserlah meja longitudinal, naikan meja setinggi depth of cut (h). Sesuai perhitungan didapat 3,23 mm.
- 8) Putarkan engkol pembagi suatu putaran penuh untuk menghilangkan backlash.
- 9) Hidupkan mesin dan lakukan pemotongan gigi.
- 10) Putarkan engkol pembagi untuk mendapatkan satu gigi.
- 11) Lakukan pemotongan hingga selesai satu gigi, ukurlah tebal gigi dengan gear tooth vernier bila ternyata ada kekurangan atur kembali defth of cut.
- 12) Kemudian lakukan kembali pemotongan hingga selesai dengan menggunakan gerakan meja secara otomatis.
- 13) Sebagai ilustrasi hasil pemotongan dalam pembuatan roda gigi lurus dapat dilihat pada gambar pemotongan gigi lurus dibawah ini.



Gambar 3. 10 Pemotongan Gigi Lurus

3. Dasar-Dasar Pengukuran Roda Gigi

Kita telah mengenal apa yang dinamakan roda gigi. Pada sepeda, kendaraan roda dua, mobil, kereta api, pesawat udara, kapal laut, dan semua jenis mesin-mesin perkakas selalu dilengkapi dengan komponen komponen roda gigi. Dengan adanya komponen-komponen roda gigi ini maka sistem mekanisme mesin dan motor dapat bekerja sesuai dengan fungsinya. Makin tinggi kualitas suatu produk yang memerlukan perlengkapan roda gigi, maka makin tinggi dan makin presisi pula roda gigi yang harus dibuat.

Untuk dapat membuat roda gigi dari kualitas rendah sampai pada roda gigi yang berkualitas tinggi sudah tentu tidak bisa lepas dari salah satu faktor dalam proses pembuatannya yaitu proses pengukuran. Dalam kaitan ini akan disinggung alat ukur roda gigi, bagian-bagian roda gigi yang perlu diukur dan bagaimana cara mengukurnya.

3.1. Bagian-bagian Penting Roda Gigi Yang Perlu Diukur

Bagian-bagian dari roda gigi yang perlu diukur antara lain adalah :

1. Ukuran dasar roda gigi yang menyangkut diameter mayor (luar), diameter lubang, ketidaksepusatan diameter luar terhadap lubang, lebar gigi (*face width*) dan goyangan aksial dari masing-masing muka gigi.
2. Posisi gigi yang menyangkut: jarak puncak ke puncak dari gigi (pitch), jarak celah, tebal gigi, eksentrisitas masing-masing gigi terhadap sumbu putarnya.

3. Bentuk gigi yang menyangkut pemeriksaan kebenaran bentuk gigi, kesimetrisan antara dua muka gigi dan ketinggian atau kedalaman gigi (teeth depth).
4. Pasangan roda gigi yang menyangkut: jarak pusat dari roda gigi yang satu ke pusat roda gigi yang lain, backlash dan pemeriksaan roda gigi dengan memutarinya pada waktu dipasangkan dengan roda gigi standar.

Sebetulnya, untuk pengukuran roda gigi tidak semua yang disebutkan di atas harus diukur semuanya, kecuali untuk keperluan pemakaian roda gigi dengan ketelitian tertentu sesuai dengan tujuan yang dikehendaki.

Secara umum, pemeriksaan roda gigi dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu pemeriksaan secara analisis dan pemeriksaan menurut fungsinya.

Pemeriksaan secara analisis (*analitical inspection*) maksudnya adalah memeriksa semua elemen-elemen penting dari roda gigi, misalnya bentuk gigi, jarak puncak antar gigi (*pitch*), jarak celah (*clearance*), eksentrisitas, tebal gigi, lead dan *backlash*.

Sedangkan pemeriksaan menurut fungsinya (*functional inspection*) adalah pemeriksaan roda gigi yang dibandingkan dengan roda gigi standar (*master gear*) yang caranya adalah memasang roda gigi yang akan diperiksa pada roda gigi standar dan kemudian memutar pasangan roda gigi tersebut. Dengan beberapa peralatan maka dapat dilihat/diperiksa tingkat kebisingan suara yang timbul akibat gesekan antar roda gigi, getaran dan variasi gerakan dari putaran roda gigi.

3.2. Beberapa Cara Pengukuran Roda Gigi

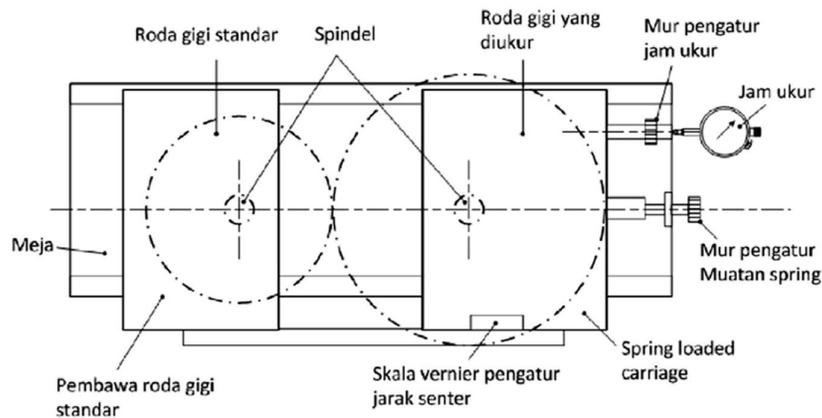
Seperti halnya pada pemeriksaan ulir, maka pada pemeriksaan roda gigi pun diperlukan perhitungan-perhitungan tertentu terutama perhitungan dengan trigonometri. Yang telah disinggung di muka sebagian besar mengenai roda gigi lurus (*spur gear*). Pada dasarnya pemeriksaan untuk semua jenis roda gigi adalah sama yaitu lebih menitik beratkan pada pemeriksaan bentuk fisik dari roda gigi dan bentuk dari giginya, baru kemudian dijabarkan/dikembangkan pada pemeriksaan elemen-elemen yang lain.

Sebagaimana telah dikemukakan di muka bahwa pemeriksaan roda gigi dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu pemeriksaan roda gigi secara keseluruhan dalam arti membandingkannya dengan roda gigi standar dan pemeriksaan elemen-elemen roda gigi secara sendiri-sendiri.

Pemeriksaan roda gigi dengan membandingkannya terhadap roda gigi standar disebut juga dengan istilah pemeriksaan secara keseluruhan (*general test*). Sedangkan pemeriksaan elemen-elemen dari roda gigi disebut juga dengan istilah pemeriksaan individual (*individual test*).

3.2.1. Membandingkan Roda Gigi dengan Roda Gigi Standar (General Test)

Salah satu alat yang biasa digunakan untuk memeriksa roda gigi secara keseluruhan ini (membandingkannya dengan roda gigi standar) adalah *Parkson Gear Tester*. Bagan sederhana dari konstruksi alat pemeriksa roda gigi ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini membandingkan roda gigi dengan roda gigi standar (*gearmaster*)



Gambar 3. 11 Bagan Roda Gigi Dengan Roda Gigi Standar(Gearmaster)

Alat tersebut terdiri dari meja, pemegang tetap roda gigi standar, pemegang roda gigi yang bisa diatur posisinya, roda gigi standar, jam ukur dan pengaturnya, kunci penyetel posisi roda gigi dan skala *vernier* pengatur jarak pusat roda gigi. Bila sebuah roda gigi yang akan diperiksa sudah dipasangkan dengan posisi yang tepat terhadap roda gigi standar maka setiap penyimpangan roda gigi akan terlihat pada waktu pemasangan roda gigi tersebut diputar. Penyimpangan ini bisa dilihat pada jam ukur dimana setiap perubahan jarak dari posisi roda gigi yang diperiksa akan ditunjukkan oleh jarum penunjuk jam ukur.

Perubahan ini timbul akibat adanya penyimpangan-penyimpangan pada roda gigi yang diperiksa, antara lain misalnya kesalahan bentuk gigi, kesalahan jarak puncak gigi (*pitch*), konsentrisitas *pitch* dan sebagainya.

Secara ringkas, prosedur pemeriksaannya dapat dilakukan sebagai berikut: Gunakan blok ukur di antara masing-masing spindel untuk menyetel posisi nol jam ukur pada jarak pusat yang tepat antara pusat roda gigi standar dan rodagigi yang diperiksa. Panjang blok ukur adalah jarak pusat (L) dikurang setengah dari jumlah diameter masing-masing spindel (d_1 dan d_2), jadi ukuran blok ukur

$$= L - \frac{d_1 + d_2}{2}$$

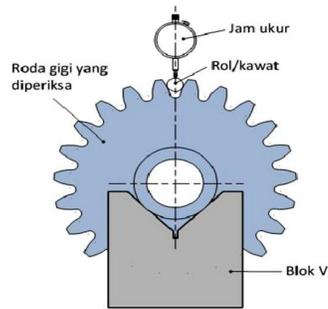
menyetel harga-harga batas pada jam ukur. Pasangan roda gigi kemudian diputar dan catatlah semua perubahan yang ditunjukkan oleh jarum penunjuk jam ukur. Bila jarum penunjuk menunjukkan harga di luar harga-harga batas yang sudah ditentukan maka kesimpulannya adalah roda gigi tidak bisa dipakai. Dengan menggunakan alat pengukur kekasaran permukaan maka setiap penyimpangan yang terjadi bisa direkam yang dengan perbesaran tertentu penyimpangan tersebut tergambar pada kertas skala dari alat pengukur yang digunakan.

3.2.2. Pengukuran Elemen Roda Gigi Secara Individual (Individual Test)

Dalam pemeriksaan elemen-elemen roda gigi secara individual ini, titik berat pemeriksaan biasanya terletak pada pemeriksaan diameter *pitch*nya. Dengan pemeriksaan diameter *pitch* ini secara tidak langsung juga akan memeriksa diameter luar, diameter dasar, jarak puncak antar gigi, tebal gigi, eksentrisitas dan tinggi gigi.

3.2.3. Pemeriksaan Eksentrisitas Roda Gigi

Untuk pemeriksaan eksentrisitas ini, alat ukur sederhana yang bisa digunakan antara lain adalah jam ukur, kawat dan blok V. Dengan alat sederhana ini dapat diketahui ketidakseimbangan (eksentrisitas) dari roda gigi yang penyimpangannya dapat diketahui dari jarum penunjuk jam ukur. Setiap kali diputar dicatat penyimpangannya sampai semua daerahlingkaran *pitch* selesai diperiksa. Secara sederhana gambarnya dapat dilihat gambar Pemeriksaan eksentrisitas roda gigi dibawah ini.



Gambar 3. 12 Pemeriksaan Eksentrisitas Roda Gigi

Bila tujuan pemeriksaan hanya ingin mengetahui apakah roda gigi seimbang (*balance*) atau tidak caranya adalah cukup dengan memutarkannya secara perlahan-lahan lalu dibiarkan berhenti sendiri. Dalam keadaan akan berhenti sendiri dapat dilihat atau diamati bagian mana dari roda gigi yang menyebabkan tidak seimbang.

3.2.4. Pemeriksaan Roda Gigi dengan Rol Baja

Untuk pemeriksaan roda gigi dengan menggunakan rol baja maka yang harus diperhatikan adalah pemilihan diameter dari rol baja. Hal ini dimaksudkan agar posisi dari rol baja betul-betul tepat pada titik dari lingkaran *pitch* roda gigi. Analisis selanjutnya dapat dilihat gambar dibawah ini.

Lihat segitiga ABC, α adalah sudut tekan roda gigi.

$$\cos \alpha = \frac{AB}{AC} \quad AB = AC \cos \alpha$$

AB adalah sama dengan jari-jari dari rol baja (r).

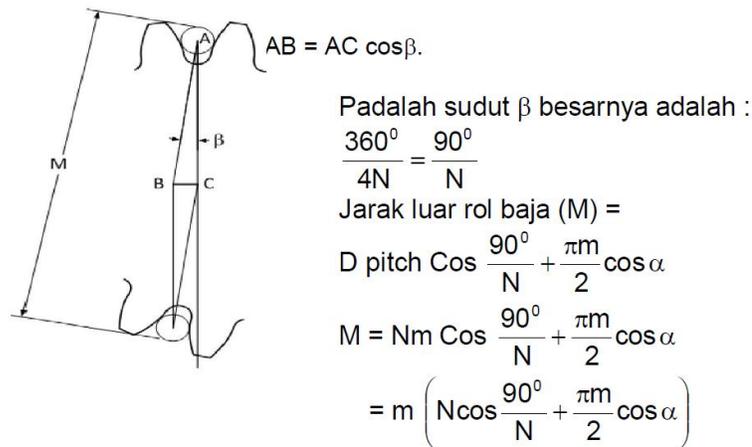
Diameter rol baja adalah $2 \times AB$
 $= 2 AC \cos \alpha$ $AC = \frac{1}{4}$ dari
 circular pitch $= \frac{1}{4} CP = \frac{\pi m}{4}$
 $2AC \cos \alpha = \frac{\pi m}{2} \cos \alpha$. Jadi,
 diameter rol baja adalah $\frac{\pi m}{2}$
 $\cos \alpha$. $M = \text{modul}$.

Gambar 3. 13 Pemeriksaan Roda Gigi Dengan Rol Baja

$$\begin{aligned} \text{Jarak luar dari rol baja (M)} &= 2 \times R_g \\ R_g &= R_p + r & R_p &= \text{jari-jari lingkaran pitch} \\ R_p &= \frac{Nm}{2} & N &= \text{jumlah gigi} \\ \text{Jadi, } M &= 2 \left(\frac{Nm}{2} + \frac{\pi m}{4} \cos \alpha \right) \\ M &= m \left(N + \frac{\pi}{2} \cos \alpha \right) \end{aligned}$$

Rumus di atas berlaku untuk roda gigi dengan jumlah gigi genap.

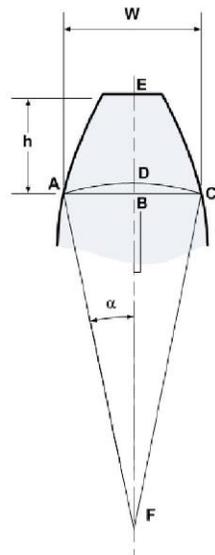
Sedangkan untuk roda gigi dengan jumlah gigi ganjil rumusnya adalah : lihat gambar Pengukuran roda gigi dengan jumlah gigi ganjil berikut ini.



Gambar 3. 14 Pemeriksaan Roda Gigi Ganjil Dengan Rol Baja

Jarak luar rol baja adalah $2 AB + d$ (diameter rol), $2AB =$ diameter lingkaran pitch (D pitch) kali, maka Diameter rol baja adalah $2 \times AB$

Seandainya diameter lingkaran pitchnya cukup besar maka pemeriksaan roda gigi bisa dilakukan pada sejumlah gigi bisa dilakukan pada sejumlah gigi saja. Perhatikan gambar Pemeriksaan roda gigi yang besar dibawah ini. Misalnya diambil 15 gigi.



Lihat gambar 5.13 di samping

Panjang $W = 2 AB$

Pada segitiga ABF, AF adalah jari-jari lingkaran pitch =

$$\frac{D}{2} \quad D = Nm \quad \frac{D}{2} = \frac{Nm}{2}$$

$$\text{Sudut } \alpha = \frac{360^\circ}{4N} = \frac{90^\circ}{N}$$

$$\sin \alpha = \frac{AB}{AF} \quad AB = AF \sin \alpha$$

$$AB = \frac{Nm}{2} \sin \frac{90^\circ}{N}$$

$$W = 2AB = Nm \sin \frac{90^\circ}{N}$$

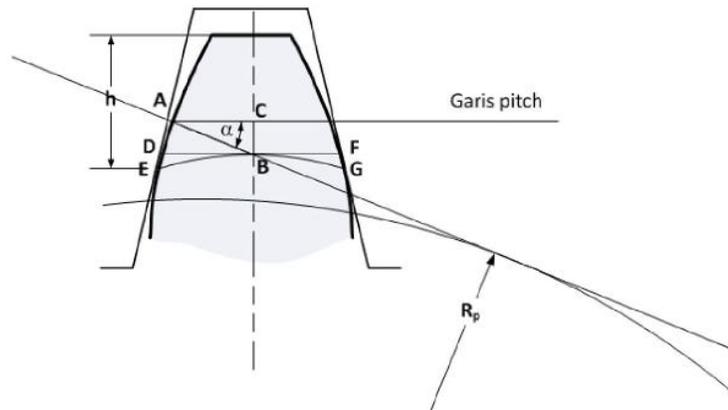
Gambar 3. 16 Pengukuran Tebal Gigi pada Garis Pitch

Dari gambar diatas juga diperoleh hubungan antara tinggi (h) dengan Jumlah gigi dan modul.

Maka persamaannya adalah sebagai berikut: Tinggi (h) = EF – FB,

3.2.5.2. Pengukuran Tebal Gigi Pada Sudut Tekan (Constant Chord)

Pada pemeriksaan tebal gigi berdasarkan garis *pitch* ternyata harga h dan W tergantung pada jumlah gigi. Kalau roda gigi yang akan diperiksa mempunyai dimensi yang cukup besar dan masing-masing gigi ternyata mempunyai harga yang berbeda maka perhitungan untuk masing-masing gigi harus dilakukan. Hal ini tentunya memakan waktu cukup lama. Untuk itu bisa juga dilakukan pemeriksaan tebal gigi yang tidak tergantung pada jumlah gigi. Pemeriksaan ini dilakukan pada sudut tekan roda gigi (*constant chord*). Gambar berikut ini menunjukkan cara menghitung pemeriksaan tebal gigi pada *contant chord*.



