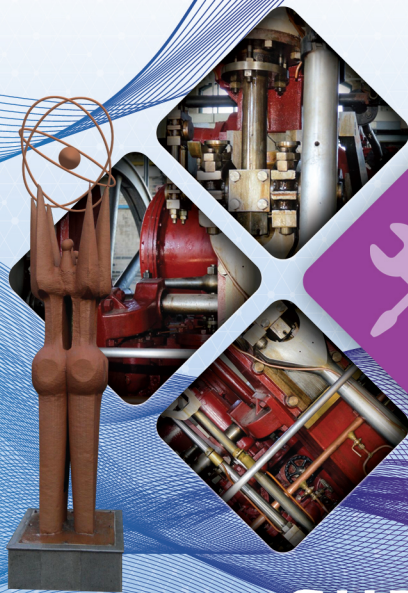




GURU PEMBELAJAR

MODUL PELATIHAN GURU

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

KELOMPOK
KOMPETENSI

B

Profesional :
TEKNIK PEMESINAN BUBUT DAN FRAIS 1

Pedagogik :
PENDEKATAN SAINTIFIK

DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
2016

Penulis:

1. Drs. HR. Aam Handani, M.T., 08122122052, email: hamdani_raam@yahoo.com
2. Hadi Mursidi, S.S.T., M.Pd., 081320718486, email: hmursidi@yahoo.co.id
3. Dr. Sulipan, M.Pd., 085222339999, email: sulipan@yahoo.com
4. Anita Widiawati, M.Pd., 081221888370, email: anitawied@yahoo.co.id

Penelaah:

1. Antonius Adi Soetopo, S.S.T., M.T., email: adisutopo@yahoo.co.id
2. Dr. Ahmad Dahlan, M.Sc., 08562473375, email: a_dahlan@yahoo.com
3. Drs. Miral Akbar, 08132543504, email: akbarmiral@yahoo.com
4. Dra. Kusmarini, M.Pd., 08112290061, email: k_rien61@yahoo.com

Copyright @ 2016

Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan
Bidang Mesin dan Teknik Industri Bandung,
Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengcopy sebagian atau keseluruhan isi buku ini untuk kepentingan komersil tanpa izin tertulis dari Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan



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. Program Guru Pembelajar dilaksanakan bagi semua guru, baik yang sudah bersertifikasi maupun belum bersertifikasi. Untuk melaksanakan Program Guru Pembelajar bagi guru, pemetaan kompetensi telah dilakukan melalui Uji Kompetensi Guru (UKG) bagi semua guru di Indonesia. Dengan melihat hasil UKG dapat diketahui secara objektif kondisi guru saat ini, dan data tersebut dapat digunakan untuk meningkatkan kompetensi guru tersebut.

Modul ini disusun sebagai materi utama dalam program peningkatan kompetensi guru mulai tahun 2016 yang diberi nama program Guru Pembelajar. Program ini disesuaikan 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 Standar Kompetensi Guru (SKG) dan indikator pencapaian kompetensi (IPK) yang ada di dalamnya. Demikian pula soal-soal Uji Kompetensi Guru (UKG) telah terbagi atas 10 kelompok kompetensi. Sehingga program Guru Pembelajar yang ditujukan bagi guru berdasarkan hasil UKG diharapkan dapat menjawab kebutuhan guru dalam peningkatan kompetensinya.

Sasaran program strategis 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 di dalam modul–dirancang meliputi kompetensi pedagogik yang disatukan dengan kompetensi profesional sehingga diharapkan dapat mendorong peserta diklat agar dapat langsung menerapkan kompetensi pedagogiknya dalam proses pembelajaran sesuai dengan substansi materi yang diampunya. Disamping 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 program Guru Pembelajar ini, kami sampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Cimahi, Februari 2016
Kepala PPPPTK BMTI,

Drs. Marthen Katte Patiung, M.M
NIP. 19590416 198603 1 000



DAFTAR ISI

KATA SAMBUTAN	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR.....	v
No table of figures entries found.....	v
DAFTAR TABEL	vi
PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan.....	2
C. Peta Kompetensi.....	2
D. Ruang Lingkup.....	3
E. Cara Penggunaan Modul	3
KEGIATAN PEMBELAJARAN	4
A. Tujuan.....	4
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	4
C. Uraian Materi	4
Bahan Bacaan 1 :	4
1. Belajar dan Perilaku Belajar	5
2. Taksonomi Perilaku Individu-Bloom.....	5
3. Teori Konstruktivisme	13
4. Pendekatan Pembelajaran <i>Teacher Centered</i> Dan <i>Student Centered</i>	14
5. <i>Teacher Centered Learning</i> (TCL).....	14
6. <i>Student Centered Learning</i> (SCL)	15
7. Penerapan SCL pada Pembelajaran	16
8. Perlunya Memiliki <i>High Order Thinking Skill</i>	16
Bahan Bacaan 2 :	18
1. Pengertian Pendekatan Saintifik.....	18
2. Langkah-langkah Pendekatan Pembelajaran Saintifik	18
3. Peran Guru Dengan Pendekatan Saintifik	22

4. Bentuk Keterlibatan Peserta Didik Dalam Observasi	22
5. Kriteria Pertanyaan Yang Baik.....	23
6. Contoh Perancangan Pembelajaran Saintifik.....	24
Bahan Bacaan 3 :	26
1. Pendekatan, Strategi dan Metode Pembelajaran.....	26
2. Strategi/Model Pembelajaran	31
3. Model Pembelajaran Penyingkapan (Penemuan dan pencarian/ penelitian).....	32
4. Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL).....	33
5. Model pembelajaran Project Based Learning (PjBL).....	34
D. Aktivitas Pembelajaran.....	35
Aktivitas Pengantar.....	35
Aktivitas 1 : Perancangan Kegiatan Pembelajaran Saintifik	35
Aktivitas 2 : Lembar Kerja Pembelajaran Saintifik Pada Mata Pelajaran PK	36
Aktivitas 3 : Perancangan Model Pembelajaran.....	37
Aktivitas 4 Mengamati Matrik Perancah.....	39
E. Latihan/Kasus/Tugas	42
F. Rangkuman.....	43
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	45
F. Kunci Jawaban Latihan/Kasus/Tugas.....	45
Evaluasi.....	47
KUNCI JAWABAN	51
Penutup	52
Daftar Pustaka	53
Glosarium.....	55



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Peta Kompetensi Pedagogi.....	2
Gambar 2 Hierarki Model Pembelajaran.....	30



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Keterkaitan antara Langkah Pembelajaran dengan Kegiatan Belajar dan Hasilnya.....	20
Tabel 2 Penentuan Model Pembelajaran Mata Pelajaran: Teknik Pemesinan Bubut; Kelas XI.....	25
Tabel 3 Lembar Kerja Analisis Keterkaitan Domain antara SKL, KI, dan KD untuk Mapel	35
Tabel 4 Lembar Kerja Perancangan Kegiatan Pembelajaran.....	36
Tabel 5 Lembar Kerja Pembelajaran Saintifik pada Mata Pelajaran PK	36
Tabel 6 Lembar Kerja Perancangan Model Pembelajaran (<i>Model Discovery Learning</i>)	37
Tabel 7 Lembar Kerja Perancangan Model Pembelajaran (<i>Model Inquiry Learning</i>). ..	38
Tabel 8 Lembar Kerja Perancangan Model Pembelajaran (<i>Model Problem Based Learning</i>)	38
Tabel 9 Lembar Kerja Perancangan Model Pembelajaran (Model Project	39
Tabel 10 Contoh Matrik Perancah Pemaduan Pendekatan Saintifik dan	40



PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Guru Pembelajar harus mampu secara terus menerus memelihara, meningkatkan, dan mengembangkan kompetensi sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Pelaksanaan kegiatan guru pembelajar akan mengurangi kesenjangan antara kompetensi yang dimiliki guru dan tenaga kependidikan dengan tuntutan profesional yang dipersyaratkan. Guru dan tenaga kependidikan wajib mengembangkan kemampuan baik secara mandiri maupun kelompok.

Diklat dilakukan oleh lembaga pelatihan sesuai dengan jenis kegiatan dan kebutuhan guru, yaitu PPPPTK dan LPPPTK KPTK atau penyedia layanan diklat lainnya. Pelaksanaan diklat tersebut memerlukan modul sebagai salah satu sumber belajar bagi peserta diklat. Modul merupakan bahan ajar yang dirancang untuk dapat dipelajari secara mandiri oleh peserta diklat berisi materi, metode, batasan-batasan, dan cara mengevaluasi yang disajikan secara sistematis dan menarik untuk mencapai tingkatan kompetensi yang diharapkan sesuai dengan tingkat kompleksitasnya.

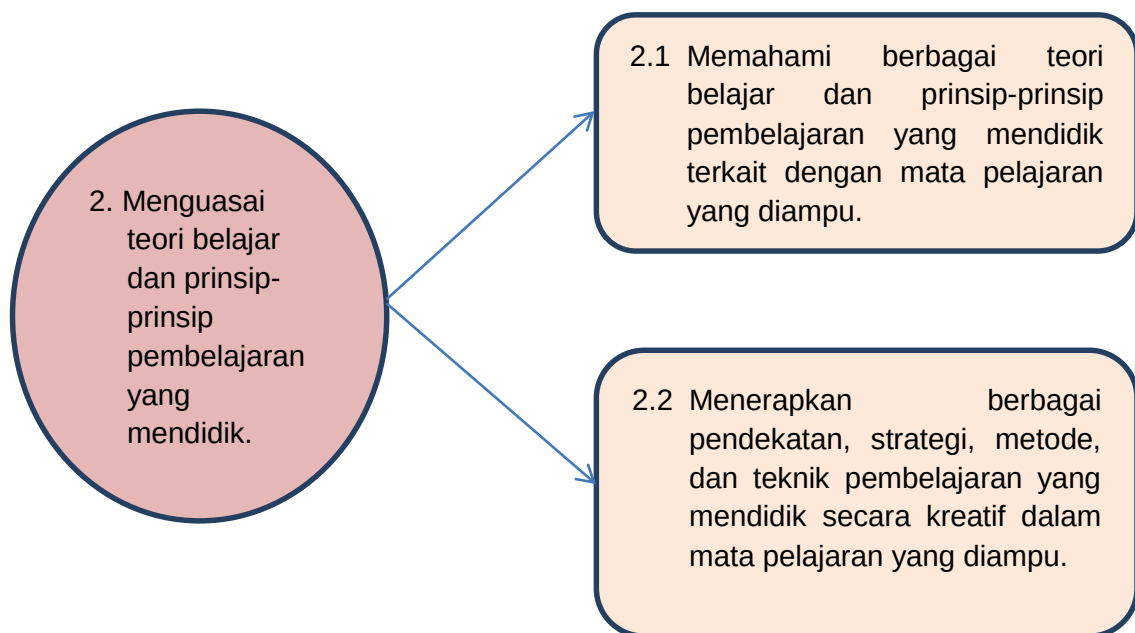
Untuk mempersiapkan diklat bagi guru-guru diperlukan adanya modul yang tepat sesuai dengan tuntutan dari Permendiknas nomor 16 tahun 2007 tentang Standar Kualifikasi Akademik dan Kompetensi Guru. Dari permendiknas tersebut, standar kompetensi guru yang dikembangkan dari kompetensi pedagogik memuat sepuluh kompetensi inti guru yang diantaranya memuat tentang penguasaan konsep konsep pendekatan saintifik.

B. Tujuan

Tujuan penyusunan modul ini adalah agar peserta diklat guru pembelajar dapat menguasai konsep pendekatan saintifik melalui kegiatan tanya jawab, pengamatan, diskusi, dan simulasi atau praktik dengan teliti dan percaya diri.

C. Peta Kompetensi

Pada Gambar 1 berikut dicantumkan daftar kompetensi pedagogi dan daftar kompetensi profesional sesuai dengan Permendiknas Nomor 16 Tahun 2007 tentang Standar Kualifikasi Akademik dan Kompetensi Guru yang akan ditingkatkan melalui proses belajar dengan menggunakan modul ini.



Gambar 1 Peta Kompetensi Pedagogi

D. Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari modul ini berisikan materi tentang:

1. Pendekatan pembelajaran *teacher center* dan *student center*.
2. Pendekatan pembelajaran Saintifik.
3. Strategi/model pembelajaran (*Problem based learning*, *Project based learning*, *Discovery learning* dan *Inquiry learning*).
4. Metoda dan teknik pembelajaran.

E. Cara Penggunaan Modul

Untuk mempelajari modul ini, hal-hal yang perlu peserta diklat lakukan adalah sebagai berikut:

1. Baca dan pelajari semua materi yang disajikan dalam modul ini,
2. Kerjakan soal-soal latihan/kasus/tugas dan cocokkan jawabannya dengan Kunci Jawaban yang ada.
3. Jika ada bagian yang belum dipahami, diskusikanlah dengan rekan belajar Anda. Jika masih menemui kesulitan, mintalah petunjuk instruktur/widyaiswara.
4. Untuk mengukur tingkat penguasaan materi kerjakan soal-soal Evaluasi di akhir bab dalam modul ini.



KEGIATAN PEMBELAJARAN

PENDEKATAN SAINTIFIK

A. Tujuan

Guru mampu menerapkan berbagai pendekatan, strategi, metode dan teknik pembelajaran yang mendidik secara kreatif dalam mata pelajaran yang diampu.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Pendekatan pembelajaran *teacher center* dan *student center* dianalisis dengan tepat.
2. Pendekatan pembelajaran saintifik diterapkan sesuai dengan karakteristik materi yang akan diajarkan.
3. Berbagai strategi/model pembelajaran (*Problem Based Learning*, *Project Based Learning*, *Discovery Learning* dan *Inquiry Learning*) diterapkan sesuai dengan karakteristik materi pelajaran.
4. Berbagai metoda dan teknik pembelajaran diterapkan sesuai dengan tujuan pembelajaran.

C. Uraian Materi

Bahan Bacaan 1 :

Pendekatan saintifik adalah sebuah pendekatan pembelajaran yang didasarkan atas pengalaman-pengalaman belajar yang diperoleh siswa secara sistematis dengan tahapan-tahapan tertentu berdasarkan teori ilmu pendidikan yang terbukti mampu menghasilkan siswa yang inovatif dan kreatif. Dengan demikian dapat diketahui bahwa basis dari pendekatan ilmiah ini adalah teori-teori belajar maupun teori pendidikan yang berdasarkan ilmu perilaku pendidikan. Oleh karena itu perlu dipahami lebih dahulu teori belajar dan kependidikan yang mendasari pendekatan saintifik tersebut.

1. Belajar dan Perilaku Belajar

Belajar merupakan aktifitas psikologis maupun fisik, untuk menguasai suatu kemampuan tertentu. Aktivitas belajar merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi dan berperan penting dalam pembentukan pribadi dan perilaku individu. Nana Syaodih Sukmadinata (2005) menyebutkan bahwa sebagian terbesar perkembangan individu berlangsung melalui kegiatan belajar. Di bawah ini disajikan beberapa pengertian “belajar”:

- Gage & Berliner : “belajar adalah suatu proses perubahan perilaku yang muncul karena pengalaman”.
- Witherington (1952) : “belajar merupakan perubahan dalam kepribadian yang dimanifestasikan sebagai pola-pola respons yang baru berbentuk keterampilan, sikap, kebiasaan, pengetahuan dan kecakapan”.
- Crow & Crow dan (1958) : “ belajar adalah diperolehnya kebiasaan-kebiasaan, pengetahuan dan sikap baru”.
- Hilgard (1962) : “belajar adalah proses dimana suatu perilaku muncul perilaku muncul atau berubah karena adanya respons terhadap sesuatu situasi”
- Di Vesta dan Thompson (1970) : “ belajar adalah perubahan perilaku yang relatif menetap sebagai hasil dari pengalaman”.
- Moh. Surya (1997) : “belajar dapat diartikan sebagai suatu proses yang dilakukan oleh individu untuk memperoleh perubahan perilaku baru secara keseluruhan, sebagai hasil dari pengalaman individu itu sendiri dalam berinteraksi dengan lingkungannya”.

2. Taksonomi Perilaku Individu-Bloom

Kalau perilaku individu mencakup segala pernyataan hidup, betapa banyak kata yang harus dipergunakan untuk mendeskripsikannya. Untuk keperluan studi tentang perilaku kiranya perlu ada sistematika pengelompokan berdasarkan kerangka berfikir tertentu (taksonomi). Dalam konteks pendidikan, Bloom mengungkapkan tiga kawasan (*domain*) perilaku individu beserta sub kawasan dari masing-masing kawasan, yakni : (1) kawasan kognitif; (2) kawasan afektif; dan (3) kawasan psikomotor. Taksonomi perilaku di atas menjadi rujukan

penting dalam proses pendidikan, terutama kaitannya dengan usaha dan hasil pendidikan. Segenap usaha pendidikan seyogyanya diarahkan untuk terjadinya perubahan perilaku peserta didik secara menyeluruh, dengan mencakup semua kawasan perilaku. Dengan merujuk pada tulisan Gulo (2005), di bawah ini akan diuraikan ketiga kawasan tersebut beserta sub-kawasannya.

a. Kawasan Kognitif

Kawasan kognitif yaitu kawasan yang berkaitan aspek-aspek intelektual atau berfikir/nalar terdiri dari :

1) Pengetahuan (*knowledge*)

Pengetahuan merupakan aspek kognitif yang paling rendah tetapi paling mendasar. Dengan pengetahuan individu dapat mengenal dan mengingat kembali suatu objek, ide prosedur, konsep, definisi, nama, peristiwa, tahun, daftar, rumus, teori, atau kesimpulan.

Dilihat dari objek yang diketahui (isi) pengetahuan dapat digolongkan sebagai berikut :

a) Mengetahui sesuatu secara khusus :

- Mengetahui terminologi yaitu berhubungan dengan mengenal atau mengingat kembali istilah atau konsep tertentu yang dinyatakan dalam bentuk simbol, baik berbentuk verbal maupun non verbal.
- Mengetahui fakta tertentu yaitu mengenal atau mengingat kembali tanggal, peristiwa, orang tempat, sumber informasi, kejadian masa lalu, kebudayaan masyarakat tertentu, dan ciri-ciri yang tampak dari keadaan alam tertentu.

b) Mengetahui tentang cara untuk memproses atau melakukan sesuatu :

- Mengetahui kebiasaan atau cara mengetengahkan ide atau pengalaman
- Mengetahui urutan dan kecenderungan yaitu proses, arah dan gerakan suatu gejala atau fenomena pada waktu yang berkaitan.
- Mengetahui penggolongan atau pengkategorisasian. Mengetahui kelas, kelompok, perangkat atau susunan yang digunakan di dalam bidang tertentu, atau memproses sesuatu.

- Mengetahui kriteria yang digunakan untuk mengidentifikasi fakta, prinsip, pendapat atau perlakuan.
- Mengetahui metodologi, yaitu perangkat cara yang digunakan untuk mencari, menemukan atau menyelesaikan masalah.
- Mengetahui hal-hal yang universal dan abstrak dalam bidang tertentu, yaitu ide, bagan dan pola yang digunakan untuk mengorganisasi suatu fenomena atau pikiran.
- Mengetahui prinsip dan generalisasi
- Mengetahui teori dan struktur.

2) Pemahaman (*comprehension*)

Pemahaman atau dapat juga disebut dengan istilah mengerti merupakan kegiatan mental intelektual yang mengorganisasikan materi yang telah diketahui. Temuan-temuan yang didapat dari mengetahui seperti definisi, informasi, peristiwa, fakta disusun kembali dalam struktur kognitif yang ada. Temuan-temuan ini diakomodasikan dan kemudian berasimilasi dengan struktur kognitif yang ada, sehingga membentuk struktur kognitif baru. Tingkatan dalam pemahaman ini meliputi :

- *Translasi* yaitu mengubah simbol tertentu menjadi simbol lain tanpa perubahan makna. Misalkan simbol dalam bentuk kata-kata diubah menjadi gambar, bagan atau grafik;
- *Interpretasi* yaitu menjelaskan makna yang terdapat dalam simbol, baik dalam bentuk simbol verbal maupun non verbal. Seseorang dapat dikatakan telah dapat menginterpretasikan tentang suatu konsep atau prinsip tertentu jika dia telah mampu membedakan, memperbandingkan atau mempertentangkannya dengan sesuatu yang lain. Contoh seseorang dapat dikatakan telah mengerti konsep tentang “motivasi kerja” dan dia telah dapat membedakannya dengan konsep tentang “motivasi belajar”; dan
- *Ekstrapolasi* yaitu melihat kecenderungan, arah atau kelanjutan dari suatu temuan. Misalnya, kepada siswa dihadapkan rangkaian bilangan 2, 3, 5, 7, 11, dengan kemampuan ekstrapolasinya tentu dia akan mengatakan bilangan ke-6 adalah 13 dan ke-7 adalah 19.

Untuk bisa seperti itu, terlebih dahulu dicari prinsip apa yang bekerja diantara kelima bilangan itu. Jika ditemukan bahwa kelima bilangan tersebut adalah urutan bilangan prima, maka kelanjutannya dapat dinyatakan berdasarkan prinsip tersebut.

3) Penerapan (*application*)

Menggunakan pengetahuan untuk memecahkan masalah atau menerapkan pengetahuan dalam kehidupan sehari-hari. Seseorang dikatakan menguasai kemampuan ini jika ia dapat memberi contoh, menggunakan, mengklasifikasikan, memanfaatkan, menyelesaikan dan mengidentifikasi hal-hal yang sama. Contoh, dulu ketika pertama kali diperkenalkan kereta api kepada petani di Amerika, mereka berusaha untuk memberi nama yang cocok bagi alat angkutan tersebut. Satu-satunya alat transportasi yang sudah dikenal pada waktu itu adalah kuda. Bagi mereka, ingat kuda ingat transportasi. Dengan pemahaman demikian, maka mereka memberi nama pada kereta api tersebut dengan iron horse (kuda besi). Hal ini menunjukkan bagaimana mereka menerapkan konsep terhadap sebuah temuan baru.

4) Penguraian (*analysis*)

Menentukan bagian-bagian dari suatu masalah dan menunjukkan hubungan antar-bagian tersebut, melihat penyebab-penyebab dari suatu peristiwa atau memberi argumen-argumen yang menyokong suatu pernyataan.

Secara rinci Bloom mengemukakan tiga jenis kemampuan analisis, yaitu :

a) Menganalisis unsur :

- Kemampuan melihat asumsi-asumsi yang tidak dinyatakan secara eksplisit pada suatu pernyataan
- Kemampuan untuk membedakan fakta dengan hipotesa.
- Kemampuan untuk membedakan pernyataan faktual dengan pernyataan normatif.
- Kemampuan untuk mengidentifikasi motif-motif dan membedakan mekanisme perilaku antara individu dan kelompok.

- Kemampuan untuk memisahkan kesimpulan dari pernyataan-pernyataan yang mendukungnya.
- b) Menganalisis hubungan
- Kemampuan untuk melihat secara komprehensif interrelasi antar ide dengan ide.
 - Kemampuan untuk mengenal unsur-unsur khusus yang membenarkan suatu pernyataan.
 - Kemampuan untuk mengenal fakta atau asumsi yang esensial yang mendasari suatu pendapat atau tesis atau argumen-argumen yang mendukungnya.
 - Kemampuan untuk memastikan konsistensinya hipotesis dengan informasi atau asumsi yang ada.
 - Kemampuan untuk menganalisis hubungan di antara pernyataan dan argumen guna membedakan mana pernyataan yang relevan mana yang tidak.
 - Kemampuan untuk mendeteksi hal-hal yang tidak logis di dalam suatu argumen.
 - Kemampuan untuk mengenal hubungan kausal dan unsur-unsur yang penting dan yang tidak penting di dalam perhitungan historis.
- c) Menganalisis prinsip-prinsip organisasi
- Kemampuan untuk menguraikan antara bahan dan alat
 - Kemampuan untuk mengenal bentuk dan pola karya seni dalam rangka memahami maknanya.
 - Kemampuan untuk mengetahui maksud dari pengarang suatu karya tulis, sudut pandang atau ciri berfikirnya dan perasaan yang dapat diperoleh dalam karyanya.
 - Kemampuan untuk melihat teknik yang digunakan dalam menyusun suatu materi yang bersifat persuasif seperti advertensi dan propaganda.

5) Memadukan (*synthesis*)

Menggabungkan, meramu, atau merangkai berbagai informasi menjadi satu kesimpulan atau menjadi suatu hal yang baru. Kemampuan berfikir induktif dan konvergen merupakan ciri kemampuan ini. Contoh: memilih nada dan irama dan kemudian menggabungkannya sehingga menjadi gubahan musik yang baru, memberi nama yang sesuai bagi suatu temuan baru, menciptakan logo organisasi.

6) Penilaian (*evaluation*)

Mempertimbangkan, menilai dan mengambil keputusan benar-salah, baik-buruk, atau bermanfaat – tak bermanfaat berdasarkan kriteria-kriteria tertentu baik kualitatif maupun kuantitatif. Terdapat dua kriteria pembenaran yang digunakan, yaitu :

- Pembenaran berdasarkan kriteria internal; yang dilakukan dengan memperhatikan konsistensi atau kecermatan susunan secara logis unsur-unsur yang ada di dalam objek yang diamati.
- Pembenaran berdasarkan kriteria eksternal; yang dilakukan berdasarkan kriteria-kriteria yang bersumber di luar objek yang diamati., misalnya kesesuaiannya dengan aspirasi umum atau kecocokannya dengan kebutuhan pemakai.

b. Kawasan Afektif

Kawasan afektif yaitu kawasan yang berkaitan aspek-aspek emosional, seperti perasaan, minat, sikap, kepatuhan terhadap moral dan sebagainya, terdiri dari :

1) Penerimaan (*receiving/attending*)

Kawasan penerimaan diperinci ke dalam tiga tahap, yaitu :

- Kesiapan untuk menerima (*awareness*), yaitu adanya kesiapan untuk berinteraksi dengan stimulus (fenomena atau objek yang akan dipelajari), yang ditandai dengan kehadiran dan usaha untuk memberi perhatian pada stimulus yang bersangkutan.
- Kemauan untuk menerima (*willingness to receive*), yaitu usaha untuk mengalokasikan perhatian pada stimulus yang bersangkutan.

- Mengkhususkan perhatian (*controlled or selected attention*). Mungkin perhatian itu hanya tertuju pada warna, suara atau kata-kata tertentu saja.

2) Sambutan (*responding*)

Mengadakan aksi terhadap stimulus, yang meliputi proses sebagai berikut :

- Kesiapan menanggapi (*acquiescence of responding*). Contoh : mengajukan pertanyaan, menempelkan gambar dari tokoh yang disenangi pada tembok kamar yang bersangkutan, atau mentaati peraturan lalu lintas.
- Kemauan menanggapi (*willingness to respond*), yaitu usaha untuk melihat hal-hal khusus di dalam bagian yang diperhatikan. Misalnya pada desain atau warna saja.
- Kepuasan menanggapi (*satisfaction in response*), yaitu adanya aksi atau kegiatan yang berhubungan dengan usaha untuk memuaskan keinginan mengetahui. Contoh kegiatan yang tampak dari kepuasan menanggapi ini adalah bertanya, membuat coretan atau gambar, memotret dari objek yang menjadi pusat perhatiannya, dan sebagainya.

3) Penilaian (*valuing*)

Pada tahap ini sudah mulai timbul proses internalisasi untuk memiliki dan menghayati nilai dari stimulus yang dihadapi. Penilaian terbagi atas empat tahap sebagai berikut :

- Menerima nilai (*acceptance of value*), yaitu kelanjutan dari usaha memuaskan diri untuk menanggapi secara lebih intensif.
- Menyeleksi nilai yang lebih disenangi (*preference for a value*) yang dinyatakan dalam usaha untuk mencari contoh yang dapat memuaskan perilaku menikmati, misalnya lukisan yang memiliki yang memuaskan.
- Komitmen yaitu kesetujuan terhadap suatu nilai dengan alasan-alasan tertentu yang muncul dari rangkaian pengalaman.

- Komitmen ini dinyatakan dengan rasa senang, kagum, terpesona. Kagum atas keberanian seseorang, menunjukkan komitmen terhadap nilai keberanian yang dihargainya.

4) Pengorganisasian (*organization*)

Pada tahap ini yang bersangkutan tidak hanya menginternalisasi satu nilai tertentu seperti pada tahap komitmen, tetapi mulai melihat beberapa nilai yang relevan untuk disusun menjadi satu sistem nilai.

Proses ini terjadi dalam dua tahapan, yakni :

- Konseptualisasi nilai, yaitu keinginan untuk menilai hasil karya orang lain, atau menemukan asumsi-asumsi yang mendasari suatu moral atau kebiasaan.
- Pengorganisasian sistem nilai, yaitu menyusun perangkat nilai dalam suatu sistem berdasarkan tingkat preferensinya. Dalam sistem nilai ini yang bersangkutan menempatkan nilai yang paling disukai pada tingkat yang amat penting, menyusul kemudian nilai yang dirasakan agak penting, dan seterusnya menurut urutan kepentingan. atau kesenangan dari diri yang bersangkutan.

5) Karakterisasi (*characterization*)

Karakterisasi yaitu kemampuan untuk menghayati atau mempribadikan sistem nilai Kalau pada tahap pengorganisasian di atas sistem nilai sudah dapat disusun, maka susunan itu belum konsisten di dalam diri yang bersangkutan. Artinya mudah berubah-ubah sesuai situasi yang dihadapi. Pada tahap karakterisasi, sistem itu selalu konsisten. Proses ini terdiri atas dua tahap, yaitu :

- Generalisasi, yaitu kemampuan untuk melihat suatu masalah dari suatu sudut pandang tertentu.
- Karakterisasi, yaitu mengembangkan pandangan hidup tertentu yang memberi corak tersendiri pada kepribadian diri yang bersangkutan.

c. Kawasan Psikomotor

Kawasan psikomotor yaitu kawasan yang berkaitan dengan aspek-aspek keterampilan yang melibatkan fungsi sistem syaraf dan otot

(*neuronmuscular system*) dan fungsi psikis. Kawasan ini terdiri dari : (a) kesiapan (*set*); (b) peniruan (*imitation*); (c) membiasakan (*habitual*); (d) menyesuaikan (*adaptation*) dan (e) menciptakan (*origination*).

- Kesiapan yaitu berhubungan dengan kesediaan untuk melatih diri tentang keterampilan tertentu yang dinyatakan dengan usaha untuk melaporkan kehadirannya, mempersiapkan alat, menyesuaikan diri dengan situasi, menjawab pertanyaan.
- Meniru adalah kemampuan untuk melakukan sesuai dengan contoh yang diamatinya walaupun belum mengerti hakikat atau makna dari keterampilan itu. Seperti anak yang baru belajar bahasa meniru kata-kata orang tanpa mengerti artinya.
- Membiasakan yaitu seseorang dapat melakukan suatu keterampilan tanpa harus melihat contoh, sekalipun ia belum dapat mengubah polanya.
- Adaptasi yaitu seseorang sudah mampu melakukan modifikasi untuk disesuaikan dengan kebutuhan atau situasi tempat keterampilan itu dilaksanakan.
- Menciptakan (*origination*) di mana seseorang sudah mampu menciptakan sendiri suatu karya.

3. Teori Konstruktivisme

Pendekatan saintifik penekanannya pada aktifitas siswa untuk membentuk konstruk berpikir, konstruk sikap maupun konstruk perbuatan. Untuk itu perlu dipahami tentang teori konstruktivisme.

Teori konstruktivisme didasari oleh ide-ide Piaget, Bruner, Vygotsky dan lain-lain. Piaget berpendapat bahwa pada dasarnya setiap individu sejak kecil sudah memiliki kemampuan untuk mengkonstruksi pengetahuannya sendiri. Pengetahuan yang dikonstruksi oleh anak sebagai subjek, maka akan menjadi pengetahuan yang bermakna; sedangkan pengetahuan yang hanya diperoleh melalui proses pemberitahuan tidak akan menjadi pengetahuan yang bermakna, pengetahuan tersebut hanya untuk diingat sementara setelah itu dilupakan. Dalam kelas konstruktivis seorang guru tidak mengajarkan kepada anak

bagaimana menyelesaikan persoalan, namun mempresentasikan masalah dan mendorong siswa untuk menemukan cara mereka sendiri dalam menyelesaikan permasalahan. Hal ini berarti siswa mengkonstruksi pengetahuannya melalui interaksi dengan objek, fenomena, pengalaman dan lingkungan mereka.

4. Pendekatan Pembelajaran *Teacher Centered* Dan *Student Centered*

Pendekatan saintifik mengacu pada pembelajaran berpusat pada siswa. Namun bukan berarti *teacher centered* itu hal yang kurang baik, tapi hanya porsi yang dikurangi sehingga yang aktif adalah siswa.

Perbedaan mendasar antara *student centered learning* dengan *teacher centered learning* terlihat jelas pada orientasinya. Orientasi strategi *student centered learning* lebih menekankan pada terjadinya kegiatan belajar oleh siswa, atau berorientasi pada pembelajaran (*learning oriented*), sedangkan strategi *teacher centered learning* lebih berorientasi pada konten (*content oriented*). Dengan kata lain, pada *student centered learning*, mengajar tidak lagi difahami sebagai proses untuk mentransfer informasi, akan tetapi sebagai wahana untuk memfasilitasi terjadinya pembelajaran. Paradigma pembelajaran (SCL), guru hanya sebagai fasilitator dan motivator dengan menyediakan beberapa strategi belajar yang memungkinkan siswa (bersama guru) memilih, menemukan dan menyusun pengetahuan serta cara mengembangkan ketrampilannya (*method of inquiry and discovery*). Pada SCL, ilmu pengetahuan tidak lagi dianggap statik tetapi dinamis dimana peserta didik secara aktif mengembangkan ketrampilan dan pengetahuannya artinya siswa secara aktif menerima pengetahuan tidak lagi pasif. Dengan demikian sangat mungkin nantinya siswa didik menjadi lebih pintar dari gurunya (tidak seperti film silat jaman dahulu dimana murid selalu kalah dari gurunya) apabila sang guru tidak aktif mengembangkan pengetahuannya.

5. *Teacher Centered Learning* (TCL)

Menurut Smith dalam Sanjaya yang dikutip ulang oleh Parwati bahwa *Teacher Centered Teaching* (TCL) adalah suatu pendekatan belajar yang berdasar pada

pandangan bahwa mengajar adalah menanamkan pengetahuan dan keterampilan. Selanjutnya Parwati menegaskan Cara pandang ini memiliki beberapa ciri sebagai berikut:

- a. Memakai pendekatan berpusat pada guru, yakni gurulah yang harus menjadi pusat dalam pembelajaran.
- b. Siswa ditempatkan sebagai objek belajar. Siswa dianggap sebagai organisme yang pasif, sebagai penerima informasi yang diberikan guru.
- c. Kegiatan pembelajaran terjadi pada tempat dan waktu tertentu. Siswa hanya belajar manakala ada kelas yang telah didesain sedemikian rupa sebagai tempat belajar.

6. *Student Centered Learning* (SCL)

Menurut Harsono, *Student Centered Learning* merupakan pendekatan dalam pembelajaran yang memfasilitasi pembelajar untuk terlibat dalam proses *Experiential Learning* (pengalaman belajar). Model pembelajaran *SCL* pada saat ini diusulkan menjadi model pembelajaran yang sebaiknya digunakan karena memiliki beberapa keunggulan:

- a. Peserta didik dapat merasakan bahwa pembelajaran menjadi miliknya sendiri, karena diberi kesempatan yang luas untuk berpartisipasi.
- b. Peserta didik memiliki motivasi yang kuat untuk mengikuti kegiatan pembelajaran.
- c. Tumbuhnya suasana demokratis dalam pembelajaran, sehingga terjadi dialog dan diskusi untuk saling belajar membelajarkan di antara siswa.
- d. Menambah wawasan pikiran dan pengetahuan bagi guru karena sesuatu yang dialami dan disampaikan belum diketahui sebelumnya oleh guru.

Keunggulan-keunggulan yang dimiliki model pembelajaran *SCL* tersebut akan mampu mendukung upaya ke arah pembelajaran yang efektif dan efisien. Pada sistem pembelajaran *SCL* siswa dituntut aktif mengerjakan tugas dan mendiskusikannya dengan guru sebagai fasilitator. Dengan aktifnya siswa, maka kreativitas siswa akan terpupuk. Kondisi tersebut akan mendorong guru

untuk selalu mengembangkan dan menyesuaikan materi pembelajarannya dengan perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK). Dengan demikian guru bukan lagi sebagai sumber belajar utama, melainkan sebagai “mitra belajar”.

7. Penerapan SCL pada Pembelajaran

Penerapan *SCL* dapat diartikan sebagai kegiatan yang terprogram dalam desain *FEE* (*Facilitating, Empowering, Enabling*), untuk siswa belajar secara aktif yang menekankan pada sumber belajar. Dengan demikian, pembelajaran merupakan proses pengembangan kreativitas berpikir yang dapat meningkatkan kemampuan berpikir siswa, serta dapat meningkatkan dan mengkonstruksi pengetahuan baru sebagai upaya meningkatkan penguasaan dan pengembangan yang baik terhadap materi. *SCL* adalah pembelajaran yang berpusat pada aktivitas belajar siswa, bukan hanya pada aktivitas guru mengajar. Hal ini sesuai dengan model pembelajaran yang terprogram dalam desain *FEE*.

Situasi pembelajaran dalam *SCL* diantaranya memiliki ciri-ciri:

- a. Siswa belajar baik secara individu maupun berkelompok untuk membangun pengetahuan.
- b. Guru lebih berperan sebagai *FEE* dan *guides on the sides* daripada sebagai *mentor in the centered*.
- c. Siswa tidak sekedar kompeten dalam bidang ilmu, akan tetapi kompeten dalam belajar.
- d. Belajar menjadi kegiatan komunitas yang difasilitasi oleh guru, yang mampu mengelola pembelajarannya menjadi berorientasi pada siswa.
- e. Belajar lebih dimaknai sebagai belajar sepanjang hayat (*lifelong learning*), suatu keterampilan yang dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari.
- f. Belajar termasuk memanfaatkan teknologi yang tersedia.

8. Perlunya Memiliki *High Order Thinking Skill*

Berpikir adalah aktifitas mencurahkan daya pikir untuk maksud tertentu. Berpikir adalah identitas yang memisahkan status kemanusiaan manusia dengan lainnya. Karenanya sejauhmana manusia pantas disebut manusia dapat

dibedakan dengan sejauhmana pula ia menggunakan pikirannya. *Al-Insan huwa al-Hayawanun Nathiq*. Dalam dunia pendidikan berpikir merupakan bagian dari ranah kognitif, dimana dalam hirarki Bloom terdiri dari tingkatan-tingkatan. Bloom mengkalisifikan ranah kognitif ke dalam enam tingkatan: (1) pengetahuan (*knowledge*); (2) pemahaman (*comprehension*); (3) penerapan (*application*); (4) menganalisis (*analysis*); (5) mensintesis (*synthesis*); dan (6) menilai (*evaluation*). Keenam tingkatan ini merupakan rangkaian tingkatan berpikir manusia. Berdasarkan tingkatan tersebut, maka dapat diketahui bahwa berpikir untuk mengetahui merupakan tingkatan berpikir yang paling bawah (*lower*) sedangkan tingkatan berpikir paling tertinggi (*higher*) adalah menilai.

Merujuk definisi dalam Wikipedia Indonesia, berpikir tingkat tinggi adalah: *a concept of Education reform based on learning taxonomies such as Bloom's Taxonomy. The idea is that some types of learning require more cognitive processing than others, but also have more generalized benefits. In Bloom's taxonomy, for example, skills involving analysis, evaluation and synthesis (creation of new knowledge) are thought to be of a higher order, requiring different learning and teaching methods, than the learning of facts and concepts. Higher order thinking involves the learning of complex judgmental skills such as critical thinking and problem solving. Higher order thinking is more difficult to learn or teach but also more valuable because such skills are more likely to be usable in novel situations (i.e., situations other than those in which the skill was learned).*

Dari definisi tersebut maka dapat diketahui bahwa berpikir tingkat tinggi membutuhkan berbagai langkah-langkah pembelajaran dan pengajaran yang berbeda dengan hanya sekedar mempelajari fakta dan konsep semata. Dalam berpikir tingkat tinggi meliputi aktivitas pembelajaran terhadap keterampilan dalam memutuskan hal-hal yang bersifat kompleks semisal berpikir kritis dan berpikir dalam memecahkan masalah. Meski memang berpikir tingkat tinggi sulit untuk dipelajari dan diajarkan, namun kegunaannya sudah tidak diragukan lagi.

Bahan Bacaan 2 :

1. Pengertian Pendekatan Saintifik

Proses pembelajaran merupakan suatu proses yang mengandung serangkaian kegiatan mulai dari perencanaan, pelaksanaan hingga penilaian. Pembelajaran adalah proses interaksi antar peserta didik dan antara peserta didik dengan pendidik dan sumber belajar pada suatu lingkungan belajar yang berlangsung secara edukatif, agar peserta didik dapat membangun sikap, pengetahuan dan keterampilannya untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Pembelajaran dengan pendekatan saintifik adalah pembelajaran yang terdiri atas kegiatan mengamati (untuk mengidentifikasi hal-hal yang ingin diketahui), merumuskan pertanyaan (dan merumuskan hipotesis), mencoba/mengumpulkan data (informasi) dengan berbagai teknik, mengasosiasi/ menganalisis/mengolah data (informasi) dan menarik kesimpulan serta mengkomunikasikan hasil yang terdiri dari kesimpulan untuk memperoleh pengetahuan, keterampilan dan sikap. Langkah-langkah tersebut dapat dilanjutkan dengan kegiatan mencipta.

Kurikulum 2013 mengembangkan sikap spiritual, sikap sosial, pengetahuan, dan keterampilan peserta didik. (Permendikbud Nomor 54/2013) Bagaimana Kurikulum 2013 memfasilitasi peserta didik memperoleh nilai-nilai, pengetahuan, dan keterampilan secara berimbang?, bagaimana proses pembelajaran dilaksanakan?

2. Langkah-langkah Pendekatan Pembelajaran Saintifik

Implementasi kurikulum 2013 menuntut penerapan pembelajaran berbasis kreatifitas. Pendekatan pembelajaran berbasis kreatifitas dapat dicapai melalui pendekatan pembelajaran saintifik (5M) secara konsisten. Proses pembelajaran yang mengacu pada pembelajaran berpendekatan saintifik, meliputi lima langkah sebagai berikut:

- a. **Mengamati**, yaitu kegiatan siswa untuk mengidentifikasi melalui indera penglihat (membaca, menyimak), pembau, pendengar, pengecap dan peraba pada waktu mengamati suatu objek dengan ataupun tanpa alat bantu alternatif. Kegiatan mengamati antara lain observasi lingkungan, mengamati gambar, video, tabel dan grafik data, menganalisis peta,

membaca berbagai informasi yang tersedia di media masa dan internet maupun sumber lain. Bentuk hasil belajar dari kegiatan mengamati adalah **siswa dapat mengidentifikasi masalah.**

- b. **Menanya**, yaitu kegiatan siswa untuk mengungkapkan apa yang ingin diketahuinya baik yang berkenaan dengan suatu **objek**, peristiwa, suatu proses tertentu. Dalam kegiatan menanya, siswa membuat pertanyaan secara individu atau kelompok tentang apa yang belum diketahuinya. Siswa dapat mengajukan pertanyaan kepada guru, nara sumber, siswa lainnya dan atau kepada diri sendiri dengan bimbingan guru hingga siswa dapat mandiri dan menjadi kebiasaan. Pertanyaan dapat diajukan secara lisan dan tulisan serta harus dapat membangkitkan motivasi siswa untuk tetap aktif dan gembira. Bentuknya dapat berupa kalimat pertanyaan dan kalimat hipotesis. Hasil belajar dari kegiatan menanya adalah **siswa dapat merumuskan masalah dan merumuskan hipotesis.**
- c. **Mengumpulkan data**, yaitu kegiatan siswa untuk mencari informasi sebagai bahan untuk dianalisis dan disimpulkan. Kegiatan mengumpulkan data dapat dilakukan dengan cara membaca buku, mengumpulkan data sekunder, observasi lapangan, uji coba (eksperimen), wawancara, menyebarkan kuesioner, dan lain-lain. Hasil belajar dari kegiatan mengumpulkan data adalah **siswa dapat menguji hipotesis.**
- d. **Mengasosiasi**, yaitu kegiatan siswa mengolah data dalam bentuk serangkaian aktivitas fisik dan pikiran dengan bantuan peralatan tertentu. Bentuk kegiatan mengolah data antara lain melakukan **klasifikasi**, pengurutan (*sorting*), menghitung, membagi, dan menyusun data dalam bentuk yang lebih informatif, serta menentukan sumber data sehingga lebih bermakna. Kegiatan siswa dalam mengolah data misalnya membuat tabel, grafik, bagan, peta konsep, menghitung, dan pemodelan. Selanjutnya siswa menganalisis data untuk membandingkan ataupun menentukan hubungan antara data yang telah diolahnya dengan teori yang ada sehingga dapat ditarik simpulan dan atau ditemukannya prinsip dan konsep penting yang bermakna dalam menambah skema kognitif, meluaskan pengalaman, dan wawasan pengetahuannya. Hasil belajar dari kegiatan

menalar/mengasosiasi adalah **siswa dapat menyimpulkan hasil kajian dari hipotesis.**

- e. **Mengkomunikasikan** yaitu kegiatan siswa mendeskripsikan dan menyampaikan hasil temuannya dari kegiatan mengamati, menanya, mengumpulkan dan mengolah data, serta mengasosiasi yang ditujukan kepada orang lain baik secara lisan maupun tulisan dalam bentuk diagram, bagan, gambar, dan sejenisnya dengan bantuan perangkat teknologi sederhana dan atau teknologi informasi dan komunikasi. Hasil belajar dari kegiatan mengkomunikasikan adalah **siswa dapat memformulasikan dan mempertanggungjawabkan pembuktian hipotesis.**
- f. (Dapat dilanjutkan dengan) Mencipta: siswa menginovasi, mencipta, mendisain model, rancangan, produk (karya) berdasarkan pengetahuan yang dipelajari.