Gambar 3. 17 Pemeriksaan Tebal Gigi Pada Contant Chord

Dari gambar itu diketahui: BD adalah seperempat lingkaran *pitch*, jadi

$$BD = \frac{CP}{4}, \text{ atau } BD = \frac{\pi m}{4}$$

$$BD = CP / 4, \text{ atau } BD = m$$

$$\text{Pada segitiga ABD, } \cos \alpha = \frac{AB}{BD}$$

$$AB = BD \cos \alpha$$

$$AB = \frac{\pi m}{4} \cos \alpha$$

$$\text{Pada segitiga ABC, } \cos \alpha = \frac{AC}{AB}$$

$$AC = AB \cos \alpha$$

$$AC = \frac{\pi m}{4} \cos^2 \alpha$$

$$\begin{aligned} \text{Dengan demikian harga } W &= 2 AC \\ &= \frac{\pi m}{2} \cos^2 \alpha \end{aligned}$$

Dari gambar diatas Pengukuran tebal gigi pada sudut tekan (*constant chord*).

$$\text{Tinggi (h) = Addendum} - BC = \text{modul (m)} - \cos \alpha \cdot \sin \alpha$$

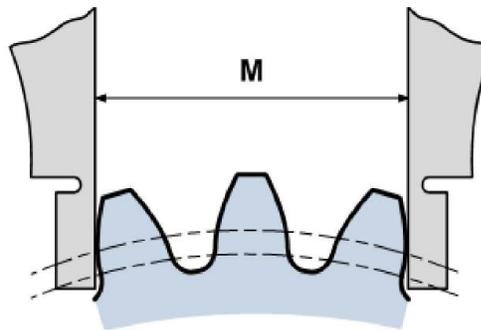
Persamaan di atas berlaku untuk roda gigi lurus (*spur gear*). Sedangkan untuk pengukuran roda gigi helix tinggal mengganti dengan modul normal (m_n) dan sudut tekan normal. (Lihat pembahasan pada pemeriksaan roda gigi helix). Jadi, Bila diperlukan koreksi maka persamaannya menjadi : k = faktor koreksi yang

harganya tergantung pada tipe gigi. Harga k dapat dihitung dengan $k = m + 0.1D$, dimana m = modul dan D = diameter lingkaran *pitch*. Alat ukur yang tepat untuk pengukuran tebal gigi pada *constant chord* ini adalah *Sykes Gear Tooth Comparator*. Alat ini lebih teliti dari pada mistar insut roda gigi. Kelemahan dari mistar insut roda gigi antar lain adalah :

1. Tingkat ketelitiannya tidak bisa lebih dari pada 0.05 mm ataupun 0.025 mm.
2. Pada sistem pembacaannya terdapat dua macam pembacaan yang masing-masing merupakan fungsi satu sama lain yaitu pembacaan kedalaman dan ketebalan gigi.
3. Pengukurannya hanya pada ujung dari rahang ukur sehingga tidak bisa tepat pada bagian gigi yang berbentuk rack.

3.2.5.3. Pengukuran Tebal Gigi dengan Sistem Base Tangent

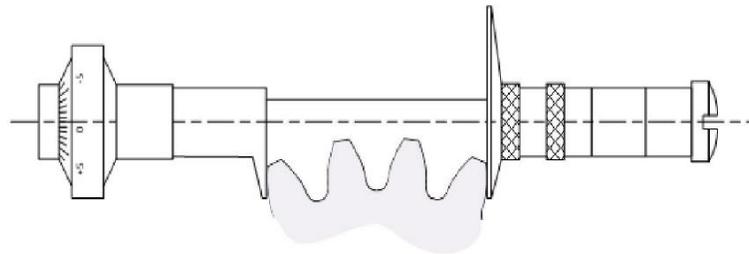
Alat ukur yang bisa digunakan untuk pemeriksaan tebal gigi dengan *Sistem Base Tangent (Base Tangent Method)* adalah mistar insut biasa meskipun ada beberapa kelemahan dalam proses pengukurannya. Ciri utama dari pengukuran sistem tersebut adalah bahwa pengambilan gigi yang akan diperiksa jumlahnya harus lebih dari pada satu gigi, misalnya 2, 3, atau 4 gigi. Secara sederhana cara pengukurannya dapat dilihat pada Gambar dibawah ini



Gambar 3. 18 Pengukuran Tebal Gigi Sistem Base Tangent

Dengan cara ini maka beberapa kelemahan dari mistar insut roda gigi seperti yang disebutkan di muka dapat diatasi yaitu dengan jalan menggunakan alat ukur yang lebih teliti dari pada mistar insut biasa.

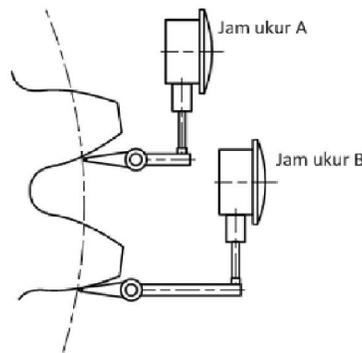
Pengukuran tebal gigi dengan Sistem *Base Tangent* akan lebih teliti lagi hasilnya bila menggunakan mikrometer dengan sudut anvil. Salah satu peralatan tersebut namanya adalah *David Brown Tangent Comparator* seperti tampak pada Gambar di bawah ini:



Gambar 3. 19 Pengukuran Tebal Gigi Dengan Mikrometer

3.3. Pemeriksaan Jarak Gigi (Pitch)

Salah satu cara yang paling sederhana untuk memeriksa jarak dari gigi ke gigi ini adalah dengan menggunakan dua buah jam ukur (*dial gauge*) seperti tampak pada gambar berikut ini:

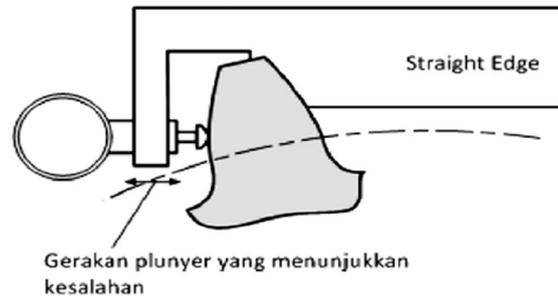


Gambar 3. 20 Pemeriksaan Jarak Gigi/Kisar (Pitch)

3.4. Pemeriksaan Bentuk Involute Gigi

Dengan menggunakan jam ukur (*dial indicator gauge*) kita dapat dengan mudah mengetahui apakah bentuk suatu permukaan benda ukur itu rata, atau bergelombang, atau melengkung dan sebagainya. Demikian juga halnya dengan bentuk involute dari gigi. Kebenaran dari bentuk involute gigi ini bisa diketahui

dengan menggunakan jam ukur yang sensornya kita jalankan pada sisi lengkung dari bentuk involute gigi tersebut. Dengan demikian setiap perubahan dari bentuk involute gigi dapat dibaca pada piringan skala jam ukur. Secara sederhana prinsip dari pemeriksaan bentuk *involute* gigi ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 3. 21 Pemeriksaan Bentuk Involute Gigi

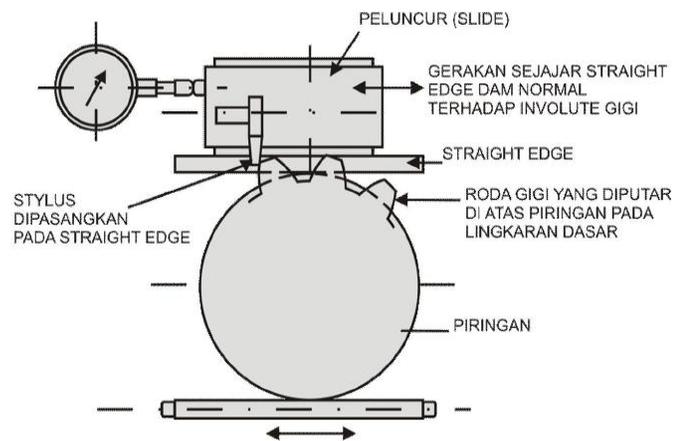
Dari gambar tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut, Pelat siku yang panjang dan lurus (*straight edge*) digerakkan melalui lingkaran dasar (*base circle*). Dengan Bergeraknya pelat lurus ini maka batang ukur Jam ukur A digunakan untuk pembacaan tetap dari pitch roda gigi. Sedangkan jam ukur B digunakan untuk mencatat setiap perubahan dari pitch gigi yang diperiksa. Kesalahan yang sesungguhnya dari pitch tiap gigi dapat ditentukan dengan jalan mengurangi setiap hasil pengukuran yang terbaca pada jam ukur B untuk setiap gigi dengan harga rata-rata dari seluruh hasil pembacaan pada semua gigi. dari jam ukur juga akan bergerak sepanjang sisi gigi yang diperiksa mulai dari batas lingkaran dasar. Sebelum digerakkan jarum penunjuk harus dipastikan pada posisi yang tetap misalnya tepat pada posisi nol.

Perubahan jarak yang dialami oleh poros ukur (*sensor*) akan mengakibatkan perubahan posisi dari jarum penunjuk. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa apabila jarum penunjuk tetap pada posisi yang sama selama poros ukur dari jam ukur melewati sisi involute gigi maka dapat dikatakan bahwa gigi mempunyai bentuk *involute* yang tepat dan benar.

Demikian pula sebaliknya, apabila posisi jarum penunjuk berubah dari posisi semula selama sensor melewati sisi gigi maka dikatakan bahwa gigi mempunyai

bentuk involute yang kurang baik. Untuk memastikan apakah roda gigi bisa dipakai bila ditinjau dari bentuk involutenya maka dasar pengambilan keputusan adalah dengan melihat harga-harga batas dari skala jam ukur dengan harga yang sudah ditentukan. Artinya, bila jarum penunjuk menunjukkan harga di luar harga batas maka disimpulkan bahwa roda gigi tidak bisa digunakan.

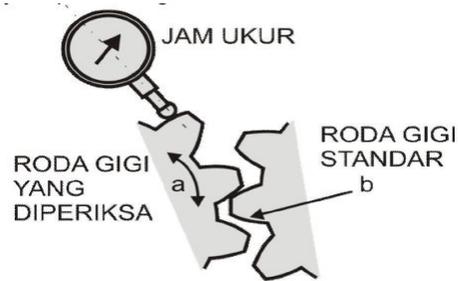
Salah satu peralatan untuk memeriksa bentuk involute gigi yang menggunakan prinsip seperti tersebut di atas adalah *David Brown Involute Form Tester*, diagramnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 3. 22 Pemeriksaan Bentuk Involute Gigi David Brown

3.5. Pemeriksaan Kelonggaran Back Lash

Untuk memeriksa besarnya kelonggaran dari *back lash* harus digunakan roda gigi standar sebagai masternya dan jam ukur sebagai alat ukur yang mencatat besarnya *back lash*. Secara sederhana cara pengukurannya dapat dilihat gambar berikut ini.

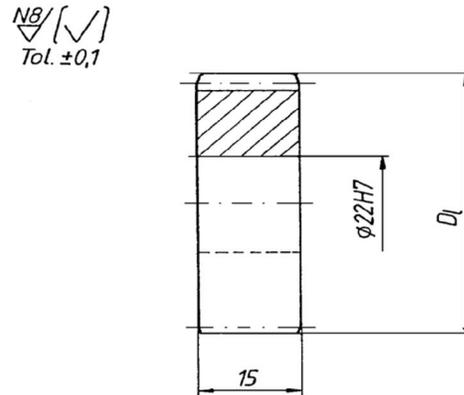


Gambar 3. 23 Pemeriksaan Kelonggaran Back Lash

- Roda gigi standar (*master gear*) dikunci agar tidak berputar. Roda gigi yang akan diperiksa dipasangkan pada roda gigi standar tersebut.
- Ujung poros ukur dari jam ukur diletakkan pada salah satu sisi dari roda gigi yang diperiksa. Kemudian roda gigi yang diperiksa digerakkan dengan arah bolak-balik seperti yang ditunjukkan oleh tanda panah ' a ' .
- Dengan gerakan ini maka jarum penunjuk jam ukur akan mencatat semua perubahan jarak yang dialami oleh poros ukurnya. Gerakan bolak balik di atas jaraknya adalah sepanjang kelonggaran dari *back lash*.
- Bentuk dari *backlash* digambarkan agak berlebihan (ekstrim) seperti yang ditunjukkan oleh ' b ' . Untuk roda gigi yang presisi maka besarnya kelonggaran dari *back lash* tidak boleh lebih dari 0.02 sampai 0.03 milimeter. Untuk mengambil keputusan apakah besarnya *back lash* sudah melampaui batas harga maksimum dan minimumnya adalah dengan melihat posisi jarum penunjuk jam ukur. Apabila posisi jarum penunjuk menunjukkan harga di luar harga-harga batas dari *back lash* maka dari sudut kelonggaran *back lash* berarti roda gigi tidak baik untuk digunakan.

4. Metoda Pengefraisan Roda Gigi

- 1) Pelajari gambar dibawah ini

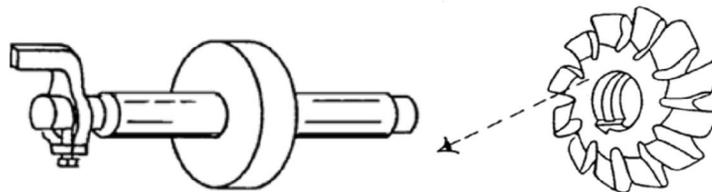


Gambar 3. 24 Benda Kerja Pengefraisan Roda Gigi

- 2) Hitung dimensi diameter luar untuk data roda gigi sebagai berikut :

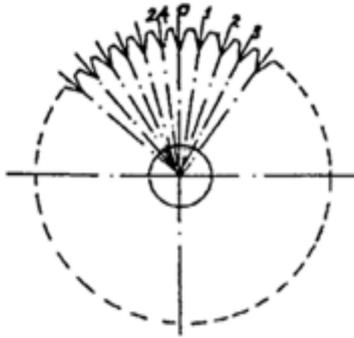
No	z	m	α	Dl
1	25	1.25	20°	
2	50	2.0	20°	
3	75	2.0	20°	
4	100	1.25	20°	

- 3) Siapkan peralatan: Mandril tirus, Kacamata, Kuas, Jangka sorong, Kikir, kemudian Periksa benda kerja dan pasangkan pada mandril.



Gambar 3. 25 Periksa Benda Kerja, Mandril, Pisau Frais

- 4) Pelajari gambar kerja. Tentukan pisau frais yang akan digunakan. Dan tentukan pelat pembagi yang akan digunakan untuk $z = \dots$, $m = \dots$



Gambar 3. 26 Tentukan Pelat Pembagi

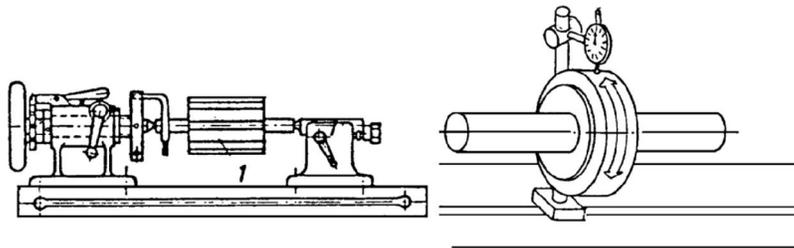
- 5) Tentukan putaran engkol.

$$nc = \frac{i}{z}$$

$$= \dots$$

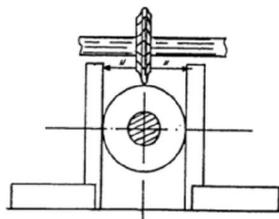
$$= \dots$$

- 6) Tentukan kedalaman pemotongan (h). Pasang kepala pembagi dan kepala lepas pada mesin. Pasang benda kerja, periksa kesentrisan dengan dial indicator



Gambar 3. 27 Pemasangan Kepala Pembagi Pada Mesin

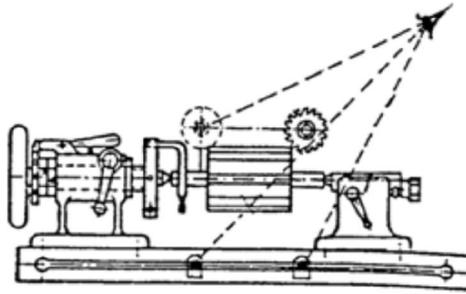
- 7) Atur posisi sumbu frais sesumbu dengan benda kerja, atur posisi nol.



Gambar 3. 28 Posisi Sumbu Frais Pada Sumbu Benda Kerja

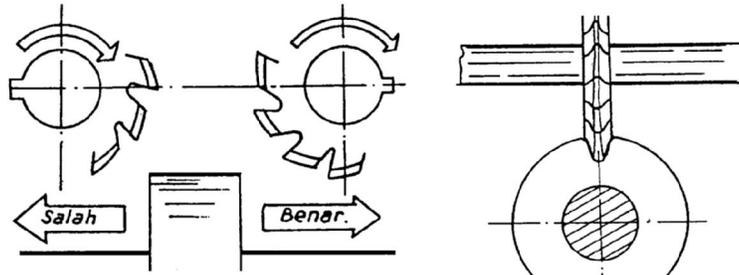
- 8) Atur putaran pisau frais menggunakan rumus $n = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi d}$ rpm

Hitung kecepatan meja (*feeding*). $feed = n \cdot f_{pt} \cdot z$ Atur jarak langkah meja dan pasang pembatas (*stopper*).



Gambar 3. 29 Stopper Pembatas Jarak Langkah Meja

- 9) Tentukan arah pemotongan (gunakan metoda pemotongan berlawanan arah). Lakukan pemotongan alur pertama dengan kedalaman sesuai dengan perhitungan.



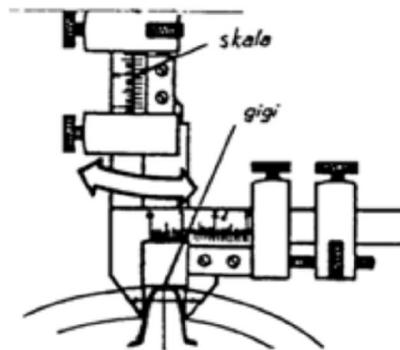
Gambar 3. 30 Arah Pengefraisan Alur Gigi

- 10) Untuk pemotongan yang cukup dalam sebaiknya dilakukan bertahap, dengan ketentuan setiap tahap untuk seluruh jumlah gigi. Lakukan pemindahan engkol dengan tepat, Jika penda melebihi jarak lubang yang dituju, lakukan pemutaran ulang kurang lebih setengah putaran



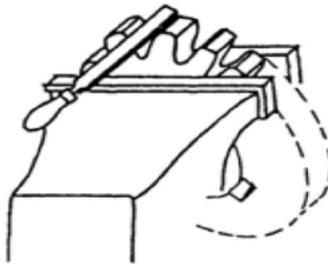
Gambar 3. 31 Tahapan Pengfraisan Gigi

11) Ukur hasil pemotongan dengan jangka sorong pengukur roda gigi.



Gambar 3. 32 Pengukur Roda Gigi

12) Chamfer roda gigi yang dibuat, dan beri tanda dengan stamping. Stamping yang dipakai adalah ukuran 3 mm.



Gambar 3. 33 Chamfer Profil Roda Gigi Yang Tajam

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas 1. Mengamati Kegiatan Mesin Frais (2 JP)

Saudara diminta untuk mengamati kondisi kegiatan metoda pembuatan roda gigi lurus dengan menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut

1. Apa yang saudara ketahui tentang prinsip kerja mesin frais ?
2. Peralatan apa saja yang saudara ketahui dalam melakukan proses Pengefraisan roda gigi lurus ?
3. Parameter apa saja yang saudara ketahui untuk melakukan proses Pengefraisan roda gigi lurus ?

Aktivitas 2: Standarisasi Roda Gigi Lurus Dan Alat Potong (2 JP)

Setelah Saudara mencermati kegiatan metoda pembuatan roda gigi lurus pada aktivitas 1, maka pada aktivitas 2 ini Saudara akan mendiskusikan bagaimana standarisasi roda gigi lurus dan alat potong roda gigi lurus .Untuk kegiatan ini Saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Apa yang saudara ketahui tentang standarisasi geometris roda gigi lurus ?
2. Bagaimana saudara melakukan pemeriksaan / pengukuran geometris alat potong roda gigi lurus ?
3. Menurut pendapat saudara mengapa pemeriksaan / pengukuran geometris alat potong roda gigi lurus penting dilakukan ?

Saudara dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-02**.

Aktivitas 3: Teknik Proses Pengefraisan Roda Gigi Lurus

Setelah saudara mencermati gambar kegiatan standarisasi geometris roda gigi lurus pada aktivitas 1, maka pada aktivitas 3 ini saudara akan mendiskusikan bagaimana proses Pengefraisan roda gigi lurus . Untuk kegiatan ini saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Apa yang Saudara ketahui tentang tahapan pengefraisan roda gigi lurus , faktor apa saja yang harus diperhatikan, sehingga dapat menghasilkan performansi roda gigi lurus yang baik dan benar
2. Bagaimana melakukan pemasangan dan pengaturan alat potong pada mesin frais untuk proses Pengefraisan roda gigi lurus

3. Bagaimana melakukan pengaturan kecepatan (Parameter), dalam pemotongan roda gigi lurus

Saudara dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-03**.

Aktivitas 4: proses pengukuran / pemeriksaan roda gigi lurus (2 JP)

Setelah Saudara mencermati kegiatan proses Pengefraisan roda gigi lurus pada aktivitas 1, maka pada aktivitas 4 ini Saudara akan mendiskusikan bagaimana proses pengukuran / pemeriksaan roda gigi lurus dilakukan. Untuk kegiatan ini Saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Apa yang Saudara ketahui tentang roda gigi lurus?
2. Mengapa Saudara melakukan pemeriksaan roda gigi lurus?
3. Bagaimana teknik pemeriksaan pemeriksaan roda gigi lurus ?

Saudara dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-04**.

Untuk memperkuat pemahaman Saudara tentang materi pokok bahasan diatas, silahkan Bacalah Bahan Bacaan 3 Teknik proses Pengefraisan roda gigi lurus, kemudian melaksanakan Tugas Praktek dengan menggunakan **LK-05.P**

E. Latihan/ Kasus/ Tugas

Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat

1. Bentuk roda gigi involute lebih banyak digunakan pada produk bidang pemesinan karena...
 - A. Memiliki tingkat ketelitian yang sesuai dengan produk
 - B. Memerlukan kemampuan menahan beban yang berat
 - C. Memiliki bentuk gigi yang lebih pendek
 - D. Memiliki jumlah gigi yang tidak terlalu banyak
 - E. Memiliki bentuk gigi yang lebih runcing

2. Fungsi dari roda gigi adalah, kecuali...
 - A. Memindahkan fluida dari satu tempat ke tempat lain
 - B. Meneruskan daya dari poros penggerak ke poros yang digerakkan.
 - C. Mengubah putaran dari poros penggerak ke poros yang digerakkan
 - D. Meningkatkan efisiensi dari suatu sistem penggerak
 - E. Menjadi bagian utama dari suatu sistem transmisi

3. Jenis roda gigi yang digunakan untuk memindahkan putaran antara dua poros sejajar adalah roda gigi ...
 - A. Lurus (spur gear)
 - B. Payung (straight bevel gear)
 - C. Spiral (spiral gear)
 - D. Cacing (worm gear)
 - E. Dalam (internal gear)

4. Jenis roda gigi yang arah gigi-giginya membentuk suatu kurve adalah...
 - A. Lurus (spur gear)
 - B. Payung (straight bevel gear)
 - C. Spiral (spiral gear)
 - D. Cacing (worm gear)
 - E. Dalam (internal gear)

5. Istilah addendum dalam roda gigi, memiliki arti....
 - A. Jarak radial dari lingkaran pitch sampai pada ujung puncak dari gigi

- B. Jarak radial dari ujung puncak gigi jarak radial dari ujung puncak gigi ke bagian dasar dari gigi dari roda gigi yang lain untuk suatu pasangan roda gigi
 - C. Jarak arc yang diukur pada lingkaran pitch dari salah satu sisi sebuah gigi ke sisi yang sama dari gigi berikutnya
 - D. Panjang dari diameter lingkaran pitch untuk tiap gigi
 - E. Jarak radial dari lingkaran *pitch* sampai pada dasar dari gigi
6. Antara satu roda gigi dengan roda gigi lain yang berpasangan, kadang akan terjadi back lash. Istilah back lash memiliki pengertian...
- A. jarak dari sisi ujung gigi yang satu sampai pada sisi kerja (*working flank*) dari gigi yang lain pada satu pasangan roda gigi.
 - B. jarak tebal gigi yang diukur pada lingkaran *pitch* dari satu sisi ke sisi yang lain pada gigi yang sama
 - C. jarak yang panjangnya sama dengan diameter lingkaran *pitch* ditambah dengan dua *addendum*.
 - D. jarak radial dari ujung puncak sebuah gigi roda gigi yang satu ke bagian dasar dari gigi roda gigi yang lain untuk suatu pasangan roda gigi.
 - E. banyaknya gigi untuk tiap satu inchi dari diameter lingkaran *pitch*
7. Pada roda gigi yang menggunakan standar sistem satuan roda gigi, maka besarnya diameter pitch/diameter tusuk adalah...
- A. $m \times \pi \times z$
 - B. $m \times z$
 - C. $m \times \pi$
 - D. $\pi \times z$
 - E. m/z
8. Penentuan dari diameter bahan awal (diameter luar) akan ditentukan oleh jumlah gigi. Besar dari diameter luar untuk roda gigi metrik adalah...
- A. $m + 2z$
 - B. $z + 2m$
 - C. $(z + 2)m$

- D. $2(m + z)$
E. $2m + z$
9. Pembuatan roda gigi pada mesin frais, dilakukan dengan bantuan perlengkapan ...
A. Kepala pembagi
B. Rotary table
C. Stick head
D. Head stock
E. Tail stock
10. Pada kepala pembagi yang memiliki perbandingan putaran 1:40, jumlah putaran yang dilakukan untuk pembuatan roda gigi dengan $z = 20$, sebesar...
A. 10
B. $\frac{1}{2}$
C. 20
D. 2
E. 4

Jawablah Pertanyaan Di Bawah Ini Dengan Singkat

1. Sebutkan dan jelaskan 2 macam kepala pembagi pada mesin frais!
2. 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 $z = 25$!
3. Apa perbedaan system modul dengan system diametral pitch.
4. Tentukan diameter luar (diameter bahan awal) untuk roda gigi lurus dengan gigi berjumlah 25 dan diametral pitch 12 !
5. Akan dibuat roda gigi lurus dengan modul 4 dan jumlah gigi 25. Tentukan ukuran utama roda gigi tersebut !
6. Jelaskan metoda pemasangan Benda Kerja pada pembuatan roda gigi dimesin frais !

F. Rangkuman

1. Fungsi dan 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
2. 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 dan sistem diametral pitch dan circular pitch
3. Langkah-langkah pembuatan roda gigi lurus akan meliputi:
 - Penyiapan benda kerja termasuk penentuan dimensi
 - Pemasangan Benda kerja
 - Pemilihan, pemasangan dan setting pisau frais
 - Penentuan pembagian dengan kepala pembagi
 - Pemotongan
4. 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.
5. 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.
6. Kesalahan pemasangan pisau dapat berakibat hasil pengefraisan yang tidak sesuai dengan harapan. Untuk pengefraisan roda gigi lurus, pisau frrais dapat di pasang pada arbor panjang. Dalam pembuatan roda gigi lurus, posisi pisau memegang peran yang sangat berarti dalam menentukan keberhasilan proses. Pemasangan pisau frais harus tegak

lurus terhadap sumbu poros dan sumbunya satu garis dengan sumbu benda kerja.

7. Cara menseting kedalaman pemotongan
 - a) Gerakkan meja hingga benda kerja yang telah dicekam pada tempat 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, bebaskan benda kerja menjauh pisau.
 - f) Hentikan mesin dan setinglah ukuran pada angka nol
 - g) Naikkan benda kerja sesuai kedalaman yang disyaratkan
 - h) Lakukan pemakanan hingga tercapai kedalaman yang ditentukan.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Teknik pengefraisan roda gigi merupakan teknik pengefraisan yang dilakukan dengan menggunakan dividing head, sehingga penguasaan terhadap pengoperasian dividing head menjadi sangat penting karena akan menentukan hasil roda gigi yang dibuat. Beberapa sistem dan cara telah dibahas pada uraian materi di atas, dan hasil pengefraisan berupa roda gigi juga telah diterangkan. Disamping itu, cutter yang digunakan untuk pengefraisan juga telah dibahas. Diharapkan peserta diklat dapat merancang pembuatan roda gigi lurus sebagai bentuk yang paling sederhana dalam pembelajaran pada materi ini.

LEMBAR KERJA KB - 4

LK – 01

1. Apa yang saudara ketahui tentang pengetahuan prinsip kerja mesin frais?
.....
.....
2. Peralatan apa saja yang saudara ketahui dalam melakukan proses Pengefraisan roda gigi lurus ??
.....
.....
3. Parameter apa saja yang saudara ketahui untuk melakukan proses Pengefraisan roda gigi lurus ?
.....
.....

LK - 02

1. Apa yang saudara ketahui tentang standarisasi geometris, bahan roda gigi lurus ?
.....
.....
2. Bagaimana saudara melakukan pemeriksaan / pengukuran geometris alat potong roda gigi lurus .?
.....

-
.....
3. Menurut pendapat saudara mengapa pemeriksaan / pengukuran geometris alat potong roda gigi lurus penting dilakukan ?

.....
.....

LK - 03

1. Apa yang Saudara ketahui tentang tahapan pengefraisan roda gigi lurus , faktor apa saja yang harus diperhatikan.

.....
.....

2. Bagaimana melakukan pemasangan dan pengaturan alat potong pada mesin frais untuk proses Pengefraisan roda gigi lurus

.....
.....

3. Bagaimana melakukan pengaturan kecepatan (Parameter), dalam pemotongan roda gigi lurus I

.....
.....

LK - 04

1. Apa yang Saudara ketahui tentang roda gigi lurus ?

.....
.....

2. Mengapa Saudara melakukan pemeriksaan roda gigi lurus?

.....
.....

3. Bagaimana teknik pemeriksaan pemeriksaan roda gigi lurus ?

.....
.....

LK – 05

Dengan menyelesaikan LK-02 saudara harus mengikuti POS (Prosedur Operasional Standar) yang berlaku.

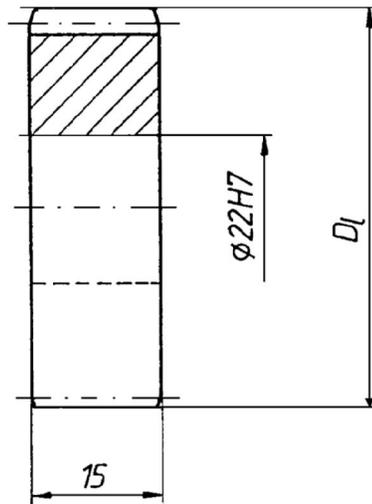
Untuk keperluan eksperimen, saudara dapat mengikuti petunjuk berikut:

1. Siapkan peralatan yang dibutuhkan proses pengefraisan roda gigi lurus;
2. Lakukan pemeriksaan terhadap langkah kerja proses Pengefraisan roda gigi lurus
3. Jika ragu-ragu terhadap apa yang akan saudara lakukan, jangan segan-segan bertanya ke fasilitator untuk meminta klarifikasi sehingga masalahnya menjadi lebih jelas;
4. Disarankan Saudara dapat melihat tayangan video program untuk menyimak demonstrasi proses pemotongan sebelum melakukan tugas praktek ini;
5. Lakukan pekerjaan saudara sesuai POS (Prosedur Operasi Standar);
6. Saudara harus melakukan ini di bawah supervisi fasilitator.

Tugas Praktek

Lakukan proses Pengefraisan roda gigi lurus seperti Contoh praktis pada bacaan modul ini

$\nabla \left[\checkmark \right]$
Tol. $\pm 0,1$



Diketahui :

$$m = 2$$

$$z = 30$$

$$\alpha = 20^\circ$$

KEGIATAN PEMBELAJARAN 4 : TEKNIK PENGEFRAISAN BATANG RACK (RACK GEAR)

A. Tujuan

1. Setelah berdiskusi dan menggali informasi, peserta diklat dapat melakukan perhitungan-perhitungan gigi rack lurus sesuai SOP secara teliti.
2. Setelah mengamati demonstrasi dan menggali informasi, peserta diklat dapat melakukan pemasangan alat potong pada pengefraisan gigi rack lurus sesuai SOP secara mandiri dan teliti.
3. Setelah berdiskusi dan menggali informasi, peserta dapat menjelaskan langkah-langkah pengefraisan gigi rack lurus sesuai SOP secara jujur dan menghargai pendapat peserta diklat lainnya.
4. Setelah mengamati demonstrasi dan menggali informasi dibengkel pemesinan, peserta dapat melakukan pengefraisan gigi rack lurus sesuai SOP secara teliti dan mandiri.

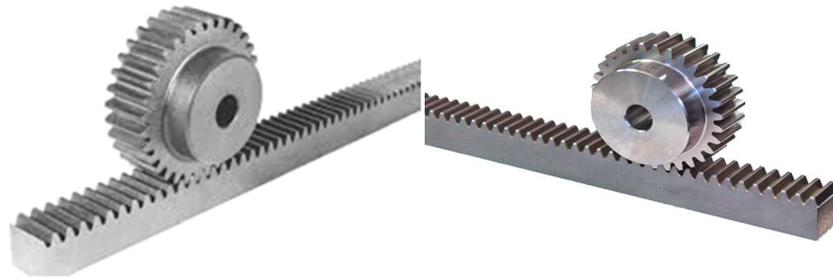
B. Indikator Pencapaian Kompetensi

- Merancang pembuatan gigi rack lurus
- Melakukan teknik pengefraisan gigi rack lurus

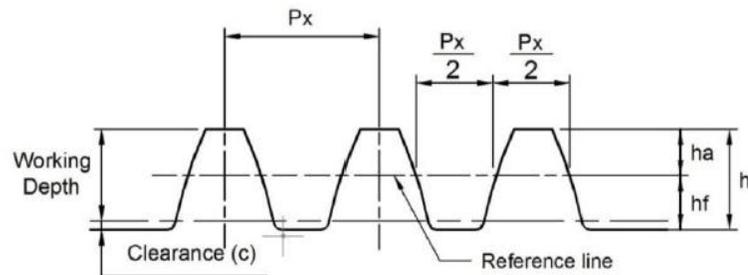
C. Uraian Materi

1. Pengertian Rack dan Pinion Gear

Pada rack gear ini salah satu bentuk giginya adalah lurus dan biasanya mempunyai sumbu pitchnya lurus juga. Rack dan pinion gear berfungsi untuk mengubah gerak putar menjadi gerak lurus atau sebaliknya mengubah gerak lurus menjadi gerak putar. biasanya pada kecepatan yang lambat atau kecepatan putaran tangan. Gerak putar dari suatu engkol, menggerakkan roda gigi pinion, roda gigi pinion menggerakkan batang bergerigi ini terdapat, misalnya pada mesin bor, press, dan sebagainya. seperti gambar dibawah ini



Gambar 4. 1 Bentuk Rack Gear Gigi Lurus Dan Miring



Gambar 4. 2 Ukuran Gigi Rack

Standar ukuran gigi *rack* sama dengan standar ukuran roda gigi, karena gigi rack selalu berpasangan dengan roda gigi, atau dapat dikatakan rack adalah roda gigi dengan radius tak terhingga. Di sini jarak antara pusat dua gigi yang berdekatan pada garis tusuk aksial = axial pitch = p_x . Bila tusuk pada roda gigi pinion ($p_t = transverse\ pitch$) maka: $p_x = p_t = \pi \cdot m$.

2. Pengefraisan Roda Gigi Rack

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

- Penyiapan benda kerja termasuk penentuan dimensi
- Pemasangan Benda kerja
- Pemilihan, pemasangan dan setting pisau frais
- Penentuan pitch dan kedalaman pemotongan
- Pemotongan

2.1 Penyiapan Benda Kerja

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

Dalam proses pembuatan bahan awal rack, factor penting yang harus diperhatikan adalah kelrataan, kelurusan dan ketegaklurusan masingmasing bidang . Ukuran bahan awal dari roda gigi rack sangat tergantung dari fungsi dan kegunaannya, sehingga dimungkinkan variasi yang amat banyak.

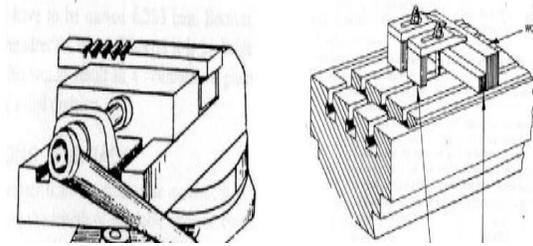
Untuk pembuatan roda gigi rack dapat digunakan mesin frais horizontal, maupun universal. Mesin tersebut harus dilengkapi dengan beberapa kelengkapan antara lain:

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

2.2 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 didikatkan pada alur T meja mesin frais., seperti gambar dibawah ini



Gambar 4. 3 Pencekaman Benda Kerja Pada Meja Mesin

2.3 Pemilihan, Pemasangan Dan Penyetingan Pisau Frais

Dalam pemilihan, pemasangan dan penyetingan pisau pada pengefraisan rack pada dasarnya sama dengan, pemasangan maupun penyetingan pisau pada pengefraisan roda gigi lurus. Perbedaannya dalam pemilihan pisau dipilih nomor 8.