Tabel 1 memperlihatkan kaitan antara langkah pembelajaran saintifik dengan berbagai deskripsi kegiatan belajar serta kompetensi dalam bentuk hasil belajar.

Tabel 1 Keterkaitan antara Langkah Pembelajaran dengan Kegiatan Belajar dan Hasilnya

Langkah Pembelajaran	Deskripsi Kegiatan	Bentuk Hasil Belajar
Mengamati (<i>observing</i>)	Mengamati dengan indra (membaca, mendengar, menyimak, melihat, menonton, dan sebagainya) dengan atau tanpa alat	Perhatian pada waktu mengamati suatu objek/membaca suatu tulisan/mendengar suatu penjelasan, catatan yang dibuat tentang yang diamati, kesabaran, waktu (<i>on task</i>) yang digunakan untuk mengamati. Kompetensi utama: mengidentifikasi masalah
Menanya (<i>questioning</i>)	Membuat dan mengajukan pertanyaan, tanya jawab, berdiskusi tentang informasi yang belum dipahami, informasi tambahan yang ingin diketahui, atau sebagai klarifikasi.	Jenis, kualitas, dan jumlah pertanyaan yang diajukan peserta didik (pertanyaan faktual, konseptual, prosedural, dan hipotetik) Kompetensi utama: merumuskan masalah, menentukan hipotesis

Mengumpulkan informasi/ mencoba (<i>experimenting</i>)	Mengeksplorasi, mencoba, berdiskusi, mendemonstrasikan, meniru bentuk/gerak, melakukan eksperimen, membaca sumber lain selain buku teks, mengumpulkan data dari nara sumber melalui angket, wawancara, dan memodifikasi/ menambahi/ mengembangkan	Jumlah dan kualitas sumber yang dikaji/digunakan, kelengkapan informasi, validitas informasi yang dikumpulkan, dan instrumen/alat yang digunakan untuk mengumpulkan data. Kompetensi utama: menguji hipotesis
Menalar/ Meng asosiasi (<i>associating</i>)	Mengolah informasi yang sudah dikumpulkan, menganalisis data dalam bentuk membuat kategori, mengasosiasi atau menghubungkan fenomena/informasi yang terkait dalam rangka menemukan suatu pola, dan menyimpulkan.	Mengembangkan interpretasi, argumentasi dan kesimpulan mengenai keterkaitan informasi dari dua fakta/konsep, atau lebih dari dua fakta/konsep/teori. Mensintesis dan argumentasi serta kesimpulan keterkaitan antar berbagai jenis fakta-fakta/konsep/teori/pendapat. Mengembangkan interpretasi, struktur baru, argumentasi, dan kesimpulan yang menunjukkan hubungan fakta/konsep/teori dari dua sumber atau lebih yang tidak bertentangan. Mengembangkan interpretasi, struktur baru, argumentasi dan kesimpulan dari konsep/teori/pendapat yang berbeda dari berbagai jenis sumber. Kompetensi utama: menganalisis, membuktikan hipotesis.
Mengomunikasi kan (<i>communicating</i>)	menyajikan laporan dalam bentuk bagan, diagram, atau grafik; menyusun laporan tertulis; dan menyajikan laporan meliputi proses, hasil, dan kesimpulan secara lisan	Menyajikan hasil kajian (dari mengamati sampai menalar) dalam bentuk tulisan, grafis, media elektronik, multi media dan lain-lain Kompetensi utama: memformulasikan dan mempertanggung jawabkan pembuktian hipotesis.

3. Peran Guru Dengan Pendekatan Saintifik

Dalam implementasi kurikulum 2013, guru tidak hanya sekedar membiarkan peserta didik memperoleh/mengkonstruksi pengetahuan sendiri, namun guru memberi setiap bantuan yang diperlukan oleh peserta didik, seperti : bertindak sebagai fasilitator, mengatur/ mengarahkan kegiatan-kegiatan belajar, memberi umpan balik, memberikan penjelasan, memberi konfirmasi, dan lain-lain.

Peran guru dalam pembelajaran dengan pendekatan saintifik pada implementasi kurikulum 2013 adalah sebagai berikut :

1. Tahap mengamati:

Membantu peserta didik menemukan/mendaftar/menginventarisasi apa saja yang ingin/perlu diketahui sehingga dapat melakukan/menciptakan sesuatu.

2. Tahap Menanya:

Membantu peserta didik merumuskan pertanyaan berdasarkan daftar hal-hal yang perlu/ingin diketahui agar dapat melakukan/menciptakan sesuatu.

3. Tahap Mencoba/mengumpulkan data (informasi):

Membantu peserta didik merencanakan dan memperoleh data/informasi untuk menjawab pertanyaan yang telah dirumuskan.

4. Tahap Mengasosiasikan/menganalisis/mengolah data (informasi):

Membantu peserta didik mengolah/menganalisis data/informasi dan menarik kesimpulan.

5. Tahap Mengkomunikasikan:

Manager, pemberi umpan balik, pemberi penguatan, pemberi penjelasan/informasi lebih luas.

6. Tahap Mencipta:

Memberi contoh/gagasan, menyediakan pilihan, memberi dorongan, memberi penghargaan, sebagai anggota yang terlibat langsung.

4. Bentuk Keterlibatan Peserta Didik Dalam Observasi

Pengamatan atau observasi adalah aktivitas yang dilakukan makhluk cerdas, terhadap suatu proses atau objek dengan maksud merasakan dan kemudian memahami pengetahuan dari sebuah fenomena berdasarkan pengetahuan dan gagasan yang sudah diketahui sebelumnya, untuk mendapatkan informasi-

informasi yang dibutuhkan untuk melanjutkan suatu penelitian. Di dalam penelitian, observasi dapat dilakukan dengan tes, kuesioner, rekaman gambar dan rekaman suara.

Metode mengamati / observasi mengutamakan kebermanaknaan proses pembelajaran (*meaningfull learning*). Metode ini memiliki keunggulan tertentu, seperti menyajikan media obyek secara nyata, peserta didik senang dan tertantang, dan mudah pelaksanaannya. Dalam pelaksanaannya, proses mengamati memerlukan waktu persiapan yang lama dan matang, biaya dan tenaga relatif banyak, dan jika tidak terkendali akan mengaburkan makna serta tujuan pembelajaran.

Namun metode mengamati sangat bermanfaat bagi pemenuhan rasa ingin tahu peserta didik karena peserta didik yang terlibat dalam proses mengamati akan dapat menemukan fakta bahwa ada hubungan antara obyek yang dianalisis dengan materi pembelajaran yang digunakan oleh guru.

5. Kriteria Pertanyaan Yang Baik

Menanya merupakan aktivitas / kegiatan bertanya yang berbentuk kalimat tanya merupakan kalimat yang mengandung makna sebuah pertanyaan. Arti Kalimat tanya adalah kalimat yang berisi pertanyaan / pernyataan kepada pihak lain yang bertujuan untuk memperoleh jawaban dari pihak yang ditanya. Guru yang efektif mampu menginspirasi peserta didik untuk meningkatkan dan mengembangkan ranah sikap, keterampilan, dan pengetahuannya. Pada saat guru bertanya, pada saat itu pula dia membimbing atau memandu peserta didiknya belajar dengan baik. Ketika guru menjawab pertanyaan peserta didiknya, ketika itu pula dia mendorong asuhannya itu untuk menjadi penyimak dan pembelajar yang baik.

Istilah “pertanyaan” tidak selalu dalam bentuk “kalimat tanya”, melainkan juga dapat dalam bentuk pernyataan, asalkan keduanya menginginkan tanggapan verbal. Bentuk pertanyaan, misalnya: Apakah ciri-ciri norma hukum? Bentuk pernyataan, misalnya: Sebutkan ciri-ciri norma hukum!

Fungsi dari Bertanya, diantaranya :

- a. Membangkitkan rasa ingin tahu, minat, dan perhatian peserta didik tentang suatu tema atau topik pembelajaran.
- b. Mendorong dan menginspirasi peserta didik untuk aktif belajar, serta mengembangkan pertanyaan dari dan untuk dirinya sendiri.
- c. Mendiagnosis kesulitan belajar peserta didik sekaligus menyampaikan ancamannya untuk mencari solusinya.
- d. Menstrukturkan tugas-tugas dan memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk menunjukkan sikap, keterampilan, dan pemahamannya atas substansi pembelajaran yang diberikan.
- e. Membangkitkan keterampilan peserta didik dalam berbicara, mengajukan pertanyaan, dan memberi jawaban secara logis, sistematis, dan menggunakan bahasa yang baik dan benar.
- f. Mendorong partisipasi peserta didik dalam berdiskusi, berargumen, mengembangkan kemampuan berpikir, dan menarik simpulan.
- g. Membangun sikap keterbukaan untuk saling memberi dan menerima pendapat atau gagasan, memperkaya kosa kata, serta mengembangkan toleransi sosial dalam hidup berkelompok.
- h. Membiasakan peserta didik berpikir spontan dan cepat, serta sigap dalam merespon persoalan yang tiba-tiba muncul.
- i. Melatih kesantunan dalam berbicara dan membangkitkan kemampuan berempati satu sama lain.

6. Contoh Perancangan Pembelajaran Saintifik

Agar memudahkan langkah pemaduan/pensinkronan pendekatan dengan model pembelajaran yang dipilih atas dasar hasil analisis, dapat menggunakan matrik perancah sebagai pertolongan sebelum dituliskan menjadi kegiatan inti pada RPP. Pemaduan atau pensinkronan antara langkah-langkah pendekatan saintifik dan sintaksis (langkah kerja) model pembelajaran tersebut, dilakukan sebagai berikut:

- a. Pilih pasangan KD-KD dari mata pelajaran yang diampu sesuai dengan silabus dan buku teks siswa terkait.

- b. Rumuskan IPK dari KD3 dan dari KD4 sesuai dengan dimensi proses atau level pengetahuan dan dimensi kategori pengetahuan yang terkandung di masing-masing KD. Setiap KD minimal memiliki 2 (dua) indikator.
- c. Petakan pemilihan model pembelajaran sesuai KD dengan mempertimbangkan rambu-rambu pemilihan model pembelajaran.
- d. Pilih model pembelajaran sesuai KD dengan mempertimbangkan rambu-rambu pemilihan model pembelajaran.
- e. Tentukan kegiatan peserta didik dan kegiatan guru sesuai dengan langkah-langkah (sintaksis) model pembelajaran yang dipilih, kemudian sinkronkan dengan langkah pendekatan saintifik (5M) sampai mencapai IPK.

Tabel 2 Penentuan Model Pembelajaran Mata Pelajaran: Teknik Pemесinаn Bubut; Kelas XI

No.	Kompetensi	Analisis dan Rekomendasi *)	Kriteria dan Model Pembelajaran
1.	KD 3.1 Mengidentifikasi mesin bubut	KD 3.1 “Mengidentifikasi” merupakan gradasi C1 belum terkait dengan KI-3 yaitu C2 (memahami) sampai C4 (menganalisis), sedangkan tingkat pengetahuan “mesin bubut” merupakan pengetahuan faktual, belum utuh terkait KI-3 yaitu sampai metakognitif Rekomendasi: Kemampuan KD-3.1 dan 3.2 diperbaiki pada perumusan IPK dan Tujuan pembelajaran. Demikian juga gradasi pengetahuan ditingkatkan minimal sampai prosedural di RPP.	Berdasarkan analisis dan rekomendasi maka: a. KD-3.1 ditingkatkan taksonominya sampai memahami (C2), dan materi pengetahuan pada tingkat konseptual dan atau prosedural
	KD 4.1 Menggunakan mesin bubut untuk berbagai jenis pekerjaan	KD 4.1 dan KD 4.2 “Menggunakan” mesin.../alat ... merupakan keterampilan konkrit gradasi manipulasi (P2 Dave), belum terkait dengan tuntutan KI-4 yaitu mengolah, menalar, dan menyaji (P3-P5 abstrak Dyers), padanannya sampai artikulasi (P4 konkrit Dave) Rekomendasi: Belum ada KD-4 abstrak sampai gradasi menyaji (P5) dan belum ada KD-4 konkrit sampai tingkat artikulasi (P4). Jadi di	b. KD 4.1 ditingkatkan gradasi keterampilan konkritnya pada taksonomi presisi, sehingga setara dengan mengolah dan atau menalar c. Pernyataan KD-3.1 dan KD 4.1 mengarah pada pencarian atau

		tingkatkan pada IPK dan Tujuan pembelajaran untuk RPP Pasangan KD-3.1 (C1), KD-4.1 (P2 konkrit); jadi KD-3.1 belum memenuhi linearitas tingkatan KD-4.1. Rekomendasi perlu ditingkatkan pada IPK dan Tujuan Pembelajaran pada RPP	membuktikan teori Jadi untuk pembelajaran dipilih Model Pembelajaran Inquiri Terbimbing
	Dst		

Bahan Bacaan 3 :

1. Pendekatan, Strategi dan Metode Pembelajaran

Dalam proses pembelajaran dikenal beberapa istilah yang memiliki kemiripan makna, sehingga seringkali orang merasa bingung untuk membedakannya. Istilah-istilah tersebut adalah: (1) pendekatan pembelajaran, (2) strategi pembelajaran, (3) metode pembelajaran; (4) teknik pembelajaran; (5) taktik pembelajaran; dan (6) model pembelajaran. Berikut ini akan dipaparkan istilah-istilah tersebut, dengan harapan dapat memberikan kejelasan tentang penggunaan istilah tersebut. Pendekatan pembelajaran dapat diartikan sebagai titik tolak atau sudut pandang kita terhadap proses pembelajaran, yang merujuk pada pandangan tentang terjadinya suatu proses yang sifatnya masih sangat umum, di dalamnya mewadahi, menginsiprasi, menguatkan, dan melatari metode pembelajaran dengan cakupan teoretis tertentu. Definisi lain mengatakan bahwa “pendekatan pembelajaran” dapat diartikan sebagai titik tolak atau sudut pandang kita terhadap proses pembelajaran. Pendekatan yang berpusat pada guru menurunkan strategi pembelajaran langsung (*direct instruction*), pembelajaran deduktif atau pembelajaran ekspositori. Sedangkan, pendekatan pembelajaran yang berpusat pada siswa menurunkan strategi pembelajaran discovery dan inkuiri serta strategi pembelajaran induktif (Sanjaya, 2008:127). Dilihat dari pendekatannya, pembelajaran terdapat dua jenis pendekatan, yaitu: (1) pendekatan pembelajaran yang berorientasi atau berpusat pada siswa (*student centered approach*) dan (2) pendekatan pembelajaran yang berorientasi atau berpusat pada guru (*teacher centered approach*).

Dari pendekatan pembelajaran yang telah ditetapkan selanjutnya diturunkan ke dalam strategi pembelajaran.

Sementara itu, Kemp (Wina Sanjaya, 2008) mengemukakan bahwa strategi pembelajaran adalah suatu kegiatan pembelajaran yang harus dikerjakan guru dan siswa agar tujuan pembelajaran dapat dicapai secara efektif dan efisien. Selanjutnya, dengan mengutip pemikiran J. R David, Wina Sanjaya (2008) menyebutkan bahwa dalam strategi pembelajaran terkandung makna perencanaan. Artinya, bahwa strategi pada dasarnya masih bersifat konseptual tentang keputusan-keputusan yang akan diambil dalam suatu pelaksanaan pembelajaran.

Strategi pembelajaran dapat diartikan sebagai perencanaan yang berisi tentang rangkaian kegiatan yang didisain untuk mencapai tujuan pendidikan tertentu (J.R. David dalam Sanjaya, 2008:126). Selanjutnya dijelaskan strategi pembelajaran adalah suatu kegiatan pembelajaran yang harus dikerjakan guru dan siswa agar tujuan pembelajaran dapat dicapai secara efektif dan efisien (Kemp dalam Sanjaya, 2008:126).

Istilah strategi sering digunakan dalam banyak konteks dengan makna yang selalu sama. Dalam konteks pengajaran strategi bisa diartikan sebagai suatu pola umum tindakan guru-peserta didik dalam manifestasi aktivitas pengajaran (Ahmad Rohani, 2004 : 32). Sementara itu, Joyce dan Weil lebih senang memakai istilah model-model mengajar daripada menggunakan strategi pengajaran (Joyce dan Weil dalam Rohani, 2004:33. Nana Sudjana menjelaskan bahwa strategi mengajar (pengajaran) adalah “taktik” yang digunakan guru dalam melaksanakan proses belajar mengajar (pengajaran) agar dapat mempengaruhi para siswa (peserta didik) mencapai tujuan pengajaran secara lebih efektif dan efisien (Nana Sudjana dalam Rohani, 2004:34). Jadi menurut Nana Sudjana, strategi mengajar/pengajaran ada pada pelaksanaan, sebagai tindakan nyata atau perbuatan guru itu sendiri pada saat mengajar berdasarkan pada rambu-rambu dalam satuan pelajaran.

Berdasarkan pendapat di atas, dapat diambil kesimpulan bahwa strategi pembelajaran harus mengandung penjelasan tentang metode/prosedur dan

teknik yang digunakan selama proses pembelajaran berlangsung. Dengan kata lain, strategi pembelajaran mempunyai arti yang lebih luas daripada metode dan teknik. Artinya, metode/prosedur dan teknik pembelajaran merupakan bagian dari strategi pembelajaran. Dari metode, teknik pembelajaran diturunkan secara aplikatif, nyata, dan praktis di kelas saat pembelajaran berlangsung. Dilihat dari strateginya, pembelajaran dapat dikelompokkan ke dalam dua bagian pula, yaitu: (1) **exposition-discovery learning** dan (2) **group-individual learning** (Rowntree dalam Wina Senjaya, 2008). Ditinjau dari cara penyajian dan cara pengolahannya, strategi pembelajaran dapat dibedakan antara strategi pembelajaran induktif dan strategi pembelajaran deduktif. Strategi pembelajaran sifatnya masih konseptual dan untuk mengimplementasikannya digunakan berbagai metode pembelajaran tertentu. Dengan kata lain, strategi merupakan *“a plan of operation achieving something”* sedangkan metode adalah *“a way in achieving something”* (Wina Senjaya (2008). Dalam hubungannya dengan metode pembelajaran, maka bisa dikatakan bahwa metode pembelajaran merupakan jabaran dari pendekatan pembelajaran. Satu pendekatan dapat dijabarkan ke dalam berbagai metode. Metode adalah prosedur pembelajaran yang difokuskan ke pencapaian tujuan. Jadi, metode pembelajaran dapat diartikan sebagai cara yang digunakan untuk mengimplementasikan rencana yang sudah disusun dalam bentuk kegiatan nyata dan praktis untuk mencapai tujuan pembelajaran. Terdapat beberapa metode pembelajaran yang dapat digunakan untuk mengimplementasikan strategi pembelajaran, diantaranya: (1) ceramah; (2) demonstrasi; (3) diskusi; (4) simulasi; (5) laboratorium; (6) pengalaman lapangan; (7) brainstorming; (8) debat, (9) simposium, dan sebagainya. Selanjutnya metode pembelajaran dijabarkan ke dalam teknik dan gaya pembelajaran.

Dengan demikian, teknik pembelajaran dapat diartikan sebagai cara yang dilakukan seseorang dalam mengimplementasikan suatu metode secara spesifik. Misalkan, penggunaan metode ceramah pada kelas dengan jumlah siswa yang relatif banyak membutuhkan teknik tersendiri, yang tentunya secara teknis akan berbeda dengan penggunaan metode ceramah pada kelas yang jumlah siswanya terbatas. Demikian pula, dengan penggunaan metode diskusi,

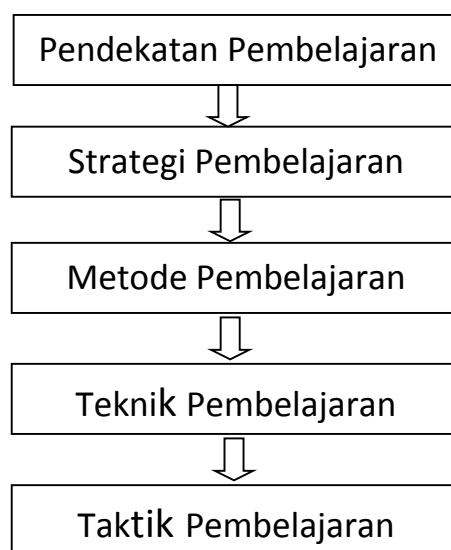
perlu digunakan teknik yang berbeda pada kelas yang siswanya tergolong aktif dengan kelas yang siswanya tergolong pasif. Dalam hal ini, guru pun dapat berganti-ganti teknik meskipun dalam koridor metode yang sama. Dalam kaitannya dengan metode pembelajaran, maka teknik pembelajaran adalah cara yang dilakukan seseorang dalam rangka mengimplementasikan suatu metode. Misalnya, cara yang bagaimana yang harus dilakukan agar metode ceramah yang dilakukan berjalan efektif dan efisien? Dengan demikian sebelum seorang melakukan proses ceramah sebaiknya memperhatikan kondisi dan situasi.

Sementara taktik pembelajaran merupakan gaya seseorang dalam melaksanakan metode atau teknik pembelajaran tertentu yang sifatnya individual. Misalkan, terdapat dua orang sama-sama menggunakan metode ceramah, tetapi mungkin akan sangat berbeda dalam taktik yang digunakannya. Dalam penyajiannya, yang satu cenderung banyak diselingi dengan humor karena memang dia memiliki sense of humor yang tinggi, sementara yang satunya lagi kurang memiliki sense of humor, tetapi lebih banyak menggunakan alat bantu elektronik karena dia memang sangat menguasai bidang itu. Dalam gaya pembelajaran akan tampak keunikan atau kekhasan dari masing-masing guru, sesuai dengan kemampuan, pengalaman dan tipe kepribadian dari guru yang bersangkutan. Dalam taktik ini, pembelajaran akan menjadi sebuah ilmu sekalkigus juga seni (kiat).

Apabila antara pendekatan, strategi, metode, teknik dan bahkan taktik pembelajaran sudah terangkai menjadi satu kesatuan yang utuh maka terbentuklah apa yang disebut dengan model pembelajaran. Jadi, model pembelajaran pada dasarnya merupakan bentuk pembelajaran yang tergambar dari awal sampai akhir yang disajikan secara khas oleh guru. Dalam model pembelajaran terdapat strategi pencapaian kompetensi siswa dengan pendekatan, metode, dan teknik pembelajaran. Nah, berikut ini ulasan singkat tentang perbedaan istilah tersebut.

Dengan kata lain, model pembelajaran merupakan bungkus atau bingkai dari penerapan suatu pendekatan, metode, dan teknik pembelajaran. Berkenaan dengan model pembelajaran, Bruce Joyce dan Marsha Weil (Dedi Supriawan dan A. Benyamin Surasega, 1990) mengetengahkan 4 (empat) kelompok model

pembelajaran, yaitu: (1) model interaksi sosial; (2) model pengolahan informasi; (3) model personal-humanistik; dan (4) model modifikasi tingkah laku. Kendati demikian, seringkali penggunaan istilah model pembelajaran tersebut diidentikkan dengan strategi pembelajaran. Untuk lebih jelasnya, posisi hierarkis dari masing-masing istilah tersebut, kiranya dapat divisualisasikan sebagai berikut:



Gambar 2 Hierarki Model Pembelajaran

Di luar istilah-istilah tersebut, dalam proses pembelajaran dikenal juga istilah **desain pembelajaran**. Jika strategi pembelajaran lebih berkenaan dengan pola umum dan prosedur umum aktivitas pembelajaran, sedangkan desain pembelajaran lebih menunjuk kepada cara-cara merencanakan suatu sistem lingkungan belajar tertentu setelah ditetapkan strategi pembelajaran tertentu. Jika dianalogikan dengan pembuatan rumah, strategi membicarakan tentang berbagai kemungkinan tipe atau jenis rumah yang hendak dibangun (rumah joglo, rumah gadang, rumah modern, dan sebagainya), masing-masing akan menampilkan kesan dan pesan yang berbeda dan unik. Sedangkan desain adalah menetapkan cetak biru (blue print) rumah yang akan dibangun beserta bahan-bahan yang diperlukan dan urutan-urutan langkah konstruksinya,

maupun kriteria penyelesaiannya, mulai dari tahap awal sampai dengan tahap akhir, setelah ditetapkan tipe rumah yang akan dibangun.

2. Strategi/Model Pembelajaran

Pada Kurikulum 2013 dikembangkan model pembelajaran utama yang diharapkan dapat membentuk perilaku saintifik, perilaku sosial serta mengembangkan rasa keingintahuan. Model Pembelajaran tersebut adalah: model pembelajaran berbasis penyingkapan/penemuan (*Discovery/Inquiry Learning*); model pembelajaran menghasilkan karya yang berbasis pemecahan masalah (*Problem Based Learning/Project Based Learning*). Langkah-langkah pembelajaran berpendekatan saintifik harus dapat dipadukan secara sinkron dengan langkah-langkah kerja (*syntax*) model pembelajaran. Model pembelajaran merupakan kerangka konseptual yang digunakan sebagai pedoman dalam melakukan pembelajaran yang disusun secara sistematis untuk mencapai tujuan belajar yang menyangkut sintaksis, sistem sosial, prinsip reaksi dan sistem pendukung (Joice&Wells).

Tujuan penggunaan model pembelajaran sebagai strategi bagaimana belajar yang membantu peserta didik mengembangkan dirinya baik berupa informasi, gagasan, keterampilan nilai dan cara-cara berpikir dalam meningkatkan kapasitas berpikir secara jernih, bijaksana dan membangun keterampilan sosial serta komitmen (Joice& Wells).

Pada Kurikulum 2013 dikembangkan 3 (tiga) model pembelajaran utama yang diharapkan dapat membentuk perilaku saintifik, perilaku sosial serta mengembangkan rasa keingintahuan. Ketiga model tersebut adalah: model Pembelajaran Berbasis Masalah (*Problem Based Learning*), model Pembelajaran Berbasis Proyek (*Project Based Learning*), dan model Pembelajaran Melalui Penyingkapan/Penemuan (*Discovery/Inquiry Learning*). Tidak semua model pembelajaran tepat digunakan untuk semua KD/materi pembelajaran. Model pembelajaran tertentu hanya tepat digunakan untuk materi pembelajaran tertentu pula. Demikian sebaliknya mungkin materi pembelajaran tertentu akan dapat berhasil maksimal jika menggunakan model pembelajaran

tertentu. Untuk itu guru harus menganalisis rumusan pernyataan setiap KD, apakah cenderung pada pembelajaran penyingkapan (*Discovery/Inquiry Learning*) atau pada pembelajaran hasil karya (*Problem Based Learning* dan *Project Based Learning*).

Rambu-rambu penentuan model penyingkapan/penemuan:

- a. Pernyataan KD-3 dan KD-4 mengarah ke pencarian atau penemuan;
- b. Pernyataan KD-3 lebih menitikberatkan pada pemahaman pengetahuan faktual, konseptual, dan procedural; dan
- c. Pernyataan KD-4 pada taksonomi mengolah dan menalar.

Rambu-rambu penemuan model hasil karya (*Problem Based Learning* dan *Project Based Learning*):

- a. Pernyataan KD-3 dan KD-4 mengarah pada hasil karya berbentuk jasa atau produk;
- b. Pernyataan KD-3 pada bentuk pengetahuan metakognitif;
- c. Pernyataan KD-4 pada taksonomi menyaji dan mencipta, dan
- d. Pernyataan KD-3 dan KD-4 yang memerlukan persyaratan penguasaan pengetahuan konseptual dan prosedural.

Masing-masing model pembelajaran tersebut memiliki urutan langkah kerja (*syntax*) tersendiri, yang dapat diuraikan sebagai berikut.

3. Model Pembelajaran Penyingkapan (Penemuan dan pencarian/ penelitian)

Model *Discovery Learning* adalah memahami konsep, arti, dan hubungan, melalui proses intuitif untuk akhirnya sampai kepada suatu kesimpulan (Budiningsih, 2005:43). *Discovery* terjadi bila individu terlibat, terutama dalam penggunaan proses mentalnya untuk menemukan beberapa konsep dan prinsip.

Discovery dilakukan melalui observasi, klasifikasi, pengukuran, prediksi, penentuan dan *inferi*. Proses tersebut disebut *cognitive process* sedangkan *discovery* itu sendiri adalah *the mental process of assimilating concepts and principles in the mind* (Robert B. Sund dalam Malik, 2001:219).

- 1) Sintaksis model *Discovery Learning*

- a) Pemberian rangsangan (*Stimulation*);
 - b) Pernyataan/Identifikasi masalah (*Problem Statement*);
 - c) Pengumpulan data (*Data Collection*);
 - d) Pembuktian (*Verification*), dan
 - e) Menarik simpulan/generalisasi (*Generalization*).
- 2) Sintaksis model *Inquiry Learning* Terbimbing
- Model pembelajaran yang dirancang membawa peserta didik dalam proses penelitian melalui penyelidikan dan penjelasan dalam *setting* waktu yang singkat (Joice&Wells, 2003). Merupakan kegiatan pembelajaran yang melibatkan secara maksimal seluruh kemampuan siswa untuk mencari dan menyelidiki sesuatu secara sistematis kritis dan logis sehingga mereka dapat merumuskan sendiri temuannya.
- Sintaksis/tahap model inkuiri meliputi:
- a) Orientasi masalah;
 - b) Pengumpulan data dan verifikasi;
 - c) Pengumpulan data melalui eksperimen;
 - d) Pengorganisasian dan formulasi eksplanasi, dan
 - e) Analisis proses inkuiri.

4. Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL)

Merupakan pembelajaran yang menggunakan berbagai kemampuan berpikir dari peserta didik secara individu maupun kelompok serta lingkungan nyata untuk mengatasi permasalahan sehingga bermakna, relevan, dan kontekstual (Tan OnnSeng, 2000). Tujuan PBL adalah untuk meningkatkan kemampuan dalam menerapkan konsep-konsep pada permasalahan baru/nyata, pengintegrasian konsep *High Order Thinking Skills* (HOTS), keinginan dalam belajar, mengarahkan belajar diri sendiri dan keterampilan (Norman and Schmidt).

- 1) Sintaksis model *Problem Based Learning* dari Bransford and Stein (dalam Jamie Kirkley, 2003:3) terdiri atas:
- a) Mengidentifikasi masalah;

- b) Menetapkan masalah melalui berpikir tentang masalah dan menseleksi informasi-informasi yang relevan;
 - c) Mengembangkan solusi melalui pengidentifikasian alternatif-alternatif, tukar-pikiran dan mengecek perbedaan pandang;
 - d) Melakukan tindakan strategis, dan
 - e) Melihat ulang dan mengevaluasi pengaruh-pengaruh dari solusi yang dilakukan.
- 2) Sintaksis model *Problem Solving Learning* Jenis *Trouble Shooting* (David H. Jonassen, 2011:93) terdiri atas:
- a) Merumuskan uraian masalah;
 - b) Mengembangkan kemungkinan penyebab;
 - c) Mengetes penyebab atau proses diagnosis, dan
 - d) Mengevaluasi.

5. Model pembelajaran Project Based Learning (PjBL).

Pembelajaran otentik menggunakan proyek nyata dalam kehidupan yang didasarkan pada motivasi yang tinggi, pertanyaan yang menantang, tugas-tugas atau permasalahan untuk membentuk penguasaan kompetensi yang dilakukan secara kerjasama dalam upaya memecahkan masalah (Barel, 2000 and Baron 2011). Tujuan PjBL adalah meningkatkan motivasi belajar, *team work*, keterampilan kolaborasi dalam pencapaian kemampuan akademik level tinggi/taksonomi tingkat kreativitas yang dibutuhkan pada abad 21 (Cole & Wasburn Moses, 2010).

Sintaksis/tahapan model pembelajaran *Project Based Learning*, meliputi:

- 1) Penentuan pertanyaan mendasar (*Start with the Essential Question*);
- 2) Mendesain perencanaan proyek;
- 3) Menyusun jadwal (*Create a Schedule*);
- 4) Memonitor peserta didik dan kemajuan proyek (*Monitor the Students and the Progress of the Project*);
- 5) Menguji hasil (*Assess the Outcome*), dan
- 6) Mengevaluasi pengalaman (*Evaluate the Experience*).

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas Pengantar

Fokus pertama bagi guru dalam menyiapkan pembelajaran adalah melakukan analisis pada ketiga standar kompetensi yaitu SKL, KI, KD. Dari analisis itu akan diperoleh penjabaran tentang taksonomi dan gradasi hasil belajar yang berhubungan dengan materi pembelajaran, kegiatan pembelajaran dan penilaian yang diperlukan.

Buatlah analisis keterkaitan SKL, KI, dan KD untuk kelas X, XI dan XII berdasarkan lembar kerja di bawah ini !

Tabel 3 Lembar Kerja Analisis Keterkaitan Domain antara SKL, KI, dan KD untuk Mapel

Standar Kompetensi Lulusan (SKL)		Kompetensi Inti (KI) Kelas	Kompetensi Dasar (KD)	Ket. Analisis *)
Dimensi	Kualifikasi Kemampuan			
1. Sikap Spiritual		1.		
2. Sikap Sosial		2.		

Standar Kompetensi Lulusan (SKL)		Kompetensi Inti (KI) Kelas	Kompetensi Dasar (KD)	Ket. *)
Dimensi	Kualifikasi Kemampuan			
3. Pengetahuan				

Standar Kompetensi Lulusan (SKL)		Kompetensi Inti (KI) Kelas	Kompetensi Dasar (KD)	Ket. *)
Dimensi	Kualifikasi Kemampuan			
4. Keterampilan				

*) Diisi dengan taksonomi dan gradasi hasil belajar, jika KD tidak terkait dengan KI maka dikembangkan melalui tujuan pembelajaran dan atau indikator pencapaian kompetensi.

Aktivitas 1 : Perancangan Kegiatan Pembelajaran Saintifik

Kompetensi : Mampu merancang kegiatan pembelajaran saintifik

Tujuan Kegiatan: Melalui diskusi kelompok peserta mampu merancang kegiatan pembelajaran dengan pendekatan saintifik

Isilah Lembar Kerja perancangan kegiatan pembelajaran saintifik dibawah ini !

Tabel 4 Lembar Kerja Perancangan Kegiatan Pembelajaran

Kompetensi Dasar	
Topik/	
Sub Topik/Tema	
Tujuan Pembelajaran	
Alokasi Waktu	

Tahapan Pembelajaran	Kegiatan Pembelajaran
Mengamati	
Menanya	
Mengumpulkan informasi	
Mengasosiasikan	
Mengkomunikasikan	

Aktivitas 2 : Lembar Kerja Pembelajaran Saintifik Pada Mata Pelajaran PK

Tentukanlah Model Pembelajaran berdasarkan analisis menggunakan format matrik seperti tabel di bawah pada mata pelajaran yang Anda ampu.

Tabel 5 Lembar Kerja Pembelajaran Saintifik pada Mata Pelajaran PK
Penentuan Model Pembelajaran.....
Mata Pelajaran(Kelas ...)

No.	Kompetensi	Analisis dan Rekomendasi	Kriteria dan Model Pembelajaran
1.	KD 3...		
	KD 4...		
2.			

Aktivitas 3 : Perancangan Model Pembelajaran

Kompetensi :Mampu merancang penerapan model pembelajaran *dan* cara penilaiannya.

Tujuan Kegiatan :Pada kegiatan ini diharapkan peserta mampu merancang kegiatan pembelajaran dengan model *Discovery Learning/ Inquiry Learning/ Problem Based Learning/Project Based Learning*.

Isilah Lembar Kerja perancangan model pembelajaran di bawah ini :

Tabel 6 Lembar Kerja Perancangan Model Pembelajaran (*Model Discovery Learning*)

Kompetensi Dasar	
Topik/	
Sub Topik/Tema	
Tujuan Pembelajaran	
Alokasi Waktu	
Tahapan Pembelajaran	Kegiatan Pembelajaran
1. <i>Stimulation</i> (simulasi/Pemberian rangsangan)	
2. <i>Problem statemen</i> (pertanyaan/identifikasi masalah)	
3. <i>Data collection</i> (pengumpulandata)	
4. <i>Data processing</i> (pengolahanData)	
5. <i>Verification</i> (pembuktian)	
6. <i>Generalization</i> (menarik kesimpulan/generalisasi)	

Tabel 7 Lembar Kerja Perancangan Model Pembelajaran (*Model Inquiry Learning*)

Kompetensi Dasar	
Topik/	
Sub Topik/Tema	
Tujuan Pembelajaran	
Alokasi Waktu	

Tahapan Pembelajaran	Kegiatan
1.Orientasi masalah	
2.Pengumpulan data dan verifikasi	
3.Pengumpulan data melalui eksperimen	
4.Pengorganisasian dan formulasi eksplanasi	
5.Analisis proses inkuiri	

Tabel 8 Lembar Kerja Perancangan Model Pembelajaran (*Model Problem Based Learning*)

Kompetensi Dasar	
Topik/	
Sub Topik/Tema	
Tujuan Pembelajaran	
Alokasi Waktu	

Tahapan Pembelajaran	Kegiatan Pembelajaran
Fase1 Orientasi peserta didik kepada masalah	
Fase2 Mengorganisasikan peserta didik	
Fase3 Membimbing penyelidikan individu dan kelompok	
Fase4 Mengembangkan dan menyajikan hasil karya	

Fase5 Menganalisa dan mengevaluasi proses pemecahan masalah	
--	--

Tabel 9 Lembar Kerja Perancangan Model Pembelajaran (Model Project

Kompetensi Dasar	
Topik/	
Sub Topik/Tema	
Tujuan Pembelajaran	
Alokasi Waktu	

Tahapan Pembelajaran	Kegiatan Pembelajaran
1. Penentuan pertanyaan mendasar (<i>Start with the Essential Question</i>)	
2. Mendesain perencanaan proyek	
3. Menyusun jadwal (<i>Create a Schedule</i>)	
4. Memonitor peserta didik dan kemajuan proyek (<i>Monitor the Students and the Progress of the Project</i>)	
5. Menguji hasil (<i>Assess the Outcome</i>)	
6. Mengevaluasi pengalaman (<i>Evaluate the Experience</i>).	

Aktivitas 4 Mengamati Matrik Perancah

Amatilah contoh Matrik Perancah Pemaduan Sintaksis Model Pembelajaran *Inquiri Terbimbing* dengan Pendekatan Saintifik serta metoda dan teknik pembelajaran pada Mata Pelajaran: Teknik Pemesinan Bubut (kelas XI).

Kompetensi Dasar:

- 3.1. Mengidentifikasi mesin bubut
- 4.1. Menggunakan mesin bubut untuk berbagai jenis pekerjaan

Tujuan Pembelajaran :

Dengan diberikan fasilitas belajar di kelas dan bengkel mesin bubut, peserta didik

dapat:

1. Menjelaskan macam-macam mesin bubut berdasarkan prinsip kerja.
2. Menjelaskan macam-macam mesin bubut berdasarkan ukurannya.
3. Menjelaskan bagian utama mesin bubut sesuai dengan fungsinya.
4. Menentukan dimensi mesin bubut berdasarkan parameter standar mesin bubut.
5. Menyebutkan perlengkapan mesin bubut sesuai dengan fungsinya.
6. Memilih perlengkapan mesin bubut sesuai dengan fungsinya.
7. Menentukan alat bantu kerja membubut sesuai dengan jenis pekerjaannya.
8. Mengoperasikan mesin bubut sesuai prosedur yang benar.
9. Menyajikan laporan proses membubut berdasarkan pengalaman pekerjaan yang telah dilakukan.

Tabel 10 Contoh Matrik Perancah Pemaduan Pendekatan Saintifik dan Model Pembelajaran Inquiry Terbimbing Serta Metoda Pembelajaran

Materi Pembelajaran	Sintaks Model Pembelajaran	Tahap Saintifik 5 M	Kegiatan Belajar
1. Definisi mesin bubut; 2. Macam-macam mesin bubut dan fungsinya; 3. Bagian-bagian utama mesin bubut; 4. Dimensi mesin bubut; 5. Jenis dan fungsi perlengkapan mesin bubut.	Orientasi Masalah	Mengamati, Menanya	Guru menayangkan gambar, foto atau video mesin bubut dan menjelaskan secara singkat tentang nama dan manfaat mesin bubut yang ditayangkan. Guru menanyakan kepada siswa apa fungsi, bagian-bagian utama dan cara kerja mesin bubut. Peserta didik memperhatikan penjelasan dan menjawab pertanyaan guru. Guru mengkonfirmasi jawaban siswa. Guru memberi kesempatan kepada peserta didik untuk bertanya seputar mesin bubut. Guru menugaskan peserta didik membentuk kelompok dan berdiskusi serta melakukan pengamatan di bengkel untuk mengkaji lebih lanjut tentang bagian-bagian mesin bubut, macam-macam fungsi dan pekerjaan yang dapat dilakukan di mesin bubut, perlengkapan, alat bantu kerja serta dimensi mesin bubut.

1. Definisi mesin bubut; 2. Macam-macam mesin bubut dan fungsinya; 3. Bagian-bagian utama mesin bubut; 4. Dimensi mesin bubut; 5. Jenis dan fungsi perlengkapan mesin bubut.	Pengumpulan Data Dan Verifikasi	Menanya, Mengumpulkan Informasi, Menalar	Peserta didik secara berkelompok berdiskusi membahas permasalahan yang diberikan guru. Peserta didik mengkaji bahan ajar, buku referensi, katalog dan buku manual mesin bubut untuk mencari jawaban atas tugas yang diberikan guru. Antar peserta didik saling bertanya-jawab tentang materi tugas dari guru. Peserta didik melakukan verifikasi langsung ke bengkel tentang bagian-bagian mesin bubut, macam-macam fungsi dan pekerjaan yang dapat dilakukan di mesin bubut, perlengkapan, alat bantu kerja serta dimensi mesin bubut.
6. Pemilihan perlengkapan mesin bubut; 7. Alat bantu kerja membubut; 8. Penggunaan/ pengoperasian mesin bubut	Pengumpulan Data melalui eksperimen	Mengumpulkan Informasi, Menalar	Guru dan peserta didik ke bengkel. Guru mendemonstrasikan cara mengoperasikan mesin bubut dalam membubut lurus dan tepi. Guru memilih perlengkapan mesin bubut sesuai dengan fungsinya. Guru memilih alat bantu kerja membubut sesuai dengan jenis pekerjaannya. Guru meminta siswa untuk mencoba mengoperasikan mesin bubut dengan menggunakan perlengkapan dan alat bantu kerja yang sesuai di bawah pengawasan guru. Peserta didik mencoba mengoperasikan mesin bubut dengan menggunakan perlengkapan dan alat bantu kerja yang sesuai. Guru memberi kesempatan peserta didik untuk bertanya hal-hal yang belum jelas tentang pengoperasian mesin bubut dan penggunaan perlengkapan serta alat bantu kerja dalam pemesinan bubut. Peserta didik bertanya dan mencoba lagi untuk mengoperasikan mesin bubut di bawah pengawasan guru. Guru memberikan lembar kerja (<i>jobsheet</i>) untuk dikerjakan oleh peserta didik di mesin bubut. Peserta didik memilih perlengkapan mesin bubut dan alat bantu kerja di mesin bubut. Peserta didik mengerjakan tugas sesuai lembar kerja dengan menggunakan mesin bubut.

			Guru melakukan tutorial ke masing-masing peserta didik yang sedang bekerja.
Pelaporan proses membubut	Pengorganisasian dan formulasi eksplanasi	Menalar, Mengkomunikasikan	Guru menugaskan peserta didik untuk menyusun laporan dan melakukan revisi apabila terdapat kesalahan dalam melaksanakan tugas (menjawab pertanyaan) sebelumnya. Peserta didik menyusun laporan dan melakukan revisi tugas sebelumnya bila masih ada kesalahan. Peserta didik mempresentasikan/memaparkan secara lisan jenis-jenis perlengkapan mesin bubut, alat bantu kerja mesin bubut, prosedur menggunakan mesin bubut dan hasil pekerjaan bubut.
Pelaporan proses membubut	Menganalisis proses inkuiri	Mengkomunikasikan, Menalar	Peserta didik lain memberikan pertanyaan dan tanggapan terhadap materi presentasi. Guru meminta peserta didik untuk menyempurnakan laporan tentang perlengkapan mesin bubut, alat bantu kerja mesin bubut dan penggunaan mesin bubut berdasarkan masukan dari peserta didik lain.

E. Latihan/Kasus/Tugas

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini !

1. Mengacu pada pengalaman anda dalam melaksanakan kegiatan pembelajaran di sekolah identifikasilah hal-hal yang berkaitan dengan pertanyaan berikut ini : Identifikasilah beberapa kelemahan/kekurangan/masalah yang anda rasakan pada waktu pelaksanaan pembelajaran di kelas. Kelemahan/kekurangan/masalah tersebut dirasakan telah mengurangi kualitas pembelajaran yang dilakukan. (Analisislah berdasarkan Pendekatan Saintifik dan Model pembelajaran *Discovery Learning/Inquiry Learning/Problem Based Learning/Project Based Learning*).
2. Buatlah matriks pepaduan pendekatan saintifik dengan model pembelajaran serta metoda dan teknik pembelajaran yang Anda pilih berdasarkan analisis SKL, KI dan KD untuk mata pelajaran yang Anda ampu.

F. Rangkuman

Perbedaan mendasar antara *student centered learning* dengan *teacher centered* terlihat jelas pada orientasinya. Orientasi strategi *student centered learning* lebih menekankan pada terjadinya kegiatan belajar oleh siswa, atau berorientasi pada pembelajaran (*learning oriented*), sedangkan strategi *teacher centered* lebih berorientasi pada konten (*content oriented*). Dengan kata lain, pada *student centered learning*, mengajar tidak lagi difahami sebagai proses untuk mentransfer informasi, akan tetapi sebagai wahana untuk memfasilitasi terjadinya pembelajaran. Paradigma pembelajaran (SCL), guru hanya sebagai fasilitator dan motivator dengan menyediakan beberapa strategi belajar yang memungkinkan siswa (bersama guru) memilih, menemukan dan menyusun pengetahuan serta cara mengembangkan keterampilannya (*method of inquiry and discovery*). Pada SCL, ilmu pengetahuan tidak lagi dianggap statik tetapi dinamis dimana peserta didik secara aktif mengembangkan keterampilan dan pengetahuannya artinya siswa secara aktif menerima pengetahuan tidak lagi pasif.

Pembelajaran adalah proses interaksi antar peserta didik, antara peserta didik dan pendidik, dan antara peserta dan sumber belajar lainnya pada suatu lingkungan belajar yang berlangsung secara edukatif, agar peserta didik dapat membangun sikap, pengetahuan dan keterampilannya untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Proses pembelajaran merupakan suatu proses yang mengandung serangkaian kegiatan mulai dari perencanaan, pelaksanaan hingga penilaian. Proses pembelajaran pada Kurikulum 2013 adalah memadukan aktivitas pembelajaran pendekatan saintifik dengan sintak model pembelajaran berbasis penyingkapan/penemuan (*discovery learning/inquiry learning*) dan menghasilkan karya yang berbasis pemecahan masalah (*problem based learning/project based learning*).

Proses pembelajaran dapat dipadankan dengan suatu proses ilmiah, karena itu Kurikulum 2013 mengamanatkan esensi pendekatan saintifik dalam pembelajaran. Pendekatan saintifik diyakini sebagai titian emas perkembangan dan pengembangan sikap, keterampilan, dan pengetahuan peserta didik. Dalam pendekatan atau proses kerja yang memenuhi kriteria ilmiah, para ilmuwan lebih

mengedepankan penalaran induktif (*inductive reasoning*) dibandingkan dengan penalaran deduktif (*deductive reasoning*).

Penalaran deduktif melihat fenomena umum untuk kemudian menarik simpulan yang spesifik. Sebaliknya, penalaran induktif memandang fenomena atau situasi spesifik untuk kemudian menarik simpulan secara keseluruhan. Sejatinya, penalaran induktif menempatkan bukti-bukti spesifik ke dalam relasi idea yang lebih luas. Metode ilmiah umumnya menempatkan fenomena unik dengan kajian spesifik dan detail untuk kemudian merumuskan simpulan umum. Metode ilmiah merujuk pada teknik-teknik investigasi atas suatu atau beberapa fenomena atau gejala, memperoleh pengetahuan baru, atau mengoreksi dan memadukan pengetahuan sebelumnya. Untuk dapat disebut ilmiah, metode pencarian (*method of inquiry*) harus berbasis pada bukti-bukti dari objek yang dapat diobservasi, empiris, dan terukur dengan prinsip-prinsip penalaran yang spesifik. Karena itu, metode ilmiah umumnya memuat serangkaian aktivitas pengumpulan data melalui observasi atau eksperimen, mengolah informasi atau data, menganalisis, kemudian memformulasi, dan menguji hipotesis.

Pada Kurikulum 2013 dikembangkan model pembelajaran utama yang diharapkan dapat membentuk perilaku saintifik, perilaku sosial serta mengembangkan rasa keingintahuan. Model Pembelajaran tersebut adalah: model pembelajaran berbasis penyingkapan/penemuan (*Discovery/Inquiry Learning*); model pembelajaran menghasilkan karya yang berbasis pemecahan masalah (*Problem Based Learning/Project Based Learning*). Langkah-langkah pembelajaran berpendekatan saintifik harus dapat dipadukan secara sinkron dengan langkah-langkah kerja (*syntax*) model pembelajaran. Model pembelajaran merupakan kerangka konseptual yang digunakan sebagai pedoman dalam melakukan pembelajaran yang disusun secara sistematis untuk mencapai tujuan belajar yang menyangkut sintaksis, sistem sosial, prinsip reaksi dan sistem pendukung (Joice&Wells).

Tujuan penggunaan model pembelajaran sebagai strategi bagaimana belajar yang membantu peserta didik mengembangkan dirinya baik berupa informasi, gagasan, keterampilan nilai dan cara-cara berpikir dalam meningkatkan kapasitas berpikir

secara jernih, bijaksana dan membangun keterampilan sosial serta komitmen (Joice& Wells).

Langkah-langkah dalam pendekatan ilmiah seperti dijelaskan diatas tentu saja harus dijiwai oleh perilaku (jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli, santun, ramah lingkungan, gotong royong, kerjasama, cinta damai, responsif dan proaktif, dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan bangsa dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.

Disamping itu pemahaman, penerapan dan analisis dari pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif terkait bidang kajian Dasar dan Pengukuran Listrik dapat digunakan untuk memecahkan masalah.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Mata Diklat :, tanggal.....
Nama peserta :
Sekolah Asal :

Setelah kegiatan berakhir anda dapat melakukan refleksi dengan menjawab pertanyaan berikut ini secara individu!

1. Apa yang anda pahami setelah mempelajari materi ini ?
2. Pengalaman penting apa yang anda peroleh setelah mempelajari materi ini?
3. Apa manfaat materi ini terhadap tugas anda sebagai pendidik?
4. Apa rencana tindak lanjut yang akan anda lakukan setelah kegiatan ini?

F. Kunci Jawaban Latihan/Kasus/Tugas

1. Pendekatan saintifik diyakini sebagai titian emas perkembangan dan pengembangan sikap, keterampilan, dan pengetahuan peserta didik. Metode ilmiah merujuk pada teknik-teknik investigasi atas suatu atau beberapa fenomena atau gejala, memperoleh pengetahuan baru, atau mengoreksi dan memadukan pengetahuan sebelumnya. Untuk dapat disebut ilmiah, metode pencarian (*method of inquiry*) harus berbasis pada bukti-bukti dari objek yang dapat diobservasi, empiris, dan terukur dengan prinsip-prinsip penalaran yang

spesifik. Karena itu, metode ilmiah umumnya memuat serangkaian aktivitas pengumpulan data melalui observasi atau eksperimen, mengolah informasi atau data, menganalisis, kemudian memformulasi, dan menguji hipotesis. Pada Kurikulum 2013 dikembangkan model pembelajaran utama yang diharapkan dapat membentuk perilaku saintifik, perilaku sosial serta mengembangkan rasa keingintahuan. Model Pembelajaran tersebut adalah: model pembelajaran berbasis penyingkapan/penemuan (*Discovery/Inquiry Learning*); model pembelajaran menghasilkan karya yang berbasis pemecahan masalah (*Problem Based Learning/Project Based Learning*).

2. Matriks pemaduan pendekatan saintifik dengan model pembelajaran, menggunakan format seperti di bawah ini.

Tabel Matrik Perancah Pemaduan Sintaksis Model Pembelajaran dengan Pendekatan Saintifik pada Mata Pelajaran:

Kompetensi Dasar:

3.1.

4.1.

Tujuan Pembelajaran

Dengan diberikan fasilitas belajar di kelas dan bengkel, peserta didik dapat:

1.
2.
3.

**Contoh Perancangan Pemaduan Pendekatan Saintifik
Model Pembelajaran**

Materi Pembelajaran	Sintaks Model Pembelajaran	Tahap Saintifik 5 M	Kegiatan Belajar



Evaluasi

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini !

1. Seorang anak memberitahu kepada teman sebayanya agar mau meminum obat yang disiapkan oleh ibunya bila dia sakit. Pernyataan di atas bila dilihat dari dimensi afektif, maka pada tingkatan sikap....
 - A. menanggapi
 - B. menghargai
 - C. menghayati
 - D. mengamalkan
2. Perubahan pada Kurikulum 2013 dalam kompetensi pencapaian pembelajaran mencakupi berbagai lintasan taksonomi. Pada kompetensi inti 4 (KI 4) atau kompetensi dasar 4 (KD 4) pada sekolah SMK mempunyai nilai lebih dibandingkan jenis/jenjang sekolah lain karena dapat menjangkau pada ranah ketrampilan konkrit. Taksonomi yang sering diterapkan untuk ranah ini adalah....
 - A. menerima, menjalankan, menghargai, menghayati, dan mengamalkan
 - B. mengamati, menanya, mencoba, menalar, menyajikan, dan mencipta
 - C. mengetahui, memahami, menerapkan, menganalisis, mengevaluasi, dan mencipta
 - D. mengimitasi, memanipulasi, mempresisi, mengartikulasi, dan menaturalisasi
3. Dalam pelajaran bahasa Inggris guru memberikan tugas membaca teks bacaan kepada siswa kelas X, Kegiatan tersebut dalam pendekatan saintifik disebut kegiatan:
 - A. menalar
 - B. mengamati
 - C. mengumpulkan informasi
 - D. menanya
4. Pendekatan saintifik dalam pembelajaran menekankan penalaran induktif yang ditunjukkan dengan hal-hal berikut ini, kecuali
 - A. melihat fenomena atau situasi spesifik, kemudian menarik kesimpulan secara keseluruhan
 - B. melihat fenomena umum untuk kemudian menarik kesimpulan yang spesifik
 - C. menempatkan bukti-bukti spesifik ke dalam realisasi ide yang lebih luas
 - D. mengumpulkan data-data yang berhubungan dengan masalah yang spesifik
5. Seorang Guru dapat memulai kegiatan pembelajaran dengan mengajukan pertanyaan, memberikan anjuran membaca buku, atau aktivitas belajar lainnya yang mengarah pada persiapan pemecahan masalah. Hal ini disebut dengan pemberian rangsangan (*stimulation*), kegiatan tersebut merupakan langkah-langkah pada model pembelajaran:
 - A. CTL
 - B. *Problem based Learning*
 - C. *Discovery Learning*

D. Project Based Learning

6. Pembelajaran konstruktivistik adalah salah satu model pembelajaran yang memungkinkan siswa belajar dengan mengkonstruksi sendiri dari apa yang dilihat dan dialami peserta didik. Dalam pembelajaran tentang koperasi dapat dilakukan melalui
 - A. menghubungkan teori dengan tujuan pembelajaran
 - B. menugaskan siswa untuk observasi pada kegiatan koperasi dan permasalahannya
 - C. menyesuaikan tujuan pembelajaran dengan tujuan koperasi
 - D. memanfaatkan koperasi dalam kehidupan sehari hari sebagai materi pembelajaran
7. Pembelajaran berbasis masalah dikembangkan oleh pendidik bertujuan untuk mengembangkan kemampuan peserta didik berpikir...
 - A. reaktif
 - B. deduktif
 - C. kritis
 - D. realistik
8. Kegiatan pembelajaran yang efektif untuk menanamkan nilai kebersamaan dalam mengerjakan tugas pada diri peserta didik adalah...
 - A. Pembelajaran konstruktivistik
 - B. pembelajaran kontekstual
 - C. pembelajaran langsung
 - D. pembelajaran kooperatif
9. Tidak semua model pembelajaran tepat digunakan untuk semua KD/materi pembelajaran. Model pembelajaran tertentu hanya tepat digunakan untuk materi pembelajaran tertentu pula. Demikian sebaliknya mungkin materi pembelajaran tertentu akan dapat berhasil maksimal jika menggunakan model pembelajaran tertentu. Untuk itu guru harus menganalisis rumusan pernyataan setiap KD, Rambu-rambu penentuan KD menggunakan model hasil karya (*Problem Based dan Project Based Learning*) dengan kriteria sebagai berikut, kecuali....
 - A. pernyataan KD-3 dan KD-4 mengarah pada pencarian dan penemuan
 - B. pernyataan KD-3 dan KD-4 mengarah pada hasil karya berbentuk jasa dan atau produk
 - C. pernyataan KD-3 pada bentuk pengetahuan metakognitif
 - D. pernyataan KD-4 pada taksonomi menyaji dan mencipta
 - E. pernyataan KD-3 dan KD-4 yang memerlukan persyaratan penguasaan pengetahuan konseptual dan procedural
10. Metoda ceramah sangat cocok digunakan untuk :
 - A. mengajarkan ranah kognitif hingga tingkat sintesis
 - B. meningkatkan antusias siswa
 - C. mengajar siswa dalam kelompok yang besar
 - D. mendorong siswa untuk berpartisipasi aktif dan berfikir kritis

11. Metode Pembelajaran: Diskusi dan Menggali Informasi
Tujuan Pembelajaran: Siswa dapat menceritakan salah satu budaya Jawa dengan benar.
Media pembelajaran yang paling sesuai untuk Metode dan Tujuan Pembelajaran di atas adalah....
A. berita televisi
B. gambar aneka budaya
C. majalah budaya jawa di perpustakaan
D. gambar pemandangan daerah jawa
12. Kurikulum 2013 menekankan pada dimensi pedagogik modern dalam pembelajaran, yaitu menggunakan pendekatan ilmiah. Pendekatan ilmiah dalam pembelajaran meliputi mengamati, menanya, mengumpulkan data/informasi, mengasosiasi, mengkomunikasikan, dan mencipta untuk semua mata pelajaran. Apabila guru bertanya kepada siswa baik secara individu maupun kelompok pada suatu topik pembelajaran, fungsi bertanya pada proses pembelajaran tersebut adalah KECUALI...
A. membangkitkan rasa ingin tahu, minat, dan perhatian peserta didik tentang suatu tema atau topik pembelajaran
B. membiasakan peserta didik untuk diam mengikuti pelajaran sehingga sigap dalam merespon pertanyaan dari guru
C. mendorong dan menginspirasi peserta didik untuk aktif belajar, serta mengembangkan pertanyaan dari dan untuk dirinya sendiri
D. mendiagnosis kesulitan belajar peserta didik sekaligus menyampaikan rancangan untuk mencari solusinya
13. Seorang guru membagi peserta didik dalam suatu kelas menjadi beberapa kelompok kecil dimana anggota dalam setiap kelompok bertindak saling membelajarkan. Metode tersebut adalah...
A. Jigsaw procedure
B. Student Team Achievement Division
C. Complex instruction
D. Team Accelerated instruction
14. Guru yang efektif mampu menginspirasi peserta didik untuk meningkatkan dan mengembangkan ranah sikap, keterampilan dan pengetahuannya. Pertanyaan guru sebaiknya menuntut jawaban yang bervariasi, misalnya berapa ukuran taman yang berbentuk persegi panjang dapat dipagari dengan kawat yang panjangnya 20 meter. Kriteria pertanyaan tersebut...
A. bersifat *probing* atau divergen
B. bersifat penguatan
C. menginspirasi jawaban
D. singkat dan jelas
15. Seorang guru Matematika melakukan aktivitas pembelajaran sebagai berikut :
(1) membekali peserta didik dengan fakta atau fenomena yang dapat dijelaskan dengan penalaran

- (2) mendorong dan menginspirasi peserta didik berpikir secara kritis, analitis, dan tepat dalam mengidentifikasi, memahami, memecahkan masalah, dan mengaplikasikan materi pembelajaran
- (3) mendorong dan menginspirasi peserta didik mampu berpikir hipotetik dalam melihat perbedaan, kesamaan, dan tautan satu sama lain dari materi pembelajaran
- (4) mendorong dan menginspirasi peserta didik mampu memahami, menerapkan, dan mengembangkan pola berpikir yang rasional dan objektif dalam merespon materi pembelajaran

Pada proses pembelajaran guru tersebut menggunakan pendekatan...

- A. CBSA
- B. PAIKEM
- C. ilmiah
- D. non ilmiah



KUNCI JAWABAN

- | | | |
|------|-------|-------|
| 1. D | 6. B | 11. C |
| 2. D | 7. C | 12. B |
| 3. B | 8. D | 13. A |
| 4. B | 9. A | 14. A |
| 5. C | 10. C | 15. C |



Penutup

Modul Pendekatan Saintifik ini memberikan gambaran tentang materi, metode, batasan-batasan, dan cara mengevaluasi yang disajikan secara sistematis dan menarik untuk mencapai tingkatan kompetensi yang diharapkan sesuai dengan tingkat kompleksitasnya. Dengan adanya modul ini sebagai salah satu sumber belajar bagi peserta diklat, yang dirancang sebagai bahan ajar untuk dapat dipelajari secara mandiri oleh peserta diklat, diharapkan kompetensi yang ingin dicapai dapat terlaksana.

Sehingga Diklat Guru Pembelajar sebagai program dari Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yang bertujuan untuk meningkatkan kemampuan dan kompetensi PTK, diharapkan akan berpengaruh terhadap peningkatan mutu pendidikan secara keseluruhan.



Daftar Pustaka

- Arends, R.I. (1977). *Classroom Instruction and Management*. New York: Mc Graw Hill
- Arikunto, S. (1998). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta : Rineka Cipta.
- Boujaude, S & Barakat, H (2003). *Students' Problem Solving Strategis in Stoichiometry and Their Relationships to Conseptual Understanding and Learning Approaches*. Electric Journal of Science Education Vol.7.no.3.
- Dahar, R.W. (1996). *Teori – Teori Belajar*. Jakarta : Erlangga
- De Porter, et all. (2000). *Quantum Teaching*. Bandung: Mizan Media Utama.
- Depdiknas. (2002). *Pendekatan Kontekstual*. Jakarta : Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah.
- Dimiyati dan Mudjiono. (2006). *Belajar dan Pembelajaran (Cetakan ketiga)* Jakarta : PT RIneka Cipta
- Djamarah, S.B. (1997). *Strategi Belajar Mengajar*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Fattah, N. (2006). *Landasan Manajemen Pendidikan*. Bandung: PT Remaja Rosda Karya.
- Hamzah B, Uno.(2007).*Model Pembelajaran Menciptakan Proses Belajar Mengajar yang Kreatif dan Efektif*.Jakarta; PT Bumi Aksara.
- Hudojo, H. (2002). *Representasi Belajar Berbasis Masalah*. Prosiding Konferensi Nasional Matematika XI, Edisi Khusus.
- Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan. (2013). *Materi Pelatihan Implementasi Kurikulum 2013*. Jakarta : Kemdikbud.
- Sudjana, Nana. 2008. *Dasar-Dasar Proses Belajar Mengajar*. Bandung: Sinar Baru Algensindo.
- Sulipan. (2011). *Belajar dan Pembelajaran*. Universitas Pasundan. Bandung
- Sulipan. (2011). *Evaluasi Pembelajaran*. Universitas Pasundan. Bandung
- Sulipan, DR. Dip.Ed,M.Pd ,(2010) *Penelitian Tindakan Kelas , Cara Mudah Menerapkan Metode Pembelajaran Dan Menuliskan Laporan PTK*. Tangerang: CV. Buana Semesta.

Syaiful Sagala. (2003) *Konsep dan Makna Pembelajaran*. Bandung, ALFABETA

Undang-Undang (2003), *Undang-undang, Nomor 20, Tahun 2003, tentang Sistim Pendidikan Nasional*.



Glosarium

Istilah	Keterangan
<i>Translasi</i>	mengubah simbol tertentu menjadi simbol lain tanpa perubahan makna
<i>Interpretasi</i>	menjelaskan makna yang terdapat dalam simbol, baik dalam bentuk simbol verbal maupun non verbal
<i>Ekstrapolasi</i>	melihat kecenderungan, arah atau kelanjutan dari suatu temuan
<i>Teacher Centered Teaching (TCL)</i>	suatu pendekatan belajar yang berdasar pada pandangan bahwa mengajar adalah menanamkan pengetahuan dan keterampilan
<i>Student Centered Learning (SCL)</i>	merupakan pendekatan dalam pembelajaran yang memfasilitasi pembelajar untuk terlibat dalam proses <i>Experiential Learning</i> (pengalaman belajar)
Scientific Approach	Pendekatan saintifik; Pembelajaran yang terdiri atas kegiatan mengamati, merumuskan pertanyaan, mencoba/mengumpulkan data, mengasosiasi/ menganalisis/mengolah data dan menarik kesimpulan serta mengkomunikasikan. Langkah-langkah tersebut dapat dilanjutkan dengan kegiatan mencipta.
<i>Project Based Learning</i>	model pembelajaran berbasis proyek
<i>Problem Based Learning</i>	model pembelajaran berbasis masalah
<i>Discovery/Inquiry Learning</i>	model pembelajaran melalui penyingkapan/ penemuan



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, Desember 2015
Direktur Jenderal,

Sumarna Surapranata, Ph.D
NIP: 195908011985031002



DAFTAR ISI

Hal

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	xiv
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 2 : PRINSIP KERJA MESIN BUBUT	7
A. Tujuan.....	7
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	7
C. Uraian Materi	7
D. Aktivitas pembelajaran.....	9
E. Rangkuman	11
F. Formatif	11
G. Kunci jawaban	11
KEGIATAN PEMBELAJARAN 3 : FUNGSI MESIN BUBUT.....	12
A. Tujuan.....	12
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	12
C. Uraian Materi	12
D. Aktivitas Pembelajaran	30
E. Rangkuman	31
F. Formatif	32
G. Kunci jawaban	33
Kegiatan Pembelajaran 4 : Bagian-Bagian Utama Mesin Bubut	35

A. Tujuan.....	35
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	35
C. Uraian Materi	35
D. Aktivitas Pembelajaran	46
E. Rangkuman	47
F. Formatif	48
G. Kunci jawaban	50
KEGIATAN PEMBELAJARAN 5 : PERLENGKAPAN MESIN BUBUT	51
A. Tujuan.....	51
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	51
C. Uraian Materi	51
D. Aktivitas Pembelajaran	63
E. Rangkuman	64
F. Formatif	66
G. Kunci jawaban	67
KEGIATAN PEMBELAJARAN 6 : PAHAT BUBUT	68
A. Tujuan.....	68
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	68
C. Uraian Materi	68
D. Aktivitas Pembelajaran	104
E. Rangkuman	106
F. Formatif	111
G. Kunci jawaban	112
KEGIATAN PEMBELAJARAN 7 : ALAT POTONG PADA MESIN BUBUT (SELAIN PAHAT BUBUT)	113
A. Tujuan.....	113
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	113
C. Uraian Materi	113
D. Aktivitas Pembelajaran	135
E. Rangkuman	136
F. Formatif	138
G. Kunci Jawaban.....	139

KEGIATAN PEMBELAJARAN 8 : PRINSIP KERJA MESIN FRAIS	140
A. Tujuan.....	140
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	140
C. Uraian Materi	140
D. Aktivitas Pembelajaran	146
E. Rangkuman	148
F. Formatif	148
G. Kunci jawaban	149
KEGIATAN PEMBELAJARAN 9 : FUNGSI MESIN FRAIS	152
A. Tujuan.....	152
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	152
C. Uraian Materi	152
D. Aktivitas Pembelajaran	165
E. Rangkuman	166
F. Formatif	166
G. Kunci jawaban	168
KEGIATAN PEMBELAJARAN 10 :BAGIAN-BAGIAN UTAMA MESIN FRAIS	170
A. Tujuan.....	170
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	170
C. Uraian Materi	170
D. Aktivitas Pembelajaran	175
E. Rangkuman	176
F. Formatif	177
G. Kunci jawaban	180
KEGIATAN PEMBELAJARAN 11 : PERLENGKAPAN MESIN FRAIS.....	181
A. Tujuan.....	181
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	181
C. Uraian Materi	181
D. Aktivitas Pembelajaran	195
E. Rangkuman	196
F. Formatif	197
G. Kunci jawaban	198

KEGIATAN PEMBELAJARAN 12 : ALAT POTONG PADA MESIN FRAIS	199
A. Tujuan.....	199
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	199
C. Uraian Materi	200
D. Aktivitas Pembelajaran	216
E. Rangkuman	217
F. Formatif	218
G. Kunci jawaban	221
KEGIATAN PEMBELAJARAN 13 : ALAT POTONG PADA MESIN FRAIS (SELAIN PISAU FRAIS).....	222
A. Tujuan.....	222
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	222
C. Uraian Materi	222
D. Aktivitas Pembelajaran	244
E. Rangkuman	245
F. Formatif	246
G. Kunci jawaban	247
PENUTUP	249
A. Penilaian Ranah Sikap (Kepribadian)	249
B. Penilaian Ranah Pengetahuan	251
C. Penilaian Ranah Keterampilan.....	260
DAFTAR PUSTAKA	262
GLOSARIUM.....	265



DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 1 Skema mesin bubut	8
Gambar 2 Contoh pengerjaan dari mesin bubut	13
Gambar 3 Bubut rata/lurus	15
Gambar 4 Proses Mengebor	17
Gambar 5 Tirus dengan menggeser kepala lepas	19
Gambar 6 Tirus dengan menggunakan perlengkapan tirus	21
Gambar 7 Skema Tapper attachment.....	21
Gambar 8 Ulir tunggal kanan.....	23
Gambar 9 Ulir tunggal kanan dan arah ulir	24
Gambar 10 Ulir tunggal kiri dan arah ulir	24
Gambar 11 Nama-nama bagian ulir luar dan dalam	25
Gambar 12 Pembubutan profil dengan gerakan pahat	25
Gambar 13 Pembubutan profil dengan pahat bubut bentuk.....	26
Gambar 14 Pemasangan Pahat potong.....	27
Gambar 15 Pemotongan benda kerja berukuran panjang.....	28
Gambar 16 Menahan benda kerja sebelum dipotong dengan steady rest	28
Gambar 17 Mesin Bubut.....	36
Gambar 18 Kepala tetap	38
Gambar 19 Spindle mesin bubut	38
Gambar 20 Kepala lepas dan fungsinya	40
Gambar 21 Eretan.....	42
Gambar 22 Bed mesin bubut.....	43
Gambar 23 Lead screw dan Feed rod	44
Gambar 24 Tool post standar	44
Gambar 25 Adjustable tool post.....	45
Gambar 26 Cekam sepusat.....	52
Gambar 27 Cekam tak sepusat	53
Gambar 28 Cekam rahang balik	53

Gambar 29 Cekam khusus	54
Gambar 30 Cekam kolet.....	55
Gambar 31 Pemasangan kolet	56
Gambar 32 Drill Chuck	56
Gambar 33 Driving plate.....	57
Gambar 34 Face plate	58
Gambar 35 contoh pengikatan benda kerja pada pelat pembawa	58
Gambar 36 <i>Late-dog</i>	59
Gambar 37 Contoh penggunaan pelat pembawa dan late-dog.....	59
Gambar 38 Penyangga tetap (steady rest)	60
Gambar 39 Penyangga jalan (follower rest).....	60
Gambar 40 Beberapa penggunaan penyangga	61
Gambar 41 Senter berada di kepala lepas	62
Gambar 42 Senter hidup dan center mati	62
Gambar 43 Tapper attachment.....	63
Gambar 44 Skema pembuatan pahat bubut	73
Gambar 45 Pahat kanan dan Pahat Kiri	80
Gambar 46 Macam-macam bubut.	83
Gambar 47 Macam-macam pahat ISO	84
Gambar 48 Macam-macam pahat DIN	86
Gambar 49 Macam-macam pahat bubut sisipan (insert tips) pengikatan dibrasing .	88
Gambar 50 Contoh macam-macam bentuk pahat. Bubut sisipan yang sudah dibrasing pada tangkai/ bodinya	89
Gambar 51 Pahat bubut sisipan (<i>inserts tips</i>) pengikatan diklem/ dibaut	90
Gambar 52 Pahat bubut sisipan pengikatan diklem/ dibaut terpasang pada pemegangnya untuk pembubutan bagian luar	90
Gambar 53 Pahat bubut sisipan pengikatan diklem/ dibaut terpasang pada pemegangnya untuk pembubutan bagian dalam	91
Gambar 54 Geometri Pahat bubut.....	92
Gambar 55 Geometri pahat bubut rata	93
Gambar 56 Geometri pahat bubut muka.....	94
Gambar 57 Geometri pahat bubut ulir segitiga	95

Gambar 58 Geometri pahat bubut ulir segiempat	95
Gambar 59 Geometri Pahat potong	97
Gambar 60 perubahan pada geometri akibat ketinggian pahat bubut pada pembubutan luar diatas pusat senter benda kerja	98
Gambar 61 Perubahan pada geometri akibat ketinggian pahat bubut pada pembubutan luar dibawah pusat senter benda kerja	99
Gambar 62 Perubahan pada geometri akibat ketinggian pahat bubut pada pembubutan dalam diatas pusat senter benda kerja	99
Gambar 63 Perubahan pada geometri akibat ketinggian pahat bubut pada pembubutan dalam dibawah pusat senter benda kerja	100
Gambar 64 Radius pada pahat bubut	101
Gambar 65 Keausan pada bidang bebas muka pahat bubut	101
Gambar 66 Keausan pada bidang potong pahat bubut	102
Gambar 67 Lelehan material benda kerja yang menempel pada ujung pahat	102
Gambar 68 Keretakan pada pahat bubut sisipan	103
Gambar 69 Tip carbide pecah	104
Gambar 70 Tip Carbide lepas	104
Gambar 71 Senter Drill	113
Gambar 72 Bor Senter Standar panjang normal	114
Gambar 73 Bor senter standar ekstra pendek dan ekstra panjang	114
Gambar 74 Bor Senter dua mata sayat pengaman (safety type centre drill)	115
Gambar 75 Bor senter bentuk radius dan hasilnya	115
Gambar 76 Pemasangan senter bor pada mesin bubut dan hasilnya	115
Gambar 77 Konterbor tangkai lurus	116
Gambar 78 Konterbor tangkai tirus	116
Gambar 79 Konterbor dengan pengarah	116
Gambar 80 Konterbor tanpa pengarah	117
Gambar 81 Hasil pembuatan lubang bertingkat dengan konterbor pada mesin bubut	117
Gambar 82 Kontersing tangkai lurus	118
Gambar 83 Kontersing tangkai tirus	118
Gambar 84 Kontersing mata sayat satu dan hasil lubang champer	119

Gambar 85 Hasil pembubutan champer dengan kontersingmata sayat satu	119
Gambar 86 Kontersing mata sayat dua	120
Gambar 87 Hasil pembubutan champer dengan kontersing mata sayat dua	120
Gambar 88 Kontersing mata sayat tiga.....	121
Gambar 89 Kontersing mata sayat empat	121
Gambar 90 Kontersing mata sayat lima.....	122
Gambar 91 Kontersing mata sayat enam	122
Gambar 92 Mata bor tangkai lurus	123
Gambar 93 Pengikatan mata bor dengan cekam bor pada proses pembubutan....	124
Gambar 94 Mata bor tangkai tirus	124
Gambar 95 Sarung pengurang bor (drill sleeve)	124
Gambar 96 Mata bor spiral normal/normal spiral	125
Gambar 97 Mata bor spiral panjang/slow spiral	125
Gambar 98 Mata bor spiral pendek/quick spiral.....	125
Gambar 99 Bagian-bagian mata bor dilihat dari bodinya	126
Gambar 100 Bagian-bagian mata bor dilihat dari mata sayatnya.....	126
Gambar 101 Reamer.....	127
Gambar 102 Bagian-bagian Reamer	127
Gambar 103 Reamer pin tirus mata sayat lurus.....	128
Gambar 104 Reamer pin tirus mata sayat spiral	128
Gambar 105 Reamer pin tirus mata sayat helik	128
Gambar 106 <i>Reamer</i> lurus tangkai lurus	129
Gambar 107 Reamer lurus tangkai lurus	129
Gambar 108 Reamer tirus untuk lubang tirus	129
Gambar 109 Reamer lurus tangkai tirus	129
Gambar 110 Pembuatan lubang bertingkat sebelum dirimer	130
Gambar 111 Kesepusatan garis sumbu lubang dengan garis sumbu rimer	130
Gambar 112 Posisi kedalaman pereameran lubang lurus.....	130
Gambar 113 Spotting drill	131
Gambar 114 Pola/ bentuk hasil pengkartelan	131
Gambar 115 Macam-macam bentuk gigi pisau.....	132
Gambar 116 Pemegang gigi pisau kartel lurus dengan posisi tetap (rigid).....	132

Gambar 117 Pemegang gigi pisau kartel lurus dengan posisi tetap/ rigid	133
Gambar 118 Pemegang gigi pisau kartel lurus dengan posisi tetap/ rigid	134
Gambar 119 Pengefraisan datar.....	141
Gambar 120 Pengefraisan tegak.....	142
Gambar 121 Skematik dari gerakan-gerakan dan komponen-komponen dari (a) Mesin frais vertikal tipe column and knee, dan (b) Mesin frais horizontal tipe column and knee	143
Gambar 122 Mesin frais tipe coloumn and knee	153
Gambar 123 Mesin frais tipe bed.....	153
Gambar 124 mesin frais tipe khusus	154
Gambar 125 Mesin frais CNC.....	155
Gambar 126 Proses frais rata (surface/slab milling)	156
Gambar 127 ara pencekaman benda kerja, bagian kanan pencekaman yang salah (<i>incorrect</i>) dan bagian kiri pencekaman yang benar (<i>correct</i>)	157
Gambar 128 Beberapa variasi proses frais yang dilakukan pada mesin frais	160
Gambar 129 Frais frais bentuk dan dan frais alur	161
Gambar 130 Proses frais roda gigi dengan mesin frais horizontal	162
Gambar 131 Kepala pembagi dengan pengoperasiaannya	163
Gambar 132 Arbor.....	171
Gambar 133 Kepala Pembagi	173
Gambar 134 macam-macam ragum	174
Gambar 135 Bagian Mesin frais	174
Gambar 136 Kepala lepas	182
Gambar 137 Kepala Frais Universal.....	182
Gambar 138 Bor Geser	183
Gambar 139 Kepala Frais Putar	184
Gambar 140 Arbor dan Kolet.....	184
Gambar 141 Ada empat model poros arbor yang populer : Arbor Panjang, Arbor Kolet, Arbor Shell Endmill.....	185
Gambar 142 Standar Ketirusan Arbor.....	185
Gambar 143 Ragum Lurus	186
Gambar 144 Ragum Putar.....	187

Gambar 145 Ragum Universal	187
Gambar 146 Set Kepala Pembagi	188
Gambar 147 Pemasangan Kepala Pembagi.....	189
Gambar 148 Pelat Pembagi langsung	189
Gambar 149 Piring Pembagi	190
Gambar 150 Skema Pembagian Diferensial	193
Gambar 151 Pengefraisan Sudut	194
Gambar 152 Piring Pembagi 12 bagian Pada 18 Lubang	194
Gambar 153 Meja Putar	195
Gambar 154 Macam-macam Pisau Frais	200
Gambar 155 Istilah Pada Pisau Frais	202
Gambar 156 Pisau Rata	203
Gambar 157 Shell End Mill	204
Gambar 158 End Mill dan Slot Mill.....	205
Gambar 159 Pisau Sudut	206
Gambar 160 Pisau Muka dan Sisi	206
Gambar 161 Pisau Cembung	207
Gambar 162 Pisau Cekung	207
Gambar 163 Pisau Ujung Radius	207
Gambar 164 Pisau Gergaji a. Pisau gergaji lurus b. Pisau Potong Staggered dan Pisau Potong dengan Gigi Samping c. Pisau Alur Sekrup.	209
Gambar 165 Pisau Alur T	210
Gambar 166 Woodruff Keyseat Cutter.....	210
Gambar 167 Dovetail Cutter	210
Gambar 168 Pisau Gigi Modul.....	211
Gambar 169 Reamer Mesin	211
Gambar 170 Geometri pisau frais.....	212
Gambar 171 Proses pemotongan dengan mata potong majemuk	212
Gambar 172 Standar ISO untuk bentuk dan ukuran pisau sisipan.....	213
Gambar 173 Pisau sisipan yang telah dipasang pada pemegang pisau	214
Gambar 174 Pendinginan Selama Pengefraisan	215
Gambar 175 Bor senter standar	223

Gambar 176 Bor senter bertingkat.....	223
Gambar 177 Senter bor radius	224
Gambar 178 Konter bor	226
Gambar 179 Kontersing tangkai lurus	227
Gambar 180 Kontersing tangkai tirus	227
Gambar 181 Kontersing mata sayat satu dan hasil lubang champer	229
Gambar 182 Hasil pengefraisan champer dengan kontersing mata sayat satu.....	229
Gambar 183 Kontersing mata sayat dua	230
Gambar 184 Hasil pengefraisan champer dengan kontersing mata sayat dua	230
Gambar 185 Kontersing mata sayat tiga.....	231
Gambar 186 Kontersing mata sayat empat	231
Gambar 187 Kontersing mata sayat lima.....	232
Gambar 188 Kontersing mata sayat enam	233
Gambar 189 Mata bor tangkai lurus	234
Gambar 190 Pengikatan mata bor dengan cekam bor pada proses pengefraisan .	234
Gambar 191 Mata bor tangkai tirus	234
Gambar 192 Sarung pengurang bor (drill sleeve)	235
Gambar 193 Mata bor spiral normal	235
Gambar 194 Mata borspiral panjang/slow spiral	235
Gambar 195 Mata bor spiral pendek/quick spiral.....	235
Gambar 196 Bagian-bagian mata bor dilihat dari bodinya	236
Gambar 197 Bagian-bagian mata bor dilihat dari mata sayatnya.....	236
Gambar 198 Bagian-bagian mata bor dilihat dari mata sayatnya.....	239
Gambar 199 Bagian-bagian Reamer	240
Gambar 200 Reamer pin tirus mata sayat lurus.....	240
Gambar 201 Reamer pin tirus mata sayat spiral	241
Gambar 202 Reamer pin tirus mata sayat helik	241
Gambar 203 Reamer lurus tangkai lurus	241
Gambar 204 Reamer lurus tangkai tirus	241
Gambar 205 Reamer tirus untuk finishing.....	242
Gambar 206 Reamer lurus tangkai tirus	242
Gambar 207 Pembuatan lubang bertingkat sebelum dirimer	242

Gambar 208 Kesepusatan garis sumbu lubang dengan garis sumbu rimer	243
Gambar 209 Posisi kedalaman pereameran lubang lurus.....	243
Gambar 210 Spotting drill	244



DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 1 Kecepatan potong beberapa material	14
Tabel 2 Sudut Putar Eretan Atas	18
Tabel 3 Untuk beberapa proses pengerjaan di mesin frais	158
Tabel 4 Tebal Beram per Gigi untuk Beberapa Tipe Pisau Frais dan Benda Kerja yang Dikerjakan (Satuan dalam Inchi)	159
Tabel 5 Ukuran Arbor Standar	186
Tabel 6 Standar bor senter	225



PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Modul PKB level 2 “Teknik Pemesinan Bubut dan Frais 1” 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 mesin bubut dan mesin frais. Selain itu juga menguasai tentang cara penggunaan alat-alat bantu dan alat perkakas yang digunakan dalam mesin bubut dan mesin frais 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.

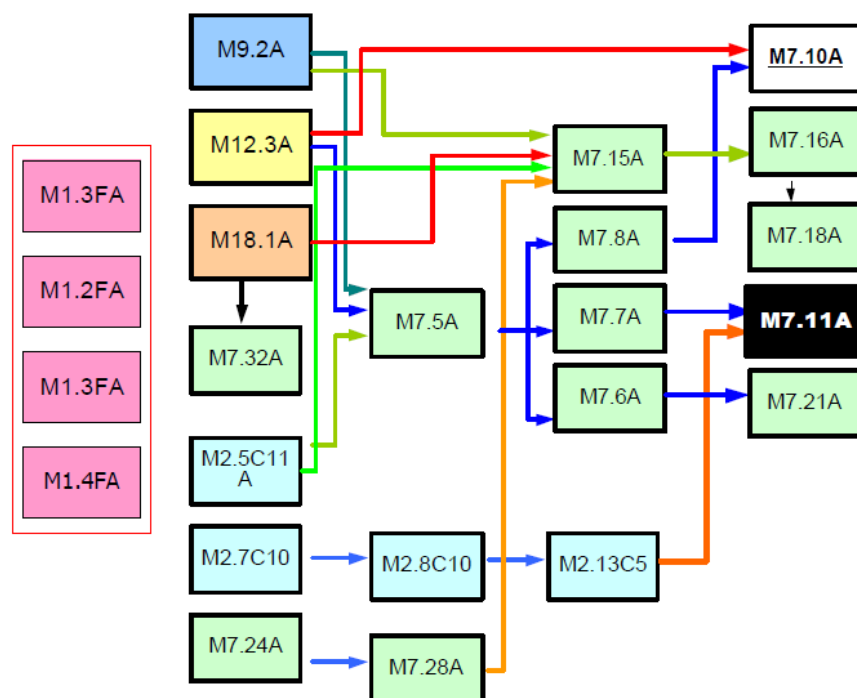
B. Tujuan

Modul ini disajikan dengan tujuan memberikan bekal pengetahuan dan keterampilan pemesinan serta keselamatan kerja khususnya dalam mesin bubut dan mesin frais. Secara rinci penulisan modul ini bertujuan supaya peserta :

1. Mampu menentukan persyaratan bekerja dengan mesin bubut
2. Mampu menentukan urutan pekerjaan, bekerja dengan mesin bubut
3. Menyebutkan bagian-bagian mesin frais
4. Menjelaskan fungsi dari komponen mesin frais

5. Mengetahui kontruksi mesin frais secara umum
6. Membedakan kontruksi mesin frais
7. Menyebutkan fungsi mesin frais secara umum
8. Menyebutkan bagian-bagian mesin frais
9. Menjelaskan fungsi dari komponen mesin frais

C. Peta Kompetensi



KODE	UNIT KOMPETENSI
M12.3A	Mengukur dengan alat ukur mekanik presisi
M18.1A	Menggunakan perkakas tangan
M2.5C11A	Menggunakan alat ukur
M2.7C10	Melakukan perhitungan – dasar
M7.24A	Mengoperasikan dan mengamati mesin/proses
M2.8C10	Melakukan perhitungan - lanjut
M2.13C5	Melakukan perhitungan matematis
M9.2A	Membaca gambar teknik
M7.28A	Mengoperasikan mesin NC/CNC (dasar)
M7.32A	Menggunakan mesin untuk operasi dasar
M7.5A	Bekerja dengan mesin umum
M7.6A	Melakukan Pekerjaan dengan mesin bubut
M7.7A	Melakukan pekerjaan dengan mesin frais
M7.8A	Melakukan pekerjaan dengan mesin gerinda
M7.15A	Mengeset mesin dan program mesin NC/CNC (dasar)
M7.10A g	Menggerinda pahat dan alat potong
M7.11A	Mengefrais (Kompleks)
M7.21A	Membubut (kompleks)
M7.16A	Mengeset dan mengedit program mesin NC/CNC
M7.18A)	Memprogram mesin NC/CNC (dasar)

D. Ruang Lingkup

Lingkup pembelajaran dalam Modul PKB level 2 “Teknik Pemmesinan Bubut dan Frais 1” yaitu :

1. Tentang mesin bubut
 - a) Prinsip kerja mesin bubut
 - b) Fungsi mesin bubut
 - c) Bagian-bagian utama mesin bubut
 - d) Perlengkapan mesin bubut
 - e) Pahat bubut
 - Bahan/material pahat bubut
 - Proses pembuatan
 - Macam-macam pahat bubut
 - Geometris pahat bubut
 - f) Alat potong pada mesin bubut (selain pahat bubut)
 - Senter drill
 - Konter bor
 - Kontersink
 - Mata bor
 - Reamer
 - Spotting drill
 - Kartel
2. Tentang mesin frais
 - a) Prinsip kerja mesin frais
 - b) Fungsi mesin frasi
 - c) Bagian-bagian utama mesin frais
 - d) Perlengkapan mesin frais
 - e) Alat potong pada mesin frais
 - Macam-macam pisau frais
 - Geometris pisau frais

f) Alat potong pada mesin frais (selain pisau frais)

- Senter drill
- Konter bor
- Kontersink
- Mata bor
- Reamer
- Spotting drill

E. Saran Cara Penggunaan Modul

1. Penjelasan bagi Peserta Diklat Guru

- 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 Instruktur atau orang yang telah berpengalaman lainnya.
- h) Ajukan pertanyaan kepada Instruktur 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 Instruktur untuk membantu Anda.
- n) Pusatkan pada pencapaian pengetahuan dan keterampilan baru.