2.4 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 = $2,157 \times \text{modul}$, Sedangkan untuk system diametral pitch: Kedalaman Pemotongan = $2.17 / \text{DP}$

Cara menyeting kedalaman pemotongan

- i) Gerakkan meja hingga benda kerja yang telah dicekam pada tempat yang akan disayat berada pada posisi tengah di bawah pisau.
- j) Tempelkan kertas tipis yang telah dibasahi pada permukaan benda kerja
- k) Hidupkan mesin hingga pisau frais berputar dan siap menyayat
- l) Dekatkan benda kerja menuju pisau frais hingga menyentuh kertas tipis.

- m) Bila pisau telah menyentuh kertas tipis, bebaskan benda kerja menjauh pisau.
- n) Hentikan mesin dan setinglah ukuran pada angka nol
- o) Naikkan benda kerja sesuai kedalaman yang disyaratkan
- p) Lakukan pemakanan hingga tercapai kedalaman yang ditentukan.

2.5 Pemotongan Gigi

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

- 1) Sayatlah gigi pertama dengan pemakanan otomatis dan aturlah langkah meja sehingga akan berhenti apabila pahat telah sdsmap di ujung benda kerja
- 2) Setelah satu kali penyatan telitilah ketepatan profil maupun ketepatan ukuran agar dapat dilakukan perbaikan bila masih kurang
- 3) Lakukan pemakanan pada gigi ke tiga dan selanjutnya hingga selesai.

Pitch pada pengefraisan *rack* pada dasarnya sama dengan pitch pada pengefraisan rooda gigi lurus. *Pitch* dapat dihitung dengan rumusan adalah $Pitch = m \times \pi$ (mm).

Contoh 1, Tentukan pergeseran meja frais pada pengefraisan *rack (pitch)* dengan modul 2.

Penyelesaian:

Hitung besar jarak , $Pitch = m \times \pi = 2 \times 3,14 = 6,28$ mm

Contoh 2, Tentukan pergeseran meja frais pada pengefraisan *rack (pitch)* pada jarak rack = 12 DP

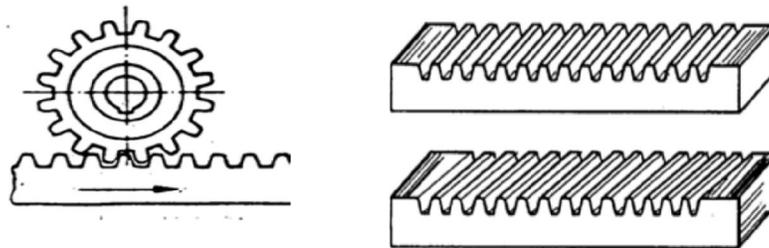
Penyelesaian:

$$Pitch = \frac{\pi}{Dp}$$

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

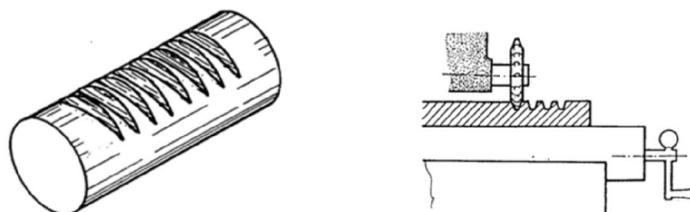
3. Metoda Pengefraisan Batang Gigi (Rack Gear)

Sebagaimana prinsip kerja rack gear, yaitu batang gigi berfungsi sebagai transmisi untuk merubah gerak lurus menjadi gerak putar atau sebaliknya Batang gigi umumnya berpasangan dengan roda gigi . Bentuk Alur gigi pada batang gigi ada yang lurus juga ada yang miring terhadap sumbu melintang batang, seperti gambar dibawah ini :



Gambar 4. 4 Batang Gigi Merubah Gerak Lurus Menjadi Gerak Putar

Penampang batang gigi berbentuk bulat Dalam pengefraisan batang gigi pembagian pemotongan dapat dilakukan dengan menggeser meja sejauh πm dengan memutar langsung spindel meja.



Gambar 4. 5 Pengefraisan Batang Gigi Dengan Menggeser Langsung Spindel Meja

Langkah Langkah Pembuatan Batang Gigi Lurus

Direncanakan pembuatan Batang Gigi Lurus, dengan data data sebagai berikut

$M = 1,75$ mm, dan panjang blank 66 mm

Maka langkah langkah nya sebagai berikut :

1. Hitung harga Pitch benda kerja

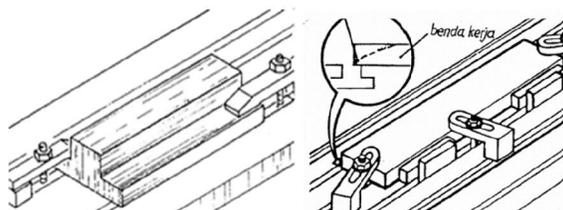
$$\begin{aligned} P_w &= \pi \cdot 1,75 \\ &= 5,4977 \text{ mm} \approx 5,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

2. Selanjutnya dalam proses Pembagian bisa di lakukan dengan skala spindel meja., perhatikan gambar dibawah ini :



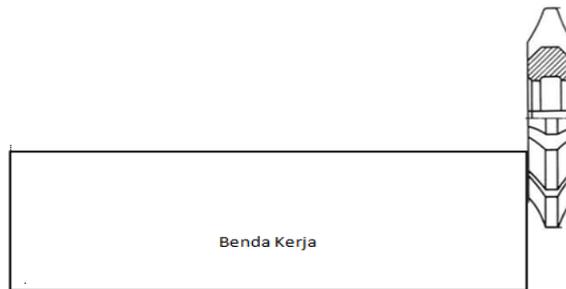
Gambar 4. 6 Proses Dengan Skala Spindel Meja

3. Siapkan mesin frais Universal dan pasang benda kerja pada meja mesin juga pasang pisau frais modul 1,75 ($m = 1.75$).



Gambar 4. 7 Cekam Benda Kerja Dengan Klem Pada Meja Mesin

4. Atur posisi pisau terhadap benda kerja untuk mendapatkan posisi nol awal pemakanan. Setelah handel pemutar diseting 0, turunkan meja/benda kerja

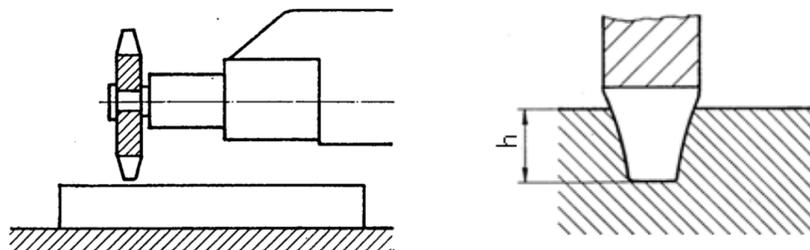


Gambar 4. 8 Menseting Posisi Nol Awal Pergerakan Benda Kerja

5. Gerakan meja sebanyak $\frac{1}{2}$ tebal pisau.
6. Atur posisi pisau frais terhadap benda kerja tepat pada alur gigi yang akan dipotong pertama kali. Lakukan pemotongan hingga kedalaman :

$$h = 2,157 \cdot m$$

$$l = 2,157 \cdot 1,75 \text{ mm} = 3,7 \text{ mm}, \text{ Jangan lupa pakai cutting oil}$$

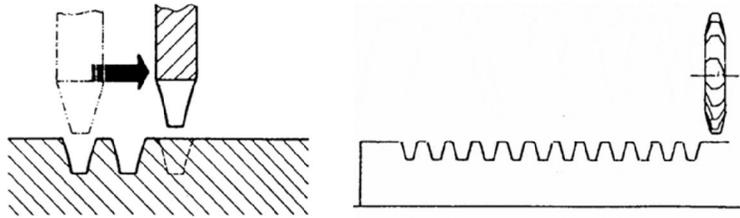


Gambar 4. 9 Setting Pemotongan Alur Gigi

7. Angkat pisau frais, geser benda kerja sepanjang pitch/kisar

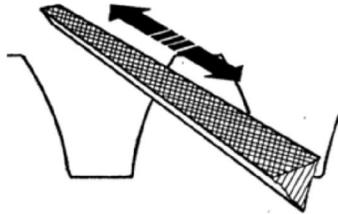
$$P = \pi \cdot m = 3,14 \cdot 1,75 = 5,5 \text{ mm.}$$

Lakukan pemotongan kedua dan selanjut-nya dengan cara yang sama dengan pertama.



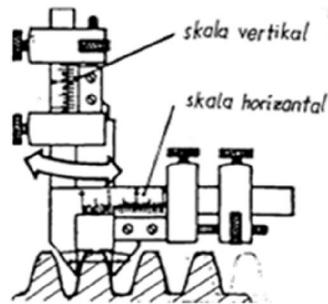
Gambar 4. 10 Lakukan Pengefraisan Alur

8. Setelah selesai kikir segitiga pemotongan sejumlah alur gigi yang diinginkan hilangkan tajam semua sudut gigi dengan kikir segitiga



Gambar 4. 11 Hilangkan Tajam Sudut Gigi Dengan Kikir

9. Periksa ketebalan gigi yang telah dihasilkan dengan jangka sorong roda gigi.



Gambar 4. 12 Periksa Ketebalan Gigi Dengan Jangka Sorong

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas 1. Mengamati Kegiatan Mesin Frais (2 JP)

Saudara diminta untuk mengamati kondisi kegiatan metoda pembuatan roda gigi rack gear lurus dengan menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut

1. Apa yang saudara ketahui tentang prinsip kerja mesin frais ?
2. Peralatan apa saja yang saudara ketahui dalam melakukan proses pengefraisan roda gigi rack gear ?
3. Parameter apa saja yang saudara ketahui untuk melakukan proses pengefraisan roda gigi rack gear ?

Aktivitas 2: Standarisasi Roda Gigi Rack Gear Dan Alat Potong (2 JP)

Setelah Saudara mencermati kegiatan metoda pembuatan roda gigi rack gear pada aktivitas 1, maka pada aktivitas 2 ini Saudara akan mendiskusikan bagaimana standarisasi roda gigi rack gear dan alat potong roda gigi rack gear Untuk kegiatan ini Saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Apa yang saudara ketahui tentang standarisasi geometris roda gigi rack gear ?
2. Bagaimana saudara melakukan pemeriksaan / pengukuran geometris alat potong roda gigi rack gear ?
3. Menurut pendapat saudara mengapa pemeriksaan / pengukuran geometris alat potong roda gigi rack gear penting dilakukan ?

Saudara dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-02**.

Aktivitas 3: Teknik Proses Pengefraisan Roda Gigi Rack Gear (2JP)

Setelah saudara mencermati gambar kegiatan standarisasi geometris roda gigi rack gear pada aktivitas 1, maka pada aktivitas 3 ini saudara akan mendiskusikan bagaimana proses Pengefraisan roda gigi rack gear . Untuk kegiatan ini saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Apa yang Saudara ketahui tentang tahapan pengefraisan roda gigi rack gear, faktor apa saja yang harus diperhatikan, sehingga dapat menghasilkan performansi roda gigi rack gear yang baik dan benar
2. Bagaimana melakukan pemasangan dan pengaturan alat potong pada mesin frais untuk proses pengefraisan roda gigi rack gear
3. Bagaimana melakukan pengaturan kecepatan (parameter), dalam pemotongan roda gigi rack gear.

Saudara dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-03**.

Aktivitas 4: Proses Pengukuran / Pemeriksaan Roda Gigi Rack Gear (2 JP)

Setelah Saudara mencermati kegiatan proses Pengefraisan roda gigi rack gear pada aktivitas 1, maka pada aktivitas 4 ini Saudara akan mendiskusikan bagaimana proses pengukuran / pemeriksaan roda gigi rack gear dilakukan. Untuk kegiatan ini Saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Apa yang Saudara ketahui tentang roda gigi rack gear ?
2. Mengapa Saudara melakukan pemeriksaan roda gigi rack gear ?
3. Bagaimana teknik pemeriksaan pemeriksaan roda gigi rack gear ?

Saudara dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-04**.

Untuk memperkuat pemahaman Saudara tentang materi pokok bahasan diatas, silahkan Bacalah Bahan Bacaan Teknik proses Pengefraisan roda gigi rack gear, kemudian melaksanakan Tugas Praktek dengan menggunakan **LK-05.P**.

E. Latihan/ Kasus/ Tugas

Pilihlah Salah Satu Jawaban Yang Paling Tepat

1. Rack gear berfungsi untuk...
 - A. Mengubah gerak putar menjadi gerak putar
 - B. Mengubah gerak lurus menjadi gerak lurus
 - C. Mengubah gerak putar menjadi gerak lurus
 - D. Mengubah gerak putar dan lurus menjadi gerak lurus
 - E. Mengubah gerak putar dan lurus menjadi gerak putar
2. Standar ukuran (pitch) roda gigi pada rack gear dihitung dengan persamaan....
 - A. $m \times 1$
 - B. $m \times 1.25$
 - C. $m \times \pi$
 - D. $m \times z$
 - E. diameter pitch/z
3. Kedalaman pemotongan yang dilakukan pada *rack gear* sebesar...
 - A. 2,157 x modul
 - B. 1,157 x modul
 - C. 2 x modul
 - D. 1 x modul
 - E. 0.25 x modul
4. Pergeseran meja yang dilakukan pada pembuatan rack gear dengan modul 2, sebesar...
 - A. 3,14 mm
 - B. 6,28 mm
 - C. 2,5 mm
 - D. 2,0 mm
 - E. 1,5 mm
5. Pengikiran pada rack gear dilakukan dengan tujuan,
 - A. Menghilangkan bagian yang tajam pada bagian ujung gigi
 - B. Menghaluskan bagian yang bersentuhan pada sisi dalam rack gigi
 - C. Menghilangkan bagian yang tajam pada bagian bawah balok

- D. Menepatkan ukuran panjang pada bagian penampang balok
- E. Menghaluskan seluruh permukaan yang kasar

Jawablah Pertanyaan Di Bawah Ini Dengan Singkat

1. Jelaskan kegunaan roda gigi rack dan klasifikasinya
2. Langkah-langkah apa saja yang harus dilakukan dalam pembuatan roda gigi rack ? Jelaskan
3. Pada pemotongan/pemakanan kasar pada pengefraisan gigi rack dapat dilakukan dengan cara?

F. Rangkuman

1. Batang gigi rack gear berfungsi sebagai transmisi untuk merubah gerak lurus menjadi gerak putar atau sebaliknya batang gigi umumnya berpasangan dengan roda gigi . bentuk alur gigi pada batang gigi ada yang lurus juga ada yang miring terhadap sumbu melintang batang
2. Roda gigi dapat dibedakan berdasarkan arah profil gigi terhadap posisi posisi sumbu poros roda gigi yaitu roda gigi rack dan pinion lurus dan roda gigi rack dan pinion miring
3. 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
4. Prosedur umum Langkah Kerja proses pengefraian roda gigi:
 - a. Siapkan peralatan yang akan digunakan.
 - b. Periksa bahan dari kecukupan ukurannya.
 - c. Tentukan banyaknya putaran pada poros utama mesin frais.
 - d. Pasang benda kerja pada cekam mesin.
 - e. Pasang bahan benda kerja pada cekam dan senter.
 - f. Pasang alat potong.
 - g. Singgungkan ujung alat potong pada bahan benda kerja dan tandai pada gerakan maju pemotongan.
 - h. Mulailah pemfraisan awal dengan menggerakkan eretan ke arah kiri.
 - i. Hentikan mesin sejenak dan ukur diameter benda kerja yang telah dibuat.
 - j. Fraislah kembali dengan pemfraisan berikutnya.
 - k. Buat champer pada ujung-ujung benda kerja.
 - l. Matikan mesin dan lepas benda kerja dari cekam.
 - m. Lepaskan alat potong potong frais.
 - n. Bersihkan mesin dari beram atau sisa potongan benda kerja.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Teknik pengefraisan roda gigi rack merupakan teknik pengefraisan yang dapat dilakukan tanpa menggunakan dividing head. Kompetensi ini juga dapat dikembangkan untuk melakukan pembagian skala secara teliti seperti pada skala nonius mistar sorong. Pelaksanaan pengefraisan rack gear yang dapat dilakukan dengan dua cara memlat yang sederhana tanpa perlengkapan dividing head.

Urutan pelaksanaan pengefraisan dan perhitungannya lebih sederhana dibandingkan dengan roda gigi yang berbentuk silindris. Diharapkan peserta diklat dapat merancang pembuatan gigi rack sehingga dapat memberikan pengalaman untuk pembelajaran di tempat masing-masing

LEMBAR KERJA KB-5

LK – 01

1. Apa yang saudara ketahui tentang pengetahuan prinsip kerja mesin frais?
.....
.....
2. Peralatan apa saja yang saudara ketahui dalam melakukan proses pengefraisan roda gigi rack gear ??
.....
.....
3. Parameter apa saja yang saudara ketahui untuk melakukan proses Pengefraisan roda gigi rack gear ?
.....
.....

LK - 02

1. Apa yang saudara ketahui tentang standarisasi geometris, bahan roda gigi rack gear ?
.....
.....
2. Bagaimana saudara melakukan pemeriksaan / pengukuran geometris alat potong roda gigi rack gear .?
.....
.....
3. Menurut pendapat saudara mengapa pemeriksaan / pengukuran geometris alat potong roda gigi rack gear penting dilakukan ?
.....
.....

LK - 03

1. Apa yang Saudara ketahui tentang tahapan pengefraisan roda gigi rack gear , faktor apa saja yang harus diperhatikan.

.....
.....

2. Bagaimana melakukan pemasangan dan pengaturan alat potong pada mesin frais untuk proses Pengefraisan roda gigi rack gear

.....
.....

3. Bagaimana melakukan pengaturan kecepatan (Parameter), dalam pemotongan roda gigi rack gear

.....
.....

LK - 04

1. Apa yang Saudara ketahui tentang roda gigi rack gear ?

.....
.....

2. Mengapa Saudara melakukan pemeriksaan roda gigi rack gear?

.....
.....

3. Bagaimana teknik pemeriksaan pemeriksaan roda gigi rack gear ?

.....
.....