2. Peran Instruktur

- 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 2 : PRINSIP KERJA MESIN BUBUT

A. Tujuan

Setelah pembelajaran selesai, peserta didik dapat menjelaskan prinsip kerja mesin bubut dengan baik

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Setelah mengikuti program pembelajaran, peserta mempunyai kemampuan :

1. Dapat menjelaskan yang dimaksud dengan mesin bubut.
2. Dapat menjelaskan prinsip kerja mesin bubut.
3. Dapat memberikan contoh-contoh produk dari pengerjaan mesin bubut.

C. Uraian Materi

Mesin Bubut (*turning machine*) adalah suatu jenis mesin perkakas yang dalam proses kerjanya bergerak memutar benda kerja dan menggunakan mata potong pahat (*tools*) sebagai alat untuk menyayat benda kerja tersebut. Bubut sendiri merupakan suatu proses pemakanan benda kerja yang sayatannya dilakukan dengan cara memutar benda kerja kemudian dikenakan pada pahat yang digerakkan secara translasi sejajar dengan sumbu putar dari benda kerja. Gerakan putar dari benda kerja disebut gerak potong relatif dan gerakan translasi dari pahat disebut gerak umpan. Dengan mengatur perbandingan kecepatan rotasi benda kerja dan kecepatan translasi pahat maka akan diperoleh berbagai macam ulir dengan ukuran kisar yang berbeda. Hal ini dapat dilakukan dengan jalan menukar roda gigi translasi yang menghubungkan poros spindel dengan poros ulir.



Gambar 1 Skema mesin bubut

Mesin bubut merupakan salah satu mesin proses produksi yang dipakai untuk membentuk benda kerja yang berbentuk silindris. Pada prosesnya benda kerja terlebih dahulu dipasang pada *chuck* (pencekam) yang terpasang pada spindel mesin, kemudian spindel dan benda kerja diputar dengan kecepatan sesuai perhitungan. Alat potong (pahat) yang dipakai untuk membentuk benda kerja akan disayatkan pada benda kerja yang berputar.

Fungsi utama mesin bubut konvensional adalah untuk membuat/memproduksi benda-benda berpenampang silindris, misalnya poros lurus, poros bertingkat (*step shaft*), poros tirus (*cone shaft*), poros beralur (*grooveshaft*), poros berulir (*screw thread*) dan berbagai bentuk bidang permukaan silindris lainnya misalnya anak buah catur (raja, ratu, pion dll)

Mesin bubut merupakan mesin perkakas yang memiliki populasi terbesar di dunia ini dibandingkan mesin perkakas lain seperti mesin freis, drill, sekrap dan mesin perkakas lainnya.

Prinsip Kerja Mesin Bubut

Mesin bubut mencakup segala mesin perkakas yang memproduksi bentuk silindris. Jenis yang paling tua dan yang paling umum adalah pembubut (*lathe*) yang melepas bahan dengan memutar benda kerja terhadap pemotong mata tunggal. Proses pembubutan adalah salah satu proses pemesinan yang menggunakan pahat dengan satu mata potong untuk membuang material dari permukaan benda kerja yang berputar. Pahat bergerak pada arah linier sejajar dengan sumbu putar

benda kerja seperti yang terlihat pada gambar awal. Dengan mekanisme kerja seperti ini, maka Proses bubut memiliki kekhususan untuk membuat benda kerja yang berbentuk silinder.

Benda kerja di cekam dengan poros spindel dengan bantuan chuck yang memiliki rahang pada salah satu ujungnya. Poros spindel akan memutar benda kerja melalui piringan pembawa sehingga memutar roda gigi pada poros spindel. Melalui roda gigi penghubung, putaran akan disampaikan ke roda gigi poros ulir

Dari prinsip kerja ini dihasilkan sayatan dan benda kerja yang umumnya simetris. Prinsip kerja dari mesin bubut adalah gerak potong yang dilakukan oleh benda kerja yang berputar (bergerak rotasi) dengan gerak makan oleh pahat yang bergerak translasi dan dihantarkan pada benda kerja.

Prinsip sederhananya ialah menghilangkan bagian dari benda kerja untuk memperoleh bentuk tertentu dimana benda kerja diputar dengan kecepatan tertentu bersamaan dengan dilakukannya proses pemakanan oleh pahat yang digerakkan secara translasi sejajar dengan sumbu putar benda kerja. Gerakan putar dari benda kerja disebut gerak potong relatif dan gerakan translasi dari pahat disebut gerak makan (*feeding*).

D. Aktivitas pembelajaran

Aktivitas Pengantar : Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok, 1 JP)

Sebelum melakukan aktivitas pembelajaran berdiskusilah dengan sesama peserta diklat di kelompok Saudara untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran tentang prinsip kerja mesin bubut? Sebutkan!
2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!

5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

6. Apa bukti yang harus diunjukkan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan Lembar Kerja (LK)-00. Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran dengan tema dimensi mesin bubut dan klasifikasi mesin bubut.

Aktivitas 1. Menelaah prinsip kerja, dimensi dan klasifikasi mesin bubut.

Saudara diminta untuk menelaah tentang prinsip kerja mesin bubut. Coba perhatikan prinsip atau proses pemotongan logam pada mesin bubut oleh pahat bubut. Selain itu juga dipelajari tentang cara menentukan dimensi/ukuran mesin bubut dan klasifikasi mesin bubut itu sendiri. Diskusikan dengan anggota kelompok lainnya.

Selanjutnya diskusikan dan jawablah pertanyaan berikut ini:

- 1) Jelaskan fungsi mesin bubut !
- 2) Jelaskan prinsip pemotongan yang terjadi pada mesin bubut!
- 3) Coba ukur jarak antara chuck dengan senter yang sedang terpasang pada kelapa lepas dan juga ukur jarak senter tersebut pada rel. Apa yang anda dapatkan? Jelaskan kaitannya dengan dimensi mesin bubut itu!
- 4) Klasifikasikan mesin bubut itu sehingga dalam hal pemilihan untuk penggunaannya menjadi efisien!

Hasil diskusi dapat Saudara tuliskan pada kertas plano (karton besar) dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan.

E. Rangkuman

1. Mesin Bubut (*turning machine*) adalah suatu jenis mesin perkakas yang dalam proses kerjanya bergerak memutar benda kerja dan menggunakan mata potong pahat (*tools*) sebagai alat untuk menyayat benda kerja tersebut.
2. Dilihat cara pengoperasian mesin bubut dibagi menjadi dua jenis yaitu :
 - a. mesin bubut manual/mesin bubut konvensional adalah mesin bubut yang proses pengoperasiannya secara manual dilakukan oleh manusia secara langsung,
 - b. mesin bubut otomatis adalah mesin bubut yang perkakasnya secara otomatis memotong benda kerja dan mundur setelah proses diselesaikan, dimana semua pergerakan sudah diatur atau diprogram secara otomatis dengan menggunakan komputer. Mesin bubut otomatis ini lebih dikenal dengan sebutan CNC (*Computer Numerical Control*).
3. Mesin bubut mencakup segala mesin perkakas yang memproduksi bentuk silindris
4. Dari prinsip kerja ini dihasilkan sayatan dan benda kerja yang umumnya simetris. Prinsip kerja dari mesin bubut adalah gerak potong yang dilakukan oleh benda kerja yang berputar (bergerak rotasi) dengan gerak makan oleh pahat yang bergerak translasi dan dihantarkan pada benda kerja.

F. Formatif

2. Apa yang dimaksud dengan mesin bubut?
3. Jelaskan prinsip kerja dari mesin bubut.
4. Coba sebutkan contoh-contoh produk yang dihasilkan mesin bubut.

G. Kunci jawaban

1. Mesin Bubut (*turning machine*) adalah suatu jenis mesin perkakas yang dalam proses kerjanya bergerak memutar benda kerja dan menggunakan mata potong pahat (*tools*) sebagai alat untuk menyayat benda kerja tersebut.

2. Menghilangkan bagian dari benda kerja untuk memperoleh bentuk tertentu dimana benda kerja diputar dengan kecepatan tertentu bersamaan dengan dilakukannya proses pemakanan oleh pahat yang digerakkan secara translasi sejajar dengan sumbu putar benda kerja. Gerakan putar dari benda kerja disebut gerak potong relatif dan gerakan translasi dari pahat disebut gerak makan (*feeding*).
3. Contoh produk yang dapat dibuat dengan mesin bubut :poros lurus, poros bertingkat (*step shaft*), poros tirus (*cone shaft*), poros beralur (*grooveshaft*), poros berulir (*screw thread*) dan berbagai bentuk bidang permukaan silindris lainnya misalnya anak buah catur (raja, ratu, pion dll)

KEGIATAN PEMBELAJARAN 3 : FUNGSI MESIN BUBUT

A. Tujuan

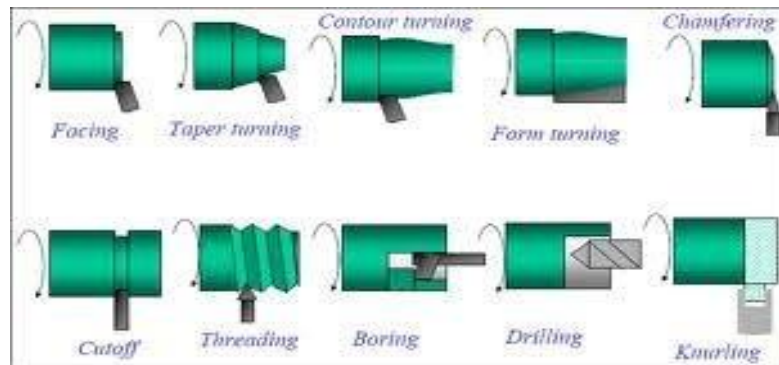
Setelah proses belajar mengajar peserta didik dapat menerapkan mesin bubut sesuai dengan fungsi membuat produk tertentu.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Dapat menjelaskan kegunaan mesin bubut untuk membuat berbagai produk.
2. Dapat melakukan berbagai jenis pembubutan dengan spesifikasi sesuai standar.
3. Dapat menentukan alat-alat yang diperlukan untuk melakukan berbagai jenis pembubutan.
4. Dapat menentukan parameter pembubutan yang benar.

C. Uraian Materi

Penggunaan mesin bubut biasanya untuk pengerjaan bidang-bidang silindris luar dan dalam (membubut lurus dan mengebor), bidang rata (membubut rata), bidang tirus (kerucut), dan membubut ulir. Pembubut juga dapat digunakan untuk membuat kenob, memotong ulir atau membubut tirus.



Gambar 2 Contoh pengerjaan dari mesin bubut

Pada gambar 2 dapat dilihat bentuk-bentuk benda kerja yang dibuat oleh mesin bubut tersebut. Meskipun ada juga kemampuan-kemampuan lain yang dapat dikerjakan oleh mesin tersebut.

1. Perhitungan Kecepatan Pemotongan

Yang dimaksud dengan kecepatan potong (CS) adalah kemampuan alat potong menyayat bahan dengan aman menghasilkan tatal dalam satuan panjang /waktu (m/menit atau feet/menit). Karena nilai kecepatan potong untuk setiap jenis bahan sudah ditetapkan secara baku, maka komponen yang bisa diatur dalam proses penyayatan adalah putaran mesin/benda kerja.

Dengan demikian rumus untuk menghitung putaran menjadi:

$$n = \frac{CS}{\pi \times d}$$

$$n = \frac{1000 \times CS}{\pi \times d}$$

CS = Kecepatan potong (m/menit atau feet/menit)

D = diameter pisau/benda kerja (m)

N = kecepatan putaran pisau/benda kerja (rpm)

$\pi = 3,14$ atau $22/7$

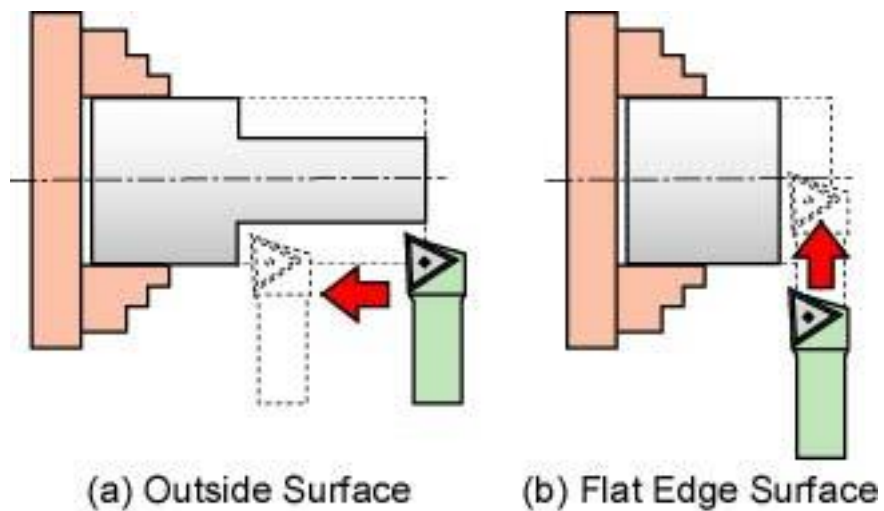
Karena satuan Cs dalam meter/menit sedangkan satuan diameter pisau/benda kerja dalam millimeter, sehingga dikalikan 1000 seperti rumus di atas.

Tabel 1 Kecepatan potong beberapa material

TABEL KECEPATAN POTONG			
MATERIAL	CUTTING SPEED (V_c) (M/MENIT)		
	BAJA PERKAKAS	HSS	CARBIDA
st. 34	20 – 30	20 – 35	150 – 250
st. 42	20 – 30	20 – 35	150 – 250
st. 50	11 – 17	16 – 26	120 – 200
st. 60	9 – 11	14 – 21	100 – 160
st. 70	9 – 11	14 – 20	80 – 140
st. 85	9 – 11	14 – 20	60 – 110
Besi Tuang	8 – 14	18 – 20	60 – 90
Alumunium	-	200 – 300	600 – 800
Bronze	-	20 – 45	150 – 250

2. Bubut lurus

Membubut lurus adalah pembubutan memanjang (sejajar benda kerja) untuk mendapatkan ukuran diameter benda kerja yang dikehendaki. Atau, pembubutan permukaan rata (*facing*) yaitu meratakan permukaan pada bidang diameter benda kerja untuk menghasilkan pembubutan permukaan datar pada benda kerja.



Gambar 3 Bubut rata/lurus

Proses pemembubutan rata/lurus, ada beberapa cara pemegangan atau pengikatannya yaitu tergantung dari ukuran panjangnya benda kerja. Pengikatan benda kerja yang berukuran relatif pendek, dapat dilakukan dengan cara langsung diikat menggunakan cekam mesin. Pengikatan benda kerja yang berukuran relatif panjang, pada bagian ujung yang menonjol keluar ditahan dengan senter putar. Sedangkan pengikatan benda kerja yang berukuran relatif panjang yang dikawatirkan akan terjadi getaran pada bagian tengahnya, selain pada bagian ujung benda kerja yang menonjol keluar ditahan dengan senter putar, juga pada bagian tengahnya harus ditahan dengan penahan benda kerja/*steady rest*.

Ketiga cara pengikatan benda kerja tersebut diatas, adalah cara pembubutan lurus yang tidak menuntut kesepusat dan kesejajaran diameternya dengan kedua lubang senter bornya. Apabila pada diameter benda kerja yang menuntut harus sepusat dan sejajar dengan kedua lubang senter bornya karena masih akan dilakukan proses pemesinan berikutnya, maka pengikatannya harus dilakukan dengan cara diantara dua senter.

Untuk mendapatkan hasil pembubutan yang lurus terutama yang pengiktannya menggunakan penahan senter putar dan diantara dua senter, yakinkan bahwa

sumbu senter kepala lepas harus benar-benar satu sumbu/sepusat dengan sumbu senter spindel mesin, karena apabila tidak hasil pembubutannya akan menjadi tirus atau tidak lurus

3. Mengebor

Mengebor adalah membuat lubang dengan mata bor. Mata bor dengan gagang silindris sampai dengan diameter 13 mm dapat dicekam dengan cekam bor (*drill chuck*). Sedangkan mata bor dengan gagang atau ditambah dengan sarung tirus dapat dimasukkan langsung ke dalam lubang bumbung (*barrel*) kepala lepas.

Mata bor berdiameter besar yang bergagang tirus dalam pemakaiannya sering mengelincirkan (*slip*) terhadap bumbung kepala lepas sehingga ikut putaran benda kerja. Hal ini disebabkan besarnya momen puntir yang dialami mata bor tersebut. Untuk mengatasi hal tersebut, gunakan klem atau pembawa (*lathe dog*) untuk mengikat mata bor sedikit di depan bumbung kepala lepas dan ujung. Klem / pembawa disandarkan pada eretan melintang.

Proses pengeboran pada mesin bubut, pada umumnya dilakukan untuk pekerjaan lanjutan diantaranya akan dilanjutkan untuk diproses: pengetapan, pembesaran lubang (*borring*), rimer, ulir dalam dll. Masing- masing proses tersebut memiliki ketentuan sendiri dalam menetapkan diameter lubang bornya, maka dari itu didalam menentukan diameter bor yang akan digunakan untuk proses pengeboran di mesin bubut harus mempertimbangkan beberapa kepentingan diatas.



Gambar 4 Proses Mengebor

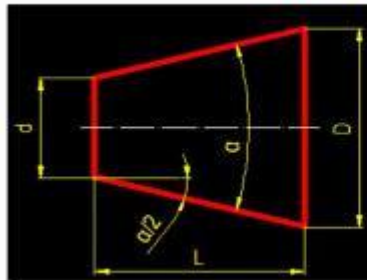
4. Membubut tirus

Pengertian tirus adalah benda kerja yang mempunyai ukuran yang berbeda dari satu bagian kebagian lainnya secara berurutan serta beraturan. Bisa juga disebut suatu benda kerja yang memiliki penampang kerucut. Fungsi dari tirus yaitu sebagai pengikat dan pengunci sementara. Dan saat ingin melepaskan, butuh hentakan.

Tirus berbeda dengan *Taper*. Tirus adalah benda hasil bubut mempunyai ukuran diameter yang berbeda dan beraturan, sedangkan *Taper* adalah benda hasil sekrap dan frais mempunyai ukuran yang berbeda dan beraturan. Benda kerja berbentuk tirus dihasilkan pada proses bubut apabila gerakan pahat membentuk sudut tertentu terhadap sumbu benda kerja. Cara membuat benda tirus ada beberapa macam :

- a) Memutar Eretan Atas

Pergeseran Eretan atas



d = diameter kecil tirus (mm)
 D = diameter besar tirus (mm)
 L = panjang tirus (mm)
 α = sudut tirus
 $\alpha/2$ = sudut pergeseran eretan atas

Rumus:

$$\operatorname{tg} \frac{\pi}{2} = \frac{D - d}{2l}$$

Tabel 2 Sudut Putar Eretan Atas

$\operatorname{tg} \frac{\pi}{2} = \frac{D - d}{2l}$	Dalam derajat (°)	$\operatorname{tg} \frac{\pi}{2} = \frac{D - d}{2l}$	Dalam derajat (°)
0,05	2,86	0,55	28,81
0,10	5,71	0,60	30,96
0,15	8,53	0,65	33,02
0,20	11,30	0,70	34,99
0,25	14,03	0,75	36,87
0,30	16,70	0,80	38,66
0,35	19,29	0,85	40,36
0,40	21,80	0,90	41,99
0,45	24,22	0,95	43,53
0,50	26,57	1,0	45

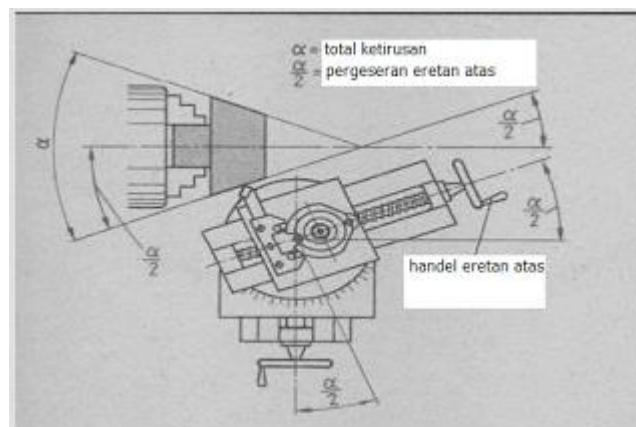
Langkah-langkahnya :

- Menghitung besar sudut ketirusan dengan rumus yang ada, atau melihat table diatas.
- Menentukan arah putaran eretan dengan melihat arah tirus yang akan dibuat (*clockwise* atau *counterclockwise*).
- Menentukan kedalaman pemakanan (*depth of cut*) serta banyaknya proses yang dilakukan.

Keuntungan dan Kelemahan memutar eretan atas:

KEUNTUNGAN	KERUGIAN
Besar sudut tidak terbatas 0° - 90°	Tidak dapat di gerakkan secara otomatis
Pembuatan tirus bagian dalam dapat dilakukan	Panjang tirus sebatas panjang gerakan eretan atas

b) Menggeser Kepala Lepas / *Tailstock*



Gambar 5 Tirus dengan menggeser kepala lepas

Pada metode ini waktu proses setting lebih lama. Langkah-langkah:

- Proses pembuatan lubang senter pada kedua permukaan benda kerja

memakai bor pemusat (*center drill*) yang sesuai.

- Pemasangan benda kerja dengan system dua senter (*between center*).

Rumus untuk mencari besarnya pergeseran kepala lepas:

$$X = \frac{L}{l} X \frac{D - d}{2}$$

Keterangan:

X = besarnya pergeseran kepala (mm)

L = panjang total benda kerja (mm)

D = Diameter terbesar (mm)

d = diameter terkecil (mm)

Beberapa hal yang perlu diperhatikan:

- Penumpuan harus kuat dengan menekan kepala lepas dan dikunci semua penguncinya.
- Menggeser kepala lepas setelah benda kerja terpasang dengan baik.
- Laju pemakanan dipilih yang kecil supaya getaran tidak terlalu besar.

Keuntungan dan Kelemahan menggeser kepala lepas:

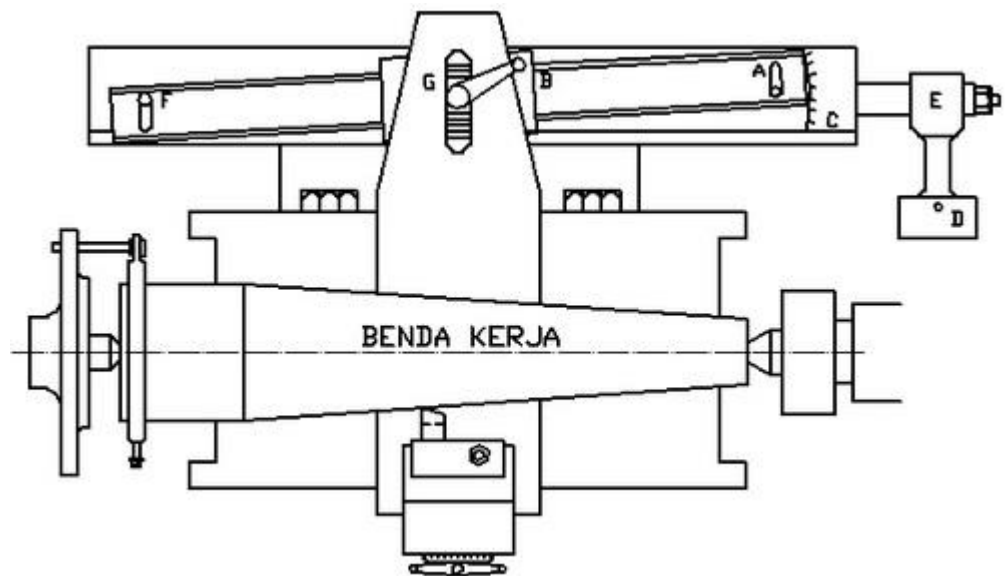
KEUNTUNGAN	KERUGIAN
Gerakan pahat dapat otomatis	Waktu setting lama
Kehalusan dapat maksimal	Sudut tirus terbatas (0°-20°)
Kesenteran benda kerja terjamin	
Panjang tirus maksimal (sesuai permintaan)	

- c) Menggunakan Perlengkapan Tirus



Gambar 6 Tirus dengan menggunakan perlengkapan tirus

Cara ini dilakukan apabila tirus yang dibuat terlalu panjang dan besar, sehingga tidak bisa diproses dengan cara memutar eretan atas dan cara menggeser kepala lepas. Skema *taper attachment* :



Gambar 7 Skema Tapper attachment

Langkah-langkah membubut tirus dengan bantuan taper attachment :

- Pasanglah taper attachment pada bagian belakang bed mesin
- Atur sudut mistar pada taper attachment sesuai dengan sudut setengahnya dari tirus benda kerja.

- Hubungkan eretan dengan taper attachment dengan menggunakan baut penyetel.
- Jika eretan memanjang digerakkan maka eretan melintang akan bergerak mengikuti sumbu mistar penghantar, sehingga akan menghasilkan sayatan yang sejajar dengan mistar penghantar.
- Jika mistar penghantar diputar $1,5^\circ$ maka akan menghasilkan benda kerja yang mempunyai sudut tirus $2 \times 1,5^\circ = 3^\circ$.

Keuntungan dan Kelemahan menggunakan perlengkapan tirus:

KEUNTUNGAN	KERUGIAN
Gerakan pahat dapat otomatis	Waktu setting agak lama
Dapat untuk membuat tirus dalam	Besar sudut maksimal 20° dan panjang terbatas maksimal 300 mm

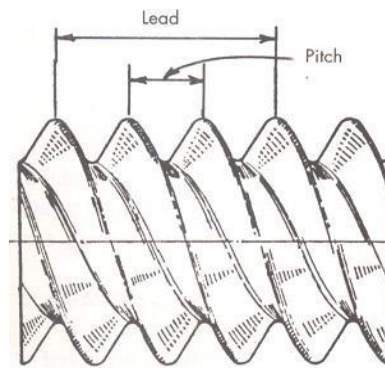
5. Membubut ulir

Proses pembubutan ulir pada mesin bubut standar, pada dasarnya hanyalah alternatif apabila jenis ulir yang diperlukan tidak ada dipasaran umum atau jenis ulir yang dibuat hanya untuk keperluan khusus. Mesin bubut standar didesain tidak hanya untuk membuat ulir saja, sehingga untuk melakukan pembubutan ulir memerlukan waktu yang relatif lama, hasilnya kurang presisi dan banyak teknik-teknik yang harus dipahami sebelum melakukan pembubutan ulir.

Pembuatan ulir dengan jumlah banyak atau produk massal, pada umumnya dilakukan atau diproses dengan cara diantaranya: diroll, dicetak, dipress dan diproses pemesinan dengan mesin yang desainnya hanya khusus digunakan untuk membuat ulir sehingga prosesnya cepat dan hasilnya presisi. Dari berbagai cara yang telah disebutkan diatas, pada proses pembuatannya harus tetap mengacu dan berpedoman pada standar umum yang telah disepakati, yaitu meliputi nama-nama jenis ulirnya, nama-nama bagiannya, ukurannya, toleransinya dan

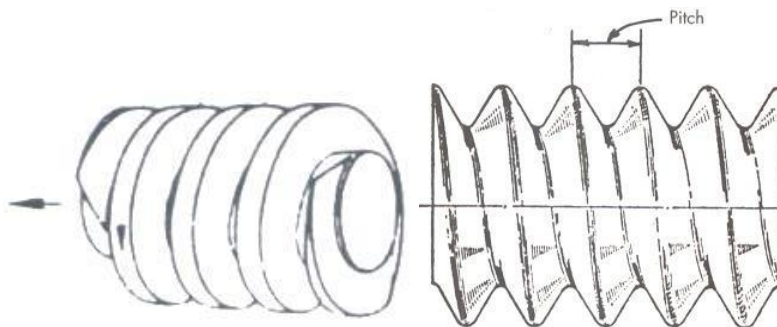
peristilahan-peristilahannya sehingga hasilnya dapat digunakan sesuai keperuntukannya.

Pada Ulir terdapat beberapa bagian yang dengan peristilahan nama tertentu diantaranya, pada bagian lingkaran ulir terdapat gang (*pitch-P*) dan kisar (*lead-L*). Pengertian “gang” adalah jarak puncak ulir terdekat dan pengertian “kisar” adalah jarak puncak ulir dalam satu putaran penuh. Bila dilihat dari jumlah ulirnya, jenis ulir dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu: ulir tunggal (*Single thread*) dan ulir ganda/majemuk (*Multiple thread*). Disebut ulir tunggal apabila dalam satu kali keliling benda kerja hanya terdapat satu alur ulir dan disebut ulir ganda/majemuk jika mempunyai lebih dari satu alur ulir dalam satu keliling lingkaran.

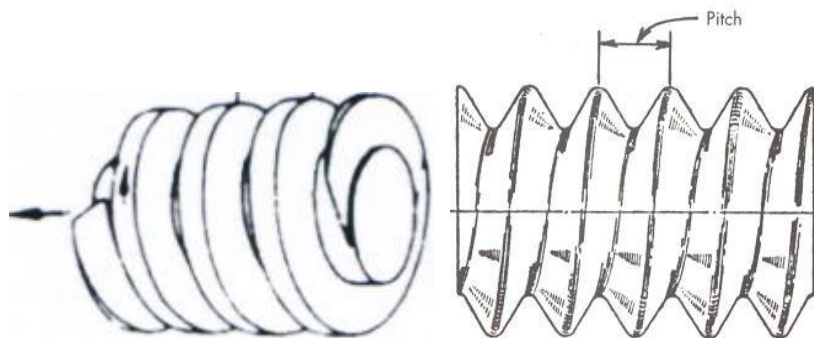


Gambar 8 Ulir tunggal kanan

Bila dilihat dari arah ulirnya, jenis ulir dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu: ulir kanan (*right hand screw thread*) dan ulir kiri (*left hand screw thread*). Disebut ulir kanan apabila ulirannya mengarah kekanan, dan disebut ulir kiri apabila arah ulirannya mengarah ke kiri.

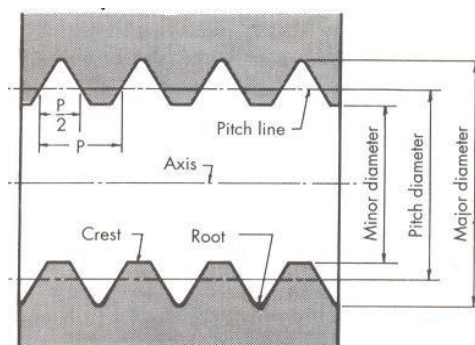


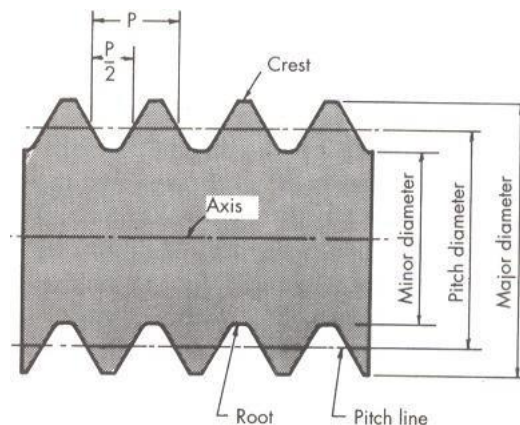
Gambar 9 Ulir tunggal kanan dan arah ulir



Gambar 10 Ulir tunggal kiri dan arah ulir

Selain itu ulir juga memiliki standar nama ukuran yang baku, diantaranya diameter terbesar atau nominal (*major diameter*), diameter tusuk (*pitch diameter*) dan diameter terkecil atau diameter kaki (*minor diameter*). Nama ulir bagian luar dan ulir bagian dalam dapat dilihat pada. Sedangkan nama-nama bagian ulir luar secara lengkap dapat dilihat pada.

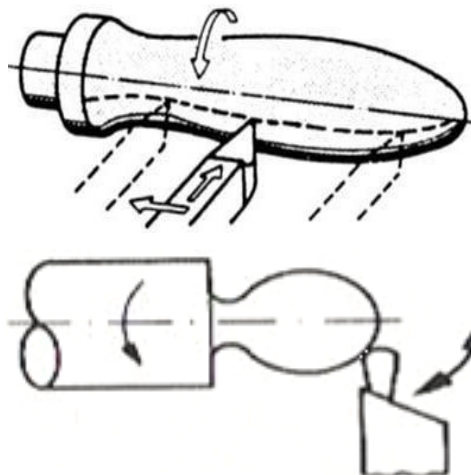




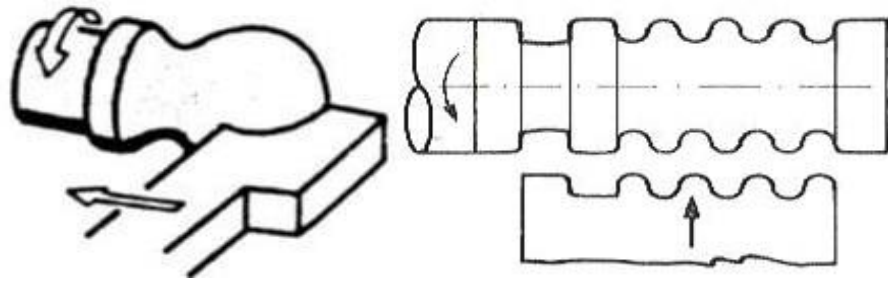
Gambar 11 Nama-nama bagian ulir luar dan dalam

6. Pembubutan profil

Pembubutan profil adalah proses pembubutan untuk membentuk permukaan benda kerja dengan bentuk sesuai dengan tuntutan pekerjaan. Dalam membentuk permukaan benda kerja dapat dilakukan dengan cara mengatur gerakan pahat secara manual atau menggerakkan pahat secara otomatis dengan menggunakan perlengkapan bubut copy dan cara lainnya adalah dengan membentuk pahat bubut yang akan digunakan sesuai bentuk yang diinginkan.



Gambar 12 Pembubutan profil dengan gerakan pahat



Gambar 13 Pembubutan profil dengan pahat bubut bentuk

Pada proses pembubutan profil yang menggunakan pahat bubut bentuk, karena bidang mata sayatnya yang memotong lebar, maka disarankan pemakanan dan kecepatan putarnya tidak boleh besar yaitu pendekatnya sama pada saat melakukan pembubutan alur, sehingga dapat memperkecil terjadinya beban lebih dan gesekan yang tinggi terhadap pahat.

7. Pemotongan (*cutting off*)

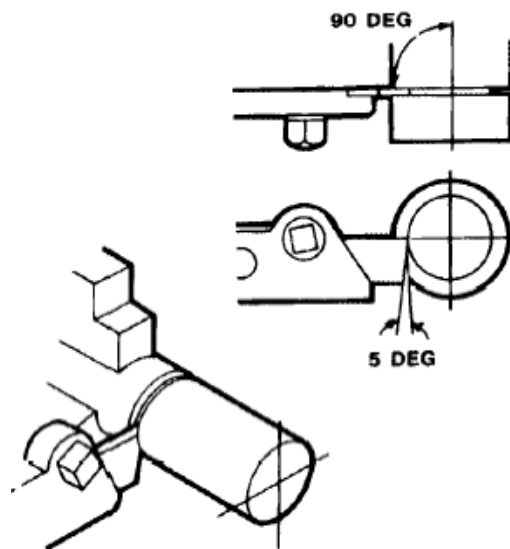
Yang dimaksud pemotongan pada mesin bubut adalah, proses pemotongan benda kerja yang dilakukan menggunakan mesin bubut. Proses pemotongan pada mesin bubut, pada umumnya dilakukan apabila ingin menyelesaikan atau mendekatkan ukuran panjang dari benda kerja hasil proses sebelumnya karena benda kerja tidak memungkinkan untuk dicekam pada posisi sebaliknya atau tidak dapat dipotong dengan proses lain.

Ada beberapa persyaratan umum yang harus dilakukan pada proses pemotongannya diantaranya: menggunakan pahat potong yang standar geometrinya, pemasangan benda kerja harus kuat dan tidak boleh terlalu menonjol keluar dari rahang cekam untuk benda kerja yang berukuran pendek, pemasangan pahat potong harus kuat dan tidak boleh terlalu menonjol keluar dari dudukannya, gunakan putaran mesin antara $\frac{1}{4}$ s.d $\frac{1}{3}$ putaran normal, bagian yang akan dipotong harus sedikit lebih lebar dibandingkan dengan lebar mata pahatnya agar pahat tidak terjepit, dan untuk pemotongan benda yang berukuran

panjang boleh menggunakan penahan senter putar dengan catatan mengikuti prosedur yang benar.

a) Pemasangan Pahat Potong

Selain yang telah dipersyaratkan tersebut diatas, pemasangan pahat potong harus benar-benar setinggi sumbu senter (Gambar 2.3.13), karena apabila tidak setinggi sumbu senter akan berpengaruh besar terhadap perubahan geometrinya terutama pada sudut bebas potong bagian depan. Apabila pemasangan terlalu tinggi dari sumbu senter pengaruhnya tidak akan dapat melakukan pemotongan, karena ujung mata potongnya berubah pada posisi diatas sumbu senter dan apabila terlalu rendah, pahat akan mendapat gaya potong yang relatif besar sehingga rawan patah dan juga benda kerja akan terangkat keatas.

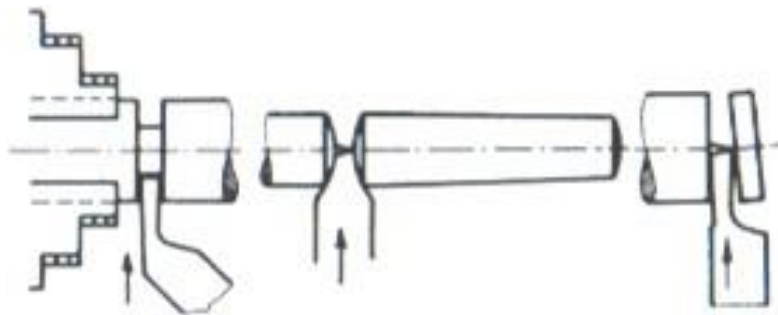


Gambar 14 Pemasangan Pahat potong

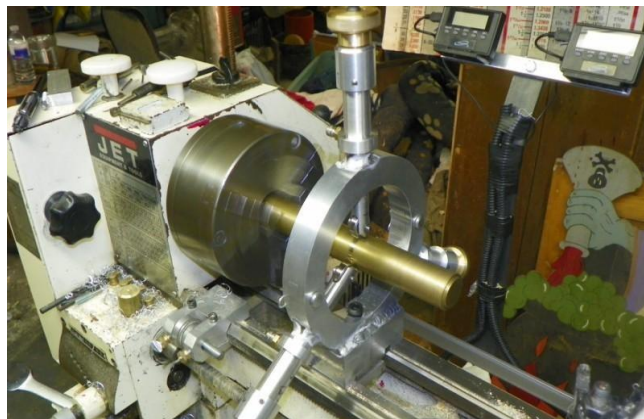
b) Proses pemotongan

Proses pemotongan benda kerja pada mesin bubut, pada umumnya akan dihadapkan pada ukuran yang pendek dan panjang. Untuk benda kerja yang berukuran pendek dapat dilakukan dengan cara pencekam langsung dengan

cekam mesin. Untuk melakukan pemotongan benda kerja yang panjang diperbolehkan ditahan menggunakan senter putar, akan tetapi pemotongannya tidak boleh dilakukan sampai putus atau disisakan sebagian untuk kemudian digergaji, atau dilanjutkan dengan dengan pahat tersebut tetapi tanpa didukung dengan senter dengan tujuan untuk menghindari terjadinya pembengkokan benda kerja dan patahnya pahat. Cara lain untuk melakukan pemotongan benda kerja yang panjang, yaitu dengan mendukung benda kerja pada ujungnya dengan penahan benda kerja/ *steady rest*.



Gambar 15 Pemotongan benda kerja berukuran panjang.



Gambar 16 Menahan benda kerja sebelum dipotong dengan steady rest

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas Pengantar

Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok, 1 JP)

Sebelum melakukan aktivitas pembelajaran berdiskusilah dengan sesama peserta diklat di kelompok Saudara untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran tentang fungsi mesin bubut? Sebutkan!
2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
6. Apa bukti yang harus diunjuk kerjakan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan **Lembar Kerja (LK)-00**. Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran dengan membaca dan mengamati tentang fungsi mesin bubut.

Aktivitas 1. Menelaah penggunaan mesin bubut sesuai fungsinya.

Silahkan telaah tentang fungsi mesin bubut. Coba anda kumpulkan produk-produk hasil mesin bubut kemudian sebutkan proses pembuatannya. Coba diskusikan dengan anggota kelompok nama-nama proses itu.

Diskusikan pertanyaan-pertanyaan berikut ini :

- 1) Jelaskan kegunaan mesin bubut !
- 2) Coba sebutkan jenis-jenis pengerjaan dari mesin bubut !
- 3) Coba jelaskan cara menentukan kecepatan potong !
- 4) Coba jelaskan cara-cara membubut tirus !

Hasil diskusi dapat Saudara tuliskan pada kertas plano (karton besar) dan dipresentasikan kepada anggota kelompok lain. Kelompok lain menanggapi dengan mengajukan pertanyaan atau memberikan penguatan.

E. Rangkuman

1. Rumus untuk menghitung putaran :

$$n = \frac{CS}{\pi \times d}$$
$$n = \frac{1000 \times CS}{\pi \times d}$$

CS = Kecepatan potong (m/menit atau feet/menit)

D = diameter pisau/benda kerja (m)

N = kecepatan putaran pisau/benda kerja (rpm)

$\pi = 3,14$ atau $22/7$

2. Membubut lurus adalah pembubutan memanjang (sejajar benda kerja) untuk mendapatkan ukuran diameter benda kerja yang dikehendaki. Atau, pembubutan permukaan rata (*facing*) yaitu meratakan permukaan pada bidang diameter benda kerja untuk menghasilkan pembubutan permukaan datar pada benda kerja.
3. Mengebor adalah membuat lubang dengan mata bor. Mata bor dengan gagang silindris sampai dengan diameter 13 mm dapat dicekam dengan cekam bor (*drill chuck*). Sedangkan mata bor dengan gagang atau ditambah dengan sarung tirus dapat dimasukkan langsung ke dalam lubang bumbung (*barrel*) kepala lepas.
4. Pengertian tirus adalah benda kerja yang mempunyai ukuran yang berbeda dari satu bagian kebagian lainnya secara berurutan serta beraturan. Bisa juga disebut suatu benda kerja yang memiliki penampang kerucut. Fungsi dari tirus yaitu sebagai pengikat dan pengunci sementara. Dan saat ingin melepaskan, butuh hentakan

Membubut tirus mempunyai 3 cara yaitu :

- 1) Memutar Eretan Atas

- 2) Menggeser Kepala Lepas / Tailstock
- 3) Menggunakan Perlengkapan Tirus
5. Proses pembubutan ulir pada mesin bubut standar, pada dasarnya hanyalah alternatif apabila jenis ulir yang diperlukan tidak ada dipasaran umum atau jenis ulir yang dibuat hanya untuk keperluan khusus. Mesin bubut standar didesain tidak hanya untuk membuat ulir saja, sehingga untuk melakukan pembubutan ulir memerlukan waktu yang relatif lama, hasilnya kurang presisi dan banyak teknik- teknik yang harus dipahami sebelum melakukan pembubutan ulir.
6. Pembubutan profil adalah proses pembubutan untuk membentuk permukaan benda kerja dengan bentuk sesuai dengan tuntutan pekerjaan. Dalam membentuk permukaan benda kerja dapat dilakukan dengan cara mengatur gerakan pahat secara manual atau menggerakkan pahat secara otomatis dengan menggunakan perlengkapan bubut copy. Cara lainnya adalah dengan membentuk pahat bubut yang akan digunakan sesuai bentuk yang diinginkan.
7. Proses pemotongan pada mesin bubut, pada umumnya dilakukan apabila ingin menyelesaikan atau mendekatkan ukuran panjang dari benda kerja hasil proses sebelumnya karena benda kerja tidak memungkinkan untuk dicekam pada posisi sebaliknya atau tidak dapat dipotong dengan proses lain

F. Formatif

1. Fungsi utama mesin bubut standar adalah untuk...
 - a. Membelah
 - b. Mengalur
 - c. Menyetik
 - d. Menggerinda
2. Yang bukan fungsi utama mesin bubut standar adalah ...
 - a. Menchamper

- b. Memfacing
 - c. Mengulir
 - d. Membentuk
3. Tirus tidak dapat dikerjakan dengan...
- a. Menggeser kepala
 - b. Menggunakan taper attachment
 - c. Memutar eretan atas
 - d. Memiringkan pahat
4. Langkah pengeboran lubang yang benar pada mesin bubut adalah
- a. memasang benda – menentukan putaran – mengebor senter – mengebor
 - b. memasang benda – mengebor senter – menentukan putaran – mengebor
 - c. memasang benda – mengebor – mengebor senter – menentukan putaran
 - d. memasang benda – mengebor – menentukan putaran – mengebor senter
5. Pada saat proses pengetapan, agar diperoleh hasil yang optimal, dilakukan *kecuali*....
- a. mengatur ketegaklurusan tap terhadap lubang
 - b. mengatur kelurusan tap terhadap lubang
 - c. membuat champer pada lubang
 - d. memberikan pelumas

G. Kunci jawaban

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

KEGIATAN PEMBELAJARAN 4 : BAGIAN-BAGIAN UTAMA MESIN BUBUT

A. Tujuan

Setelah proses pembelajaran, peserta didik dapat menyebutkan bagian-bagian utama mesin bubut dan menerapkannya pada proses membubut.

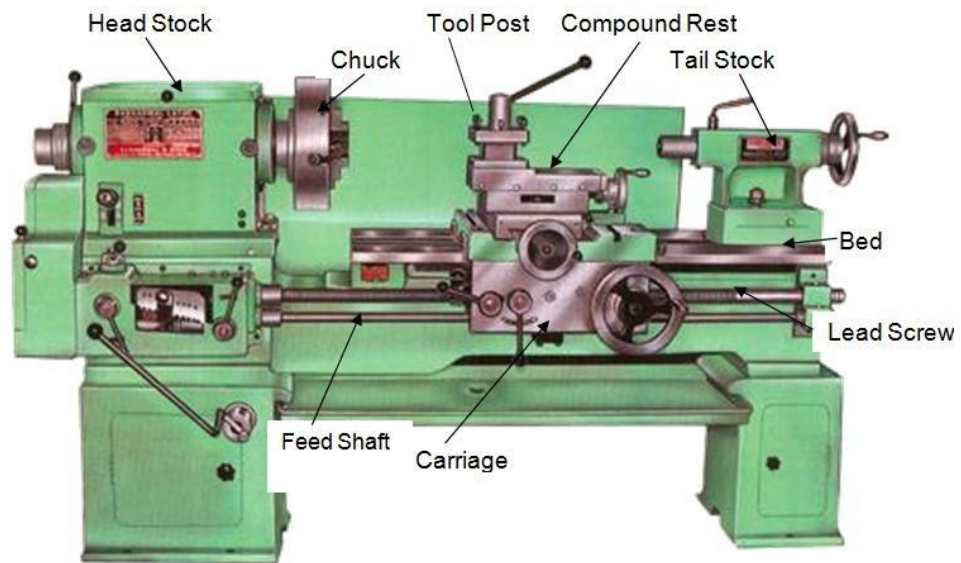
B. Indikator Pencapaian Kompetensi

- 1) Dapat menyebutkan bagian-bagian utama mesin bubut.
- 2) Dapat menjelaskan fungsi dari setiap bagian-bagian utama mesin bubut itu.
- 3) Dapat menggunakan bagian-bagian utama dalam berbagai proses membubut.
- 4) Dapat melakukan pemeliharaan terhadap bagian-bagian utama mesin bubut.

C. Uraian Materi

Bagian-bagian mesin bubut yang umum diketahui antara lain :

- 1) Kepala tetap (*head stoke*)
- 2) Spindel (*spindle*)
- 3) Eretan (*carriage*)
- 4) Kepala lepas (*tail stoke*)
- 5) Alas (*bed*)
- 6) Ulir pembawa (*lad screw*) dan Poros penjalan (*feed rod*)
- 7) Tempat pahat (*toolpost*)



Gambar 17 Mesin Bubut

1. Kepala tetap (*Head Stock*)

Kepala tetap atau *Head Stock* adalah bagian dari mesin bubut yang letaknya disebelah kiri mesin, dan bagian inilah yang memutar benda kerja yang didalamnya terdapat transmisi roda gigi. Head stock dari mesin bubut digunakan untuk menyangga poros utama, yaitu poros yang digunakan untuk menggerakkan spindle. Poros utama yang terdapat pada *Head Stock* tersebut juga digunakan sebagaiudukan roda gigi untuk mengatur kecepatan putaran yang diinginkan. Fungsi rangkaian roda gigi dalam kepala tetap adalah untuk meneruskan putaran motor menjadi putaran spindle.

Pada Kepala tetap ini ditempatkan berbagai bagian mesin yang memudahkan kita melakukan pekerjaan. beberapa bagian yang ada di kepala tetap adalah Plat mesin; engkol pengatur pasangan roda gigi; cakra bertingkat; motor penggerak mesin. Pada kepala tetap ini pula kita memasang alat pemegang benda kerja sehingga aman pada saat dikerjakan. Kepala tetap (*head stock*), terdapat spindle utama mesin yang berfungsi sebagaiudukan beberapa perlengkapan mesin bubut diantaranya: cekam (*chuck*), kollet (*collet*), senter tetap, atau pelat pembawa rata (*face plate*) dan pelat pembawa berekor (*driving plate*). Alat-alat

perlengkapan tersebut dipasang pada spindel mesin berfungsi sebagai pengikat atau penahan benda kerja yang akan dikerjakan pada mesin bubut.

Didalam konstruksi kepala tetap, terdapat roda *pully* yang dihubungkan dengan motor penggerak. Dengan tumpuan poros dan mekanik lainnya, *pully* dihubungkan dengan poros spindel dan beberapa susunan transmisi mekanik dalam *gear box*. Susunan transmisi mekanik dalam *gear box* tersebut terdapat beberapa komponen diantaranya, roda gigi berikut poros tumpuannya, lengan penggeser posisi roda gigi dan susunan mekanik lainnya yang berfungsi sebagai pengatur kecepatan putaran mesin, kecepatan pemakanan dan arah pemakanan. Susunan transmisi mekanik didalam *gear box*, dihubungkan dengan beberapa tuas/ *handel* dibagian sisi luarnya, yang rancangan atau didesainnya dibuat sedemikian rupa agar seorang operator mudah dan praktis untuk menjangkau dalam rangka menggunakan/ mengatur dan merubah tuas/ *handel* tersebut sesuai dengan kebutuhannya.

Setiap mesin bubut dengan merk atau prabrikaan yang berbeda, pada umumnya memiliki posisi dan konstruksi tuas/*handel* yang berberbeda pula walaupun pada prinsipnya memiliki fungsi yang sama. Contoh pada jenis mesin bubut standar “Celtic 14”, dapat memperoleh putaran mesin yang berbeda-beda apabila hubungan diantara roda gigi diadalamnya diubah-ubah menggunakan tuas pengatur kecepatan putaran yaitu “A” (kerja tunggal) dan “B” (kerja ganda). Putaran cepat (tinggi) biasanya dilakukan pada kerja tunggal, yaitu diperlukan untuk pembubutan dengan tenaga ringan atau pemakanan kecil (*finising*), sedangkan putaran lambat dilakukan pada kerja ganda. yaitu diperlukan untuk membubut dengan tenaga besar dan sayatan tebal (pengasaran). Sedangkan tuas “C dan D” berfungsi mengatur kecepatan putaran transportir yang berhubungan dengan kehalusan pembubutan dan jenis ulir yang akan dibuat (dapat dilihat pada pelat tabel pembubutan dan ulir).



Gambar 18 Kepala tetap

2. Spindle

Sumbu utama atau dikenal dengan *main spindle* merupakan suatu sumbu utama mesin bubut yang berfungsi sebagaiudukan *chuck* (cekam), plat pembawa, kolet, senter tetap dan lain-lain.



Gambar 19 Spindle mesin bubut

3. Kepala lepas (*Tail Stock*)

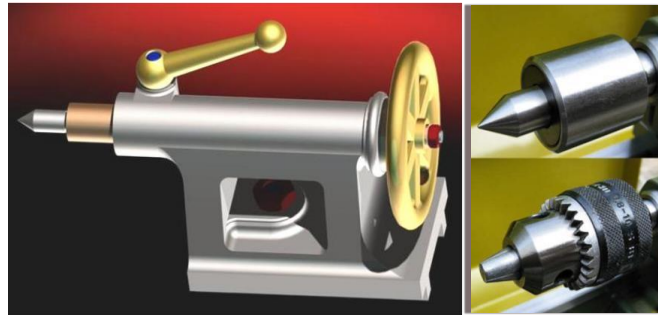
Kepala lepas adalah bagian dari mesin bubut yang letaknya disebelah kanan dari mesin bubut, Bagian ini berfungsi untuk tempat pemasangan senter yang digunakan sebagai penumpu ujung benda kerja dan sebagaiudukan penjepit mata bor pada saat melakukan pengeboran, kepala lepas juga berfungsi untuk menopang benda kerja yang panjang. Karena, ada saat mengerjakan benda

berukuran panjang kemungkinan bengkok sangat besar sehingga harus ditopang pada kedua ujung, yaitu di kepala tetap dan kepala lepas ini. Beberapa bagian yang ada di kepala tetap adalah; Center Putar, untuk memompang benda kerja, agar tidak terjadi gesekan,; *Handwill*,; Pengunci poros,; Pengunci alas.

Tail Stock ini dapat digerakkan atau digeser sepanjang meja mesin, dan dikencangkan dengan perantara mur dan baut atau dengan tuas pengencang. Selain digeser sepanjang alas atau meja mesin, tail stock juga dapat digerakkan maju atau mundur atau arah melintang saat digunakan untuk keperluan pembubutan benda yang konis.

Kepala lepas digunakan untuk dudukan senter putar sebagai pendukung benda kerja pada saat pembubutan, dudukan bor tangkai tirus dan cekam bor sebagai menjepit bor. Kepala lepas dapat bergeser sepanjang alas mesin, porosnya berlubang tirus sehingga memudahkan tangkai bor untuk dijepit. Tinggi kepala lepas sama dengan tinggi senter tetap. Kepala lepas digunakan sebagai dudukan senter putar (*rotary centre*), senter tetap, cekam bor (*chuck drill*) dan mata bor bertangkai tirus yang pemasangannya dimasukkan pada lubang tirus (*sleeve*) kepala lepas. Senter putar (*rotary centre*) atau senter tetap dipasang pada kepala lepas dengan tujuan untuk mendukung ujung benda kerja agar putarannya stabil, sedangkan cekam bor atau mata bor dipasang pada kepala lepas dengan tujuan untuk proses pengeboran. Untuk dapat melakukan dorongan senter tetap/ senter putar pada saat digunakan untuk menahan benda kerja dan melakukan pengeboran pada kedalaman tertentu sesuai tuntutan pekerjaan, kepala lepas dilengkapi roda putar yang disertai sekala garis ukur (*nonius*) dengan ketelitian tertentu, yaitu antara 0,01 s.d 0,05 mm.

Kepala lepas ini terdiri dari dua bagian yaitu alas dan badan, yang diikat dengan 2 baut pengikat yang dapat digeser untuk keperluan kedua senter sepusat, atau tidak sepusat yaitu pada waktu membubut tirusan tinggi senter kepala tetap. Kepala lepas ini terdiri dari dua bagian yaitu alas dan badan, yang diikat dengan 2 baut pengikat yang dapat digeser untuk keperluan kedua senter sepusat, atau tidak sepusat yaitu pada waktu membubut tirus



Gambar 20 Kepala lepas dan fungsinya

4. Eretan (*carriage*)

Eretan adalah alat yang digunakan untuk melakukan proses pemakanan pada benda kerja dengan cara menggerakkan ke kiri dan ke kanan sepanjang meja. Eretan utama akan bergerak sepanjang meja sambil membawa eretan lintang dan eretan atas dan kedudukan pahat. *Carriage* terdiri dari tempat eretan, kedudukan pahat dan apron. Konstruksinya kuat karena harus menyangga dan mengarahkan pahat pemotong. Dilengkapi dengan dua cross slide untuk mengarahkan pahat dalam arah melintang. *Spindle* yang atas mengendalikan gerakan kedudukan pahat dan spindle atas untuk menggerakkan pembawa sepanjang landasan.

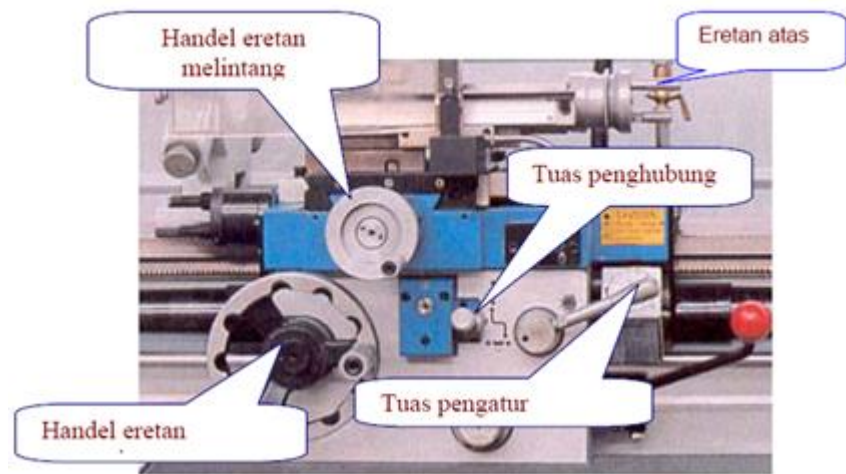
Ada tiga jenis eretan, yaitu:

- a. Eretan bawah, eretan ini berjalan sepanjang alas mesin. Eretan ini di sebut juga eretan memanjang/ alas (*longitudinal carriage*) berfungsi untuk melakukan gerakan pemakanan arah memanjang mendekati atau menjauhi spindle mesin, secara manual atau otomatis sepanjang meja/ alas mesin dan sekaligus sebagai kedudukan eretan melintang.
- b. Eretan lintang, eretan ini bergerak tegak lurus terhadap alas mesin. Eretan melintang (*cross carriage/ cross slide*) berfungsi untuk melakukan gerakan pemakanan arah melintang mendekati atau menjauhi sumbu senter, secara manual/ otomatis dan sekaligus sebagai kedudukan eretan atas.
- c. Eretan atas, eretan ini digunakan untuk menjepit pahat bubut dan dapat diputar ke kanan atau ke kiri sesuai dengan sudut yang diinginkan, khususnya pada saat mengerjakan benda-benda yang berbentuk konis. Eretan ini dapat

digerakkan secara manual maupun otomatis. Eretan atas/ eretan kombinasi (*top carriage/ compound slide*) terlihat pada berfungsi untuk melakukan pemakanan secara manual ke arah sudut yang dikehendaki sesuai penyetelannya. Bila dilihat dari konstruksinya, eretan melintang bertumpu pada eretan memanjang dan eretan atas bertumpu pada eretan melintang. Dengan demikian apabila eretan memanjang digerakkan, maka eretan melintang dan eretan atas juga ikut bergerak/ bergeser.

Pada eretan memanjang dan melintang, dalam memberikan pemakanan dan mengatur kecepatan pemakanan dapat diatur menggunakan skala garis ukur (*nonius*) yang memiliki ketelitian tertentu yang terdapat pada roda pemutarnya. Pada umumnya untuk eretan memanjang memiliki ketelitian skala garis ukurnya lebih kasar bila dibandingkan dengan ketelitian skala garis ukur pada eretan melintang, yaitu antara 0,1 s.d 0,5 mm dan untuk eretan melintang antara 0,01 s.d 0,05 mm. Skala garis ukur (*nonius*) ini diperlukan untuk dapat mencapai ukuran suatu produk dengan toleransi dan suaian yang terdapat pada gambar kerja.

Gerakan secara otomatis eretan memanjang dan eretan melintang bisa terjadi karena adanya poros pembawa dan poros transportir yang dihubungkan secara mekanik dari gear box pada kepala tetap menuju gear box mekanik pada eretan. Pada gear box mekanik eretan, dihubungkan melalui transmisi dengan beberapa tuas/ handel dan roda pemutar yang masing memiliki fungsi yang berbeda.



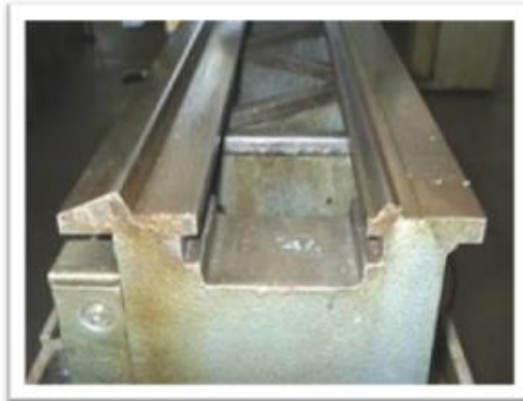
Gambar 21 Eretan

5. Bed

Bed adalah alas mesin adalah bagian dari mesin bubut yang berfungsi sebagai pendukung serta lintasan eretan (*support*) dan kepala lepas (*tail stock*). Permukaan alas mesin ini yang rata dan halus dapat mendukung kesempurnaan pekerjaan membubut (kelurusan).

Meja mesin bubut berfungsi sebagai tempat dudukan kepala lepas, eretan, penyangga diam (*steady rest*) dan merupakan tumpuan gaya pemakanan waktu pembubutan. Bentuk alas ini bermacam-macam, ada yang datar dan ada yang salah satu atau kedua sisinya mempunyai ketinggian tertentu

Kepala lepas di letakkan diatas bed dan dapat di geser dapat digeser sepanjang alas (*bed*) mesin. Kepala lepas ini terdiri dari dua bagian yaitu alas dan badan, yang diikat dengan 2 baut pengikat yang dapat digeser untuk keperluan kedua senter sepusat, atau tidak sepusat yaitu pada waktu membubut tirusan tinggi senter kepala tetap.

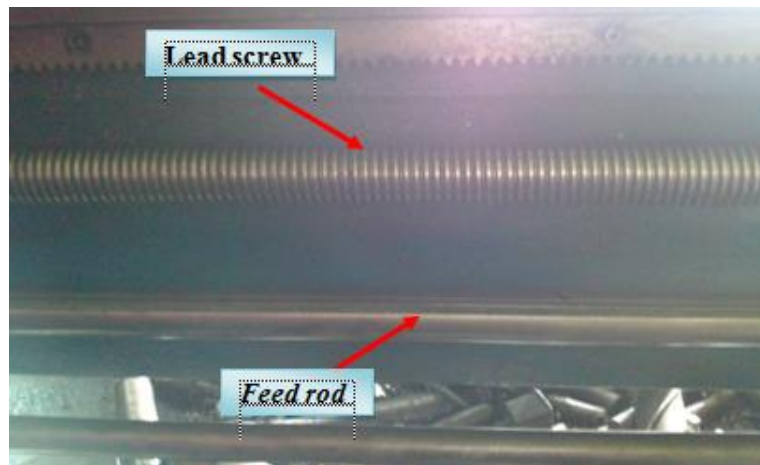


Gambar 22 Bed mesin bubut

6. Ulir pembawa (*Lead Screw*) Poros penjalan (*feed rod*)

Ulir pembawa adalah poros panjang berulir yang terletak agak dibawah dan sejajar dengan bangku, memanjang dari kepala tetap sampai ekor tetap. Dihubungkan dengan roda gigi pada kepala tetap dan putarannya bisa dibalik. Dipasang ke pembawa (*carriage*) dan digunakan sebagai ulir pengarah untuk membuat ulir saja dan bisa dilepas kalau tidak dipakai. *Lead screw* atau bisa di sebut sumbu transporter, digunakan untuk membawa eretan pada waktu kerja otomatis atau pekerjaan pembubutan lainnya yang biasanya memiliki kisar ulir 6 mm, digunakan untuk membawa eretan pada waktu kerja otomatis, misalnya waktu membubut ulir, alur dan atau pekerjaan pembubutan lainnya.

Feed rod (poros pembawa), adalah poros yang selalu berputar untuk mendukung jalanya eretan.



Gambar 23 Lead screw dan Feed rod

7. Tool post

Penjepit / pemegang pahat / rumah pahat digunakan untuk menjepit atau memegang pahat yang bentuknya ada beberapa macam. Jenis ini sangat praktis dan dapat menjepit pahat 4 (empat) buah sekaligus sehingga dalam suatu pengerjaan bila memerlukan 4 (empat) macam pahat dapat dipasang dan disetel sekaligus. Bentuknya atau modelnya secara garis besar ada dua macam yaitu, pemegang pahat standar dan pemegang dapat disetel (*adjustable tool post*). Pemegang pahat standar :



Gambar 24 Tool post standar

Pengertian rumah pahat standar adalah, didalam mengatur ketinggian pahat bubut harus dengan memberi ganjal sampai dengan ketinggiannya tercapai dan pengencangan pahat bubut dilakukan dengan dengan cara yang standar, yaitu dengan mengencangkan baut-baut yang terdapat pada pemegang pahat.

Pemegang pahat standar, bila dilihat dari dudukannya terdapat dua jenis yaitu,udukan pahat satu dan empat. Pemegang pahat denganudukan satu, hanya dapat digunakan untuk mengikat/ menjepit pahat bubut sebanyak satu buah, sedangkan pemegang pahat denganudukan empat dapat digunakan untuk mengikat/ menjepit pahat sebanyak empat buah sekaligus, sehingga bila dalam proses pembubutan membutuhkan beberapa bentuk pahat bubut akan lebih praktis prosesnya bila dibandingkan menggunakan pemegang pahatudukan satu. Pemegang Pahat dapat disetel (*Adjustable Tool Post*) :



Gambar 25 Adjustable tool post

Pengertian rumah pahat dapat disetel adalah, didalam mengatur ketinggian pahat bubut dapat disetel ketinggiannya tanpa harus memberi ganjal, karena pada bodi pemegang pahat sudah terdapatudukan rumah pahat yang desain konstruksinya disertai kelengkapan mekanik yang dengan mudah dapat menyetel, mengencangkan dan mengatur ketinggian pahat bubut. Jenis pemegang pahat dapat disetel ini bila dilihat dari konstruksiudukan rumah pahatnya terdapat dua jenis yaitu, pemegang pahat dapat disetel denganudukan rumah pahat satu buah dan pemegang pahat dapat disetel denganudukan rumah lebih dari satu/ multi.

Untuk jenis pemegang pahat dapat disetel dengan dudukan rumah pahat satu buah, karena hanya terdapat dudukan rumah pahat satu buah apabila ingin mengganti jenis pahat yang lain harus melepas terlebih dahulu rumah pahat yang sudah terpasang sebelumnya. Sedangkan untuk jenis pemegang pahat dapat disetel dengan dudukan rumah pahat lebih dari satu (multi), pada rumah pahatnya dapat dipasang dua buah atau lebih rumah pahat, sehingga apabila dalam proses pembubutan memerlukan beberapa jenis pahat bubut akan lebih mudah dan praktis dalam menggunakannya, karena tidak harus melepas/ membongkar pasang rumah pahat yang sudah terpasang sebelumnya.

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas Pengantar

Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok, 1 JP)

Sebelum melakukan aktivitas pembelajaran berdiskusilah dengan sesama peserta diklat di kelompok Saudara untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran tentang bagian-bagian utama mesin bubut? Sebutkan!
2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
6. Apa bukti yang harus diunjukkan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan **Lembar Kerja (LK)-00**. Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran dengan membaca dan mengamati tentang bagian-bagian utama mesin bubut.

Aktivitas 1. Menelaah bagian-bagian utama mesin bubut.

Silahkan telaah tentang bagian-bagian mesin bubut. Pelajari fungsi setiap bagian utama tersebut dan telaah bagaimana cara kerjanya sehingga dapat dimanfaatkan dalam proses pembubutan.

Coba diskusikan dengan anggota kelompokmu, pertanyaan-pertanyaan berikut ini :

- 1) Jelaskan fungsi dari setiap bagian-bagian utama mesin bubut itu.
- 2) Bagaimana cara menggunakan bagian-bagian utama dalam berbagai proses membubut? Coba jelaskan!
- 3) Agar tidak cepat rusak, bagaimana cara melakukan pemeliharaan terhadap bagian-bagian utama mesin bubut ?

Hasil dari diskusi, coba ditayangkan dalam kertas karton atau dalam berupa gambar yang ditayangkan dengan bantuan infocus. Diskusikan dengan kelompok lainnya dan catat masukan-masukan untuk menguatkan kompetensi dalam bidang bagian-bagian mesin bubut.

E. Rangkuman

1. Kepala tetap, berfungsi sebagaiudukan beberapa perlengkapan mesin bubut diantaranya: cekam (*chuck*), kollet, senter tetap, atau pelat pembawa rata (*face plate*) dan pelat pembawa berekor (*driving plate*).
2. Sumbu utama atau dikenal dengan main spindle merupakan suatu sumbu utama mesin bubut yang berfungsi sebagaiudukan *chuck* (cekam), plat pembawa, kolet, senter tetap dan lain-lain.
3. Kepala lepas, digunakan sebagaiudukan senter putar (*rotary centre*), senter tetap, cekam bor (*chuck drill*) dan mata bor bertangkai tirus yang pemasanganya dimasukkan pada lubang tirus (*sleeve*) kepala lepas.
4. Eretan (*carriage*), terdiri dari tiga bagian/elemen diantaranya, eretan memanjang, eretan melintang dan eretan atas.

- Eretan memanjang (*longitudinal carriage*), berfungsi untuk melakukan gerakan pemakanan arah memanjang mendekati atau menjauhi spindle mesin, secara manual atau otomatis sepanjang meja/alas mesin dan sekaligus sebagai dudukan eretan melintang.
 - Eretan melintang (*cross carriage*), berfungsi untuk melakukan gerakan pemakanan arah melintang mendekati atau menjauhi sumbu senter, secara manual/otomatis dan sekaligus sebagai dudukan eretan atas.
 - Eretan atas (*top carriage*), berfungsi untuk melakukan pemakanan secara manual ke arah sudut yang dikehendaki sesuai penyetelannya.
5. Alas/meja mesin, digunakan sebagai tempat kedudukan kepala lepas, eretan, penyangga diam (*steady rest*) dan merupakan tumpuan gaya pemakanan pada waktu pembubutan.
 6. Poros *Transportir* dan Poros Pembawa.
 - Poros transportir adalah sebuah poros berulir berbentuk segi empat atau trapesium dengan jenis ulir *whithworth* (inchi) atau metrik (mm), berfungsi untuk membawa eretan pada waktu pembubutan secara otomatis, misalnya pembubutan arah memanjang/melintang dan ulir.
 - Poros pembawa adalah poros yang selalu berputar untuk membawa atau mendukung jalannya eretan dalam proses pemakanan secara otomatis.
 7. Pengertian rumah pahat standar adalah, didalam mengatur ketinggian pahat bubut harus dengan memberi ganjal sampai dengan ketinggiannya tercapai dan pengencangan pahat bubut dilakukan dengan dengan cara yang standar, yaitu dengan mengencangkan baut-baut yang terdapat pada pemegang pahat.

F. Formatif

1. Yang bukan termasuk bagian utama mesin bubut adalah....
 - a. Kepala lepas
 - b. Kepala tetap
 - c. Senter tetap

- d. Eretan
2. Bagian utama mesin bubut yang berfungsi sebagaiudukan rumah pahat adalah....
- a. Eretan atas
 - b. Eretan melintang
 - c. Eretan memanjang
 - d. Eretan
3. Bagian utama mesin bubut yang berfungsi sebagaiudukan rumah pahat adalah....
- a. Eretan atas
 - b. Eretan melintang
 - c. Eretan memanjang
 - d. Eretan
4. Bagian utama mesin bubut yang memutarakan benda kerja pada sumbu utama adalah
- a. Kepala lepas
 - b. Kepala tetap
 - c. Eretan
 - d. Tool post
5. Bagian mesin bubut yang berfungsi untuk mengatur tebal tipis sayatan adalah
- a. Eretan atas
 - b. Eretan lintang
 - c. Eretan alas
 - d. Kepala lepas

G. Kunci jawaban

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

KEGIATAN PEMBELAJARAN 5 : PERLENGKAPAN MESIN BUBUT

A. Tujuan

Setelah proses pembelajaran diikuti, peserta didik mempunyai kemampuan menyebutkan dan menggunakan perlengkapan mesin bubut dalam proses pembubutan.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

- 1) Dapat menyebutkan perlengkapan mesin bubut.
- 2) Dapat menjelaskan fungsi masing-masing perlengkapan mesin bubut.
- 3) Dapat memilih perlengkapan mesin bubut sesuai kebutuhan.
- 4) Dapat menggunakan perlengkapan mesin bubut dalam proses pembubutan.

C. Uraian Materi

Pada mesin bubut standar terdapat beberapa alat perlengkapan mesin diantaranya: alat pencekam/ pengikat, alat pembawa, alat penahan/ penyangga dan alat bantu pengeboran.

1. Alat Pencekam/ Pengikat Benda Kerja

Alat pencekam benda kerja pada mesin bubut standar terdapat beberapa buah diantaranya :

a. Cekam (*Chuck*)

Cekam adalah salahsatu alat perlengkapan mesin bubut yang fungsinya untuk menjepit/ mengikat benda kerja pada proses pembubutan. Jenis alat ini apabila dilihat dari gerakan rahangnya dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu, cekam sepusat (*self centering chuck*) dan cekam tidak sepusat (*independent chuck*). Pengertian cekam sepusat adalah, apabila salahsatu rahang digerakkan maka keseluruhan rahang yang terdapat pada cekam akan bergerak bersama-sama menuju atau menjauhi pusat sumbu. Maka dari itu, cekam jenis ini sebaiknya hanya digunakan untuk mencekam benda kerja yang benar-benar sudah silindris. Cekam jenis ini rahangnya ada yang berjumlah tiga (*3 jaw chuck*) ,

empat (4 *jaw chuck*) dan enam (6 *jaw chuck*) seperti yang terlihat pada gambar berikut.



Gambar 26 Cekam sepusat

Sedangkan pengertian cekam tidak sepusat adalah, masing-masing rahang dapat digerakkan menuju/ menjauhi pusat dan rahang lainnya tidak mengikuti. Maka jenis cekam ini digunakan untuk mencekam benda-benda yang tidak silindris atau tidak beraturan, karena lebih mudah disetel kesentrisannya dan juga dapat digunakan untuk mencekam benda kerja yang akan dibubut eksentrik atau sumbu senternya tidak sepusat. Jenis cekam ini pada umumnya memiliki rahang empat. Lihat gambar dibawah.



Gambar 27 Cekam tak sepusat

Untuk jenis cekam yang lain, rahangnya ada yang berjumlah dua buah yang diikatkan pada rahang satu dengan yang lainnya, tujuannya agar rahang pada bagian luar dapat dirubah posisinya sehingga dapat mencekam benda kerja yang memiliki diameter relatif besar. Caranya yaitu dengan melepas baut pengikatnya, baru kemudian dibalik posisinya dan dikencangkan kembali. Hati-hati dalam memasang kembali rahang ini, karena apabila pengarahnya tidak bersih, akan mengakibatkan rahang tidak tidak sepusat dan kedudukannya kurang kokoh/ kuat. Gambar berikut adalah cekam dengan rahang dapat balik posisinya.



Gambar 28 Cekam rahang balik

Selain jenis cekam yang telah disebutkan di atas, masih ada jenis cekam lain yaitu cekam yang memiliki rahang dengan bentuk khusus. Cekam ini

digunakan untuk mengikat benda kerja yang perlu pengikatan dengan cara yang khusus. Lihat gambar dibawah.



Gambar 29 Cekam khusus

Cekam pada saat digunakan harus dipasang pada spindel mesin. Cara pemasangannya tergantung dari bentuk dudukan/ pengarah pada spindel mesin dan cekam. Keduanya harus memiliki bentuk yang sama, sehingga bila dipasangkan akan stabil dan presisi kedudukannya. Bentuk dudukan/ pengarah pada spindel pada umumnya ada dua jenis yaitu, berbentuk ulir dan tirus.

b. Cekam Kolet (*Collet Chuck*)

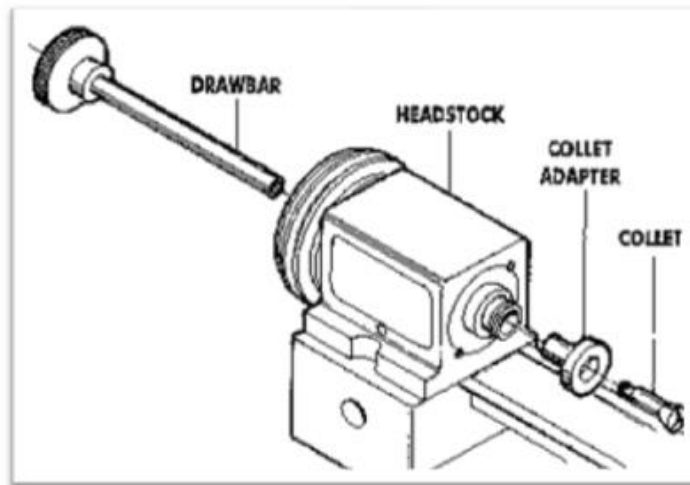
Cekam kolet adalah salah satu kelengkapan mesin bubut yang berfungsi untuk menjepit/ mencekam benda kerja yang memiliki permukaan relatif halus dan berukuran kecil. Pada mesin bubut standar, alat ini terdapat tiga bagian yaitu: kolet (*collet*), dudukan/ rumah kolet (*collet adapter*) dan batang penarik (*drawbar*). Bentuk lubang pencekam pada kolet ada tiga macam diantaranya, bulat, segi empat dan segi enam.



Gambar 30 Cekam kolet

Pemasangan kolet dengan batang penarik pada spindel mesin bubut harus dilakukan secara bertahap yaitu:

- pertama: pasangudukan/ rumah kolet pada spindel mesin (kedua alat harus dalam keadaan bersih)
- kedua: pasang kolet pada dudukan/ rumah kolet (kedua alat dalam keadaan bersih)
- ketiga: pasang batang penarik pada sipindel dari posisi belakang, selanjutnya kencangkan secara perlahan dengan memutar rodanya kearah kanan atau searah jarum sampai kolet pada posisi siap digunakan untuk menjepit/ mengikat benda kerja (kekencangannya hanya sekedar mengikat kolet). Bila kolet akan digunakan, caranya setelah benda kerja dimasukkan pada lubang kolet selanjutnya kencangkan hingga benda kerja terikat dengan baik.



Gambar 31 Pemasangan kolet

2. Drill chuck

Cekam bor (*drill chuck*) adalah salahsatu alat bantu pengecam/ pengikat alat potong pada proses pembubutan diantaranya untuk mencekam/ mengikat: senter bor (*centre drill*), mata bor (*twist drill*), rimer (*reamer*), konterbor (*counter bore*), dan kontersing (*counter sink*). Jika dilihat dari system pecekaman/ pengunciannya, alat tersebut ada dua jenis yaitu, cekam bor dengan kunci dan cekam bor tanpa kunci (*keyless chuck drill*).



Gambar 32 Drill Chuck

3. Alat Pembawa

Yang termasuk alat pembawa pada mesin bubut adalah, pelat pembawa dan pembawa (*lathe dog*).

a. Pelat Pembawa

Jenis pelat pembawa ada dua yaitu, pelat pembawa permukaan bertangkai (*driving plate*) dan pelat pembawa permukaan rata (*face plate*). Konstruksi pelat pembawa berbentuk bulat dan pipih, berfungsi untuk memutar pembawa (*lathe-dog*) sehingga benda kerja yang terikat akan ikut berputar bersama spindel mesin.

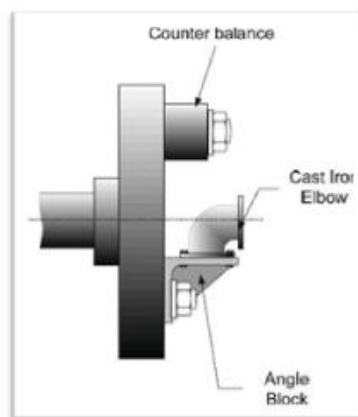


Gambar 33 Driving plate



Gambar 34 Face plate

Untuk jenis pembawa permukaan rata (*face plate*) selain digunakan sebagai pembawa *lathe dog*, alat ini juga dapat digunakan untuk mengikat benda kerja yang memerlukan pengikatan dengan cara khusus. Berikut contoh pengikatan benda kerja pada pelat pembawa.



Gambar 35 contoh pengikatan benda kerja pada pelat pembawa

b. Pembawa (*Late-dog*)

Pembawa (*late-dog*) pada mesin bubut secara garis besar ada dua jenis yaitu, pembawa berujung lurus dan pembawa berujung bengkok. Fungsi alat ini adalah untuk membawa benda kerja agar ikut berputar bersama spindel mesin.



Gambar 36 Late-dog

Didalam penggunaannya, pembawa berujung lurus digunakan berpasangan dengan plat pembawa permukaan bertangkai dan pembawa berujung bengkok digunakan berpasangan dengan plat pembawa beralur atau cekam mesin. Caranya benda kerja dimasukkan kedalam lubang pembawa, kemudian diikat/ dijepit dengan baut yang ada pada pembawa tersebut, sehingga akan dapat berputar bersama-sama dengan spindel mesin. Pembubutan dengan cara ini dilakukan apabila dikehendaki membubut menggunakan diantara dua senter.



Gambar 37 Contoh penggunaan pelat pembawa dan late-dog

4. Alat Penahan Benda Kerja

Alat penahan benda kerja pada mesin bubut standar ada dua yaitu : penyangga dan senter (senter tetap/ mati dan senter putar).

a. Penyangga/ Penahan

Penyangga adalah salah satu alat pada mesin bubut yang digunakan untuk menahan benda kerja yang memiliki ukuran relatif panjang. Benda kerja yang berukuran panjang, apabila dilakukan proses pembubutan bila tidak dibantu penyangga, kemungkinan diameternya akan menjadi elips/oval, tidak silindris dan tidak rata karena terjadi getaran akibat lenturan benda kerja. Penyangga pada mesin bubut ada dua macam yaitu, penyangga tetap (*steady rest*), dan penyangga jalan (*follower rest*).



Gambar 38 Penyangga tetap (*steady rest*)



Gambar 39 Penyangga jalan (*follower rest*)

Penggunaan penyangga tetap, dipasang atau diikat pada alas/ meja mesin, sehingga kedudukannya dalam keadaan tetap tidak mengikuti gerakan eretan. Untuk penyangga jalan, pemasangannya diikatkan pada eretan memanjang sehingga pada saat eretannya digerakkan maka penyangga jalan mengikuti gerakan eretan tersebut.



Gambar 40 Beberapa penggunaan penyangga

b. Senter

Senter terbuat dari baja yang dikeraskan dan digunakan untuk mendukung benda kerja yang akan dibubut. Ada dua jenis senter yaitu senter tetap/ mati (senter yang posisi ujung senternya diam tidak berputar pada saat digunakan) dan senter putar (senter yang posisi ujung senternya selalu berputar pada saat

digunakan. Kedua jenis senter ini ujung pada bagian tirusnya memiliki sudut 60, dan bila digunakan pemasangannya pada ujung kepala lepas.

Bagian senter yang mendukung benda kerja mempunyai sudut 60°, dan dinamakan senter putar karena pada saat benda kerjanya berputar senternya pun ikut berputar. Berbeda dengan senter mati (tetap) untuk penggunaan pembubutan antara dua senter, benda tersebut hanya ikut berputar bersama mesin namun ujungnya tidak terjadi gesekan dengan ujung benda kerja yang sudah diberi lubang senter. Walaupun tidak terjadi gesekan sebaiknya sebelum digunakan, ujung senter dan lubang senter pada benda kerja diberi grease/gemuk atau pelumas sejenis lainnya.

Mengingat senter tetap pada saat digunakan tidak ikut berputar (akan selalu terjadi gesekan pada ujung senternya), maka untuk menjaga agar tidak cepat aus harus sering diberi pelumas (oli/ *stempet/ grease*). Pada umumnya senter putar pemasangannya pada ujung kepala lepas dan senter tetap pemasangannya pada sumbu utama mesin (*main spindle*).



Gambar 41 Senter berada di kepala lepas



Live Center



Dead Center

Gambar 42 Senter hidup dan center mati

5. *Taper Attachment* (Kelengkapan tirus)

Alat ini digunakan untuk membubut tirus. Selain menggunakan alat ini membubut tirus juga dapat dilakukan dengan cara menggeser kedudukan kepala lepas ataupun eretan atas.



Gambar 43 Tapper attachment

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas Pengantar

Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok, 1 JP)

Sebelum melakukan aktivitas pembelajaran berdiskusilah dengan sesama peserta diklat di kelompok Saudara untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran tentang perlengkapan mesin bubut? Sebutkan!
2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
6. Apa bukti yang harus diunjukkan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan **Lembar Kerja (LK)-00**. Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran dengan membaca dan mengamati tentang perlengkapan mesin bubut.

Aktivitas 1 : Menelaah perlengkapan mesin bubut.

Agar proses pembubutan berjalan dengan baik, maka diperlukan perlengkapan mesin bubut. Silahkan telaah dan kuasai tentang fungsi dari kelengkapan mesin bubut. Kemudian diskusikan dengan anggota kelompok pertanyaan-pertanyaan berikut ini :

- 1) Jelaskan fungsi masing-masing perlengkapan mesin bubut.
- 2) Bagaimana cara menggunakan masing-masing perlengkapan mesin bubut dalam proses pembubutan.

Hasil dari diskusi, coba ditayangkan dalam kertas karton atau dalam berupa gambar yang ditayangkan dengan bantuan infocus. Diskusikan dengan kelompok lainnya dan catat masukan-masukan untuk menguatkan kompetensi dalam bidang perlengkapan bubut.

E. Rangkuman

1. Perlengkapan mesin diantaranya: alat pencekam/ pengikat, alat pembawa, alat penahan/ penyangga dan alat bantu pengeboran.
2. Alat Pencekam/ Pengikat Benda Kerja:
 - a) Cekam (*Chuck*)

Cekam adalah salahsatu alat perlengkapan mesin bubut yang fungsinya untuk menjepit/ mengikat benda kerja pada proses pembubutan. Jenis alat ini apabila dilihat dari gerakan rahangnya dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu, cekam sepusat (*self centering chuck*) dan cekam tidak sepusat (*independent chuck*).
 - b) Cekam Kolet (*Collet Chuck*)

Cekam kolet adalah salahsatu kelengkapan mesin bubut yang berfungsi untuk menjepit/ mencekam benda kerja yang memilki permukaan relatif halus dan berukuran kecil. Pada mesin bubut standar, alat ini terdapat tiga bagian yaitu: kolet (*collet*),udukan/ rumah kolet (*collet adapter*) dan batang penarik (*drawbar*). Bentuk lubang pencekam pada kolet ada tiga macam diantaranya, bulat, segi empat dan segi enam.

c) Drill chuck

Cekam bor (*drill chuck*) adalah salahsatu alat bantu pencekam/ pengikat alat potong pada proses pembubutan diantaranya untuk mencekam/ mengikat: senter bor (*centre drill*), mata bor (*twist drill*), rimer (*reamer*), konterbor (*counter bore*), dan kontersing (*counter sink*)

3. Yang termasuk alat pembawa pada mesin bubut adalah, pelat pembawa dan pembawa (*lathe dog*)

a) Pelat Pembawa

Jenis pelat pembawa ada dua yaitu, pelat pembawa permukaan bertangkai (*driving plate*) dan pelat pembawa permukaan rata (*face plate*). Konstruksi pelat pembawa berbentuk bulat dan pipih, berfungsi untuk memutar pembawa (*lathe-dog*) sehingga benda kerja yang terikat akan ikut berputar bersama spindel mesin.

b) Pembawa (*Late-dog*)

Pembawa (*late-dog*) pada mesin bubut secara garis besar ada dua jenis yaitu, pembawa berujung lurus dan pembawa berujung bengkok. Fungsi alat ini adalah untuk membawa benda kerja agar ikut berputar bersama spindel mesin.

4. Alat Penahan Benda Kerja

Alat penahan benda kerja pada mesin bubut standar ada dua yaitu : penyangga dan senter (senter tetap/ mati dan senter putar)

a) Penyangga/ Penahan

Penyangga adalah salah satu alat pada mesin bubut yang digunakan untuk menahan benda kerja yang memilki ukuran relatif panjang.

Penyangga pada mesin bubut ada dua macam yaitu, penyangga tetap (*steady rest*), dan penyangga jalan (*follower rest*).

b) Senter

Senter terbuat dari baja yang dikeraskan dan digunakan untuk mendukung benda kerja yang akan dibubut. Ada dua jenis senter yaitu senter tetap/ mati (senter yang posisi ujung senternya diam tidak berputar pada saat digunakan) dan senter putar (senter yang posisi ujung senternya selalu berputar pada saat digunakan. Kedua jenis senter ini ujung pada bagian tirusnya memiliki sudut 60, dan bila digunakan pemasangannya pada ujung kepala lepas

5. *Taper Attachment* (Kelengkapan tirus)

Alat ini digunakan untuk membubut tirus. Selain menggunakan alat ini membubut tirus juga dapat dilakukan dengan cara menggeser kedudukan kepala lepas ataupun eretan atas.

F. Formatif

1. Yang bukan termasuk perlengkapan mesin bubut adalah....
 - a. Pelat pembawa
 - b. Kolet
 - c. Eretan memanjang
 - d. Cekam
2. Perlengkapan mesin bubut yang berfungsi sebagai pengikat benda kerja yang berukuran relatif kecil dan permukaannya halus adalah....
 - a. Pelat pembawa
 - b. Kolet
 - c. Eretan penyangga
 - d. Cekam
3. *Follow rest* pada mesin bubut berfungsi sebagai ...
 - a. Penahan benda kerja yang dipasang diam pada meja.