LK – 05.P

Dengan menyelesaikan LK-02 saudara harus mengikuti POS (Prosedur Operasional Standar) yang berlaku.

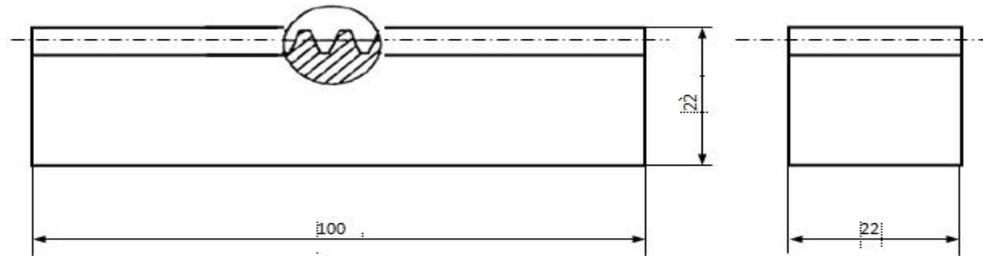
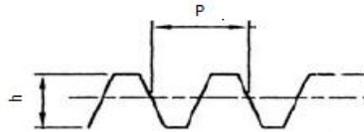
Untuk keperluan eksperimen, saudara dapat mengikuti petunjuk berikut:

1. Siapkan peralatan yang dibutuhkan proses pengefraisan roda gigi rack gear;
2. Lakukan pemeriksaan terhadap langkah kerja proses pengefraisan roda gigi rack gear ;
3. Jika ragu-ragu terhadap apa yang akan saudara lakukan, jangan segan-segan bertanya ke fasilitator untuk meminta klarifikasi sehingga masalahnya menjadi lebih jelas;
4. Disarankan Saudara dapat melihat tayangan video program untuk menyimak demonstrasi proses pemotongan sebelum melakukan tugas praktek ini;
5. Lakukan pekerjaan saudara sesuai POS (Prosedur Operasi Standar);
6. Saudara harus melakukan ini di bawah supervisi fasilitator.

TUGAS PRAKTIK

Lakukan proses Pengefraisan roda gigi rack gear seperti

Contoh praktis pada bacaan modul ini



Diketahui :
m = 2
no pisau = 8

KEGIATAN PEMBELAJARAN 5 : TEKNIK PENGEFRAISAN RODA GIGI PAYUNG (BEVEL GEAR)

A. Tujuan

1. Setelah berdiskusi dan menggali informasi, peserta diklat dapat melakukan perhitungan-perhitungan roda payung sesuai SOP secara teliti.
2. Setelah mengamati demonstrasi dan menggali informasi, peserta diklat dapat melakukan pemasangan alat potong pada pengefraisan roda gigi payung sesuai SOP secara mandiri dan teliti.
3. Setelah berdiskusi dan menggali informasi, peserta dapat menjelaskan langkah-langkah pengefraisan roda gigi payung sesuai SOP secara jujur dan menghargai pendapat peserta diklat lainnya.
4. Setelah mengamati demonstrasi dan menggali informasi dibengkel pemesinan, peserta dapat melakukan pengefraisan roda gigi payung sesuai SOP secara teliti dan mandiri.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

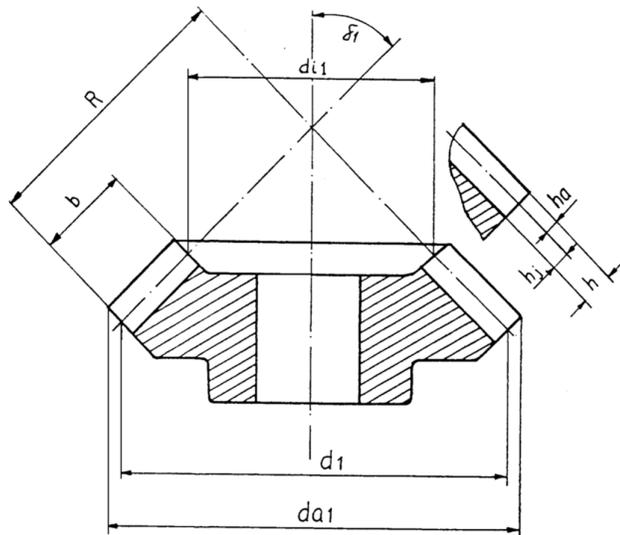
- Merancang pembuatan roda gigi payung
- Melakukan teknik pengefraisan untuk pembuatan roda gigi payung

C. Uraian Materi

1. Spesifikasi Geometri Roda Gigi Payung Lurus

Roda gigi payung (*bevel gear*) berbentuk seperti kerucut terpotong dengan gigi-gigi yang terbentuk di permukaannya. Ketika dua roda gigi bevel bersinggungan, titik ujung kerucut yang imajiner akan berada pada satu titik, dan aksis poros akan saling berpotongan. Sudut antara kedua roda gigi bevel bisa berapa saja kecuali 0° dan 180° .

Roda gigi payung dapat berbentuk lurus seperti spur atau spiral seperti roda gigi heliks. Keuntungan dan kerugiannya sama seperti perbandingan antara spur dan roda gigi heliks.



Gambar 5. 1 Spesifikasi Geomertri Roda Gigi Payung Lurus

Keterangan :

- d_{a1} = \emptyset addendum
- d_1 = \emptyset jarak antara luar
- d_{i1} = \emptyset jarak antara dalam
- b = Lebar gigi
- δ_1 = Sudut kisar (konus)
- R = Radius kisar (konus)
- H = Tinggi gigi
- h_a = Tinggi bagian atas (addendum)
- h_j = Tinggi bagian bawah (dedendum)
- m = Modul
- Z = Jumlah gigi

2. Rumus Geometri Roda Gigi Payung Lurus

Tabel 5. 1 Rumus Geometri Roda Gigi Payung Lurus

Nama	Simbol	Rumus Perhitungan
Modul dalam	m_i	$m_i = \frac{d_{i1}}{Z1}$ <p>m_i = modul pisau frais</p>

Modul luar	m_e	$m_e = \frac{d_1}{Z_1}$																										
Sudut konis	δ_1 δ_2	$\text{Tg} \delta_1 = \frac{Z_2}{Z_1}$ $\text{Tg} \delta_2 = \frac{Z_1}{Z_2}$																										
Diameter tengah dalam	d_{i1}	$d_{i1} = m_i \cdot Z_1 = d_1 - 2 \cdot b \cdot \sin \delta_1$																										
Diameter tengah luar	d_1	$d_1 = m_e \cdot Z_1 = d_{i1} + 2 \cdot b \cdot \sin \delta_1$																										
Jumlah gigi	Z_1	$Z_i = \frac{d_{i1}}{m_1}$																										
Jumlah gigi ideal	X_v	$X_v = \frac{Z_1}{\cos \delta_1}$																										
Jumlah gigi paling sedikit	Z_{lim}	Sudut tekan $\alpha = 15^\circ$																										
		<table border="1"> <tr> <td>δ_1</td> <td>S/d</td> <td>15°</td> <td>22°</td> <td>28°</td> <td>32°</td> <td>36°</td> <td>40°</td> <td>44°</td> <td>47°</td> <td>50°</td> <td>53°</td> <td>56°</td> </tr> <tr> <td>Z_{im}</td> <td></td> <td>24</td> <td>23</td> <td>22</td> <td>21</td> <td>20</td> <td>19</td> <td>18</td> <td>17</td> <td>16</td> <td>15</td> <td>14</td> </tr> </table>	δ_1	S/d	15°	22°	28°	32°	36°	40°	44°	47°	50°	53°	56°	Z_{im}		24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14
		δ_1	S/d	15°	22°	28°	32°	36°	40°	44°	47°	50°	53°	56°														
Z_{im}		24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14																
Sudut tekan $\alpha = 20^\circ$																												

		δ_1	s/d	15°	24°	32°	39°	45°	51°	56°	61°	65°	
		Z_{im}		14	13	12	11	10	9	8	7	6	
Lebar gigi (tidak boleh lebih dari 10 m_i)	b	$b = \frac{d_1 - d_{i1}}{2 \cdot \sin \delta_1} = \frac{d_2 - d_{i2}}{2 \cdot \sin \delta_2}$											
Tinggi gigi dengan kelonggaran c = 0,2 m_i	h	$h = 2.157 \cdot m_1$											
Radius konis luar	R	$R = \frac{d_1}{2 \cdot \sin \delta_1} = \frac{d_2}{2 \cdot \sin \delta_2}$											
Putaran engkol pemotongan pertama	n_{c1}	$n_{c1} = \frac{i}{Z_1}$ i = tergantung kepada pembagi umumnya 40 : 1 ; i = 40											
Putaran engkol koreksi 1 dan 2	n_{c2} n_{c3}	$n_{c2} = n_{c1} = \frac{i}{4 \cdot Z_1}$											
Gerakan meja/kepala mesin pada koreksi 1 dan 2	$\pm H_T$	$\pm H_T = \frac{pi}{4} = \frac{mi \cdot \pi}{4}$											
Ukuran gigi bagian luar	ha S	Ha dan S dihitung berdasarkan jumlah gigi ideal. Lihat tabelnya.											

3. Penggunaan Rumus Roda Gigi Payung Lurus

Tabel 5. 2 Contoh Dimensi Geometri Roda Gigi Payung Lurus

Yang dicari	Roda gigi kecil Z_1	Roda gigi besar Z_2
Sudut Konis	$tg \delta_1 = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{10}{20} = 0,5$ $\delta_1 = 26^{\circ}34'$	$tg \delta_2 = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{20}{10} = 2$ $\delta_2 = 63^{\circ}26'$
Jumlah gigi paling sedikit bila $\alpha = 20^{\circ}$	$Z_1 \text{ lim} = 13$ (Sesuai tabel)	$Z_2 \text{ lim} = 6$ (Sesuai tabel)
Diameter tengah dalam	$d_{i1} = Z_1 \cdot m_1 = 10 \cdot 1,5 = 15 \text{ mm}$	$d_{i2} = Z_2 \cdot m_e = 20 \cdot 1,5 = 30 \text{ mm}$
Diameter tengah luar	$d_{o1} = Z_1 \cdot m_e = 10 \cdot 2,5 = 25 \text{ mm}$	$d_{o2} = Z_2 \cdot m_e = 20 \cdot 2,5 = 50 \text{ mm}$
Lebar gigi (< dari 10 $\cdot m_i$)	$b = \frac{d_1 - d_{i1}}{2 \cdot \sin \delta_1} = \frac{25 - 15}{2 \cdot \sin 26^{\circ}34'}$ $= \frac{10}{2 \cdot 0,4472} = 11,18 \text{ mm}$	$b = \frac{d_2 - d_{i2}}{2 \cdot \sin \delta_2} = \frac{50 - 30}{2 \cdot \sin 63^{\circ}26'}$ $= \frac{20}{2 \cdot 0,4472} = 11,18 \text{ mm}$
Diameter kepala luar	$D_{a1} = d_{o1} + 2(b \cdot \sin \delta_1 + m_i \cdot \cos \delta_1)$ $= 25 + 2(11,18 \cdot 0,4472 + 1,5 \cdot 0,8944)$ $= 27,68 \text{ mm}$	$D_{a2} = d_{o2} + 2(b \cdot \sin \delta_2 + m_i \cdot \cos \delta_2)$ $= 50 + 2(11,18 \cdot 0,8944 + 1,5 \cdot 0,4472)$ $= 51,34 \text{ mm}$
Putaran engkol pemotong 1	$n_{c1} = \frac{i}{Z_1} = \frac{40}{10} = 4$	$n_{c2} = \frac{i}{Z_2} = \frac{40}{20} = 2$
Putaran engkol	$n_{c2} = n_{c3} = \frac{i}{4 \cdot Z_1} = \frac{40}{4 \cdot 10} = 1$	$n_{c2} = n_{c3} = \frac{i}{4 \cdot Z_2} = \frac{40}{4 \cdot 20} = \frac{1}{2} = \frac{10}{20}$

koreksi 1 dan 2		
Gerakan meja/ kepala mesin pada koreksi 1 dan 2	$\pm H_T = \frac{pi}{4} = \frac{mi.\pi}{4} = \frac{1,5.3,14}{4} = 1,18$	
Tinggi gigi kelonggaran $n 0,2 m_i$	$H_1=h_2 = 2,2.m_i = 2,2.1,5 = 3,3 \text{ mm}$	
Jumlah gigi ideal	$Z_{v1} = \frac{Z_1}{\cos \delta_1} = \frac{10}{0,8944} \sim 12,$ pisau frais yang digunakan adalah no. 1 dari 8 nomor	$Z_{v2} = \frac{Z_2}{\cos \delta_2} = \frac{10}{0,4472} \sim 45,$ pisau frais yang digunakan adalah no. 6 dari 8 nomor
Ukuran gigi bagian luar (lihat tabel)	Bila $m = 1 \text{ mm}, Z_{v1} = 12; H_{a1} = 1,0513$ $H_{a1} = 1,5.1,0513 = 1,57 \text{ mm}$ $S_1 = 2,5.1,5663 = 3,91 \text{ mm}$	Bila $m = 1 \text{ mm}, Z_{v2} = 12; H_{a2} = 1,0137$ $H_{a2} = 1,5.1,0137 = 1,52 \text{ mm}$ $S_2 = 2,5.1,5705 = 3,93 \text{ mm}$

Tabel 5. 3 Tabel Roda Gigi Payung Miring

Nama	Simbol	Rumus Perhitungan																										
Modul	m	$m = \frac{P}{\pi} = \frac{d_1}{Z_1} = \frac{d_{a1}}{Z_1 + 2 \cdot \cos \delta_1}$																										
Pitch Luar	P	$P = m \cdot \pi = \frac{d_1 \cdot \pi}{Z_1}$																										
Jumlah gigi	Z₁	$Z_1 = \frac{d_1}{m} = \frac{d_{a1}}{m} - 2 \cdot \cos \delta_1$																										
Jumlah gigi ideal	Z_v	$Z_v = \frac{Z_1}{\cos \delta_1}$																										
Jumlah gigi minimal	Z_{lim}	Sudut tekan $\alpha = 15^\circ$																										
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>δ_1</th> <th>S/d</th> <th>15°</th> <th>22°</th> <th>28°</th> <th>32°</th> <th>36°</th> <th>40°</th> <th>44°</th> <th>47°</th> <th>50°</th> <th>53°</th> <th>56°</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Z_{lim}</td> <td></td> <td>24</td> <td>23</td> <td>22</td> <td>21</td> <td>20</td> <td>19</td> <td>18</td> <td>17</td> <td>16</td> <td>15</td> <td>14</td> </tr> </tbody> </table>	δ_1	S/d	15°	22°	28°	32°	36°	40°	44°	47°	50°	53°	56°	Z _{lim}		24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14
		δ_1	S/d	15°	22°	28°	32°	36°	40°	44°	47°	50°	53°	56°														
		Z _{lim}		24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14														
Sudut tekan $\alpha = 20^\circ$																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>δ_1</th> <th>s/d</th> <th>15°</th> <th>24°</th> <th>32°</th> <th>39°</th> <th>45°</th> <th>51°</th> <th>56°</th> <th>61°</th> <th>65°</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Z_{lim}</td> <td></td> <td>14</td> <td>13</td> <td>12</td> <td>11</td> <td>10</td> <td>9</td> <td>8</td> <td>7</td> <td>6</td> </tr> </tbody> </table>	δ_1	s/d	15°	24°	32°	39°	45°	51°	56°	61°	65°	Z _{lim}		14	13	12	11	10	9	8	7	6						
δ_1	s/d	15°	24°	32°	39°	45°	51°	56°	61°	65°																		
Z _{lim}		14	13	12	11	10	9	8	7	6																		

Tabel 5. 4 Tabel Roda Gigi Payung Miring (Lanjutan)

Nama	Simbol	Rumus Roda Gigi Kecil (Z ₁)
Pengukuran Gigi	Tinggi kepala gigi bagian luar	ha
	Tinggi gigi bagian luar	h
	Lebar gigi bagian luar	b
	Ukuran gigi bagian luar	ha S
Diameter tengah bagian luar	d ₁	

	$ha = 1 \cdot m$
	$h = 2,167 \cdot m \div 2,2 \cdot m$
	$b = \frac{R}{3} = \frac{d_1}{6 \cdot \sin \delta_1} = \frac{Z_1 \cdot m}{6 \cdot \sin \delta_1}$
	ha dan S dihitung berdasarkan jumlah gigi ideal Z _v (lihat tabelnya)
	$d_1 = Z_1 \cdot m = 2 \cdot R \cdot \sin \delta_1$

Diameter kepala bagian luar	d_{a1}	$d_{a1} = d_1 + 2.m.\cos\delta_1$
Radius konis luar	R	$R = \frac{d_1}{2.\sin\delta_1} = \frac{d_1}{2.\sin\delta_1} = 0,5\sqrt{d_1^2 + d_2^2}$
Sudut Transmisi	Σ	
Sudut tengah (bila $\delta_1 + \delta_2 = 90^\circ$)	δ_1	$Tg\delta_1 = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{d_1}{d_2}$ Untuk $i = 1$ dan δ_1 dan $\delta_2 = 45^\circ$
	δ_2	$Tg\delta_1 = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{d_2}{d_1}$
(bila $\delta_1 + \delta_2 < 90^\circ$) bersudut lancip	δ_1	$Ctg\delta_1 = \frac{Z_1}{Z_1.\sin\Sigma} + Ctg\Sigma$
	δ_2	$\delta_2 = \Sigma - \delta_1$
(bila $\delta_1 + \delta_2 > 90^\circ$) bersudut tumpul	δ_1	$Ctg\delta_1 = \frac{Z_1}{Z_1.\sin\Sigma} + Ctg\Sigma$
	δ_2	$\delta_2 = \Sigma - \delta_1$
Sudut konis luar	δ_{a1}	$\delta_{a1} = \delta_1 + \vartheta_a$
Sudut konis dalam	δ_{f1}	$\delta_{f1} = \delta_{a1} - \vartheta = \delta_1 - \vartheta_f$