- b. Penahan benda kerja yang bergerak mengikuti eretan melintang
 - c. Penahan benda kerja yang dipasang pada ujung benda kerja
 - d. Penahan benda kerja yang bergerak mengikuti eretan memanjang
8. *Steady rest* pada mesin bubut berfungsi sebagai ...
- a. Penahan benda kerja yang bergerak mengikuti eretan melintang
 - b. Penahan benda kerja yang dipasang pada ujung benda kerja
 - c. Penahan benda kerja yang dipasang diam pada meja
 - d. Penahan benda kerja yang bergerak mengikuti eretan memanjang
9. Keuntungan/kelebihan pencekaman benda kerja dengan *independent chuck* dari pada *self centering chuck* adalah....
- a. Dapat distel kesentrisannya
 - b. Dapat dipasang lebih mudah
 - c. Lebih presisi/baik hasilnya
 - d. Lebih mudah penyayatannya

G. Kunci jawaban

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

KEGIATAN PEMBELAJARAN 6 : PAHAT BUBUT

A. Tujuan

Setelah mengikuti pembelajaran, peserta dapat menjelaskan dan menggunakan pahat bubut sesuai dengan fungsinya dengan benar

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

- 1) Dapat menjelaskan fungsi pahat bubut.
- 2) Dapat menyebutkan bahan-bahan pahat bubut.
- 3) Dapat memilih bahan pahat bubut sesuai penggunaannya.
- 4) Dapat menjelaskan fungsi sudut-sudut yang harus dibentuk pada pahat bubut
- 5) Dapat mengasah pahat bubut sesuai dengan sudut yang dibutuhkan.
- 6) Dapat menyebutkan jenis-jenis pahat bubut sesuai fungsinya.
- 7) Dapat memilih jenis pahat bubut sesuai kegunaannya.

C. Uraian Materi

Lima keunggulan yang ada pada material yang digunakan sebagai pemotong adalah 1) mempunyai kekerasan yang baik, 2) keuletan yang dapat menahan beban kejut, 3) ketahanan terhadap beban kejut termal, 4) sifat adhesi yang rendah dan 5) mempunyai daya larut elemen/komponen material pahat yang rendah

Pahat bubut merupakan salah satu alat potong yang sangat diperlukan pada proses pembubutan, karena pahat bubut dengan berbagai jenisnya dapat membuat benda kerja dengan berbagai bentuk sesuai tututan pekerjaan misalnya, dapat digunakan untuk membubut permukaan/ facing, rata, bertingkat, alur, *champer*, tirus, memperbesar lubang, ulir dan memotong. Kemampuan/performa pahat bubut dalam melakukan pemotongan sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya, jenis bahan/ material yang digunakan, geometris pahat bubut, sudut potong pahat bubut dan bagaimana apakah teknik penggunaannya sudah sesuai petunjuk dalam petunjuk penggunaan. Apabila beberapa faktor tersebut diatas dapat terpenuhi berdasarkan standar yang telah ditentukan, maka pahat

bubut akan maksimal kemampuannya/ performanya. Setiap pabrik pembuat pahat bubut biasanya pada buku katalognya selalu mencantumkan spesifikasi dan klasifikasi produk buatannya, diantaranya mencantumkan kode standar yang digunakan misalnya dengan standar ISO 513.

1. Bahan/material Pahat Bubut

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini begitu pesat terutama dalam industri manufaktur/ permesinan, sehingga sudah banyak diciptakan variasi jenis dan sifat material, baik untuk alat potong pahat bubut atau bahan/row material. Pada awalnya manusia hanya mampu membuat alat potong pahat bubut dari jenis baja karbon, kemudian ditemukan unsur atau paduan yang lebih keras sampai ditemukannya material alat potong pahat bubut yang paling keras yaitu diamond (intan). Unsur-unsur yang berpengaruh terhadap performa alat potong/pahat bubut diantaranya; *Tungsten/ Wolfram (W)*, *Chromium (Cr)*, *Vanadium (V)*, *Molybdenum (Mo)* dan *Cobalt (Co)*. Sifat yang diperlukan untuk sebuah alat potong tidak hanya kerasnya saja, akan tetapi masih ada sifat lain yang diperlukan untuk membuat suatu alat potong memiliki performa yang baik.

Secara garis besar ada empat sifat utama yang diperlukan untuk menjadi alat potong yang memiliki kemampuan pemotongan/ performa yang baik. Sampai saat ini belum ada material alat potong yang secara keseluruhan dapat memenuhi keempat sifat yang ada, masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangan yang dalam aplikasinya dapat disesuaikan dengan dengan kebutuhan pekerjaan. Adapun sifat-sifat yang dibutuhkan pada suatu alat potong antara lain sebagai berikut :

a. Keras

Sifat paling utama yang dibutuhkan oleh alat potong adalah keras. Agar dapat memotong/ menyayat bahan benda kerja/ material dengan baik, alat potong harus memiliki sifat lebih keras dari benda kerja/ row material. Pemotongan/ penyayatan dengan alat potong keras, selain dapat melakukan pemotongan dengan baik juga alat potong tidak lentur/ stabil. Tingkat

kekerasan material benda kerja maupun alat potong yang ada sekarang ini sudah cukup bervariasi, sehingga kita tinggal memilih material alat potong yang kita butuhkan disesuaikan dengan bahan benda kerja (work material) yang akan dikerjakan. Namun tidak sedikit terjadi dilapangan, pada kondisi tertentu alat potong harus digunakan untuk memotong/ menyayat benda kerja (work material) yang sudah mengalami proses perlakuan panas (heat treatment), yang mungkin kekerasannya menyamai atau bahkan melebihi kekerasan dari material alat potong yang ada, sehingga harus mengganti jenis alat potong lain yang memiliki sifat yang lebih keras dari pada bahan benda kerja. Sifat keras suatu alat potong sangat erat kaitannya dengan unsur-unsur paduan yang ada pada bahan alat potong tersebut, sehingga apabila ingin meningkatkan kekerasannya pada saat proses pembuatan harus menambahkan unsur paduan lain yang mampu meningkatkan kekerasan. Selain itu perlu diketahui bahwa, tingkat kekerasan alat potong akan bertolak belakang dengan tingkat kelenturan atau keuletannya, yang tentunya sifat ini juga merupakan sifat yang dibutuhkan untuk menjadi alat potong yang performanya baik.

b. Ulet/ Liat

Sifat ulet sangat diperlukan pada suatu alat potong, terutama untuk mengatasi/ menetralkan adanya beban kejutan dan getaran yang mungkin muncul sewaktu pemotongan/ penyayatan terjadi. Sifat ulet ini menyebabkan pahat mampu untuk mengalami pelenturan atau defleksi yang bersifat elastis. Meskipun dapat melentur pahat diharapkan tetap stabil dan kokoh, defleksi hanya diperlukan untuk mengurangi efek dari beban kejutan. Sifat ulet dan keras memang saling bertolak belakang, semakin keras material itu maka akan semakin getas, dan sebaliknya, sehingga jarang di temukan material yang mempunyai tingkat kekerasan dan keuletan yang baik. Untuk menanggulangi hal tersebut maka pahat dibuat dari dua material yang berbeda, yang pertama adalah material keras (material alat potong) kemudian yang kedua adalah material penyangga yang biasanya terbuat dari baja St. 60 atau EMS 45. Metode pengikatnya bisa berupa brazing, dibaut, dijepit, atau diselipkan.

c. Tahan Panas

Setiap alat potong pada saat digunakan untuk melakukan pemotongan/ penyayatan akan timbul panas, hal ini terjadi karena adanya gesekan akibat pemotongan). Besarnya panas yang ditimbulkan secara dominan tergantung dari kecepatan potong (*cutting speed*), kecepatan pemakanan (*feed*), kedalaman pemakanan (*depth of cut*), putaran mesin (Revolution per menit – Rpm), jenis bahan benda kerja yang dikerjakan dan penggunaan air pendingin. Panas yang timbul akibat pemotongan, akan merambat dan terdistribusi pada benda kerja maupun pada pahat. Perambatan panas pada benda kerja jenis tertentu yaitu yang termasuk baja paduan, pada suhu tertentu dapat mengakibatkan perubahan struktur sehingga tingkat kekerasannya menjadi berubah lebih keras seperti dilakukan proses pengerasan (*hardening*). Sedangkan perambatan panas pada pahat bubut, seperti dilakukan proses tempering atau normalising yang dapat mengakibatkan penurunan tingkat kekerasannya. Perlu diketahui bahwa, ketahanan suatu alat potong terhadap panas, sangat dipengaruhi oleh jenis bahan/ material yang digunakan. Bahan atau material alat potong dikatakan baik apabila mampu mempertahankan kekerasannya pada suhu tinggi, jadi meskipun ada panas yang muncul akibat pemotongan/ penyayatan tidak mempengaruhi performa dari pahat bubut. Panas yang muncul pada pahat bubut, dapat dikurangi dengan memberikan air pendingin pada saat proses pemotongan/ penyayatan. Cara pemberian air pendingin hendaknya diarahkan tepat pada titik pemotongan/ penyayatan, sehingga diharapkan dapat mengurangi atau menetralkan panas yang terjadi pada benda kerja maupun pahat. Selain itu perlu diketahui bahwa, pemberian air pendingin yang tidak rutin/ stabil, akan dapat menyebabkan mata sayat pahat bubut menjadi retak atau pecah dalam hal ini untuk pahat bubut yang mengandung unsur karbonnya tinggi.

d. Tahan Aus

Penampang ujung pahat bubut yang kecil dan runcing, mudah sekali untuk mengalami keausan. Sifat ini tidak bias terlepas/ erat kaitannya dengan sifat

yang lain yaitu kekerasan, keuletan dan tahan panas, akan tetapi merupakan hal yang berdiri sendiri. Umur pakai pahat secara normal menunjukkan tingkat ketahanan terhadap keausan. Keausan yang timbul pada mata sayat pahat bubut, dapat disebabkan terjadinya gesekan maupun getaran yang terjadi pada saat pemotongan/ penyayatan. Sifat tahan aus dapat diperbaiki dengan penambahan unsur paduan ataupun perbaikan pada geometri sudut pada pahat bubut.

Untuk mempermudah pemilihan jenis material pahat, khusus untuk pahat karbida yang di semen (*Cemented Carbides*, termasuk jenis *Coated*) maka ISO mengeluarkan satu standar klasifikasi pahat karbida berdasarkan jenis pemakainya.

Dalam hal ini pekerjaan pemesian dikelompokkan menjadi tiga kelompok utama, yaitu :

1. *Steel Cutting Grade* ; untuk pemotongan berbagai jenis baja yang akan menghasilkan geram yang continue (karena relative liat). Diberi kode P (dank ode warna biru)
2. *Cast Iron Cutting Grade* ; guna melakukan berbagai jenis besi tuang yang menghasilakan geram yssng bterputus-putus (karena relative rapuh). Diberi kode huruf K (dank ode waarna merah)
3. *Intermediate Grade* ; digunakan untuk proses pemesian berbagai jenis baja, besi tuang dan nonferrous yang mempunyai sifat ketermesian yang baik. Diberi kode huruf M dan K.

Setiap pabrik pembuat material pahat biasanya mengeluekan klasifikasi pemakaian seperti ini pada waktu petunjuknya selalu mencantumkan kode spesifik yang mereka anut beserta penyesuaiannya dengan standar ISO 513.

2. Proses pembuatan

Untuk mendapatkan kualitas hasil produk pahat bubut yang standar, tahapan proses pembuatannya harus sesuai prosedur yang telah ditetapkan. Berikut tahapan proses pembuatan alat potong. Ada beberapa proses yaitu :

a. Proses mixing

Proses *mixing*., merupakan proses pencampuran (*mixing*) antara serbuk logam dengan bahan aditif.

b. Proses pembentukan (*forming*).

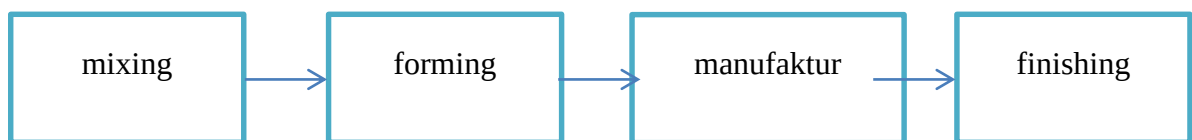
Proses pembentukan (*forming*), yaitu proses pemberian gaya-gaya kompaksi baik pada temperatur ruang (*cold compaction*) maupun pada temperatur tinggi (*hot compaction*). Proses *cold compaction* akan dilanjutkan dengan proses sintering, yaitu proses pemanasan yang dilakukan pada kondisi vakum sehingga diperoleh partikel-partikel yang bergabung dengan kuat.

c. Proses manufaktur

Proses manufaktur adalah proses pemesinan dalam rangka membentuk produk alat potong sesuai standar yang diinginkan.

d. Proses finishing

Proses finishing adalah proses mengahluskan bidang/ bagian tertentu agar kelihatan lebih menarik bila dilihat dari sisi tampilan, dengan tidak mempengaruhi spesifikasi.



Gambar 44 Skema pembuatan pahat bubut

3. Macam-macam pahat bubut

Macam/ jenis pahat bubut dapat dibedakan menurut beberapa klasifikasi tertentu diantaranya:

- a. Macam-macam pahat bubut dilihat dari jenis material/ bahan yang digunakan meliputi : Baja karbon, Baja kecepatan tinggi/ High Speed Steels (HSS), Paduan cor nonferro (cast nonferrous alloys; cast carbides), Karbida (cemented carbides; hardmetals), Keramik (ceramics), CBN (cubic boron nitrides), dan Intan (sintered diamonds & natural diamond)

- 1) Baja karbon

Yang termasuk dalam kelompok baja karbon adalah *High Carbon Steel* (HCS) dan *Carbon Tool Steels* (CTS). Baja jenis ini mengandung karbon yang relative tinggi (0,7% – 1,4% C) dengan prosentasi unsur lain relatif rendah yaitu Mn, W dan Cr masing-masing 2% sehingga mampu memiliki kekerasan permukaan yang cukup tinggi. Dengan proses perlakuan panas pada suhu tertentu, strukur bahan akan bertransformasi menjadi martensit dengan hasil kekerasan antara 500 ÷ 1000 HV. Karena mertensitik akan melunak pada temperature sekitar 250°C, maka baja karbon jenis ini hanya dapat digunakan pada kecepatan potong yang rendah (10 m/menit) dan hanya dapat digunakan untuk memotong logam yang lunak atau kayu.

- 2) Baja Kecepatan Tinggi/ *High Speed Steel* (HSS)

Pada sekitar tahun 1898, ditemukan jenis baja paduan tinggi dengan unsur paduan *Crome* (Cr) dan *Tungsten/ Wolfram* (W) dengan melalui proses penuangan (*molten metallurgy*) selanjutnya dilakukan pengerolan atau penempaan dibentuk menjadi batang segi empat atau silinder. Pada kondisi masih bahan (raw material), baja tersebut diproses secara pemesian menjadi berbagai bentuk pahat bubut. Setelah proses perlakuan panas dilaksanakan, kekerasannya akan menjadi cukup tinggi sehingga dapat digunakan untuk kecepatan potong yang tinggi yaitu sampai dengan tiga kali kecepatan potong pahat CTS. Baja Kecepatan Tinggi (*High Speed Steel* – HSS) apabila dilihat dari komposisinya dapat

dibagai menjadi dua yaitu, Baja Kecepatan Tinggi (*High Speed Steel* – HSS) Konvensional dan Baja Kecepatan Tinggi (*High Speed Steel* – HSS) Spesial.

- HSS Konvensional: Baja Kecepatan Tinggi (HSS) Konvensional, terbagi menjadi dua yaitu :
 - (1) Molibdenum HSS
 - (2) Tungsten HSS

- HSS Spesial: Baja Kecepatan Tinggi Konvensional (HSS) Spesial, terbagi menjadi enam yaitu:
 - (1) Cobalt Added HSS
 - (2) High Vanadium HSS
 - (3) High Hardness Co HSS
 - (4) Cast HSS
 - (5) Powdered HSS
 - (6) Coated HSS

3) Paduan Cor Nonferro

Sifat-sifat paduan cor nonferro adalah diantara sifat yang dimiliki HSS dan Karbida (*Cemented Carbide*), sehingga didalam penggunaannya memiliki karakteristik tersendiri karena karbida terlalu rapuh dan HSS mempunyai ketahanan panas (*hot hardness*) dan ketahanan aus (*wear resistance*) yang terlalu rendah. Jenis material ini di bentuk dengan cara dituang menjadi bentuk-bentuk yang tertentu, misalnya tool bit (sisipan) yang kemudian diasah menurut geometri yang dibutuhkan. Baja paduan nonferro terdiri dari empat macam elemen/ unsur utama diantaranya:

- Cobalt (Co) :
Unsur cobalt, berfungsi sebagai pelarut bagi unsure-unsur lainnya.
- Chrom (Cr) :
Unsur chrom (10% s.d 35%), berfungsi sebagai pembetuk karbida

- Tungsten/Wolfram (W):
Unsur tungsten/ wolfram (10% s.d 25%), berfungsi sebagai pembentuk karbida dan menaikkan karbida secara menyeluruh.

4) Karbida

Jenis karbida yang “disemen” (*Cemented Carbides*) merupakan bahan pahat yang dibuat dengan cara menyinter (*sintering*) serbuk karbida (Nitrida, Oksida) dengan bahan pengikat yang umumnya dari *Cobalt* (Co). Dengan cara Carburizing masing-masing bahan dasar (serbuk) *Tungsten* (Wolfram,W) *Titanium* (Ti), *Tantalum* (Ta) dibuat menjadi karbida yang kemudian digiling (*ball mill*) dan disaring. Salah satu atau campuran serbuk karbida tersebut kemudian di campur dengan bahan pengikat (Co) dan dicetak tekan dengan memakai bahan pelumas (lilin). Setelah itu dilakukan presintering (1000° C) pemanasan mula untuk menguapkan bahan pelumas dan kemudian sintering (1600° C) sehingga bentuk keeping (sisipan) sebagai hasil proses cetak tekan (*Cold* atau HIP) akan menyusut menjadi sekitar 80% dari volume semula. *Hot Hardness* karbida yang disemen (diikat) ini hanya akan menurun bila terjadi pelunakan elemen pengikat. Semakin besar prosentase pengikat Co maka kekerasannya menurun dan sebaliknya keuletannya membaik. Ada tiga jenis utama pahat karbida sisipan, yaitu:

- Karbida Tungsten :
Karbida *tungsten* (WC + Co) yang merupakan jenis pahat karbida untuk memotong besi tuang.
- Karbida Tungsten Paduan :
Karbida *tungsten* paduan (WC – TiC + Co ; WC – TaC –TiC + Co ; WC – TaC + Co ; WC - Tic – TiN + Co ; TiC + Ni, Mo) merupakan jenis karbida untuk pemotongan baja.
- Karbida lapis :

Karbida lapis yang merupakan jenis karbida tungsten yang di lapis (satu atau beberapa lapisan) karbida, nitride, atau oksida lain yang lebih rapuh tetapi ketahanan terhadap panasnya (*hot hardness*) tinggi.

5) Keramik (*Ceramics*)

Keramik menurut definisi yang sempit adalah material paduan metalik dan nonmetalik. Sedangkan menurut definisi yang luas adalah semua material selain metal atau material organik, yang mencakup juga berbagai jenis karbida, nitride, oksida, boride dan silicon serta karbon. Keramik secara garis besar dapat di bedakan menjadi dua jenis yaitu:

- Keramik tradisional
Keramik tradisional yang merupakan barang pecah belah peralatan rumah tangga
- Keramik industri
Keramik industri digunakan untuk berbagai untuk berbagai keperluan sebagai komponen dari peralatan, mesin dan perkakas termasuk perkakas potong atau pahat. Keramik mempunyai karakteristik yang lain daripada metal atau polimer (plastik, karet) karena perbedaan ikatan atom-atomnya, ikatannya dapat berupai ikatan kovalen, ionic, gabungan kovalen & ionic, ataupun sekunder. Selain sebagai perkakas potong, beberapa contoh jenis keramik adalah sebagai berikut :
 - Keramik tradisional (dari ubin sampai dengan keramik untuk menambal gigi)
 - Gelas (gelas optic, lensa, serat)
 - Bahan tahan api (bata pelindung tandur/ tungku)
 - Keramik oksida (pahat potong, isolator, besi, lempengan untuk mikroelektronik dan kapasitor)
 - Keramik oksida paduan
 - Karbida, nitride, boride dan silica

- Karbon

6) *Cubic Boron Nitride (CBN)*

Cubic Boron Nitride (CBN) termasuk jenis keramik. Dibuat dengan penekanan panas (HIP, 60 kbar, 1500°C) sehingga bentuk grafit putih nitride boron dengan struktur atom heksagonal berubah menjadi struktur kubik. Pahat sisipan CBN dapat dibuat dengan menyinter serbuk BN tanpa atau dengan material pengikat, TiN atau Co. Ketahanan panas (*Hot hardness*) CBN ini sangat tinggi bila dibandingkan dengan jenis pahat yang lain.

7) *Intan (diamond)*

Sintered diamond merupakan hasil proses sintering serbuk intan tiruan dengan pengikat Co (5% – 10%). Tahan panas (*Hot hardness*) sangat tinggi dan tahan terhadap deformasi plastic. Sifat ini ditentukan oleh besar butir intan serta prosentase dan komposisi material pengikat. Karena intan pada temperature tinggi akan berubah menjadi graphite dan mudah terdifusi dengan atom besi, maka pahat intan tidak dapat di gunakan untuk memotong bahan yang mengandung besi (*ferros*). Cocok untuk ultra high precision & mirror finish cutting bagi benda kerja nonferro (*Al Alloys, Cu Alloys, Plastics dan Rubber*).

- b. Macam-macam pahat bubut Menurut Letak Penyayatan yang digunakan pahat bubut terdapat dua jenis yaitu, pahat bubut luar dan dalam.

1) *Pahat Bubut Luar*

Pahat bubut luar digunakan untuk proses pembubutan benda kerja pada bidang bagian luar. Sebagaimana dijelaskan di atas bahwa salah satu alat potong yang sering digunakan pada proses pembubutan adalah pahat bubut. Bentuk, jenis dan bahan pahat ada bermacam-macam yang tentunya disesuaikan dengan kebutuhan. Prosesnya adalah benda kerja

yang akan dibubut bergerak berputar sedangkan pahatnya bergerak memanjang, melintang atau menyudut tergantung pada hasil pembubutan yang diinginkan.

2) Pahat Bubut Dalam

Pahat bubut dalam digunakan untuk proses pembubutan benda kerja pada bidang bagian dalam. Digunakan untuk membubut permukaan dalam lobang benda kerja. Selain pahat bubut luar, pada proses pembubutan juga sering menggunakan pahat bubut dalam. Pahat jenis ini digunakan untuk membubut bagian dalam atau memperbesar lubang yang sebelumnya telah dikerjakan dengan mata bor. Bentuknya juga bermacam-macam dapat berupa pahat potong, pahat alur ataupun pahat ulir, ada yang diikat pada tangkai pahat. Bentuk ada yang khusus sehingga tidak diperlukan tangkai pahat. Contoh pemakaian pahat bubut dalam ketika memperbesar lubang dan membubut rata bagian dalam

c. Macam-macam pahat bubut menurut keperluan pekerjaan.

Pahat bubut terdapat dua jenis yaitu, pahat kasar (roughing) dan finishing.

1) Pahat Kasar (Roughing)

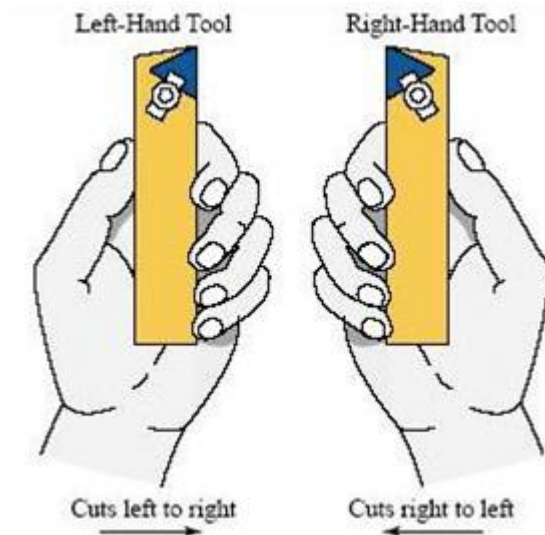
Selama diperlukan untuk proses pengerjaan kasar, pahat harus menyayat benda kerja dalam waktu yang sesingkat mungkin. Maka digunakan pahat kasar (roughing) yang konstruksinya dibuat kuat.

2) Pahat *Finishing*

Apabila diinginkan hasil permukaan yang halus, sebaiknya digunakan pahat finishing. Ada dua jenis pahat finishing, yaitu pahat finishing titik dan pahat finishing datar. Pahat finishing titik mempunyai sisi potong bulat, sedang pahat finishing datar mempunyai sisi potong rata. Catatan: Setelah digerinda, sisi potong pahat finishing harus poles (dihoning) dengan *oil stone*.

d. Macam-macam pahat bubut Menurut letak sisi potong.

Terdapat dua jenis yaitu pahat bubut kanan dan kiri, seperti tampak pada gambar :



Gambar 45 Pahat kanan dan Pahat Kiri

1) Pahat Kanan

Pahat kanan adalah pahat yang mempunyai mata potong yang sisi potongnya menghadap kekanan apabila pahat mata potongnya dihadapkan kearah kita. Penggunaannya untuk mengerjakan benda kerja dari arah kanan ke arah kiri, atau menuju kearah kepala tetap/ cekam. Pahat bubut rata kanan memiliki sudut baji 80° dan sudut-sudut bebas lainnya, pada umumnya digunakan untuk pembubutan rata memanjang yang pemakanannya dimulai dari kiri ke arah kanan mendekati posisi cekam

2) Pahat Kiri

Pahat kiri adalah pahat yang mempunyai mata potong yang sisi potongnya menghadap kekiri apabila pahat mata potongnya dihadapkan kearah kita. Penggunaannya untuk mengerjakan benda kerja dari arah kiri ke arah kanan, atau menuju kearah kepala lepas. Pahat bubut rata kiri memiliki sudut baji 55° , pada umumnya digunakan untuk pembubutan rata

memanjang yang pemakanannya dimulai dari kiri ke arah kanan mendekati posisi kepala lepas.

e. Macam-macam Pahat Bubut menurut Fungsi.

Pahat bubut terdapat enam jenis yaitu, pahat bubut rata, sisi/ muka, potong, alur, chamfer dan ulir.

1) Pahat Rata

Pahat rata adalah pahat bubut yang ujung mata potongnya berbentuk cembung atau cekung sesuai dengan bentuk benda kerja yang akan dibuat. Digunakan untuk membubut permukaan benda kerja menjadi rata. Pahat bubut jenis ini digunakan untuk membubut permukaan rata pada bidang memanjang. Sistem kerjanya adalah dengan menggerakkan pahat dari ujung luar benda kerja ke arah cekam atau sebaliknya tergantung pahat kanan atau kiri.

2) Pahat Sisi/ Muka

Pahat bubut jenis ini yang digunakan untuk membubut pada permukaan benda kerja. Sistem kerjanya adalah dengan menggerakkan dari tengah benda kerja ke arah keluar atau sebaliknya tergantung dari arah putarannya. Digunakan untuk membubut penampang permukaan benda kerja menjadi rata dan datar.

Pahat bubut muka memiliki sudut baji 55° , pada umumnya digunakan untuk pembubutan rata permukaan benda kerja (facing) yang biasanya dilakukan pada awal pengerjaan.

3) Pahat Potong

Pahat jenis ini digunakan khusus untuk memotong suatu benda kerja hingga ukuran panjang tertentu. Pahat potong adalah jenis pahat potong yang menggunakan tangkai digunakan untuk memotong.

4) Pahat Alur

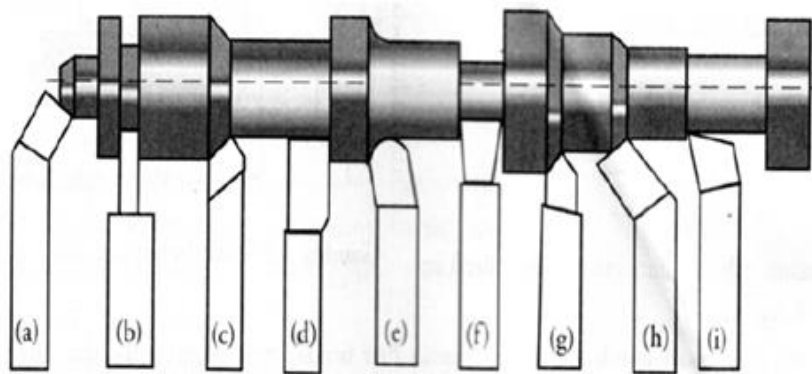
Pahat jenis ini digunakan untuk membentuk profil alur pada permukaan benda kerja. Bentuk tergantung dari pahat alur yang digunakan.

5) Pahat Champer

Pahat jenis ini digunakan untuk menchamper pada ujung permukaan benda kerja. Besar sudut *champer* pada umumnya 45°

6) Pahat Ulir

Pahat jenis ini digunakan untuk membuat ulir pada permukaan benda kerja, baik pembuatan ulir dalam maupun ulir luar, baik ulir tunggal maupun ganda. Bentuk pahat ulir harus sesuai dengan bentuk ulir yang diinginkan. Untuk itu diperlukan pengasahan pahat sesuai dengan mal ulirnya. Pahat ulir tidak mempunyai sudut tatal, permukaannya rata dengan ujung beradius sesuai radius kaki ulir yang besarnya tergantung besar kisar ulirnya. Di bawah ini ilustrasi pahat ulir segitiga dan ulir segi empat.



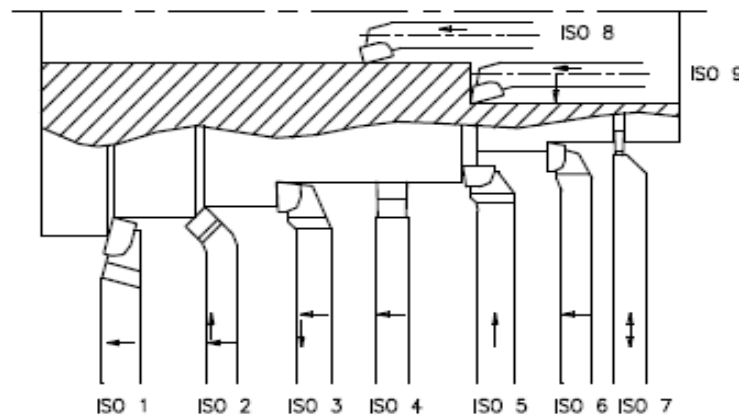
Gambar 46 Macam-macam bubut.

Keterangan :

- a) pahat kiri
- b) Pahat potong
- c) Pahat kanan
- d) Pahat rata
- e) pahat radius
- f) pahat alur
- g) Pahat ulir
- h) Pahat muka
- i) Pahat kasar

f. Pahat Bubut Standar ISO

Jenis pahat bubut menurut standar ISO, terdapat 9 (sembilan) type diantaranya: ISO 1, ISO 2, ISO 3, ISO 4, ISO 5, ISO 6, ISO 7, ISO 8 dan ISO 9. Ilustrasi penggunaan dari berbagai jenis pahat bubut standar ISO dapat dilihat pada gambar :



Gambar 47 Macam-macam pahat ISO

Keterangan:

1) Pahat ISO 1

Pahat ISO 1 digunakan untuk proses pembubutan memanjang dengan hasil sudut bidangnya (*plane angle*) sebesar 75° . Pada umumnya pahat jenis ini digunakan untuk membubut pengasaran yang hasil sudut bidangnya tidak memerlukan siku atau 90° .

2) Pahat ISO 2

Pahat ISO 2 digunakan untuk pembubutan memanjang dan melintang (pembubutan permukaan/*facing*) dengan hasil sudut bidangnya (*plane angle*) sebesar 45° . Pahat jenis ini juga dapat digunakan untuk membubut champer atau menghilangkan ujung bidang yang tajam (*debured*).

3) Pahat ISO 3

Pahat ISO 3 digunakan untuk proses pembubutan memanjang dan melintang dengan sudut bidang samping (*plane angle*) sebesar 93° . Pada proses pembubutan melintang tujuannya adalah untuk mendapatkan hasil

yang siku (90°) pada sudut bidangnya, yaitu dengan cara menggerakkan pahat menjauhi sumbu senter.

4) Pahat ISO 4

Pahat ISO 4 digunakan untuk proses pembubutan memanjang dengan pemakanan relatif kecil dengan hasil sudut bidangnya (*plane angle*) sebesar 0° . Pahat jenis ini pada umumnya hanya digunakan untuk proses finising.

5) Pahat ISO 5

Pahat ISO 5 digunakan untuk proses pembubutan melintang menuju sumbu senter dengan hasil sudut bidangnya (*plane angle*) sebesar 0° . Jenis pahat ini pada umumnya hanya digunakan untuk meratakan permukaan benda kerja atau memfacing.

6) Pahat ISO 6

Pahat ISO 6 digunakan untuk proses pembubutan memanjang dengan hasil sudut bidangnya (*plane angle*) sebesar 90° , sehingga padaproses pembubutan bertingkat yang selisih diameternya tidak terlalu besar dan hasil sudut bidangnya dikehendaki siku (90°) pahatnya tidak perlu digerakkan menjauhi sumbu senter.

7) Pahat ISO 7

Pahat ISO 7 digunakan untuk proses pembubutan alur menuju sumbu center dengan hasil sudut bidangnya (*plane angle*) sebesar 0° . Pahat jenis ini dapat juga digunakan untuk memotong pada benda kerja yang memiliki diameter nominal tidak lebih dari dua kali lipat panjang mata pahatnya.

8) Pahat ISO 8

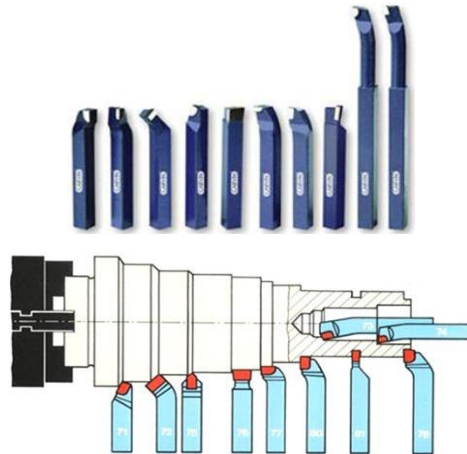
Pahat ISO 8 digunakan untuk proses pembesaran lubang tembus dengan hasil sudut bidangnya (*plane angle*) sebesar 75° .

9) Pahat ISO 9

Pahat ISO 9 digunakan untuk proses pembesaran lubang tidak tembus dengan hasil sudut bidangnya (*plane angle*) sebesar 95° .

g. Pahat Bubut Standar DIN

Jenis pahat bubut menurut standar DIN, terdapat 10 (sepuluh) type yaitu: DIN 4971, DIN 4972, DIN 4973, DIN 4974, DIN 4975, DIN 4976, DIN 4977, DIN 4978, DIN 4980 dan DIN 4981. Aplikasi penggunaan dari berbagai jenis pahat bubut standar DIN dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 48 Macam-macam pahat DIN

Keterangan:

1) Pahat DIN 4971

Pahat DIN 4971 fungsinya sama dengan pahat ISO 1, yaitu digunakan untuk proses pembubutan memanjang dengan hasil sudut bidanganya (plane angle) sebesar 75° . Pada umumnya pahat jenis ini digunakan untuk membubut pengasaran yang hasil sudut bidanganya tidak memerlukan siku atau 90° .

2) Pahat DIN 4972

Pahat DIN 4972 fungsinya sama dengan pahat ISO 2, yaitu digunakan untuk pembubutan memanjang dan melintang (pembubutan permukaan/ facing) dengan hasil sudut bidanganya (plane angle) sebesar 45° . Pahat jenis ini juga dapat digunakan untuk membubut *champer* atau menghilangkan ujung bidang yang tajam (debured).

3) Pahat DIN 4973

Pahat DIN 4973 fungsinya sama dengan pahat ISO 8, yaitu digunakan untuk proses pembesaran lubang tembus dengan hasil sudut bidangnya (*plane angle*) sebesar 75°.

4) Pahat DIN 4974

Pahat DIN 4974 fungsinya sama dengan pahat ISO 9, yaitu digunakan untuk proses pembesaran lubang tak tembus dengan hasil sudut bidangnya (*plane angle*) sebesar 95°.

5) Pahat DIN 4975

Pahat DIN 4975 digunakan untuk pembubutan finising arah memanjang dengan hasil sudut bidangnya (*plane angle*) sebesar 45°. Pahat jenis ini juga dapat digunakan untuk membubut champer atau menghilangkan ujung bidang yang tajam (*debured*).

6) Pahat DIN 4976

Pahat DIN 4976 fungsinya sama dengan pahat ISO 4, yaitu digunakan proses pembubutan memanjang dengan pemakanan relatif kecil dengan hasil sudut bidangnya (*plane angle*) sebesar 0°. Pahat jenis ini pada umumnya hanya digunakan untuk proses finising.

7) Pahat DIN 4977

Pahat DIN 4977 fungsinya sama dengan pahat ISO 5, yaitu digunakan untuk proses pembubutan melintang menuju sumbu center dengan hasil sudut bidangnya (*plane angle*) sebesar 0°. Jenis pahat ini pada umumnya hanya digunakan untuk meratakan permukaan benda kerja atau memfacing.

8) Pahat DIN 4978

Pahat DIN 4978 fungsinya sama dengan pahat ISO 3, yaitu digunakan untuk proses pembubutan memanjang dan melintang dengan sudut bidang samping (*plane angle*) sebesar 93°. Pada proses pembubutan melintang tujuannya adalah untuk mendapatkan hasil yang siku (90°) pada sudut bidangnya, yaitu dengan cara menggerakkan pahat menjauhi sumbu senter.

9) Pahat DIN 4980

Pahat DIN 4980 fungsinya sama dengan pahat ISO 6, yaitu digunakan untuk proses pembubutan memanjang dengan hasil sudut bidangnya (*plane angle*) sebesar 90° , sehingga pada proses pembubutan bertingkat yang selisih diameternya tidak terlalu besar dan hasil sudut bidangnya dikehendaki siku (90°) pahatnya tidak perlu digerakkan menjauhi sumbu senter.

10) Pahat DIN 4981

Pahat DIN 4981 fungsinya sama dengan pahat ISO 7, yaitu digunakan untuk proses pembubutan alur menuju sumbu center dengan hasil sudut bidangnya (*plane angle*) sebesar 0° . Pahat jenis ini dapat juga digunakan untuk memotong pada benda kerja yang memiliki diameter nominal tidak lebih dari dua kali lipat panjang mata pahatnya.

h. Macam-macam Pahat Bubut Sisipan (*inserts Tips*).

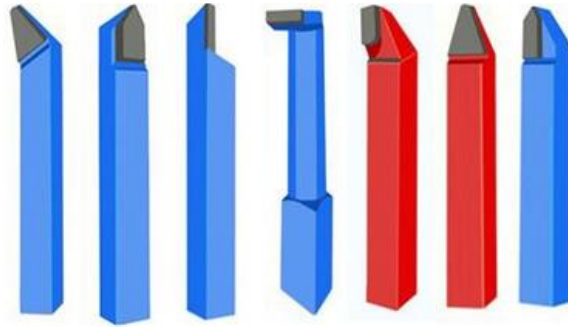
Sesuai perkembangan dan kebutuhan pekerjaan dilapangan, pahat bubut sisipan (*inserts Tips*) pengikatan dibrasing dan diklem/ dibaut.

1) Pahat bubut sisipan (*inserts tips*) pengikatan dibrasing

Pahat bubut sisipan (*inserts Tips*) pengikatan dibrasing (Gambar 2.6.6), pembuatannya hanya pada bagian ujung yang terbuat dari pahat bubut sisipan, kemudian diikatkan dengan cara dibrasing pada ujung badan/ bodi. Contoh macam-macam bentuk pahat bubut sisipan yang sudah dibrasing pada tangkai/ bodinya dapat dilihat pada (Gambar 2.6.7).



Gambar 49 Macam-macam pahat bubut sisipan (insert tips) pengikatan dibrasing



Gambar 50 Contoh macam-macam bentuk pahat. Bubut sisipan yang sudah dibrasing pada tangkai/ bodinya

2) Pahat bubut sisipan (*inserts tips*) pengikatan diklem/ dibaut

Pahat bubut sisipan (*inserts tips*) pengikatan diklem/ dibaut (Gambar 2.6.8), pengikatannya yaitu dengan cara pahat bubut sisipan klem/ dibaut diselipkan pada pemegang/ *holder*. Contoh macam-macam pahat bubut sisipan pengikatan diklem/ dibaut terpasang pada pemegannya untuk pembubutan bidang luar dapat dilihat pada (Gambar 2.6.9) dan terpasang pada pemegannya untuk pembubutan bidang dalam dapat dilihat pada (Gambar 2.6.10) .



Gambar 51 Pahat bubut sisipan (*inserts tips*) pengikatan diklem/ dibaut



Gambar 52 Pahat bubut sisipan pengikatan diklem/ dibaut terpasang pada pemegangnya untuk pembubutan bagian luar

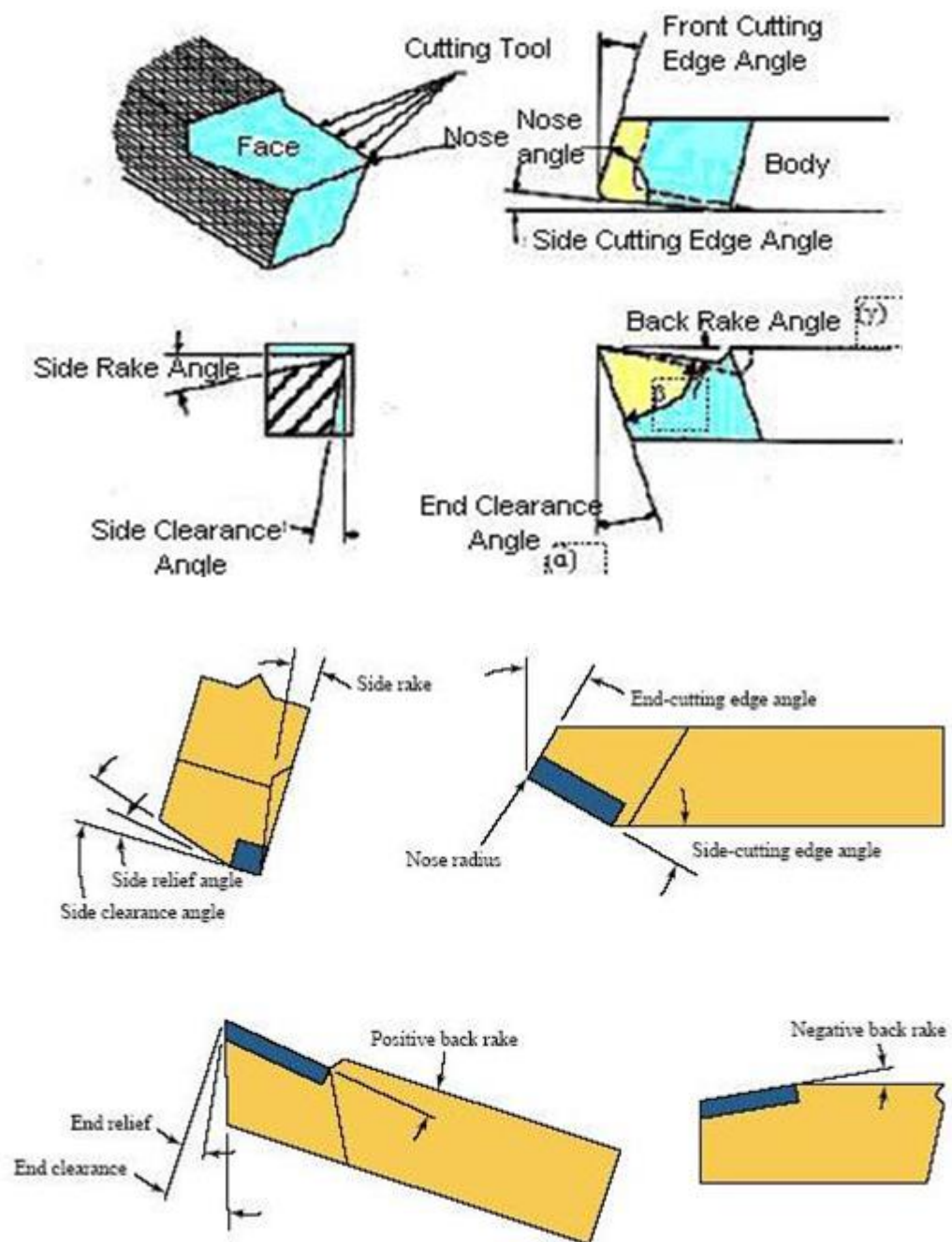


Gambar 53 Pahat bubut sisipan pengikatan diklem/ dibaut terpasang pada pemegangnya untuk pembubutan bagian dalam

Bentuk dan pengkodean pahat sisipan dan pemegang pahatnya sudah distandarkan. Tabel pahat sisipan dan pengkodean pemegang pahat standar ISO dapat dilihat pada lampiran.

4. Geometris pahat bubut

Nama-nama geometris yang terdapat pada pahat bubut meliputi: sudut potong samping (*side cutting edge angle*), sudut potong depan (*front cutting edge angle*), sudut tatal (*rake angle*), sudut bebas sisi (*side clearance angle*), dan sudut bebas depan (*front clearance angle*).

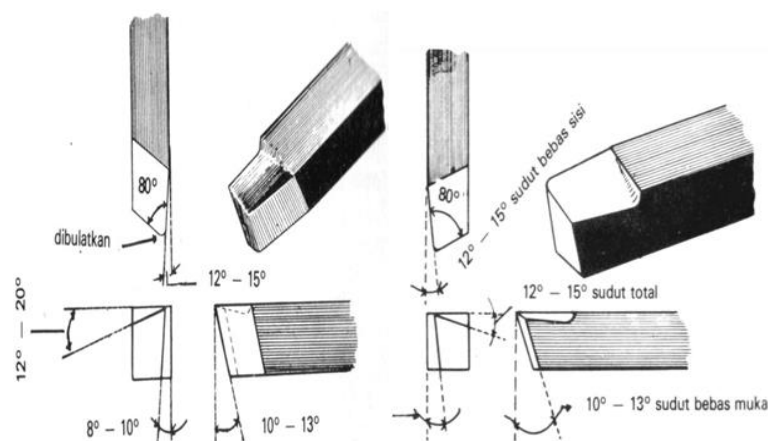


Gambar 54 Geometri Pahat bubut

Besarnya sudut potong dan sudut-sudut kebebasan pahat tergantung dari jenis bahan/ material yang akan diproses pembubutan, karena akan sangat berpengaruh terhadap hasil pemebubutan dan performa pahat. Berikut diuraikan besaran sudut potong dan sudut-sudut kebebasan pahat bubut jenis HSS.

a. Pahat Bubut Rata

Untuk proses pembubutan rata pada benda kerja dari bahan/ material baja yang lunak (*mild steel*), pahat bubut rata memiliki sudut potong dan sudut-sudut kebebasan sebagai berikut: sudut potong total 80° , sudut potong sisi samping (*side cutting adge angle*) $12^\circ \div 15^\circ$, sudut bebas tatal (*side rake angle*) $12^\circ \div 20^\circ$, sudut bebas muka (*front clearance angle*) $8^\circ \div 10^\circ$ dan sudut bebas samping (*side clearance angle*) $10^\circ \div 13^\circ$. Geometris pahat bubut rata kanan dapat dilihat pada gambar dan pahat bubut rata kiri dapat dilihat pada gambar berikut :

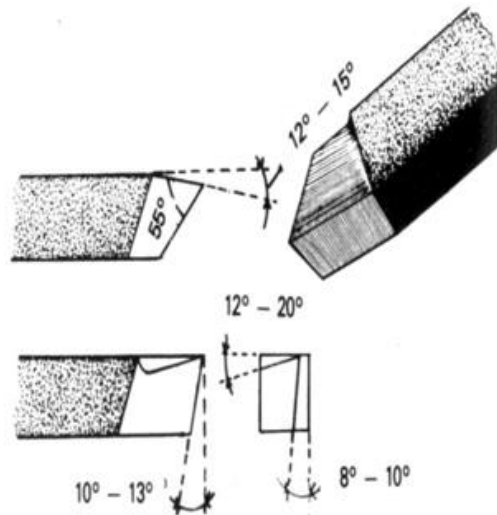


Gambar 55 Geometri pahat bubut rata

b. Pahat Bubut Muka/ *Facing*

Untuk proses pembubutan muka/ *facing* pada benda kerja dari bahan/ material baja yang lunak (*mild steel*), pahat bubut muka memiliki sudut potong dan sudut-sudut kebebasan sebagai berikut: sudut potong 55° , sudut potong sisi samping (*side cutting adge angle*) $12^\circ \div 15^\circ$, sudut bebas tatal (*side rake angle*) $12^\circ \div 20^\circ$, sudut bebas muka (*front clearance angle*) $8^\circ \div 10^\circ$ dan sudut bebas

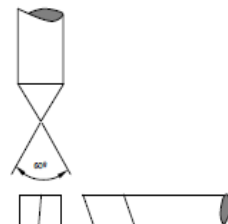
samping (*side clearance angle*) $10^{\circ} \div 13^{\circ}$. Geometris pahat bubut muka/ *facing* dapat dilihat pada gambar berikut :



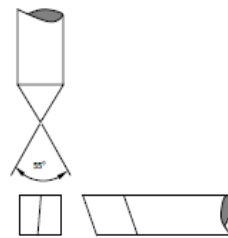
Gambar 56 Geometri pahat bubut muka

c. Pahat Bubut Ulir Segitiga

Pembuatan ulir segitiga yang sering dilakukan pada mesin bubut yang pada umumnya adalah jenis ulir metris (M) dan *withwort* (W). Jenis ulir metris memiliki sudut puncak ulir sebesar 60° dan ulir *withwort* 55° . Besarnya sudut pahat bubut ulir harus disesuaikan dengan jenis ulir yang akan dibuat dan sudut-sudut kebebasan potongnya harus dihitung sesuai dengan kisar atau gangnya. Seperti pada gambar berikut :



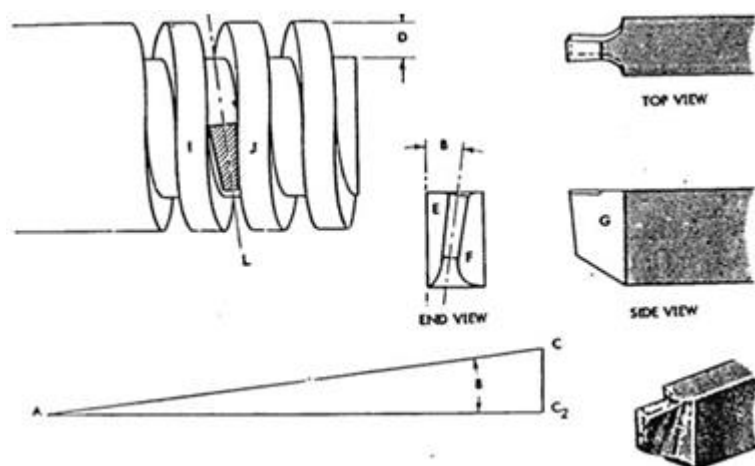
Gambar 2.71. Pahat bubut ulir metris (60°)



Gambar 57 Geometri pahat bubut ulir segitiga

d. Pahat Bubut Ulir Segi Empat

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. Sedangkan untuk sudut-sudut kebebasan potongnya harus dihitung sesuai dengan kisar atau gangnya. Seperti pada gambar :



Gambar 58 Geometri pahat bubut ulir segiempat

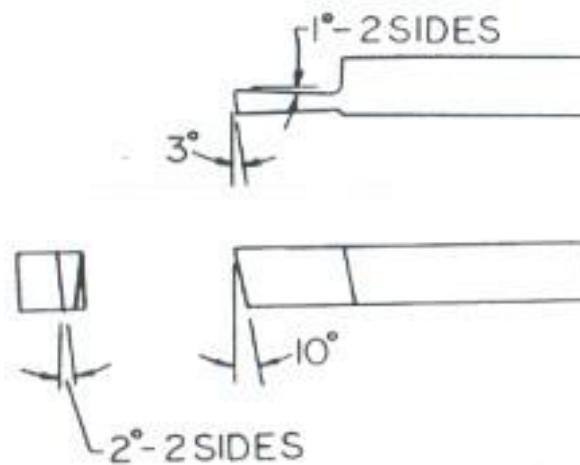
Untuk mendapatkan sudut bebas sisi samping pahat bubut ulir yang standar, sebelum melakukan penggerindaan atau pengasahan sudut-sudut kebebasan harus dihitung terlebih dahulu sesuai kisar/ gang ulir yang dibuat agar supaya mendapatkan sisi potong dan sudut kebebasan yang baik. Sebagai ilustrasi, sebuah ulir apabila dibentangkan dari titik awalnya, maka akan membentuk sebuah segitiga siku-siku.

Pada saat penyayatan, sisi depan pahat ulir dibatasi oleh sisi uliran pada diameter terkecil/ minor diameter (d_1) dan sisi belakangnya dibatasi oleh sisi uliran pada diameter terbesarnya/ mayor diameter (d). Dengan demikian, agar pahat ulir tidak terjepit pada saat digunakan perlu adanya penambahan sudut kebebasan pada saat penggerindaan yaitu masing-masing sisi ditambah antara $1^\circ \div 3^\circ$, sehingga didapat:

- Sudut bebas sisi depan:
Sudut kisar pada diameter terkecil (d_1) + Kebebasan = α pada $d_1 + 1^\circ$
- Sudut bebas sisi belakang:
Sudut kisar pada diameter terbesar (d) + Kebebasan = α pada $d - 1^\circ$

e. Pahat Bubut Potong

Untuk mendapatkan hasil pemotongan yang baik, pahat potong yang digunakan harus memiliki geometri sesuai ketentuan. Misalnya untuk menghindari terjepitnya pahat pada saat digunakan memotong benda kerja yang berdiameter besar sehingga memerlukan kedalaman pemotongan yang relatif dalam, maka sebaiknya pengasahan pada sisi pahat potong dibuat mengecil ke belakang antara 1° s.d 2° .



Gambar 59 Geometri Pahat potong

Perubahan Geometri Sudut Pahat

Untuk mendapatkan hasil pembubutan yang baik, pemasangan pahat bubut selain harus kuat dan aman juga ketinggiannya harus setinggi pusat senter agar tidak terjadi perubahan geometri pada pahat bubut. Posisi ketinggian pahat bubut terhadap pusat senter benda kerja mempunyai pengaruh besar terhadap geometri sudut potong utamanya, misalkan posisi tepat pada pusat senter, di bawah pusat senter, atau di atas pusat senter.

Geometri awal yang kita buat akan terpenuhi apabila kita menempatkan pahat tepat pada pusat senter dari putaran benda kerja. Apabila kita salah menyenterkan pahat (di atas atau di bawah senter), maka akan terjadi perubahan pada geometri sudut bebas (α) dan sudut garuk (β) sedangkan sudut badji (γ) tidak terpengaruh sama sekali.

Perubahan ini dapat menyebabkan sudut tersebut menjadi lebih besar atau menjadi lebih kecil tergantung dari jenis pengerjaan (luar atau dalam) dan posisi pahat tersebut terhadap pusat senter. Perubahan yang terjadi pada sudut bebas dan sudut garuk/buang tatal akan saling berlawanan, apabila sudut gama (γ) membesar maka sudut alfa (α) akan mengecil dan sebaliknya. Hal ini disebabkan oleh kelengkungan dari diameter benda kerja. Besarnya perubahan sudut gama (γ) dan alfa (α) tergantung dari penyimpangan terhadap pusat senter, dan

diameter dari benda kerja. Perubahan ini jelas tidak kita harapkan karena akan mempengaruhi proses dan hasil.

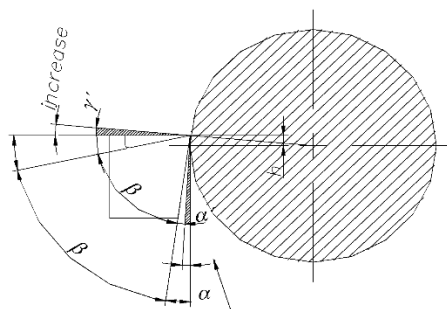
Adapun kemungkinan perubahan yang terjadi adalah sebagai berikut:

1) Pembubutan Luar

Ketinggian pahat bubut diatas pusat senter benda kerja

Pada kondisi ini ada perubahan sudut yaitu:

- Sudut bebas (α), menjadi lebih kecil.
- Sudut garuk (β), menjadi lebih besar.

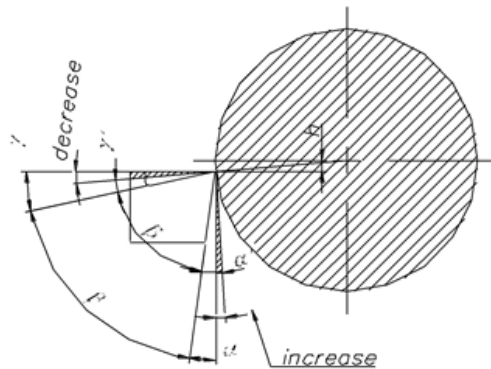


Gambar 60 perubahan pada geometri akibat ketinggian pahat bubut pada pembubutan luar diatas pusat senter benda kerja

Ketinggian pahat bubut dibawah pusat senter benda kerja

Pada kondisi ini ada perubahan sudut yaitu:

- Sudut bebas (α), menjadi lebih kecil.
- Sudut garuk (β), menjadi lebih besar.



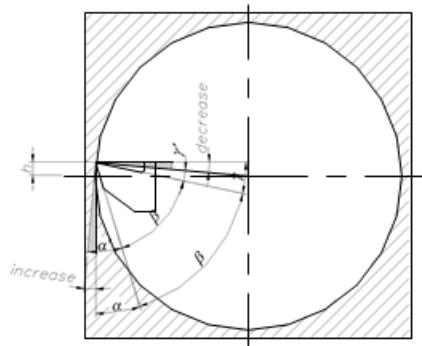
Gambar 61 Perubahan pada geometri akibat ketinggian pahat bubut pada pembubutan luar dibawah pusat senter benda kerja

2) Pembubutan Dalam

Ketinggian pahat diatas pusat senter benda kerja

Pada kondisi ini ada perubahan geometrisnya sebagai berikut:

- Sudut bebas (β), menjadi lebih besar.
- Sudut garuk (α), menjadi lebih kecil

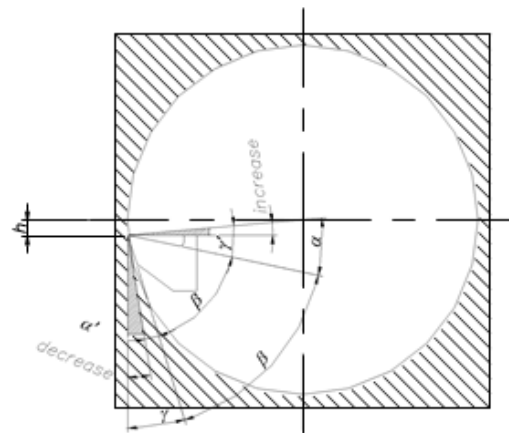


Gambar 62 Perubahan pada geometri akibat ketinggian pahat bubut pada pembubutan dalam diatas pusat senter benda kerja

Ketinggian pahat dibawah pusat senter benda kerja

Pada kondisi ini ada perubahan geometrisnya sebagai berikut:

- Sudut Bebas (α), menjadi lebih kecil.
- Sudut Garuk (β), menjadi lebih besar.



Gambar 63 Perubahan pada geometri akibat ketinggian pahat bubut pada pembubutan dalam dibawah pusat senter benda kerja

Kerusakan Pada Pahat Bubut

Pahat bubut dikatakan rusak atau tidak dapat difungsikan sebagai mana mestinya, apabila telah terjadi perubahan pada geometri sudut potongnya terutama pada sudut kebebasan potong (α), sudut potong/ baji (β) dan sudut buang tatal (γ) atau perubahan bentuk yang akan mengganggu proses pengerjaan. Ketika pahat tersebut sudah mengalami perubahan geometri sudut potong, maka proses pengerjaan menjadi tidak maksimal, seperti: kualitas permukaan kasar, beban motor penggerak dan pahat menjadi lebih berat, akan terjadi panas yang berlebihan akibat gesekan antara pahat dan benda kerja, proses pembubutan menjadi lebih lama, dan bisa mengakibatkan kerusakan yang lebih fatal terhadap benda kerja atau mesin. Ada beberapa kerusakan yang terjadi pada pahat bubut, yang secara visual dapat terlihat diantaranya:

1) Radius Pada Ujung

Pembentukan radius pada ujung pahat, merupakan kerusakan yang wajar terjadi disebabkan oleh frekuensi pemakaian yang sudah melebihi ambang tool life pahat tersebut. Tool life pahat tidak selalu sama tergantung dari proses pengerjaan yang menyangkut penggunaan feed, cutting speed, dan material

benda kerja. Oleh karena itu di butuhkan pengasahan pahat yang kontinyu, agar proses produksi dapat berjalan lancar.



Gambar 64 Radius pada pahat bubut

2) Keausan Pada Bidang Bebas Muka

Keausan pada bidang bebas muka, dapat disebabkan oleh pemakaian feed yang terlalu besar, atau sudut bebasnya terlalu kecil, sehingga terjadi pergesekan antara pahat dan benda kerja. Hal ini dapat dihindari dengan memperbesar sudut bebas atau memperkecil feed. Andaikan dalam kondisi ini pahat masih terus dipakai maka yang akan terjadi adalah penggesekan penyayatan dan berakibat seperti di atas.



Gambar 65 Keausan pada bidang bebas muka pahat bubut

3) Keausan Pada Bidang Potong

Keausan pada bidang potong, disebabkan panas yang berlebihan (*over heat*). Panas yang timbul dari hasil penyayatan dibawa oleh chips dan disalurkan ke pahat melalui bidang garuk tersebut. Hal ini bisa disebabkan oleh pemakaian cutting speed yang terlalu tinggi, dan juga sistim pendinginan yang kurang baik, sehingga panas yang muncul berlebihan dan tidak dapat dihantarkan atau dinetralisir dengan sempurna. Keausan ini akan menyebabkan berubahnya

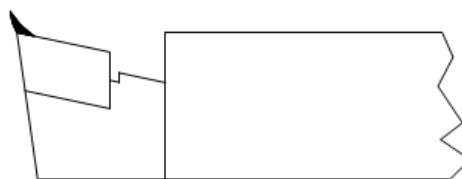
nilai sudut potong, tingkat kesesuaian antara geometri sudut dan material akan berubah pula pada akhirnya akan mempengaruhi kualitas dari benda kerja. Hal ini dapat dicegah dengan penggunaan cutting speed yang sesuai dan pendinginan yang baik.



Gambar 66 Keausan pada bidang potong pahat bubut

4) *Built Up Cutting Edges*

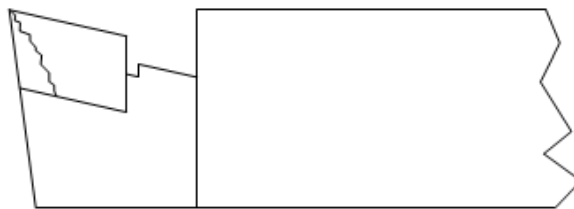
Built up cutting edge adalah lelehan material benda kerja yang menempel pada ujung pahat, lelehan ini menjadi dingin dan mengeras sehingga berfungsi sebagai mata potong yang baru. Akibat yang ditimbulkan adalah perubahan sisi potong utama yang berarti juga perubahan geometri sudut potongnya ukuran awal pahat dan center dari pahat akan berubah. Hal ini biasanya terjadi pada material yang lunak seperti mild steel atau Aluminium. Masalah ini bisa dihindari dengan memperbesar sudut buang tatal supaya alirannya chipnya lancar atau mengurangi cutting speednya. Bisa juga dengan menggunakan pendingin khusus untuk mencegah *chip* melekat pada pahat dan permukaan benda kerja bisa lebih halus misalnya untuk pengerjaan aluminium menggunakan pendingin minyak tanah.



Gambar 67 Lelehan material benda kerja yang menempel pada ujung pahat

5) Keretakan Pada Pahat Bubut Sisipan/ *Tip Carbide*

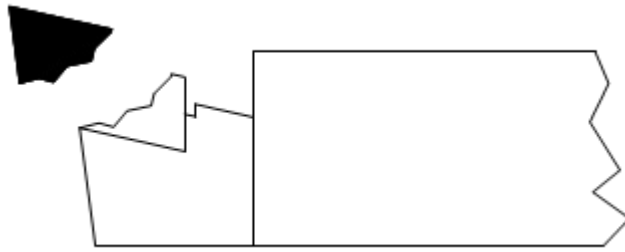
Keretakan pada tip carbide, lebih disebabkan karena panas berlebihan (*over heat*) dengan pendinginan yang tidak kontinyu atau mendadak. Tip carbide tidak mampu menahan perubahan suhu yang besar dan mendadak. Perubahan itu memacu proses pemuaian dan penyusutan dalam range yang besar dan dalam waktu yang singkat. Untuk menghindarinya cukup dengan pemberian pendingin yang tepat dan teratur. Hal ini bisa juga disebabkan karena bagian bawah tip carbide tidak menempu dengan sempurna akibat dari proses permesinan sebelumnya atau proses brassing yang kurang sempurna.



Gambar 68 Keretakan pada pahat bubut sisipan

6) *Tip Carbide Pecah*

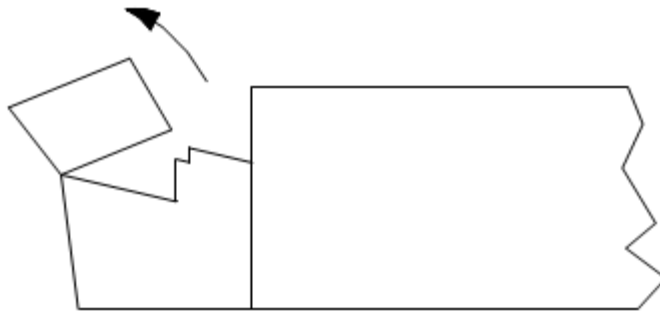
Kelemahan yang paling utama dari pahat *carbide* adalah ketidak mampuan untuk menahan beban kejut (*impact load*). Jika pahat carbide menerima beban kejut diluar kemampuannya maka akan pecah. Hal lain juga bisa disebabkan beban berlebih karena kedalaman pemakanan, *feed*, atau *cutting speed* yang berlebihan. Selain tidak mampu menerima beban kejut *tip carbide* juga tidak mampu menahan beban tarik, jadi bisa juga pecahnya tip ini karena terjepit atau tertarik oleh material benda kerja.



Gambar 69 Tip carbide pecah

7) *Tip Carbide Lepas*

Lepasnya *tip carbide* ini lebih disebabkan karena sistim pengikat antara tip hasil brassing dan holdernya kurang baik, atau bisa juga disebabkan oleh beban lebih (*over load*) yang menyebabkan lepasnya sistim pengikat yang ada.



Gambar 70 Tip Carbide lepas

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas Pengantar

Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok, 1 JP)

Sebelum melakukan aktivitas pembelajaran berdiskusilah dengan sesama peserta diklat di kelompok Saudara untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran tentang pahat bubut? Sebutkan!
2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
6. Apa bukti yang harus diunjukkan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan **Lembar Kerja (LK)-00**. Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran dengan membaca dan mengamati tentang pahat bubut.

Aktivitas 1 : Menelaah pahat bubut.

Salah satu faktor yang sangat berpengaruh dalam proses pembubutan adalah pemilihan jenis pahat bubut. Pemilihan jenis pahat bubut itu bisa meliputi bahan pahat, geometri pahat dan jenis pahat bubut itu sendiri. Coba saudara telaah tentang material untuk membuat pahat bubut dikaitkan dengan material yang akan dibubut. Selain itu coba pelajari tentang fungsi jenis-jenis pahat bubut. Coba diskusikan dengan anggota kelompok terhadap pertanyaan-pertanyaan berikut :

2. Sebutan kriteria keunggulan yang ada pada material yang digunakan sebagai pemotong !
3. Keunggulan tersebut didapat apabila ada unsur paduan yang ditambahkan kedalam pahat tersebut. Sebutkan unsur-unsur paduan yang ada pada material pahat !
4. Coba sebutkan jenis-jenis pahat dikaitkan dengan penggunaannya !
5. Akan dibubut poros dari material baja dengan pahat bubutnya HSS. Coba tentukan sudut potong, sudut bebas dan sudut geramnya berdasarkan tabel yang ada!

Hasil diskusinya coba ditayangkan dengan menggunakan infocus dan diskusikan dengan kelompok lainnya. Masukan-masukan dari kelompok lain adalah sebagai penguatan dalam menempuh kompetensi tentang pahat bubut.

E. Rangkuman

1. Pahat bubut merupakan salah satu alat potong yang sangat diperlukan pada proses pembubutan, karena pahat bubut dengan berbagai jenisnya dapat membuat benda kerja dengan berbagai bentuk sesuai tututan pekerjaan misalnya, dapat digunakan untuk membubut permukaan/ facing, rata, bertingkat, alur, champer, tirus, memperbesar lubang, ulir dan memotong.
2. Bahan Pahat Bubut, Unsur-unsur yang berpengaruh terhadap performa alat potong/ pahat bubut diantaranya: *Tungsten/ Wolfram (W)*, *Chromium (Cr)*, *Vanadium (V)*, *Molybdenum (Mo)* dan *Cobalt (Co)*. Sifat yang diperlukan untuk sebuah alat potong tidak hanya kerasnya saja, akan tetapi masih ada sifat lain yang diperlukan untuk membuat suatu alat potong memiliki performa yang baik misalnya, bagaimana ketahanan terhadap gesekan, ketahanan terhadap panas, ketahanan terhadap benturan dll.
3. Macam-macam pahat bubut dilihat dari jenis material/ bahan yang digunakan meliputi: Baja karbon, Baja kecepatan tinggi (*High Speed Steels-HSS*), Paduan cor nonferro (*cast nonferrous alloys; cast carbides*), Karbida (*cemented carbides; hardmetals*), Keramik (*ceramics*), CBN (*cubic boron nitrides*), dan Intan (*sintered diamonds & natural diamond*).
4. Proses Pembuatan Pahat Bubut
 - Proses mixing: Merupakan proses pencampuran (*mixing*) antara serbuk logam dengan bahan aditif.
 - Proses pembentukan (*forming*): Proses pembentukan (*forming*), yaitu proses pemberian gaya-gaya kompaksi baik pada temperatur ruang (*cold compaction*) maupun pada temperatur tinggi (*hot compaction*). Proses cold compaction akan dilanjutkan dengan proses sintering, yaitu proses

pemanasan yang dilakukan pada kondisi vakum sehingga diperoleh partikel- partikel yang bergabung dengan kuat.

- Proses manufaktur: Proses manufaktur adalah proses pemesinan dalam rangka membentuk produk alat potong sesuai standar yang diinginkan.
- Proses finishing: Proses finishing adalah proses mengahluskan bidang/ bagian tertentu agar kelihatan lebih menarik bila dilihat dari sisi tampilan, dengan tidak mempengaruhi spesifikasi.

5. Sifat Bahan/ Material Pahat Bubut

- Keras : Agar dapat memotong/menyayat bahan benda kerja/ material dengan baik, alat potong harus memiliki sifat lebih keras dari benda kerja/ raw material.
- Ulet/ liat : Sifat ulet sangat diperlukan pada suatu alat potong, terutama untuk mengatasi/ menetralsir adanya beban kejut dan getaran yang mungkin muncul sewaktu pemotongan/ penyayatan terjadi. Sifat ulet ini menyebabkan pahat mampu untuk mengalami pelenturan atau defleksi yang bersifat elastis.
- Tahan Panas : Setiap alat potong pada saat digunakan untuk melakukan pemotongan/ penyayatan akan timbul panas, hal ini terjadi karena adanya gesekan akibat pemotongan . Besarnya panas yang ditimbulkan secara dominan tergantung dari kecepatan potong (**cutting speed**), kecepatan pemakanan (feed), kedalaman pemakanan (*depth of cut*), putaran mesin (*Revolotion per menit – Rpm*), jenis bahan benda kerja yang dikerjakan dan penggunaan air pendingin.
- Tahan aus : Keausan yang timbul pada mata sayat pahat bubut, dapat disebabkan terjadinya gesekan maupun getaran yang terjadi pada saat pemotongan/ penyayatan. Sifat tahan aus dapat diperbaiki dengan penambahan unsur paduan ataupun perbaikan pada geometri sudut pada pahat bubut.

6. Macam-macam Pahat Bubut berdasarkan klasifikasinya

1) Menurut Letak/Posisi Penyayatan:

- Pahat bubut luar: Digunakan untuk proses pembubutan benda kerja pada bidang bagian luar.
- Pahat bubut dalam: Digunakan untuk proses pembubutan benda kerja pada bidang bagian dalam.

2) Menurut Keperluan Pekerjaan:

- Pahat kasar (*roughing*): Selama diperlukan untuk proses pengerjaan kasar, pahat harus menyayat benda kerja dalam waktu yang sesingkat mungkin. Maka digunakan pahat kasar (*roughing*) yang konstruksinya dibuat kuat.
- Pahat *Finishing*: Apabila diinginkan hasil permukaan yang halus, sebaiknya digunakan pahat finishing. Ada dua jenis pahat finishing, yaitu pahat finishing titik dan pahat finishing datar. Pahat finishing titik mempunyai sisi potong bulat, sedang pahat finishing datar mempunyai sisi potong rata.

3) Menurut Letak Sisi Potongnya

- Pahat kanan: Pahat kanan adalah pahat yang mempunyai mata potong yang sisi potongnya menghadap kekanan apabila pahat mata potongnya dihadapkan kearah kita. Penggunaannya untuk mengerjakan benda kerja dari arah kanan ke arah kiri, atau menuju kearah kepala tetap/ cekam.
- Pahat kiri: Pahat kiri adalah pahat yang mempunyai mata potong yang sisi potongnya menghadap ke kiri apabila pahat mata potongnya dihadapkan kearah kita. Penggunaannya untuk mengerjakan benda kerja dari arah kiri ke arah kanan, atau menuju kearah kepala lepas.

4) Menurut Fungsi

- Pahat rata: Pahat bubut jenis ini digunakan untuk membubut permukaan rata pada bidang memanjang. Sistem kerjanya adalah

- dengan menggerakkan pahat dari ujung luar benda kerja ke arah cekam atau sebaliknya tergantung pahat kanan atau kiri.
- Pahat sisi/muka: Pahat bubut jenis ini yang digunakan untuk membubut pada permukaan benda kerja. Sistem kerjanya adalah dengan menggerakkan dari tengah benda kerja ke arah keluar atau sebaliknya tergantung dari arah putarannya.
 - Pahat potong: Pahat jenis ini digunakan khusus untuk memotong suatu benda kerja hingga ukuran panjang tertentu.
 - Pahat alur: Pahat jenis ini digunakan untuk membentuk profil alur pada permukaan benda kerja. Bentuk tergantung dari pahat alur yang digunakan.
 - Pahat champer: Pahat jenis ini digunakan untuk men champer pada ujung permukaan benda kerja. Besar sudut champer pada umumnya 45°
 - Pahat ulir: Pahat jenis ini digunakan untuk membuat ulir pada permukaan benda kerja, baik pembuatan ulir dalam maupun ulir luar

7. Pahat Bubut Standar ISO:

- ISO 1: Digunakan untuk pembubutan memanjang dengan hasil sudut bidangnya (plane angle) 75° .
- ISO 2: Digunakan untuk pembubutan memanjang dan melintang dengan hasil sudut bidangnya (plane angle) 45° .
- ISO 3: Digunakan untuk pembubutan memanjang dan melintang (menjauh dari center) dengan hasil sudut bidangnya (plane angle) 93° .
- ISO 4: Digunakan untuk pembubutan memanjang dengan pemakanan kecil (finishing) dengan hasil sudut bidangnya (plane angle) 0° .
- ISO 5: Digunakan untuk pembubutan melintang menuju center dengan hasil sudut bidangnya (plane angle) 0° .
- ISO 6: Digunakan untuk pembubutan memanjang dengan hasil sudut bidangnya (plane angle) 90° .

- ISO 7: Digunakan untuk pembubutan alur menuju center dengan hasil sudut bidangnya (plane angle) 0° .
- ISO 8: Digunakan untuk pembesaran lubang tembus dengan hasil sudut bidangnya (plane angle) 75° .
- ISO 9: Digunakan untuk pembesaran lubang tak tembus dengan hasil sudut bidangnya (plane angle) 95° .

8. Pahat Bubut Standar DIN:

- Pahat DIN 4971: Digunakan untuk proses pembubutan memanjang dengan hasil sudut bidangnya (plane angle) sebesar 75° .
- Pahat DIN 4972F : Digunakan untuk pembubutan memanjang dan melintang (pembubutan permukaan/ facing) dengan hasil sudut bidangnya (plane angle) sebesar 45° .
- Pahat DIN 4973 : Digunakan untuk proses pembesaran lubang tembus dengan hasil sudut bidangnya (plane angle) sebesar 75° .
- Pahat DIN 4974 : Digunakan untuk proses pembesaran lubang tak tembus dengan hasil sudut bidangnya (plane angle) sebesar 95° .
- Pahat DIN 4975 : Digunakan untuk pembubutan finising arah memanjang dengan hasil sudut bidangnya (plane angle) sebesar 45° .
- Pahat DIN 4976 : Digunakan proses pembubutan memanjang dengan pemakanan relatif kecil dengan hasil sudut bidangnya (plane angle) sebesar 0° .
- Pahat DIN 4977 : Digunakan untuk proses pembubutan melintang menuju sumbu center dengan hasil sudut bidangnya (plane angle) sebesar 0° .
- Pahat DIN 4978 : Digunakan untuk proses pembubutan memanjang dan melintang dengan sudut bidang samping (plane angle) sebesar 93° .
- Pahat DIN 4980 : Digunakan untuk proses pembubutan memanjang dengan hasil sudut bidangnya (plane angle) sebesar 90° , sehingga pada proses pembubutan bertingkat yang selisih diameternya tidak terlalu besar dan hasil sudut bidangnya dikehendaki siku (90°) pahatnya tidak perlu digerakkan menjauhi sumbu senter.

- Pahat DIN 4981: Digunakan untuk proses pembubutan alur menuju sumbu center dengan hasil sudut bidangnya (plane angle) sebesar 0° .
9. Macam-macam Pahat Bubut Sisipan (*inserts Tips*).
- Pahat bubut sisipan (*inserts tips*): Pahat jenis ini pengikatan dibrasing dan pembuatannya hanya pada bagian ujung yang terbuat dari pahat bubut sisipan, kemudian diikatkan dengan cara dibrasing pada ujung badan/ bodi.
 - Pahat bubut sisipan (*inserts tips*): Pahat jenis ini pengikatan diklem/ dibaut
 - Pahat bubut sisipan (*inserts tips*) pengikatan diklem/ dibaut, pengikatannya yaitu dengan cara pahat bubut sisipan klem/ dibaut diselipkan pada pemegang/ holder

10. Kerusakan Pada Pahat Bubut.

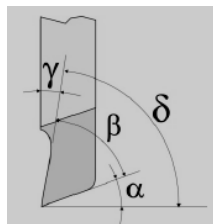
Ada beberapa kerusakan yang terjadi pada pahat bubut, yang secara visual dapat terlihat diantaranya: radius pada ujung pahat, keausan pada bidang bebas muka, keausan pada bidang potong, *Built up cutting edge*, keretakan pada *tip carbide*, *tip carbide* pecah, dan *tip carbide* lepas

F. Formatif

1. Pahat bubut yang digunakan untuk memperbesar ukuran lubang pipa besi adalah
 - a. pahat bubut rata
 - b. pahat bubut dalam
 - c. pahat bubut ulir
 - d. pahat bubut radius

2. Sudut bebas (*clearence angle*) pada pahat bubut berfungsi untuk....
 - a. Mempermudah penusukan/penyayatan
 - b. Meningkatkan kekuatan alat potong
 - c. Mencegah terjadinya gesekan antara alat potong dengan benda kerja secara berlebihan

- d. Mencegah terjadinya gesekan antara alat potong dengan benda kerja
- 3. Sudut potong (*cutting angle*.) pada pahat bubut berfungsi untuk....
 - a. Mempermudah penusukan/penyayatan
 - b. Meningkatkan kekuatan alat potong
 - c. Mencegah terjadinya gesekan antara alat potong dengan benda kerja secara berlebihan
 - d. Mencegah terjadinya gesekan antara alat potong dengan benda kerja
- 4. Pahat bubut ulir segitiga yang bersudut 60° digunakan untuk membuat
 - a. ulir withworth
 - b. ulir segitiga
 - c. ulir trapezium
 - d. ulir khusus
- 5. Apabila sudut potong (baji) dibuat besar, maka pahat tersebut digunakan untuk mengerjakan jenis benda kerja



- a. lunak
- b. besar
- c. kecil
- d. keras

G. Kunci jawaban

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

KEGIATAN PEMBELAJARAN 7 : ALAT POTONG PADA MESIN BUBUT (SELAIN PAHAT BUBUT)

A. Tujuan

Setelah proses pembelajaran, peserta didik dapat memilih dan menggunakan alat potong (selain pahat bubut) yang digunakan dalam proses pembubutan dengan benar.

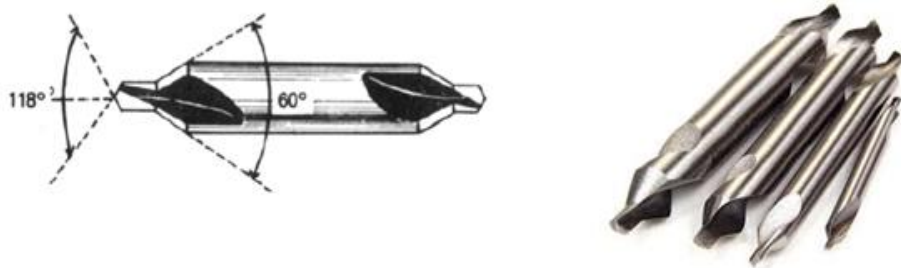
B. Indikator Pencapaian Kompetensi

- 1) Dapat menjelaskan kegunaan masing-masing alat potong dalam proses pembubutan.
- 2) Dapat menggunakan alat potong sesuai dengan fungsinya.

C. Uraian Materi

1. Senter *drill*

Bor senter digunakan untuk membuat lubang senter diujung benda kerja sebagai tempat kedudukan senter putar atau tetap yang kedalamannya disesuaikan dengan kebutuhan yaitu sekitar $1/3 \div 2/3$ dari panjang bagian yang tirus pada bor senter tersebut. Pembuatan lubang senter pada benda kerja diperlukan apabila memiliki ukuran yang relatif panjang atau untuk mengawali pekerjaan pengeboran.

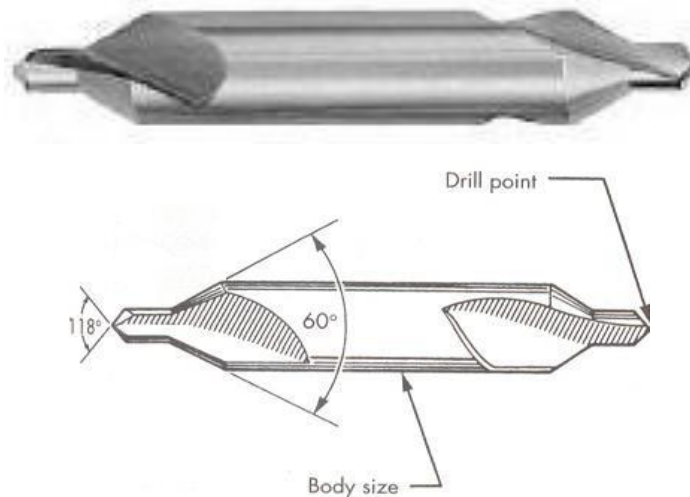


Gambar 71 Senter Drill

a. Bor senter standar (*Standard centre drill*)

Bor senter standar memiliki sudut mata sayat pengarah sebesar 60° , sehingga hasil lubang senter yang dibuat memiliki sudut yang sama dengan

sudut mata sayatnya. Bor senter jenis ini memiliki dua ukuran, yaitu bor senter standar panjang normal (Gambar 72) dan bor senter ekstra pendek/panjang (Gambar 73).



Gambar 72 Bor Senter Standar panjang normal



Gambar 73 Bor senter standar ekstra pendek dan ekstra panjang

b. Bor senter mata sayat bertingkat

Bor senter mata sayat (Gambar 74), fungsinya sama dengan senter bor standar yaitu untuk membuat lubang senter bor yang memiliki sudut pengarah senter 60°. Perbedaannya adalah apabila pada saat membuat lubang senter bor diperlukan hasil lubang senternya bertingkat setelah bidang tirusnya, maka dapat digunakan senter bor jenis ini.



Gambar 74 Bor Senter dua mata sayat pengaman (safety type centre drill)

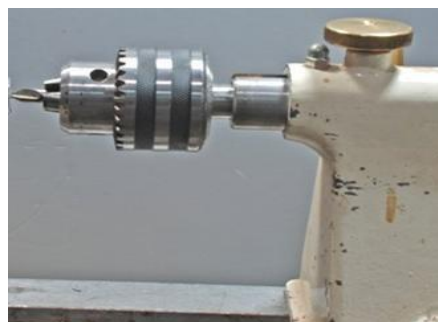
c. Bor Senter bentuk radius/ *Radius form centre drill*

Bor senter bor bentuk radius (*Radius form centre drill*) – (Gambar 75), memiliki mata sayat berbentuk radius. Sehingga sehingga hasil lubang senter yang dibuat memiliki profil yang sama dengan sudut mata sayatnya yaitu berbentuk radius. Kelebihan lubang senter bor bentuk radius ini adalah, apabila membubut diantara dua senter yang diperlukan pergeseran kepala lepas relatif besar, bidang lubang senter maupun senter tetap/ senter putar lebih aman karena bidang singgung pada lubang senter relatif lebih kecil bila dibandingkan dengan lubang senter bor bentuk standar.



Gambar 75 Bor senter bentuk radius dan hasilnya

Penggunaan senter bor pada proses pembubutan harus pasang atau diikat dengan cekam bor (*drill chuck*) yang dipasang pada kepala lepas. Pemasangan senter drill dan hasilnya pada proses pembubutan dapat dilihat pada (Gambar 76).



Gambar 76 Pemasangan senter bor pada mesin bubut dan hasilnya

2. Konter bor

Konterbor (*counterbor*) adalah salah satu alat potong pada mesin bubut yang berfungsi untuk membuat lubang bertingkat. Hasil lubang bertingkat berfungsi sebagaiudukan kepala baut L. Jenis alat ini apabila dilihat dari tangkainya terbagi menjadi dua yaitu konterbor tangkai lurus (Gambar 77) dan konterbor tangkai tirus (Gambar 78).

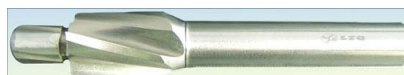


Gambar 77 Konterbor tangkai lurus



Gambar 78 Konterbor tangkai tirus

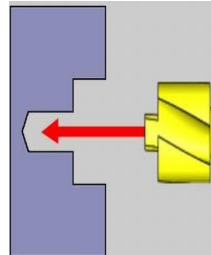
Apabila dilihat dari sisi ujung mata sayatnya, alat ini juga terbagi menjadi dua yaitu, konterbor dengan pengarah (Gambar 79) dan konterbor tanpa pengarah (Gambar 80). Hasil pembuatan lubang konterbor pada mesin bubut dapat dilihat pada (Gambar 81).



Gambar 79 Konterbor dengan pengarah



Gambar 80 Konterbor tanpa pengarah



Gambar 81 Hasil pembuatan lubang bertingkat dengan konterbor pada mesin bubut

3. Kontersink

Kontersing (*Countersink*) adalah salahsatu alat potong pada mesin bubut yang berfungsi untuk membuat champer pada ujung lubang agar tidak tajam atau untuk membuat champer pada ujung lubang untuk membenamkan kepala baut berbentuk tirus. Sesuai kebutuhan pekerjaan dilapangan apabila dilihat dari tangkainya terbagi menjadi dua yaitu, kontersing tangkai lurusdan kontersing tangkai tirusdan apabila dilihat dari sisi jumlah mata sayatnya kontersink terbagi menjadi eman jenis yaitu, jumlah mata sayat satu, mata sayat dua, mata sayat tiga, mata sayat empat, mata sayat lima dan mata sayat enam. Sedangkan apabila dilihat dari sudut mata sayatnya, kontersing terbagi menjadi enam jenis juga yaitu, kontersing sudut mata sayat 60° , 82° , 90° , 100° dan 120° .

Apabila dilihat dari tangkainya, kontersing dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu kontersing tangkai lurus dan kontersing tangkai tirus:

a. Kontersing tangkai lurus

Kontersing tangkai lurus pada saat digunakan untuk proses pembubutan penggikatanya dipasang pada cekam bor/ drill chuck sebagaimana pengikatan pada proses pengeboran dengan bor tangkai lurus.



Gambar 82 Kontersing tangkai lurus

b. Kontersing tangkai tirus

Kontersing tangkai tirus, pada saat digunakan untuk proses pembubutan pengikatannya dipasang pada lubang *sleeve* kepala lepas sebagaimana pengikatan pada proses pengeboran dengan bor tangkai tirus. Apabila tirus tangkangkainya terlalu kecil dapat ditambah dengan sarung pengurang. Sebagaimana mata bor tangkai tirus, kontersing tangkai tirus pada umumnya menggunakan standar tirus morse/ morse taper (MT) yaitu mulai dari MT 1 ÷ 6.