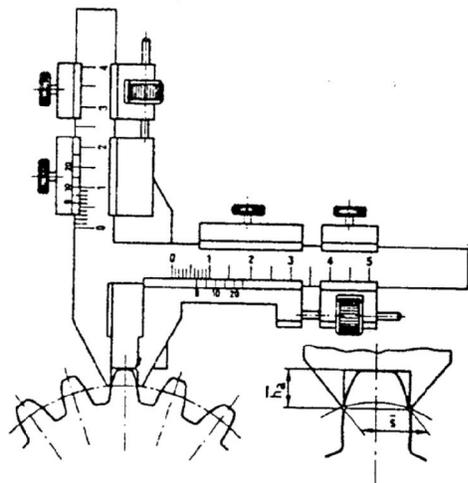
Tabel 5. 5 Contoh Dimensi Perhitungan Roda Gigi Payung Miring

Yang dicari	Roda gigi kecil Z_1	Roda gigi besar Z_2
Sudut tengah	$Tg\delta_1 = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{21}{33} = 0,6363$ $\delta_1 = 32^\circ 28'$	$Tg\delta_2 = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{33}{21} = 1,5714$ $\delta_2 = 57^\circ 32'$
Sudut transmisi	$\Sigma = \delta_1 + \delta_2 = 32^\circ 28' + 57^\circ 32' = 90^\circ$	

Modul	$m = \frac{d_{a1}}{Z_1 + 2 \cdot \cos \delta_1}$ $= \frac{113,2}{21 + 2 \cdot 0,8438} = 4,99mm$	$m = \frac{d_{a2}}{Z_2 + 2 \cdot \cos \delta_2}$ $= \frac{170,6}{30 + 2 \cdot 0,5368} = 5,007mm$
	Modul luar = 5 mm	
Sudut kepala gigi	$tg \vartheta_{a1} = \frac{2 \cdot \sin \delta_1}{Z_1} = \frac{2 \cdot \sin 32^{\circ}28'}{21}$ $= \frac{2 \cdot 0,5368}{21} = 0,0511$ $\vartheta_{a1} = 2^{\circ}56'$	$tg \vartheta_{a2} = \frac{2 \cdot \sin \delta_2}{Z_2} = \frac{2 \cdot \sin 32^{\circ}28'}{21}$ $= \frac{2 \cdot 0,5368}{21} = 0,0511$ $\vartheta_{a2} = 2^{\circ}56'$
Sudut badan gigi	$tg \vartheta_{f1} = 1,2 \cdot tg \vartheta_a = 1,2 \cdot 0,0511 = 0,0613$ $\vartheta_{f1} = \vartheta_{f2} = 3^{\circ}30'$	
Sudut konis luar	$\delta_{a1} = \delta_1 + \vartheta_{a1}$ $= 32^{\circ}28' + 2^{\circ}56' = 35^{\circ}24'$	$\delta_{a2} = \delta_2 + \vartheta_{a2}$ $= 32^{\circ}28' + 2^{\circ}56' = 35^{\circ}24'$
Diameter tengah	$d_1 = Z_1 \cdot m = 21 \cdot 5 = 105mm$	$d_2 = Z_2 \cdot m = 30 \cdot 5 = 150mm$
Diameter kepala	$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m \cdot \cos \delta_1$ $= 105 + 10 \cdot 0,8438 = 113,43mm$	$d_{a2} = d_2 + 2 \cdot m \cdot \cos \delta_2$ $= 150 + 10 \cdot 0,5368 = 163,37mm$
Radius konis luar	$R = \frac{d_1}{2 \cdot \sin \delta_1} = \frac{105}{2 \cdot \sin 35^{\circ}28'}$ $= \frac{105}{2 \cdot 0,578} = 91,5mm$	$R = \frac{d_2}{2 \cdot \sin \delta_2} = \frac{150}{2 \cdot \sin 35^{\circ}28'}$ $= \frac{150}{2 \cdot 0,578} = 128,5mm$
Lebar gigi	$b = \frac{R}{3} = \frac{91,5}{3} = 30,5mm$	
Tinggi gigi bagian luar	$h = 2,2 \cdot m = 2,2 \cdot 5 = 11mm$	

Jumlah Gigi Ideal	$Z_{v1} = \frac{Z_1}{\cos \delta_1} = \frac{21}{\cos 32^\circ 28'} \sim 25$	$Z_{v2} = \frac{Z_2}{\cos \delta_2} = \frac{21}{\cos 32^\circ 28'} \sim 62$
Ukuran gigi bagian luar	Bila $m = 1 \text{ mm}$; $Z_{v1} = 25$; maka $h_{a1} = 1,024 \text{ mm}$ Bila $m = 5 \text{ mm}$; $h_{a1} = 5 \cdot 1,0242 = 5,12 \text{ mm}$	Bila $m = 1 \text{ mm}$; $Z_{v2} = 62$; maka $h_{a1} = 1,0103 \text{ mm}$ Bila $m = 5 \text{ mm}$; $h_{a1} = 5 \cdot 1,0103 = 5,05 \text{ mm}$
	$S_1 = 1,5698 \cdot 5$ $= 7,849 \text{ mm}$	$S_2 = 1,5706 \cdot 5$ $= 7,853 \text{ mm}$

5. Pengukuran Dimensi Gigi Dengan Jangka Sorong Roda Gigi



$$\bar{S} = m \cdot z \cdot \sin \frac{90}{Z}$$

$$\bar{H}_a = m + \frac{m \cdot Z}{Z} \cdot \left(1 - \cos \frac{90}{Z}\right)$$

Gambar 5. 3 Jangka Sorong Pengukuran Roda Gigi

Tabel harga \bar{S} dan \bar{H}_a untuk modul = 1 mm. Bila modul lebih besar maka harga \bar{S} dan \bar{H}_a tinggal dikalikan dengan harga modul.

Tabel 5. 6 Pengukuran Roda Gigiharga S dan Ha

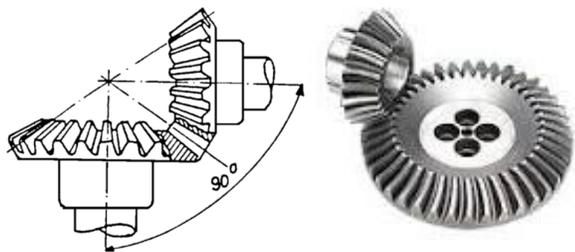
Z _v	S	ha	Z _v	S	ha
12	1,5663	1,0513	30	1,5701	1,0206
13	1,5670	1,0474	35	1,5703	1,0176
14	1,5675	1,0440	40	1,5704	1,0154
15	1,5679	1,0411	45	1,5705	1,0137
16	1,5683	1,0385	50	1,5706	1,0123
17	1,5686	1,0363	60	1,5706	1,0103
18	1,5688	1,0342	70	1,5706	1,0088
19	1,5690	1,0324	80	1,5707	1,0077
20	1,5692	1,0308	90	1,5707	1,0069
22	1,5695	1,0280	100	1,5707	1,0062
24	1,5697	1,0257	120	1,5708	1,0051
26	1,5698	1,0237	150	1,5708	1,0041
28	1,5700	1,0219	200	1,5708	1,0031

	Nama	Simbol	Rumus roda gigi kecil Z ₁
Sudut-sudut Gigi	Sudut Gigi	ϑ	$\vartheta = \vartheta_f + \vartheta_a$
	Sudut kepala gigi	ϑ_a	$tg \vartheta_a = \frac{m}{R} = \frac{ha}{R} = \frac{2 \cdot \sin \delta_1}{Z_1}$
	Sudut badan gigi (c = 0,2.m)	ϑ_f	$tg \vartheta_a = 1,2 \cdot tg \vartheta_f = \frac{12 \cdot m}{R} = \frac{h_f}{R} = \frac{2,4 \cdot \sin \delta_1}{Z_1}$
	Rasio	i	$i = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{n_2}{n_1}$

6. Teknik Pembuatan Roda Gigi Payung

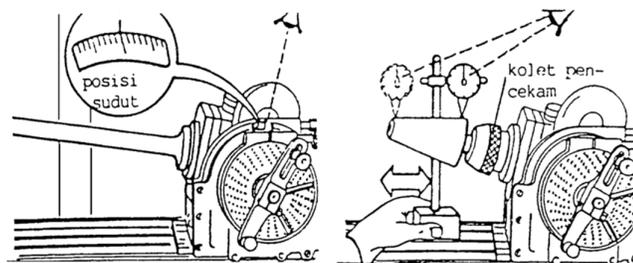
Berikut ini dibahas petunjuk praktis dalam pengefraisan benda kerja roda gigi menggunakan metoda pembagian, meliputi merencanakan suatu bentuk roda gigi payung dan Memfrais bentuk roda gigi payung dengan pembagian langsung, tak langsung (sederhana), sudut differensial.

1. Roda gigi payung berfungsi untuk memindahkan gerak dari satu sumbu ke sumbu lain, yang umum arahnya tegak lurus. Perhatikan gambar dibawah ini



Gambar 5. 4 Memfrais Bentuk Roda Gigi Payung

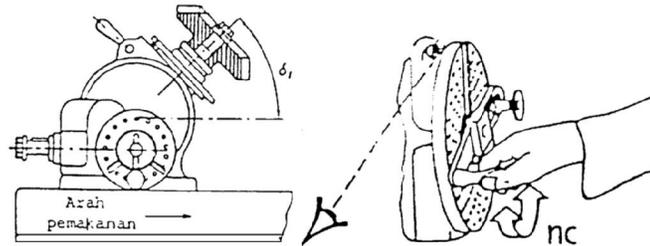
2. Untuk mempermudah dalam penentuan spesifikasi roda gigi payung, dibuatlah simbol-simbol. Besar bagian dari spesifikasi roda gigi payung, tergantung dari besar modul dan banyaknya gigi. Lengkapnya ada dalam tabel.
3. Pada pengefraisan roda gigi payung, pemasangan kepala pembagi dimiringkan sebesar sudut δ . Pemeriksaan kemiringan dilakukan dengan menggunakan dial indicator pada benda kerja atau menggunakan mal sudut. Perhatikan gambar dibawah ini



Gambar 5. 5 Pemasangan Kepala Pembagi

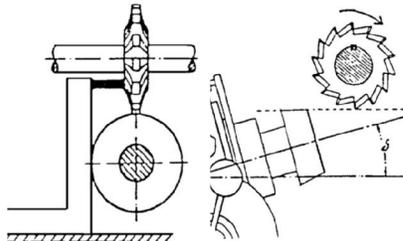
4. Setelah kemiringan kepala pembagi tepat, benda kerja bakal roda gigi dipasang pada mandril baut, lalu diikat dengan mur. Plat index dipilih

berdasarkan jumlah gigi yang akan dibuat. $nc = \frac{i}{Z}$ Perhatikan gambar dibawah ini



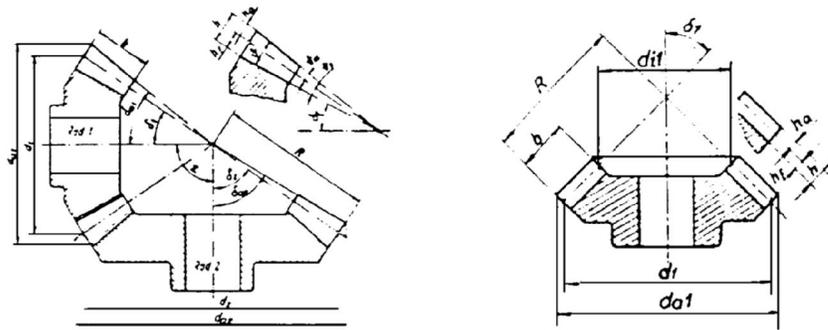
Gambar 5. 6 Penyetingan Kemiringan Kepala Pembagi

5. Pemasangan pisau frais harus tepat pada sumbu benda kerja. Untuk menyetelnya digunakan penyiku. Pemotongan roda gigi dimulai dengan cara : posisi pisau disetel menyentuh benda kerja, kemudian skala dinolkan, hal ini dilakukan untuk meentukan tebal pemotongan. Perhatikan gambar dibawah ini



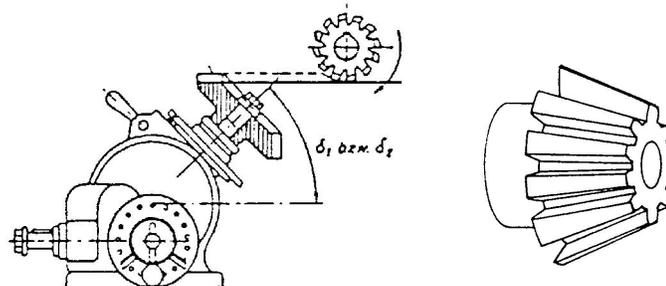
Gambar 5. 7 Pemasangan Posisi Pisau Frais

6. Konstruksi gigi-roda gigi payung beralur miring. Konstruksi ini baik sekali untuk memindahkan daya. Akan tetapi sulit pembuatannya karena memerlukan mesin dan peralatan khusus. Beralur lurus (kedalaman alur sama). Konstruksi ini lebih mudah dibuat pada mesin frais universal, akan tetapi kurang baik dalam memindahkan daya. Perhatikan gambar dibawah ini



Gambar 5. 8 Konstruksi Gigi Roda Gigi Payung

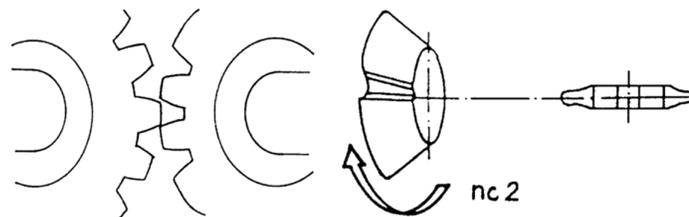
7. Pengefraisan roda gigi payung lurus, pemotongan pertama dilakukan bertahap sampai mencapai kedalamannya. Hasil pemotongan pertama berupa alur-alur lurus disekeliling benda kerja.



Gambar 5. 9 Pengefraisan Roda Gigi Payung Lurus

8. Oleh karena hasil alur lurus, sedangkan gigi melebar keluar, maka gigi tersebut perlu dikoreksi agar dapat berpasangan. Sebelum dilakukan pemotongan koreksi pertama, benda kerja diputar kesalah satu arah

sebesar : $Nc_2 = \frac{i}{4Z}$ Perhatikan gambar dibawah ini

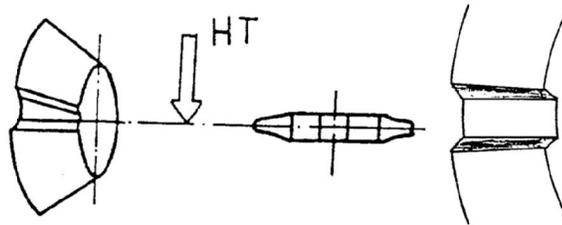


Gambar 5. 10 Koreksi nc2 Pengefraisan Roda Gigi Payung Lurus

9. Kemudian meja/ kepala mesin frais digeser kearah berlawanan sebesar :

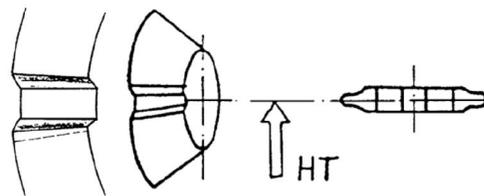
$$H_T = \frac{P_i}{4} = \frac{m \cdot i \cdot \pi}{4}$$

Hasil pemotongan koreksi pertama, membentuk sisi alur miring sebelah. Perhatikan gambar dibawah ini



Gambar 5. 11 Koreksi HT Pengfraisan Roda Gigi Payung Lurus

10. Untuk membentuk sisi yang satunya lagi agar simetri, perlu dilakukan pemotongan koreksi kedua. Oleh karenanya, posisi benda kerja harus dirubah yaitu meja/kepala mesin digeser sejauh 2 x HT, berlawanan arah dengan HT koreksi pertama.

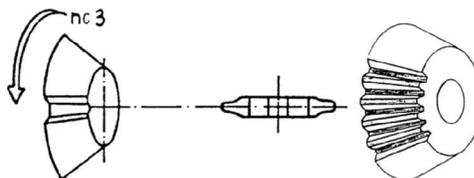


Gambar 5. 12 Koreksi HT2 Pengfraisan roda gigi payung lurus

11. Kemudian diputar berlawanan arah nc_2 sebesar $2 \cdot nc_2$. Jadi :

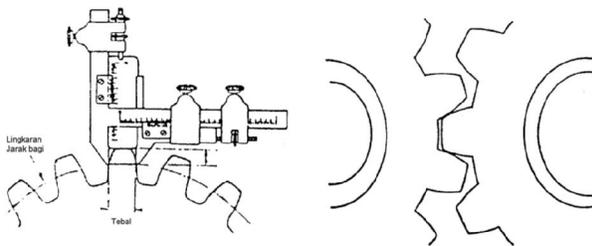
$$nc_3 = 2 \cdot nc_2 = 2 \cdot \frac{i}{4Z}$$

Setelah pemotongan koreksi kedua dilakukan, lengkaplah bentuk roda gigi payung yang diinginkan. Perhatikan gambar dibawah ini



Gambar 5. 13 Koreksi nc3 Pengfraisan Roda Gigi Payung Lurus

12. Pemeriksaan dimensi gigi dilakukan dengan menggunakan jangka sorong roda gigi. Periksa ketepatan roda gigi dengan “gauge” atau pasangannya. Bertanyalah pada instruktur bila ada hal-hal yang belum dipahami. Perhatikan gambar dibawah ini

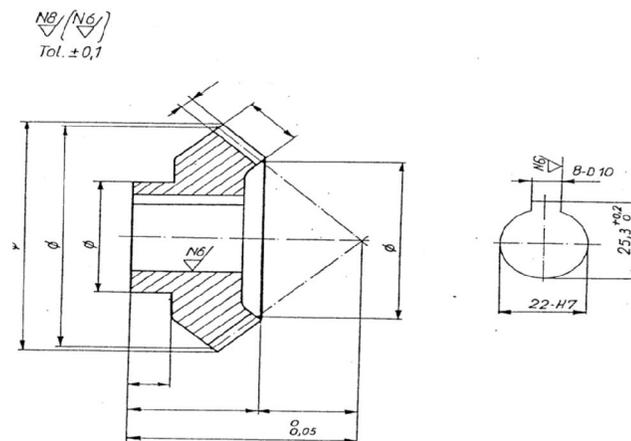


Gambar 5. 14 Pemeriksaan Dimensi Gigi Dengan Jangka Sorong

13. Untuk pengefraisan roda gigi payung miring, tidak dapat dilaksanakan pada mesin frais universal, melainkan harus pada mesin khusus dan menggunakan pisau khusus.
14. Akan tetapi bila mempunyai mesin ada peralatannya, maka rumus-rumus dan perhitungannya dapat dilihat pada tabel roda gigi payung miring.

7. Membuat Roda Gigi Payung Lurus

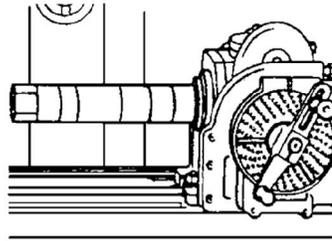
Direncanakan pembuatan roda gigi payung dengan data data sebagai berikut
 $i = 2:1$, $Z_1 = 10$, $Z_2 = 20$, $m_i = 1,5$, $m_e = 2,5$, $\alpha = 90^\circ$
 rasio kepala pembagi 40 ; 1



Gambar 5. 15 Gambar Kerja Pembuatan Roda Gigi Payung

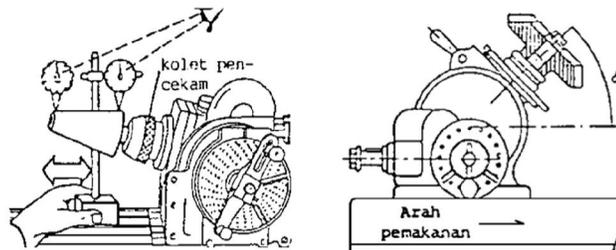
8. Tahapan Membuat Roda Gigi Payung Lurus

1. Pasang kepala pembagi universal Pasang poros mandrell guna pemeriksaan kemiringan Perhatikan gambar dibawah ini



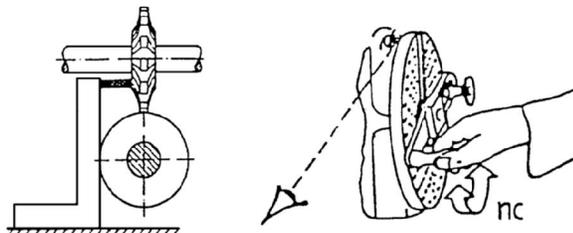
Gambar 5. 16 Pemasangan Kepala Pembagi

2. Miringkan kepala pembagi, sesuai dengan sudut yang telah dihitung, Periksa sudut dengan dial, Pasang benda kerja dengan menggunakan mandrel baut, Periksa kekencangan mur pengikat. Perhatikan gambar dibawah ini



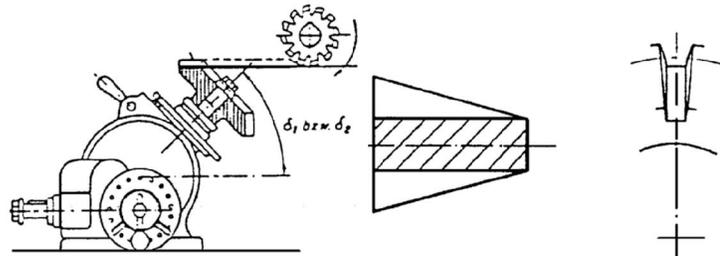
Gambar 5. 17 Penyetingan Kemiringan Kepala Pembagi

3. Pasang pisau frais yang sesuai $m = 1.5$, dan Atur posisi sumbu pisau tepat dengan sumbu benda kerja, kemudian Pilih dan pasang plat index sesuai dengan yang akan dibuat Perhatikan gambar dibawah ini



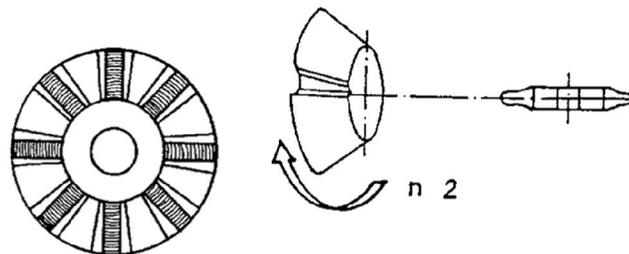
Gambar 5. 18 Pemasangan Posisi Pisau Frais

- Lakukan pemotongan pertama, kedalaman $h = 2,157 \times m_i$, dengan kecepatan pemakanan 30 mm/menit. Hasil pemotongan pertama, lebar dasar arus lurus, sedangkan lebar atasnya membesar keluar Perhatikan gambar dibawah ini



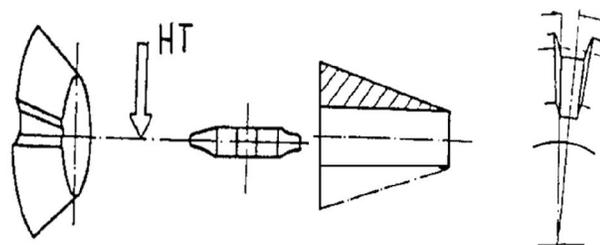
Gambar 5. 19 Pengefraisan Roda Gigi Payung Lurus

- Lakukan pemotongan seluruh gigi, kemudian Lakukan koreksi pertama, selanjutnya putar benda kerja sebesar rumus mencari nc_2 .



Gambar 5. 20 Koreksi Nc_2 Pengefraisan Roda Gigi Payung Lurus

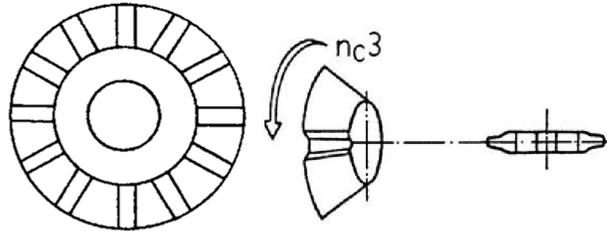
- Geser meja/ kepala mesin kearah berlawanan putaran benda sejauh : **HT**. Hasil pemotongan koreksi pertama ini membentuk alur menjadi melebar keluar pada salah satu sisi



Gambar .21. Koreksi HT Pengefraisan Roda Gigi Payung Lurus

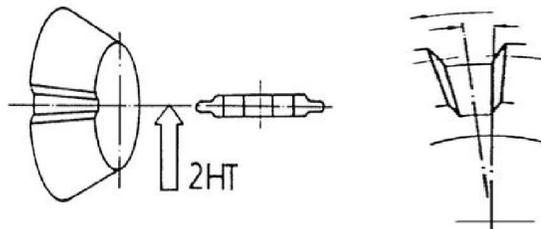
Lakukan koreksi pertama untuk semua alur gigi pada benda kerja

7. Lakukan koreksi kedua pada sisi alur satunya lagi. Putar benda kerja sebesar $nc3$ berlawanan arah dengan arah koreksi pertama



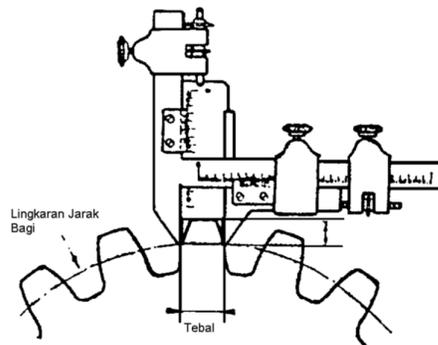
Gambar 5. 21 Koreksi $nc3$ Pengefraisan Roda Gigi Payung Lurus

8. Geser meja/kepala mesin ke arah berlawanan sejauh $2HT$. Pemotongan koreksi kedua membentuk alur roda gigi menjadi simetri



Gambar 5. 22 Koreksi $2HT$ Pengefraisan Roda Gigi Payung Lurus

9. Periksa dimensi gigi . Gunakan jangka sorong roda gigi



Gambar 5. 23 Pemeriksaan Dimensi Gigi Dengan Jangka Sorong

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas 1: Mengamati Kegiatan Mesin Frais (2 JP)

Saudara diminta untuk mengamati kondisi kegiatan metoda pembuatan roda gigi payung payung dengan menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut

1. Apa yang saudara ketahui tentang prinsip kerja mesin frais ?
2. Peralatan apa saja yang saudara ketahui dalam melakukan proses Pengefraisan roda gigi payung ?
3. Parameter apa saja yang saudara ketahui untuk melakukan proses Pengefraisan roda gigi payung ?

Aktivitas 2: Standarisasi Roda Gigi Payung Dan Alat Potong (2 JP)

Setelah Saudara mencermati kegiatan metoda pembuatan roda gigi payung pada aktivitas 1, maka pada aktivitas 2 ini Saudara akan mendiskusikan bagaimana standarisasi roda gigi payung dan alat potong roda gigi payung. Untuk kegiatan ini Saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Apa yang saudara ketahui tentang standarisasi geometris roda gigi payung ?
2. Bagaimana saudara melakukan pemeriksaan / pengukuran geometris alat potong roda gigi payung ?
3. Menurut pendapat saudara mengapa pemeriksaan / pengukuran geometris alat potong roda gigi payung penting dilakukan ?

Saudara dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-02**.

Aktivitas 3: Teknik Pengefraisan Roda Gigi Payung (2 JP)

Setelah saudara mencermati gambar kegiatan standarisasi geometris roda gigi payung pada aktivitas 1, maka pada aktivitas 3 ini saudara akan mendiskusikan bagaimana proses Pengefraisan roda gigi payung . Untuk kegiatan ini saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Apa yang Saudara ketahui tentang Tahapan Pengefraisan roda gigi payung , faktor apa saja yang harus diperhatikan, sehingga dapat menghasilkan performansi roda gigi payung yang baik dan benar
2. Bagaimana melakukan pemasangan dan Pengaturan alat potong pada mesin frais untuk proses pengefraisan roda gigi payung

3. Bagaimana melakukan pengaturan kecepatan (parameter), dalam pemotongan roda gigi payung

Saudara dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-03**.

Aktivitas 4: Pengukuran / Pemeriksaan Roda Gigi Payung (2 JP)

Setelah Saudara mencermati kegiatan proses Pengefraisan roda gigi payung pada aktivitas 1, maka pada aktivitas 4 ini Saudara akan mendiskusikan bagaimana proses pengukuran / pemeriksaan roda gigi payung dilakukan. Untuk kegiatan ini Saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Apa yang Saudara ketahui tentang roda gigi payung ?
2. Mengapa Saudara melakukan pemeriksaan roda gigi payung ?
3. Bagaimana teknik pemeriksaan pemeriksaan roda gigi payung ?

Saudara dapat menuliskan jawaban dengan menggunakan **LK-04**.

Untuk memperkuat pemahaman Saudara tentang materi pokok bahasan diatas, silahkan Bacalah Bahan Bacaan 3 Teknik proses Pengefraisan roda gigi payung, kemudian melaksanakan Tugas Praktek dengan menggunakan **LK-05.P**.

E. Latihan/ Kasus/ Tugas

Pilihlah Salah Satu Jawaban Yang Paling Tepat.

1. Roda gigi payung adalah jenis roda gigi yang porosnya....
 - A. Poros yang bersinggungan saling berpotongan dengan sudut antara kedua roda gigi bisa berapa saja.
 - B. Poros yang bersinggungan saling berpotongan dengan sudut antara kedua roda gigi bisa berapa saja kecuali 0° dan 180°
 - C. Poros yang bersinggungan saling berpotongan dengan sudut antara kedua roda gigi 90°
 - D. Poros yang bersinggungan saling berpotongan dengan sudut antara kedua roda gigi 180°
 - E. Poros yang bersinggungan saling berpotongan dengan sudut antara kedua roda gigi bisa berapa saja kecuali 45°
2. Ukuran modul luar dan modul dalam yang dipergunakan dalam pembuatan roda gigi payung lurus adalah....
 - A. sama
 - B. lebih kecil
 - C. lebih besar
 - D. sesuai dengan kondisi
 - E. Sesuai dengan diameter tengah dalam dan tengah luar
3. Perhitungan radius konis luar yang dipergunakan dalam pembuatan roda gigi payung lurus menggunakan persamaan:

A.
$$R = \frac{d_1}{2 \cdot \cos \delta_1}$$

B.
$$R = \frac{d_1}{2 \cdot \operatorname{tg} \delta_1}$$

C.
$$R = \frac{d_1}{2 \cdot \sin \delta_1}$$

D.
$$R = \frac{d_1}{2 \cdot \cot \delta_1}$$

E. $R = \frac{d_1}{2 \cdot \sec \delta_1}$

4. Jika diketahui sepasang roda gigi payung dengan $Z_1 = 40$, dan $Z_2 = 20$, maka kecepatan putaran roga gigi payung tersebut...
- A. $Z_2 > Z_1$
 - B. $Z_1 > Z_2$
 - C. $Z_1 = Z_2$
 - D. $Z_1 \geq Z_2$
 - E. $Z_1 \leq Z_2$
5. Jika rasio kepala pembagi 40:1, maka untuk pembagian gigi sebanyak 22 buah, kepala pembagi akan diputar sebanyak...
- A. 40/22 putaran
 - B. 22/40 putaran
 - C. 40-22 putaran
 - D. (40/2) putaran
 - E. (22/2) putaran

Jawablah Pertanyaan Di Bawah Ini Dengan Singkat.

1. Jelaskan kegunaan roda gigi payung
2. Langkah-langkah apa saja yang harus dilakukan dalam pembuatan roda gigi payung ? Jelaskan

F. Rangkuman

1. Apabila diinginkan memindah daya pada posisi poros yang bersinggungan (intersection) dapat digunakan roda gigi payung.
2. Contoh penggunaan roda gigi ini misalnya pada: drill chuck, jalur vertical pada mesin planing, mekanisme pengatur langkah pada mesin skrap dan pengatur arah pada mesin bor pekerjaan berat.
3. 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° .
4. Kesalahan pemasangan pisau dapat berakibat hasil pengefraisan yang tidak sesuai dengan harapan. Untuk pengefraisan roda gigi payung, pisau frais dapat di pasang pada arbor panjang. Dalam pembuatan roda gigi lurus, posisi pisau memegang peran yang sangat berarti dalam menentukan keberhasilan proses. Pemasangan pisau frais harus tegak lurus terhadap sumbu poros dan sumbunya satu garis dengan sumbu benda kerja.

LEMBAR KERJA KB-6

LK – 01

1. Apa yang saudara ketahui tentang pengetahuan prinsip kerja mesin frais?
.....
.....
2. Peralatan apa saja yang saudara ketahui dalam melakukan proses pengefraisan roda gigi payung ?
.....
.....
3. Parameter apa saja yang saudara ketahui untuk melakukan proses pengefraisan roda gigi payung ?
.....
.....

LK - 02

1. Apa yang saudara ketahui tentang standarisasi geometris, bahan roda gigi payung ?

.....
.....

2. Bagaimana saudara melakukan pemeriksaan / pengukuran geometris alat potong roda gigi payung .?

.....
.....

3. Menurut pendapat saudara mengapa pemeriksaan / pengukuran geometris alat potong roda gigi payung penting dilakukan ?

.....
.....

LK - 03

1. Apa yang Saudara ketahui tentang tahapan pengefraisan roda gigi payung , faktor apasaja yang harus diperhatikan.

.....
.....

2. Bagaimana melakukan pemasangan dan pengaturan alat potong pada mesin frais untuk proses Pengefraisan roda gigi payung

.....
.....

3. Bagaimana melakukan pengaturan kecepatan (parameter), dalam pemotongan roda gigi payung I

.....
.....

LK - 04

1. Apa yang Saudara ketahui tentang roda gigi payung ?

.....
.....

2. Mengapa Saudara melakukan pemeriksaan roda gigi payung?

.....
.....
3. Bagaimana teknik pemeriksaan pemeriksaan roda gigi payung I?
.....
.....

LK – 05.P

Dengan menyelesaikan LK-02 saudara harus mengikuti POS (Prosedur Operasional Standar) yang berlaku. Untuk keperluan eksperimen, saudara dapat mengikuti petunjuk berikut:

1. Siapkan peralatan yang dibutuhkan proses Pengefraisan roda gigi payung;
2. Lakukan pemeriksaan terhadap langkah kerja proses Pengefraisan roda gigi payung ;
3. Jika ragu-ragu terhadap apa yang akan saudara lakukan, jangan segan-segan bertanya ke fasilitator untuk meminta klarifikasi sehingga masalahnya menjadi lebih jelas;
4. Disarankan Saudara dapat melihat tayangan video program untuk menyimak demonstrasi proses pemotongan sebelum melakukan tugas praktek ini;
5. Lakukan pekerjaan saudara sesuai POS (Prosedur Operasi Standar);
6. Saudara harus melakukan ini di bawah supervisi fasilitator.

TUGAS PRAKTIK:

Lakukan proses Pengefraisan roda gigi payung seperti
Contoh praktis pada bacaan modul ini

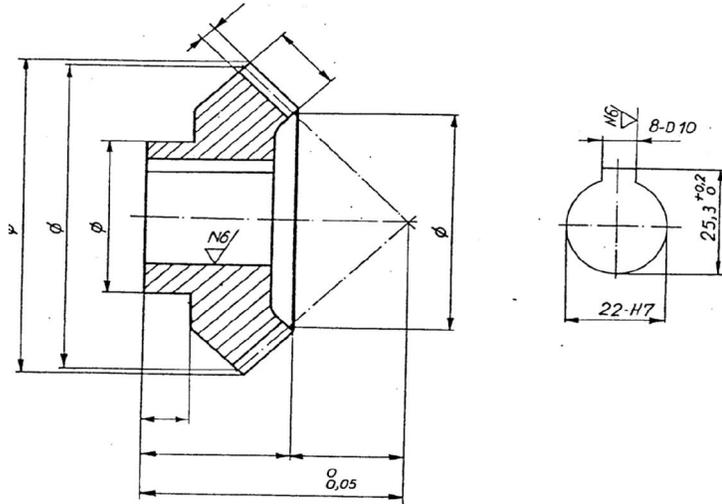
Direncanakan pembuatan roda gigi payung dengan data data sebagai berikut

$i = 2:1$, $Z_1 = 10$, $Z_2 = 20$,

$m_i = 1,5$, $m_e = 2,5$, $\alpha = 90^\circ$

rasio kepala pembagi 40 ; 1

$\nabla(N6, \nabla)$
Tol. $\pm 0,1$



G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Teknik pengefraisan roda gigi payung merupakan teknik pengefraisan yang dapat dilakukan menggunakan dividing head. Kompetensi ini juga dapat dikembangkan untuk melakukan pembagian skala secara teliti seperti pada skala nonius mistar sorong. Diharapkan peserta diklat dapat merancang pembuatan roda gigi payung sehingga dapat memberikan pengalaman untuk pembelajaran di tempat masing-masing



KUNCI JAWABAN

KB – 1 Tugas Kegiatan Pembelajaran 1.

Pilihan Ganda:

- | | |
|-------|------|
| 1. B; | 5. A |
| 2. A; | 6. B |
| 3. C | 7. D |
| 4. A | |

Essai

1. Pengertian TIK adalah hasil rekayasa manusia terhadap proses penyampaian informasi dan proses penyampaian pesan dari satu pihak kepada pihak lain sehingga lebih cepat, lebih luas sebarannya dan lebih lama penyimpanannya
2. Manfaat penggunaan TIK yaitu TIK sebagai alat bantu belajar, TIK sebagai media pembelajaran, dan TIK sebagai ilmu pengetahuan.
3. Jenis-jenis TIK yang dapat digunakan dalam kegiatan pembelajaran yaitu teknologi internet, teknologi multimedia, teknologi augmented reality, teknologi brain computer interface.
4. Contoh pemanfaatan teknologi internet dalam kegiatan pembelajaran yaitu pencarian informasi materi pelajaran dengan search engine google, penerapan e-Learning di sekolah.
5. Contoh pemanfaatan teknologi multimedia dalam kegiatan pembelajaran yaitu penggunaan tutorial interaktif dalam pembelajaran, pembuatan presentasi multimedia, penggunaan interactive board.

KB – 2 Tugas Kegiatan Pembelajaran 2.

Pilihan Ganda:

- | | |
|-------|------|
| 1. B; | 3. C |
| 2. A; | 4. A |

Essai

1. Penunjukkan gambar ulir Trapesium pada penulisan Tr. 30 x 12 (P6) , mempunyai arti bahwa
 - a) Tr = Trapesium
 - b) 30= Diameter Nominal
 - c) 12 = Kisar
 - d) P6 = Pitch = 6 mm, dan menyatakan ulir ganda (majemuk 2 jalan)
2. Langkah-langkah biasanya dilakukan Dalam Teknik pembubutan ulir trapesium
 - a) Pertama: Pembubutan bakal ulir. sebesar 0,1 mm dari diameter ulir yg dibuat.
 - b) Kedua , mengatur posisi pahat. Pahat diatur setinggi senter Untuk mendapatkan profil ulir yang tegak lurus terhadap sumbu benda kerja,
 - c) Ketiga , mengatur pasangan roda gigi. Biasanya Roda gigi yang harus dipasang dapat dilihat pada tabel yang tertera di mesin.
 - d) Keempat : metoda proses Pemotongan Untuk kisar kecil atau bahan yang rapuh digunakan metode memajukan pahat tegak lurus. Metode zig-zag dilakukan bila lebar pahat yang digunakan lebih kecil dari lebar alur ulir yang akan dibentuk.
 - e) Kelima, pemeriksaan setelah kedalaman mencapai $(0,5 \times P) + AC$, ulir diperiksa apakah sudah masuk pasangannya atau belum,
- 3, alat untuk pemeriksa ulir luar
 - a) Ulir luar diperiksa dengan pemeriksa ulir luar (“Thread Ring Gauge”) dan ulir dengan pemeriksa ulir dalam (“Thread Plug Gauge”).
 - b) Ulir yang presisi diukur dengan Micrometer ulir atau dengan proyektor bentuk.

KB – 4 Tugas Kegiatan Pembelajaran 4

Pilihan Ganda:

- | | |
|-------|------|
| 1. A; | 5. D |
| 2. D | 6. A |
| 3. A | 7. B |
| 4. C | 8. C |

9. A

10. D

Essai

1. Macam kepala pembagi yang digunakan pada mesin frais adalah kepala pembagi dengan pelat pembagi dan kepala pembagi dengan penggerak roda gigi cacing dan ulir cacing
2. Putaran engkol = 1. Digunakan piring pembagi dengan jumlah 5 lubang 30 (didapat dari 5 x 6). Engkol diputar 1 kali ditambah 18 lubang atau lubang ke 19 pada piring pembagi yang mempunyai lubang 30.
3. 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.
4. Diameter luar (diameter bahan awal) = $(Z+2)/DP = 25 \times 2 = 2,250$ " (57,15 mm)
5. Dimensi roda gigi lurus
 - a. diameter tusuk $D_t = z.m = 25 \cdot 4 = 100$ mm
 - b. diameter luar $D_l = (z + 2) \cdot m = (25 + 2) \cdot 4 = 108$ mm
 - c. Lebar gigi = 40
 - d. Tinggi gigi $h = 2,157 \cdot 4 = 8,63$ mm
 - e. Jarak antar gigi $t = \pi \cdot m = 3,14 \cdot 4 = 12,56$ mm
6. 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

KB – 5 Tugas Kegiatan Belajar 5:

Pilihan Ganda:

1. C
2. C
3. A
4. B
5. A

Essai

1. Roda gigi dapat digunakan antara lain untuk memindah daya dan mengubah putaran. *Rack dan pinion gear* berfungsi untuk mengubah gerak putar menjadi gerak lurus atau sebaliknya mengubah gerak lurus menjadi gerak putar.
2. Untuk pengefraisan roda gigi *rack* diperlukan langkah-langkah tertentu agar pembuatan roda gigi yang dikerjakan pada mesin frais sesuai dengan rencana yang ditentukan. Langkah-langkah pembuatan roda rack akan meliputi:
 - a. Penyiapan benda kerja termasuk penentuan dimensi
 - b. Pemasangan Benda kerja
 - c. Pemilihan, pemasangan dan setting pisau frais
 - d. Penentuan pitch dan kedalaman pemotongan
 - e. Pemotongan
3. Pada pengefraisan batang gigi lurus, yang pembagiannya digerakkan langsung oleh spindel, panjang gerak Pitch normal (P_n) = $\pi.m$

KB – 6 Tugas Kegiatan Belajar 6

Pilihan Ganda:

1. B;
2. A;
3. C
4. A
5. D

Essai

1. Apabila diinginkan memindah daya pada posisi poros yang bersinggungan (intersection) dapat digunakan roda gigi payung.
2. Untuk pengefraisan roda gigi payung diperlukan langkah-langkah tertentu agar pembuatan roda gigi payung yang dikerjakan pada mesin frais sesuai dengan rencana yang ditentukan.
Langkah-langkah pembuatan roda payung akan meliputi:
 - a. Penyiapan benda kerja termasuk penentuan dimensi
 - b. Pemasangan Benda kerja
 - c. Pemilihan, pemasangan dan setting pisau frais
 - d. Penentuan pitch dan kedalaman pemotongan

e. Pemotongan



EVALUASI

1. Penilaian Ranah Sikap (Kepribadian)

a. Instrumen dan Rubrik Penilaian

N	Nama Peserta	Jujur				menghargai pendapat				Teliti				Mandiri				Nilai Akhir
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1.																		
2.																		
3.																		
n																		

b. Rubrik Penilaian

Peserta didik memperoleh skor:

- 4 = jika empat indikator terlihat
- 3 = jika tiga indikator terlihat
- 2 = jika dua indikator terlihat
- 1 = jika satu indikator terlihat

c. Indikator Penilaian Sikap:

Jujur

- 1) Menyampaikan sesuatu berdasarkan keadaan yang sebenarnya
- 2) Tidak menutupi kesalahan yang terjadi
- 3) Tidak menyontek atau melihat data/pekerjaan orang lain
- 4) Mencantumkan sumber belajar dari yang dikutip/dipelajari

Menghargai Pendapat

- 1) Mau mendengar dan menerima pendapat orang lain
- 2) Berkomunikasi dengan bahasa yang tidak menyinggung perasaan
- 3) Menggunakan bahasa tubuh yang bersahabat
- 4) Berperilaku sopan

Teliti

- 1) Ketepatan dalam memilih rumus yang digunakan.
- 2) Keruntutan dalam menggunakan prosedur/langkah.
- 3) Ketepatan hasil perhitungan.
- 4) Ketepatan dalam melakukan pengukuran

Mandiri

- 1) Mengerjakan semua tugas dengan baik
- 2) Mengecek kembali hasil pekerjaan sebelum dikumpulkan.
- 3) Mempunyai banyak gagasan dan usul terhadap suatu permasalahan.
- 4) Mencari/menemukan cara baru untuk menyelesaikan suatu tugas.

Nilai akhir sikap diperoleh berdasarkan modus (skor yang sering muncul) dari keempat aspek sikap di atas.

Kategori nilai sikap:

- Sangat baik : apabila memperoleh nilai akhir 4
Baik : apabila memperoleh nilai akhir 3
Cukup : apabila memperoleh nilai akhir 2
Kurang : apabila memperoleh nilai akhir 1

2. Penilaian Ranah Pengetahuan

a. Kisi-kisi dan Soal

Kompetensi Dasar	Indikator	Indikator Soal	Jenis Soal
Menggunakan teknik pembubutan ulir segi empat, ulir trapesium	Melakukan teknik pembubutan ulir segi empat sesuai dengan tuntutan pekerjaan.	peserta diklat dapat menjelaskan langkah pembubutan ulir segi empat sesuai SOP secara jujur dan menghargai pendapat peserta diklat lainnya.	Pilihan Ganda Essay
	Melakukan teknik pembubutan ulir trapesium sesuai dengan tuntutan pekerjaan	peserta diklat dapat menjelaskan langkah pembubutan ulir trapesium sesuai SOP secara jujur dan menghargai pendapat peserta diklat lainnya.	Pilihan Ganda Essay
Menggunakan teknik pengfraisan roda gigi lurus, dan rack lurus	<ul style="list-style-type: none"> - Merancang pembuatan roda gigi lurus - Melakukan teknik pengfraisan roda gigi lurus jenis modul dan diameter pitch 	<ul style="list-style-type: none"> - peserta diklat dapat melakukan perhitungan-perhitungan roda gigi lurus sesuai SOP secara teliti - peserta dapat menjelaskan langkah-langkah pengfraisan roda gigi lurus sesuai SOP secara jujur dan menghargai pendapat peserta diklat lainnya. 	Pilihan Ganda Essay
	<ul style="list-style-type: none"> - Merancang pembuatan gigi rack lurus - Melakukan teknik pengfraisan gigi rack lurus 	<ul style="list-style-type: none"> - peserta diklat dapat melakukan perhitungan-perhitungan gigi rack lurus sesuai SOP secara teliti 	Pilihan Ganda Essay

Kompetensi Dasar	Indikator	Indikator Soal	Jenis Soal
		- peserta dapat menjelaskan langkah-langkah pengefraisan gigi rack lurus sesuai SOP secara jujur dan menghargai pendapat peserta diklat lainnya	
Menggunakan teknik pengefraisan roda gigi payung.	<ul style="list-style-type: none"> - Merancang pembuatan roda gigi payung - Melakukan teknik pengefraisan untuk pembuatan roda gigi payung 	<ul style="list-style-type: none"> - peserta diklat dapat melakukan perhitungan-perhitungan roda payung sesuai SOP secara teliti. - peserta dapat menjelaskan langkah-langkah pengefraisan roda gigi payung sesuai SOP secara jujur dan menghargai pendapat peserta diklat lainnya. 	Pilihan Ganda Essay

b. Instrumen dan Rubrik Penilaian

No.	Nama Peserta	Skor setiap nomor soal															Nilai	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13	14		15
1																		
2																		
3																		

Perolehan skor peserta didik untuk setiap nomor soal, sebagai berikut:

c. Indikator penilaian pengetahuan

Skor 1 bila jawaban benar

Skor 0 bila jawaban salah

3. Penilaian Ranah Keterampilan

a. Instrumen dan Rubrik Penilaian Keterampilan

No.	Nama Kelompok	Kegiatan Belajar					Nilai
		2	3	4	5	6	
1.							
2.							
3.							

b. Rubrik Penilaian:

Peserta didik mendapat skor:

- 4 = jika empat indikator dilakukan.
- 3 = jika tiga indikator dilakukan.
- 2 = jika dua indikator dilakukan.
- 1 = jika satu indikator dilakukan.

c. Indikator penilaian keterampilan

- 1) Pemilihan alat dan bahan sesuai Prosedur Operasi Standar
- 2) Penerapan aturan praktek sesuai standar.
- 3) Penerapan alat-alat bubut dsb sesuai aturan standar.
- 4) Selama bekerja selalu menerapkan K3.



PENUTUP

Salah satu tujuan pendidikan kejuruan adalah agar peserta didiknya mempunyai peran dalam meningkatkan kesejahteraan ekonomi dan kepekaan sosial. Untuk itu maka siswa diharapkan mempunyai kompetensi yang diharapkan masyarakat. Efek yang terdekat adalah meningkatnya kompetensi pedagogik dan kompetensi profesional dalam penguasaan guru dalam menyampaikan materi pembelajaran kepada siswa di sekolah.

Modul ini disusun mudah-mudah bisa meningkatkan kompetensi guru dalam ranah profesional sehingga membantu dalam penyampaian materi tentang gambar teknik kepada siswa. Namun demikian, dalam penulisan modul mungkin masih ada kekurangan-kekurangan. Untuk itu segala kritik yang konstruktif senantiasa ditunggu penulis.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Rachman (1984) Penambatan Bubut. Jakarta: PT. Bhratara Karya Aksara
- Abo Sudjana dan Ece Sudirman. 1979. Teori dan Praktek Kejuruan Dasar Mesin. Jakarta : Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Amin, M. 2014. Aircraft Component Milling. Jakarta : Kemendikbud RI
- Amstead B.H., Phillip F. Ostwald, dan Myron L Begeman. 1990. Teknologi Mekanik Jilid 2. Diterjemahkan oleh Bambang Priambodo. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Appold, Hans, dkk. 1987. Technology of Metal Trade. New Delhi : Wiley Eastern Limited.
- Bagyo Suchahyo. 2004. Pekerjaan Logam Dasar. Jakarta : PT. Gramedia Widiasarana Indonesia.
- Bm. Surbakty dan Kasman Barus (1984) Petunjuk Kerja Bubut. Madiun: CV Sinar Harapan Madiun
- Burghardt, Henry D., Axelrod, Aaron., and Anderson, James., (1960) Machine Tool Operation. Tokyo: McGraw Hill Kogakusha, Ltd.
- C. Van Terheidjen dan Harun, 1981, Alat-alat Perkakas I, Bina cipta, Bandung.
- C. Van Terheidjen dan Harun, 1983, Alat-alat Perkakas III, Bina cipta, Bandung.
- Chapman WAJ, (1979) Workshop Technology Part 2. London: Butler & Tunner Ltd.
- Chapman WAJ, 1979, Workshop Tecnology part 1, Butler and Tunner Ltd.
- Chernov N. 1975. Machine Tools. Moscow : MIR Publishers.
- Daryanto. 2002. Mesin Perkakas Bengkel. Jakarta : PT Bina Adiaksara dan PT Rineka Cipta.
- De Garmo, P. E., Black, T. J., dan Kohser, R. A.. 1999. Materials and Processes in Manufacturing. New York : John Wiley & Sons.
- Drs. Daryanto, 1987, Alat Perkakas Bengkel, Bina Aksara, Malang.
- Eko Marsyahyo, (2003) Mesin Perkakas Pemotongan Logam. Malang: Bayumedia,
- Gerling, (1974) All About Machine Tools. New Delhi: Wiley Eastern Private Limited
- J.E.St Amand, J.W Oswald S.F Krar,1983, Machine Tools Operation, McGraw Hill Book Company, New York.

- Kalpakjian, S. 1995. Manufacturing Engineering and Technology. New York : Addison-Wesley Publishing Company.
- Krar and Oswald, (1985) Machine Tool Operations. New York: McGraw Hill Book Company
- Krar, S. F. dan Oswald, J. W. 1991. Technology of Machine Tools. New York : McGraw-Hill International Editions.
- Lascoe, Nelson, Porter, 1973, Machine Operation and Set up, American Technical Publishers, New York.
- Richard, L. Little. Metalworking Technology. New Delhi : Tata McGraw-Hill Publishing Company Ltd.
- Rochim T, 1993, Teori dan Teknologi Proses Pemesinan, HEDS, Jakarta.
- 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
- Suhardi. 1997. BPK Teknologi Mekanik II. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
- Sularso dan Kiyolatsu Suga (2002) Dasar Perencanaan dan pemilihan Elemen Mesin. Jakarta: Pradnya Paramita
- Surbakty B.M. dan Kasman Barus. 1983. Membubut. Jakarta : CV. Genep Jaya Baru.
- Taufiq Rochim, (1993) Proses Pemesinan. Jakarta: HEDSP
- Wijayanto, D.S. dan Estriyanto, Y. 2005. Teknologi Mekanik : Mesin Perkakas. Surakarta : UNS Press.



GLOSARIUM

1	Addendum	39	Indexing head
2	Arbor	40	Inserts tips
3	Axial modul of worm	41	Late-dog
4	Axial pitch of worm	42	Lead
5	Axial preasure angle	43	Lead angle of worm
6	Bed	44	Lead screw
7	Calculation	45	Light metal wheel
8	Carriage	46	Machinability)
9	Center distance	47	Mild steel
10	Circular pitch of wheel	48	Normal preasure angle
11	Clearance angle	49	Outside diameter
12	Collet dan face plate	50	Pitc circle diamter
13	Convex cutter (hss)	51	Radius of wheel face
14	Cutting edge angle	52	Rake angle
15	Cutting off	53	Reduction ratio
16	Cylindrical	54	Retract
17	Dedendum	55	Root diameter
18	Dept of cut	56	Screw
19	Dovtail cutter	57	Spindle
20	Face milling	58	Steady rest/ follower rest
21	Face width of wheel	59	Stright turning
22	Facing lathe	60	T slot cutter

23	Feed dial	61	Tail stock
24	Feed rod	62	Taper attachment
25	Form number of worm	63	Threading
26	Front clearance angle	64	Tip diameter
27	Front cutting edge angle	65	Tool grinder machine
28	Gauge	66	Tool holder
29	Globoid worm drive	67	Tool post
30	Globoid worm gear	68	Top tolerance
31	Head stock	69	Toughness
32	Heavy load	70	Transverse module of wheel
33	Helix angle of wheel	71	Trapezoidal
34	High speed steelshss	72	Whitworth
35	Holder	73	Whole depth
36	Hot hardness.	74	Worm gear
37	Ifanger	75	Worm shaft
38	Independent)		



LAMPIRAN

- 1) ~~n waktu pembuatan lubang senter.~~
- 2) ~~Pahat karbida lebih produktif dari pada pahat HSS.~~