Gambar 83 Kontersing tangkai tirus

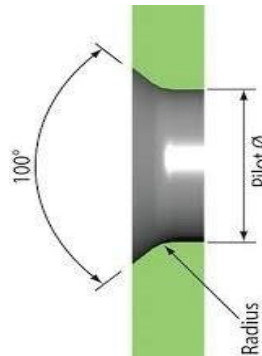
Apabila dilihat dari jumlah mata sayatnya, kontersing dapat dibagi menjadi enam jenis yaitu: kontersing mata sayat satu, kontersing mata sayat dua, kontersing mata sayat tiga, kontersing mata sayat empat, kontersing mata sayat lima, dan kontersing mata sayat enam.

c. Kontersing mata sayat satu

Kontersing mata sayat satu, memiliki jumlah mata sayat satu yang berfungsi untuk menchamper ujung lubangpada benda kerja agar tidak tajam atau sebagai pengarah/ menchamper ujung lubang untuk membenamkan kepala baut berbentuk tirus dan radius. Hasil pembubutan champer dengan kontersing mata sayat satu sudut 100° dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 84 Kontersing mata sayat satu dan hasil lubang champer



Gambar 85 Hasil pembubutan champer dengan kontersingmata sayat satu

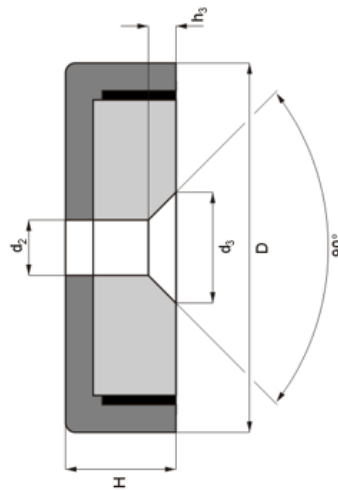
d. Kontersing mata sayat dua

Kontersing mata sayat dua, memiliki jumlah mata sayat dua yang berfungsi sama dengan kontersing mata satu yaitu untuk menchamper ujung lubang agar tidak tajam/ sebagai pengarah atau menchamper ujung lubang untuk membenamkan kepala baut berbentuk tirus yang besar sudutnya tergantung dari sudut kontersing yang digunakan. Kelebihan kontersing mata sayat dua dibandingkan dengan kontersing mata satu adalah beban pada mata

sayat lebih ringan sehingga lebih tahan lama, karena beban pada mata sayatnya terbagi dua. Hasil pembubutan chamfer dengan kontersing mata sayat dua sudut 90° dapat dilihat pada berikut :



Gambar 86 Kontersing mata sayat dua



Gambar 87 Hasil pembubutan chamfer dengan kontersing mata sayat dua

e. Kontersing mata sayat tiga:

Kontersing mata sayat tiga, memiliki jumlah mata sayat tiga yang berfungsi sama dengan kontersing mata satu untuk menchamper ujung lubang agar tidak tajam/ sebagai pengarah atau menchamper ujung lubang untuk membenamkan kepala baut berbentuk tirus yang besar sudutnya tergantung dari sudut kontersing yang digunakan. Kelebihan kontersing mata sayat tiga dibandingkan dengan kontersing mata dua adalah beban pada mata sayat

lebih ringan sehingga lebih tahan lama, karena beban pada mata sayatnya terbagi tiga.



Gambar 88 Kontersing mata sayat tiga

f. Kontersing mata sayat empat

Kontersing mata sayat empat, memiliki jumlah mata sayat empat yang berfungsi sama dengan kontersing mata satu untuk men champer ujung lubang agar tidak tajam/ sebagai pengarah atau men champer ujung lubang untuk membenamkan kepala baut berbentuk tirus yang besar sudutnya tergantung dari sudut kontersing yang digunakan. Kelebihan kontersing mata sayat empat dibandingkan dengan kontersing mata tiga adalah beban pada mata sayat lebih ringan sehingga lebih tahan lama, karena beban pada mata sayatnya terbagi empat.



Gambar 89 Kontersing mata sayat empat

g. Kontersing mata sayat lima

Kontersing mata sayat lima, memiliki jumlah mata sayat lima yang berfungsi sama dengan kontersing mata satu untuk men champer ujung lubang agar tidak tajam/ sebagai pengarah atau men champer ujung lubang untuk membenamkan kepala baut berbentuk tirus yang besar sudutnya tergantung

dari sudut kontersing yang digunakan. Kelebihan kontersing mata sayat lima dibandingkan dengan kontersink mata empat adalah beban pada mata sayat lebih ringan sehingga lebih tahan lama, karena beban pada mata sayatnya terbagi lima.



Gambar 90 Kontersing mata sayat lima

h. Kontersing mata sayat enam

Kontersing mata sayat enam memiliki jumlah mata sayat enam yang berfungsi sama dengan kontersing mata satu untuk menchamper ujung lubang agar tidak tajam/ sebagai pengarah atau menchamper ujung lubang untuk membenamkan kepala baut berbentuk tirus yang besar sudutnya tergantung dari sudut kontersing yang digunakan. Kelebihan kontersink mata sayat enam dibandingkan dengan kontersink mata lima adalah beban pada mata sayat lebih ringan sehingga lebih tahan lama, karena beban pada mata sayatnya terbagi enam.



Gambar 91 Kontersing mata sayat enam

Dari keseluruhan jenis konfersink tersebut diatas, berdasarkan pengalaman dilapangan yang sering digunakan adalah konfersing yang memiliki mata sayat tiga dan empat dan sudut mata sayatnya 60° atau 90°. Konfersing bertangkai lurus, pada saat digunakan penggikatanya dipasang pada cekam bor (*drill chuck*) sebagaimana pada proses pengeboran dengan mata bor tangkai lurus, dan yang bertangkai tirus pengikatannya dipasang pada lubang tirus kepala lepas sebagaimana pada proses pengeboran menggunakan mata bor tangkai tirus. Selain itu perlu diketahui bahwa, konfersink tangkai tirus pada umumnya menggunakan standar tirus morse/ *morse tapper* (MT) yaitu mulai dari MT 1 ÷ 6 sebagaimana mata bor tangkai tirus.

4. Mata bor

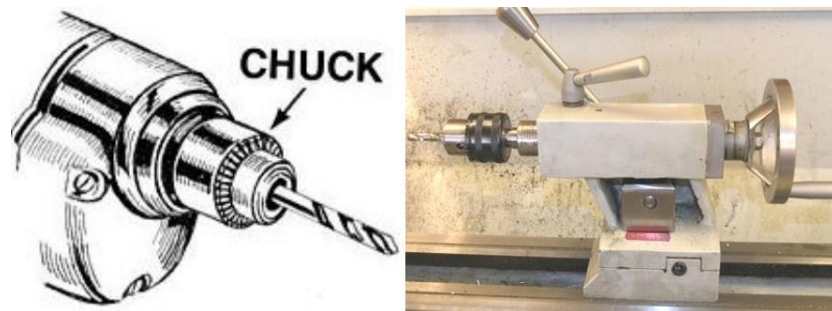
Mata bor adalah salah satu alat potong pada mesin bubut yang berfungsi untuk membuat lubang pada benda pejal. Dalam membuat diameter lubang bor dapat disesuaikan dengan kebutuhan, yaitu tergantung dari diameter mata bor yang digunakan.

a. Pengelompokan mata bor berdasarkan tangkai

Pengelompokan mata bor berdasarkan tangkai, dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu, pertama: mata bor tangkai lurus (Gambar 92) yang pengikatanya menggunakan cekam *bor/drill chuck* (Gambar 93), dan kedua: mata bor tangkai tirus (Gambar 94) yang pengikatanya dimasukan pada lubang tirus.



Gambar 92 Mata bor tangkai lurus



Gambar 93 Pengikatan mata bor dengan cekam bor pada proses pembubutan



Gambar 94 Mata bor tangkai tirus

Pada saat penggunaan mata bor tangkai tirus yang memiliki ukuran tangkai lebih kecil dari pada lubang tirus pada kepala lepas, maka harus menggunakan alat tambahan yang disebut sarung pengurang (*drill sleeve*) (Gambar 95).



Gambar 95 Sarung pengurang bor (drill sleeve)

b. Pengelompokan mata bor berdasarkan spiral

Apabila dilihat spiralnya mata bor terbagi menjadi tiga yaitu, pertama: mata bor spiral normal/ normal spiral drill (Gambar 96) digunakan untuk mengebor baja lunak, kedua: mata bor spiral panjang/ slow spiral drill (Gambar 97) digunakan untuk mengebor baja keras dan ketiga: mata bor spiral pendek/ quick spiral drill (Gambar 98) digunakan untuk mengebor baja liat.



Gambar 96 Mata bor spiral normal/normal spiral



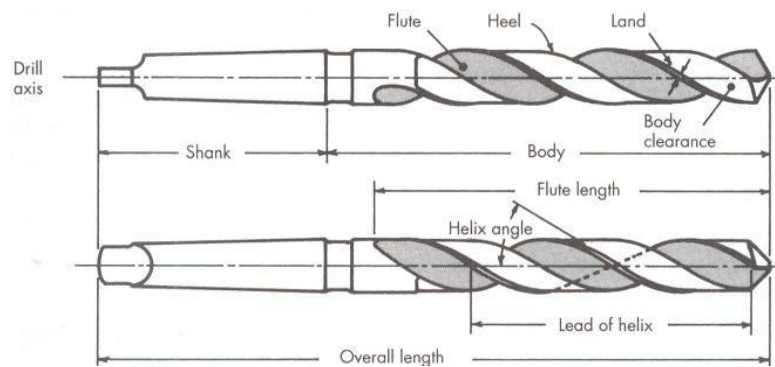
Gambar 97 Mata bor spiral panjang/slow spiral



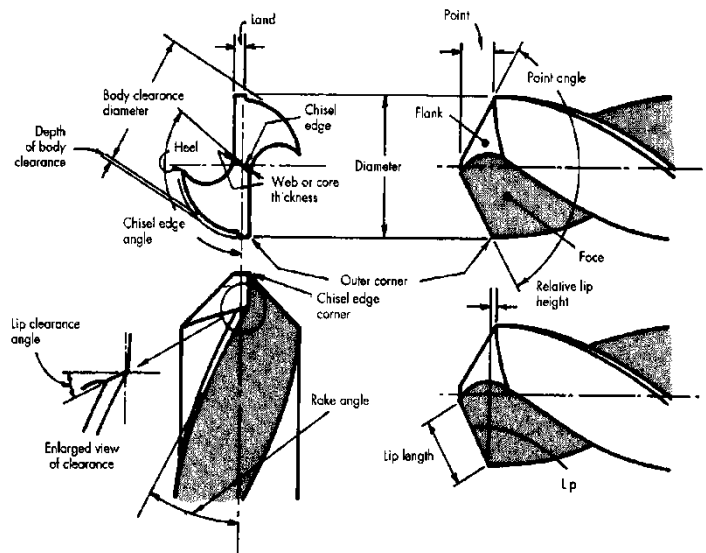
Gambar 98 Mata bor spiral pendek/quick spiral

c. Bagian-bagian Mata Bor

Bagian-bagian mata bor dilihat dari bodinya dapat dilihat pada (Gambar 99), dan bagian-bagian mata bor dilihat dari mata sayat dan sudut bebasnya dapat dilihat pada (Gambar 100).



Gambar 99 Bagian-bagian mata bor dilihat dari bodinya



Gambar 100 Bagian-bagian mata bor dilihat dari mata sayatnya

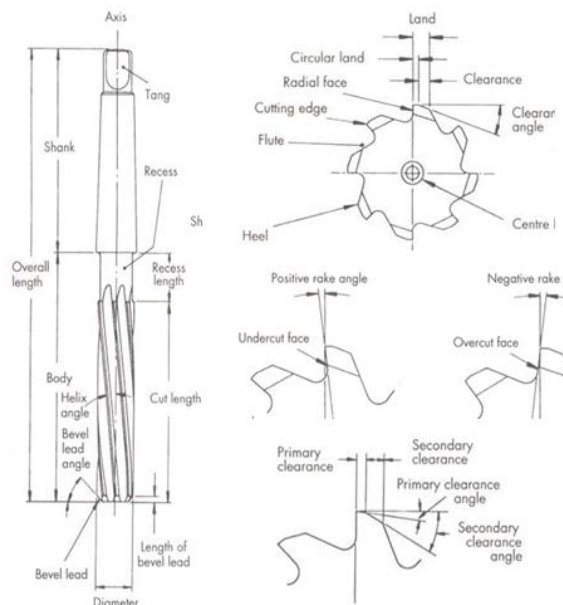
5. Reamer

Reamer dipergunakan untuk memperhalus lubang pada benda kerja, hal ini dibutuhkan kehalusan sesuai ketentuan. Sebelum dilakukan pereameran terlebih dahulu di bor, hasil pereameran antara 0,004 – 0,012" (0,1016 – 0,3048 mm).



Gambar 101 Reamer

Pembuatan lubang sebelum dirimer, untuk diameter sampai dengan 10 mm dianjurkan diameternya dibuat lebih kecil dari diameter nominal rimer yaitu antara $0,15 \div 0,25$ mm dan untuk lubang diameter 10 mm keatas, dianjurkan diameternya dibuat lebih kecil dari diameter nominal rimer yaitu antara $0,25 \div 0,60$ mm. Tujuan dilakukan pengurangan diameter sebelum dirimer adalah, agar hasilnya lebih maksimal dan beban pada rimer tidak terlalu berat sehingga memiliki umur lebih panjang. Bagian rimer mesin :



Gambar 102 Bagian-bagian Reamer

Apabila dilihat dari fungsinya rimer mesin terbagi menjadi tiga yaitu, reamer mesin untuk lubang pin, reamer untuk lubang lurus dan reamer untuk lubang tirus.

a. Rimer Mesin Untuk Lubang Pin

Rimer mesin untuk lubang pin apabila dilihat dari bentuk mata sayatnya terbagi menjadi tiga yaitu, *reamer pin tirus mata sayat lurus/ straight taper pin reamer* (Gambar 103), reamer pin tirus mata sayat spiral/ *spiral taper pin reamer* (Gambar 104), dan reamer pin tirus mata sayat helik (*helical taper pin reamer*) - (Gambar 105). Rimer jenis ini berfungsi untuk membuat lubang pin tirus, yang memiliki ketirusan standar



Gambar 103 Reamer pin tirus mata sayat lurus



Gambar 104 Reamer pin tirus mata sayat spiral



Gambar 105 Reamer pin tirus mata sayat helik

b. Rimer mesin untuk lubang lurus

Rimer mesin untuk lubang lubang lurus apabila dilihat dari tangkainya terbagi menjadi dua yaitu, *reamer lurus tangkai lurus* (Gambar 106), dan rimer lurus tangkai tirus (Gambar 107). Rimer jenis ini berfungsi untuk membuat lubang lurus yang memiliki toleransi dan suaian khusus.



Gambar 106 Reamer lurus tangkai lurus



Gambar 107 Reamer lurus tangkai lurus

c. Rimer mesin untuk lubang tirus:

Rimer mesin untuk lubang tirus apabila dilihat dari fungsinya terbagi menjadi dua yaitu, rimer tirus untuk pengasaran (Gambar 108) dan reamer tirus untuk *finishing* (Gambar 109). Rimer jenis ini berfungsi untuk membuat lubang tirus standar, misalnya tirus *standar morse* (taper morse - MT) yaitu mulai dari MT 1 s.d 6.

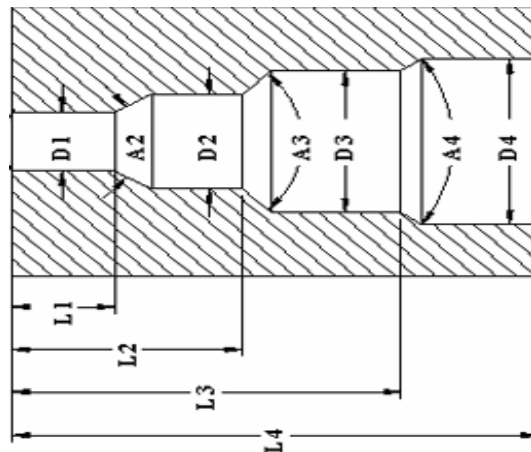


Gambar 108 Reamer tirus untuk lubang tirus

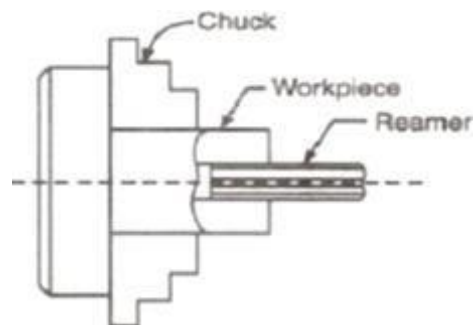


Gambar 109 Reamer lurus tangkai tirus

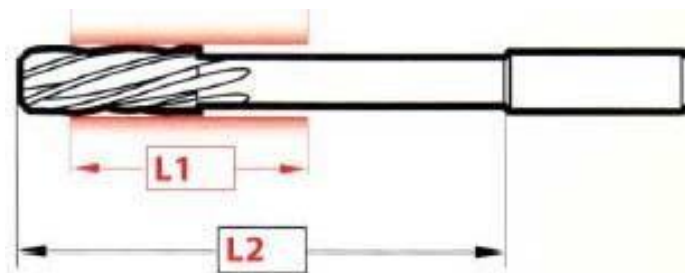
Untuk mendapatkan hasil lubang sesuai toleransi dan suaian yang diinginkan, garis sumbu rimer harus benar-benar sepusat dengan garis sumbu lubang yang akan dirimer. Untuk merimer lubang lurus yang tembus, sebaiknya kedalamannya dilebihkan kurang lebih $\frac{1}{3}$ dari mata sayatnya, hal ini dilakukan agar lubang benar-benar lurus. Untuk mereamer lubang tirus, disarankan lubang yang akan direamer sebelumnya dibuat bertingkat terlebih dahulu dengan tujuan agar rimer tidak menerima beban yang berat (Gambar 110). Selain itu agar mendapatkan hasil yang maksimal dan *reamer* yang digunakan awet, pada saat meramer harus menggunakan putaran mesin yang sesuai dan selalu menggunakan air pendingin atau oli.



Gambar 110 Pembuatan lubang bertingkat sebelum dirimer



Gambar 111 Kesepusatan garis sumbu lubang dengan garis sumbu rimer

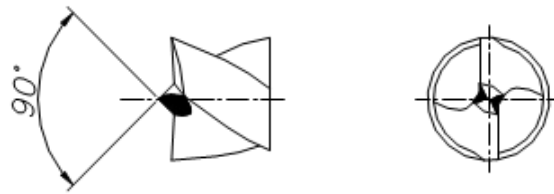


Gambar 112 Posisi kedalaman pereameran lubang lurus

6. Spotting drill

Spotting Drill adalah modifikasi *twist drill* dengan membentuk center pada sumbunya dan selebihnya dibuat rata. Tool ini bisa menghasilkan ujung lobang pengeboran yang rata dengan kedalaman tertentu tanpa harus menggunakan

guide seperti pada counterbor. *Twist drill* ini dipakai tanpa pre drill. Kelebihannya adalah kesentrisannya sangat baik, tidak menghasilkan chip pada lubang tembus, cocok untuk material logam non ferrus seperti: aluminium, kuningan, seng. Bor ini tidak akan berfungsi dengan baik apabila sudah terdapat lubang awalnya atau melewati lubang yang melintang, karena penyenterannya tidak akan berfungsi. Perlu diingat juga bahwa gaya pemakanannya cukup berat karena bidang sayatnya rata dan mengarah ke satu arah secara sejajar.

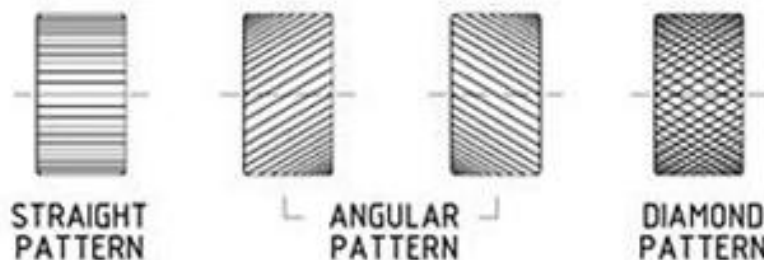


Gambar 113 Spotting drill

7. Kartel

Kartel (*knurling*) adalah suatu alat pada mesin bubut yang berfungsi untuk membuat alur-alur melingkar lurus atau silang pada bidang permukaan benda kerja bagian luar atau dalam. Tujuan pengkartelan bagian luar adalah agar permukaan bidang tidak licin pada saat dipegang, contohnya terdapat pada batang penarik, tangkai palu besi dan pemutar yang dipegang dengan tangan. Untuk pengkartelan bagian dalam tujuannya adalah untuk keperluan khusus, misalnya memperkecil lubang bearing yang sudah longgar.

Bentuk/ profil hasil pengkartelan ada tiga jenis yaitu: belah ketupat/ intan, menyudut/ silang dan lurus (Gambar 114). Hasil pengkartelan tergantung dari bentuk gigi pisau kartel yang digunakan (Gambar 115).



Gambar 114 Pola/ bentuk hasil pengkartelan



Gambar 115 Macam-macam bentuk gigi pisau

Pada saat digunakan gigi pisau kartel dipasang pada pemegangnya (holder). Untuk pengkartelan bentuk lurus, hanya diperlukan sebuah gigi pisau kartel bentuk lurus yang dipasang pada dudukannya dengan posisi tetap/ rigid (Gambar 116). Pada k pengkartelan bentuk menyudut dan ketupat/ intan, diperlukan sepasang gigi pisau kartel bentuk menyudut/ silang yang dipasang pada dudukannya. Pemegang gigi kartel menyudut/ silang da, ada yang satu dudukan dan ada yang tiga dudukan (Gambar 117).



Gambar 116 Pemegang gigi pisau kartel lurus dengan posisi tetap (rigid)



Gambar 117 Pemegang gigi pisau kartel lurus dengan posisi tetap/ rigid

Konstruksi atau bentuk pemegang/ *holder* gigi pisau kartel dibuat sesuai profil bidang yang akan dikartel, sehingga dapat dipilih sesuai kebutuhan. Macam-macam bentuk pemegang gigi pisau kartel buatan dari salah satu pabrikan dapat dilihat pada (Gambar 118).



Gambar 118 Pemegang gigi pisau kartel lurus dengan posisi tetap/ rigid

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas Pengantar

Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok, 1 JP)

Sebelum melakukan aktivitas pembelajaran berdiskusilah dengan sesama peserta diklat di kelompok Saudara untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran tentang alat-alat potong? Sebutkan!
2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
6. Apa bukti yang harus diunjukkan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan Lembar Kerja (LK)-00. Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran dengan membaca dan mengamati tentang alat-alat potong pada mesin bubut

Aktivitas 1 : Menelaah berbagai alat potong pada mesin bubut.

Selain pemotongan dengan logam yang menggunakan pahat bubut, sering digunakan berbagai jenis alat potong lainnya. Misalnya untuk membuat lobang dan membentuk lubang.

Coba diskusikan dengan anggota kelompok :

1. Tentang fungsi dari setiap jenis alat potong !
2. Tentang cara penggunaan alat potong itu sesuai dengan prosedur !

Hasil diskusinya coba ditayangkan dengan menggunakan infocus dan diskusikan dengan kelompok lainnya. Masukan-masukan dari kelompok lain adalah sebagai

penguatan dalam menempuh kompetensi tentang alat-alat potong pada mesin bubut.

E. Rangkuman

1. Bor Senter (*Centre drill*)

Bor senter adalah salah satu alat potong pada mesin bubut yang berfungsi untuk membuat lubang senter pada ujung permukaan benda kerja. Jenis bor senter ada tiga yaitu: bor senter standar (*standar centre drill*), bor senter dua mata sayat (*safety type centre drill*) dan bor senter mata sayat radius (*radius form centre drill*).

2. Mata Bor (*Twist Drill*)

Mata bor adalah salah satu alat potong pada mesin bubut yang berfungsi untuk membuat lubang pada benda pejal. Dalam membuat diameter lubang bor dapat disesuaikan dengan kebutuhan, yaitu tergantung dari diameter mata bor yang digunakan.

3. Kontersing (*Countersink*)

Kontersing (*Countersink*) adalah salahsatu alat potong pada mesin bubut yang berfungsi untuk membuat champer pada ujung lubang agar tidak tajam atau untuk membuat champer pada ujung lubang untuk membenamkan kepala baut berbentuk tirus.

Apabila dilihat dari tangkainya, kontersing dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu kontersing tangkai lurus dan kontersing tangkai tirus.

Apabila dilihat dari jumlah mata sayatnya, kontersing dapat dibagi menjadi enam jenis yaitu: kontersing mata sayat satu, kontersing mata sayat dua, kontersing mata sayat tiga, kontersing mata sayat empat, kontersing mata sayat lima, dan kontersing mata sayat enam.

4. Konterbor (*Counterbor*)

Konterbor (*counterbor*) adalah salah satu alat potong pada mesin bubut yang berfungsi untuk membuat lubang bertingkat. Hasil lubang bertingkat berfungsi sebagaiudukan kepala baut L. Jenis alat ini apabila dilihat dari tangkainya terbagi menjadi dua yaitu konterbor tangkai lurus. Apabila dilihat dari sisi ujung

mata sayatnya, alat ini juga terbagi menjadi dua yaitu, konterbor dengan pengarah dan konterbor tanpa pengarah.

5. Rimer Mesin (*Reamer Machine*)

Rimer mesin adalah salah satu alat potong pada mesin bubut yang berfungsi untuk memperhalus dan memperbesar lubang dengan toleransi dan suaian khusus sesuai tuntutan pekerjaan, yang prosesnya benda kerja sebelumnya dibuat lubang terlebih dahulu. Pembuatan lubang sebelum dirimer, untuk diameter sampai dengan 10 mm dianjurkan diameternya dibuat lebih kecil dari diameter nominal rimer yaitu antara $0,15 \div 0,25$ mm dan untuk lubang diameter 10 mm keatas, dianjurkan diameternya dibuat lebih kecil dari diameter nominal rimer yaitu antara $0,25 \div 0,60$ mm.

6. *Spotting Drill* adalah modifikasi twist drill dengan membentuk center pada sumbunya dan selebihnya dibuat rata. Tool ini bisa menghasilkan ujung lobang pengeboran yang rata dengan kedalaman tertentu tanpa harus menggunakan guide seperti pada counterbor.

7. Kartel (*Knurling*)

Kartel (*knurling*) adalah suatu alat pada mesin bubut yang berfungsi untuk membuat alur-alur melingkar lurus atau silang pada bidang permukaan benda kerja bagian luar atau dalam. Tujuan pengkartelan bagian luar adalah agar permukaan bidanng tidak licin pada saat dipegang, contohnya terdapat pada batang penarik, tangkai palu besi dan pemutar yang dipegang dengan tangan. Untuk pengkartelan bagian dalam tujuannya adalah untuk keperluan khusus, misalnya memperkecil lubang bearing yang sudah longgar.

Bentuk/ profil hasil pengkartelan ada tiga jenis yaitu: belah ketupat/ intan, menyudut/ silang dan lurus.

F. Formatif

1. Pembubutan benda bertingkat seperti pada gambar di samping dapat dibentuk dengan menggunakan pahat
 - a. radius
 - b. potong
 - c. rata muka (facing)
 - d. alur
2. Alat untuk memberikan pattern tertentu pada benda kerja menggunakan..
 - b. Reamer
 - c. senter drill
 - d. kartel
 - e. spotting drill
3. Penghalusan pada benda kerja menggunakan
 - a. Reamer
 - b. Karetl
 - c. Center drill
 - d. Spotting drill
4. Center Drill digunakan untuk
 - a. menitik benda kerja yang akan dibor
 - b. menggaris benda kerja yang akan dipotong
 - c. mengebor pusat benda kerja
 - d. mengukur kecepatan putar
5. Permukaan ujung benda kerja yang dihasilkan dengan cara penyetelan pahat bubut tidak setinggi senter adalah
 - a. permukaan menonjol di tengah
 - b. permukaan cekung
 - c. permukaan cembung
 - d. permukaan bergelombang

G. Kunci Jawaban

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

KEGIATAN PEMBELAJARAN 8 : PRINSIP KERJA MESIN FRAIS

A. Tujuan

Setelah proses pembelajaran, peserta dapat menerapkan prinsip kerja mesin frais dalam pembuatan produk-produk dengan benar

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

- 1) Dapat menjelaskan prinsip kerja mesin frais.
- 2) Dapat menjelaskan berbagai pekerjaan yang dapat dikerjakan dengan mesin frais.
- 3) Dapat menjelaskan cara kerja mengefris datar (*slab milling*)
- 4) Dapat menjelaskan cara kerja mengefris tegak (*face milling*).

C. Uraian Materi

Proses frais adalah jenis mesin perkakas yang mempunyai keistimewaan tersendiri karena mesin frais salah satu jenis mesin yang dapat melakukan berbagai macam bentuk pada benda kerja.

Pada mesin frais, umumnya terdapat tiga kemungkinan gerakan meja, yaitu gerakan horisontal, gerakan menyilang, dan gerakan vertikal. Pada beberapa meja juga memiliki gerakan putar, sehingga juga memiliki beberapa proses pengerjaan terhadap benda kerja. Sesuai dengan pahat yang digunakan, ada dua macam cara mengefris, yaitu :

1. Mengefris datar (*slab milling*) dengan sumbu putar pahat frais selubung sejajar permukaan benda kerja.

Ada dua macam cara mengefris datar, yaitu :

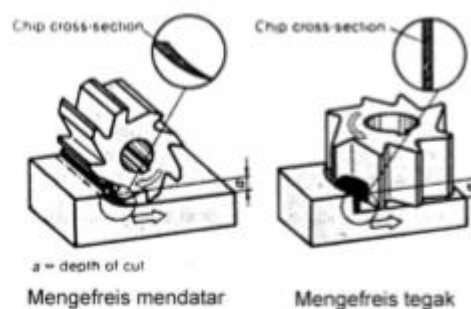
a. Mengefris naik atau pemakanan ke atas (*up cut milling*)

Pemotongan dilakukan oleh gigi pahat yang bergerak ke atas, di mana arah dan tekanan pemotongan berlawanan arah gerakan benda kerja. Penyayatan

dimulai dari geram tipis ke geram tebal dan digunakan sebagai proses penghalusan (*finishing*)

b. Mengefrais turun atau pemakanan ke bawah (*down cut milling*).

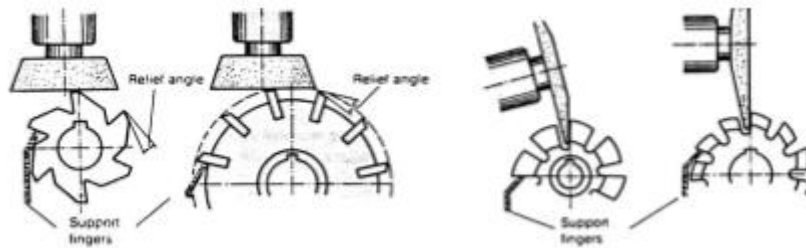
Pemotongan dilakukan oleh gigi pahat yang bergerak ke atas, di mana arah pemotongan berlawanan arah dengan gerakan benda kerja. Penyayatan dimulai dari geram tebal ke geram tipis. Umumnya digunakan sebagai proses pengasaran (pekerjaan dengan kecepatan menghasilkan geram tinggi).



Gambar 119 Pengefraisan datar

2. Mengefrais tegak (*face milling*) dengan sumbu putar pahat frais muka tegak lurus permukaan benda kerja.

Di dalam suatu pengerjaan, gigi-gigi suatu pisau frais dapat rusak. Pisau frais yang tumpul akan menghasilkan permukaan benda kerja yang tidak bersih dan ukuran yang tidak teliti, sehingga pisau frais perlu diasah. Pisau frais digerinda pada bagian permukaan bebasnya. Sebagai contoh pada waktu pengerjaan pisau frais ditekan ke penyangga gigi dengan tangan, tangan yang lain menggerakkan meja pada pisau yang diasah sepanjang roda gerinda, satu demi satu gigi-gigi diasah dengan kasar, kemudian digerinda halus. Batu gerinda berbentuk cawan. Oleh karena itu, hanya satu sisi dari batu gerinda yang harus miring terhadap sumbu pisau yang diasah kira-kira 30 agar didapatkan sudut bebas yang baik, penyangga gigi diletakkan di bawah pusat pisau dengan suatu jarak tertentu.



Gambar 120 Pengefraisan tegak

Untuk memasang benda kerja pada mesin frais ada empat cara, yaitu :

- benda kerja diikatkan pada ragum yang dipasang dengan baut pada meja mesin
- benda kerja langsung diikatkan pada meja mesin
- benda kerja dipasangkan pada alat spesial yang nantinya dapat diikatkan pada ragum atau langsung diikatkan pada meja mesin
- benda kerja diikatkan pada pelat cekam atau di antara dua senter

Prinsip kerja mesin frais adalah gerak potong dilakukan oleh pahat yang berasal dari putaran spindel dan gerak makan oleh benda kerja yang berasal dari gerakan meja kerja secara translasi sebagai pembawa benda kerja.

Tenaga untuk pemotongan berasal dari energi listrik yang diubah menjadi gerak utama oleh sebuah motor listrik, selanjutnya gerakan utama tersebut akan diteruskan melalui suatu transmisi untuk menghasilkan gerakan putar pada spindel mesin milling.

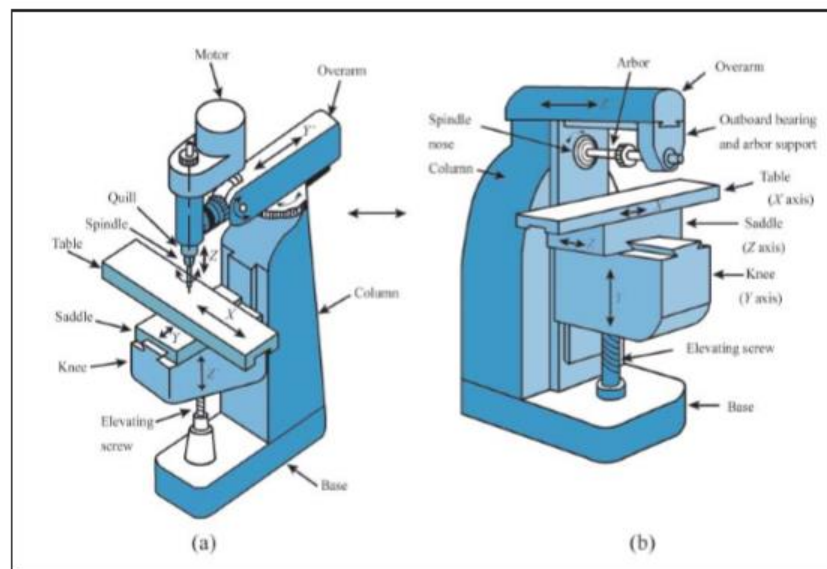
Spindel mesin milling adalah bagian dari sistem utama mesin milling yang bertugas untuk memegang dan memutar *cutter* hingga menghasilkan putaran atau gerakan pemotongan.

Gerakan pemotongan pada *cutter* jika dikenakan pada benda kerja yang telah dicekam maka akan terjadi gesekan/tabrakan sehingga akan menghasilkan pemotongan pada bagian benda kerja, hal ini dapat terjadi karena material penyusun *cutter* mempunyai kekerasan di atas kekerasan benda kerja.

Milling (Frais) adalah proses menghilangkan/pengambilan fatal-fatal dari bahan atau benda kerja dengan pertolongan dari alat potong yang berputar dan mempunyai sisi potong, kecuali pahat potong yang bersisi tunggal yang juga

digunakan. Mesin Milling termasuk mesin perkakas yang mempunyai gerak utama yang berputar, Pisau Fris dipasang pada sumbu/arbor mesin yang didukung dengan alat pendukung arbor, jika arbor mesin berputar melalui suatu putaran motor listrik maka pisau Fris akan ikut berputar, arbor mesin dapat ikut berputar kekanan dan kekiri sedangkan banyaknya putaran dapat diatur sesuai kebutuhan. Prinsip kerja dari mesin Fris yaitu pahat potong/pemotong Fris melakukan gerak rotasi dan benda kerja dihantarkan pada pemotongan.

Permukaan yang disayat bisa berbentuk datar, menyudut, atau melengkung. Permukaan benda kerja bisa juga berbentuk kombinasi dari beberapa bentuk. Mesin yang digunakan untuk memegang benda kerja, memutar pisau, dan penyayatannya disebut mesin frais (*milling machine*).



Gambar 121 Skematik dari gerakan-gerakan dan komponen-komponen dari (a) Mesin frais vertikal tipe column and knee, dan (b) Mesin frais horizontal tipe column and knee

Mesin frais adalah mesin tools yang digunakan secara akurat untuk menghasilkan satu atau lebih pengerjaan permukaan benda dengan menggunakan satu atau lebih alat potong. Benda kerja dipegang dengan aman pada meja benda kerja dari mesin atau dalam sebuah alat pemegang khusus yang dijepit atau dipasang pada meja mesin. Selanjutnya benda kerja dikontakkan dengan pemotong yang

bergerak maju mundur. Mesin frais merupakan mesin potong yang dapat digunakan untuk berbagai macam operasi seperti pengoperasian benda datar dan permukaan yang memiliki bentuk yang tidak beraturan, roda gigi dan kepala baut, boring, reaming. Kemampuan untuk melakukan berbagai macam pekerjaan membuat mesin frais merupakan salah satu mesin yang sangat penting dalam bengkel kerja. (Stefford, 1986)

Memfrais adalah mengerjakan logam dengan mesin yang mempergunakan pemotong berputar yang mempunyai sejumlah mata pemotong. Alat ini dikenal sebagai pisau frais. Mesin Frais ditemukan oleh Eli Whitney sekitar tahun 1818. Frais ini melakukan produksi suku cadang duplikat yang pertama dengan mengendalikan secara mekanis arah dan gerakan potong dari perkakas mata potong jamak yang berputar. Mesin frais melepaskan logam ketika benda kerja dihantarkan terhadap suatu pemotong berputar, kecuali untuk putaran, pemotong berbentuk bulat tidak mempunyai gerakan lain. Pemotong frais memiliki satu deretan mata potong pada kelilingnya yang masing-masing berlaku sebagai pemotong tersendiri pada daur putaran. Benda kerja dipegang pada meja yang mengendalikan hantarannya terhadap pemotong. Dalam mesin pada umumnya terdapat tiga kemungkinan gerakan meja longitudinal, menyilang dan vertikal, tetapi pada beberapa meja juga dimiliki gerakan putar.

Pada mesin frais, pisau terpasang pada arbor dan diputar oleh spindle. Benda kerja terpasang pada meja dengan bantuan catok (*vice*) atau alat bantu lainnya. Meja bergerak vertikal (naik-turun), horizontal (maju-mundur dan kekiri-kekanan). Dengan gerakan ini maka dapat menghasilkan benda-benda seperti pembuatan:

- Bidang rata
- Alur
- Roda gigi
- Segi banyak beraturan
- Bidang bertingkat.

Prinsip kerja mesin frais adalah Tenaga untuk pemotongan berasal dari energi listrik yang diubah menjadi gerak utama oleh sebuah motor listrik. Gerakan utama

tersebut akan diteruskan melalui suatu transmisi untuk menghasilkan gerakan putar pada spindel mesin milling. Mesin perkakas untuk mengerjakan atau menyelesaikan suatu benda kerja dengan mempergunakan pisau milling (*cutter*) sebagai pahat penyayat yang berputar pada sumbu mesin. Mesinmilling termasuk mesin perkakas yang mempunyai gerak utama yang berputar, pisau frais dipasang pada sumbu/arbor mesin yang didukung dengan alat pendukung arbor, jika arbor mesin berputar melalui suatu putaran motor listrik maka pisau frais akan ikut berputar, arbor mesin dapat ikut berputar kekanan dan kekiri sedangkan banyaknya putaran dapat diatur sesuai kebutuhan.

Pengerjaan yang terjadi di mesin frais horizontal. Benda kerja dijepit di suatu ragam mesin atau peralatan khusus atau dijepit di meja mesin frais. Pemotongan dikerjakan oleh pemakanan benda kerja di bawah suatu pisau yang berputar. Pekerjaan yang terjadi mesin frais vertikal. Pergerakan meja dan ke atas dan ke bawah dari spindel. Mesin frais vertikal dapat menghasilkan permukaan horizontal.

Tenaga untuk pemotongan berasal dari energi listrik yang diubah menjadi gerak utama oleh sebuah motor listrik, selanjutnya gerakan utama tersebut akan diteruskan melalui suatu transmisi untuk menghasilkan gerakan putar pada spindel mesin milling.

Spindel mesin milling adalah bagian dari sistem utama mesin milling yang bertugas untuk memegang dan memutar *cutter* hingga menghasilkan putaran atau gerakan pemotongan.

Gerakan pemotongan pada *cutter* jika dikenakan pada benda kerja yang telah dicekam maka akan terjadi gesekan/tabrakan sehingga akan menghasilkan pemotongan pada bagian benda kerja, hal ini dapat terjadi karena material penyusun *cutter* mempunyai kekerasan di atas kekerasan benda kerja.

Pengefraisan adalah suatu proses pelepasan logam dengan penyayatan benda kerja oleh pisau yang berputar. Dalam pengoperasian/pengefraisan jumlah logam tersayat adalah secepat putaran pisau pada kecepatan tinggi yang mempunyai ujung sayat banyak sehingga pekerjaan lebih cepat dan juga kualitas permukaan lebih baik dibanding pisau satu sisi sayat. Mesin Frais (*milling machine*) adalah

satu dari banyak mesin perkakas yang terpenting di bengkel dan hampir semua pekerjaan bisa dilaksanakan dengan ketelitian tinggi.

Lebih banyak pekerjaan yang bisa dilaksanakan di mesin frais dibanding mesin bubut dan bisa mengerjakan rata, kurva, alur heliks dsb. Beberapa pisau bisa dipasang pada arbor pada waktu bersamaan (gang), menambah jumlah logam yang disayat dan beberapa permukaan dikerjakan sekaligus. Juga memungkinkan memasang dua benda kerja atau lebih, satu dikerjakan yang lainnya terpasang, untuk menjamin kontinuitas. Selanjutnya dengan macam-macam pisau, mesin frais bisa menghasilkan berbagai bentuk permukaan.

Cara kerja pisau frais berbeda dari bor atau pisau bubut. Di dalam pengefraisan, ujung sayat pisau dijaga kontinuitasnya dalam kontak dengan bahan yang dipotong, siklus pengoperasian dengan pemindahan tatal yang dihasilkan oleh setiap gigi. Bagian-bagian penting dari pengefraisan ialah pisau frais, benda kerja, pemegang pisau, penjepit benda kerja, dan mesin frais. Banyak tipe mesin frais, dari yang sederhana sampai yang rumit, mesin yang dikontrol oleh komputer. Tiap mesin punya bidang pekerjaannya tersendiri. Beberapa mesin khusus mengerjakan satu jenis pekerjaan. Klasifikasi biasanya menurut disain umum. Mesin frais dibuat dengan variasi yang banyak seperti model, ukuran dan kapasitas, selanjutnya standar atau kekhususan.

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas Pengantar

Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok, 1 JP)

Sebelum melakukan aktivitas pembelajaran berdiskusilah dengan sesama peserta diklat di kelompok Saudara untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

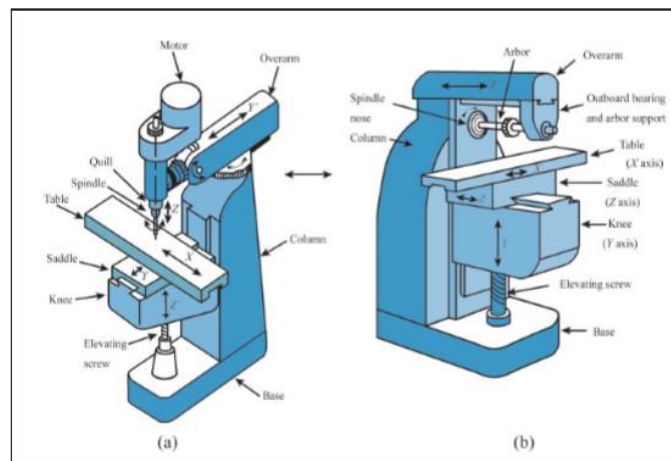
1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran tentang prinsip kerja mesin frais? Sebutkan!
2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!

4. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
6. Apa bukti yang harus diunjukkan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan Lembar Kerja (LK)-00. Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran dengan membaca dan mengamati tentang prinsip kerja mesin frais.

Aktivitas 1 : Menelaah tentang prinsip kerja mesin frais.

Salah satu proses pemesinan selain mesin bubut adalah mesin frais. Coba perhatikan gambar berikut :



Silahkan amati, bagaimana cara kerja kedua mesin frais tersebut ! Coba diskusikan dengan anggota kelompokmu :

- a. Jelaskan cara kerja mengefris datar ! Dari kedua gambar diatas, mana yang bisa digunakan untuk mengefris datar?
- b. Jelaskan cara kerja mengefris tegak ! Dari gambar di atas, mesin mana yang cocok untuk bisa mengefris tegak ?

Diskusikan dengan kelompok lainnya di dalam kelas. Catat segala masukan-masukan yang berkaitan dengan mesin frais dan jadikan hal itu untuk meningkatkan kompetensi dalam bidang mesin frais.

E. Rangkuman

2. Mesin frais adalah jenis mesin perkakas yang mempunyai keistimewaan tersendiri karena mesin frais salah satu jenis mesin yang dapat melakukan berbagai macam bentuk pada benda kerja.
2. Proses frais adalah suatu proses pelepasan logam dengan penyayatan benda kerja oleh pisau yang berputar.
3. Prinsip kerja mesin frais adalah gerak potong dilakukan oleh pahat yang berasal dari putaran spindel dan gerak makan oleh benda kerja yang berasal dari gerakan meja kerja secara translasi sebagai pembawa benda kerja.

F. Formatif

1. Apa yang dimaksud dengan proses frais?
2. Jelaskan bagaimana prinsip kerja mesin frais?
3. Sebutkan 4 cara pemasangan benda kerja pada mesin frais?
4. Pengerjaan apa saja yang memungkinkan dilakukan dengan menggunakan mesin milling?
5. Sesuai dengan pahat yang digunakan, sebutkan dua macam cara mengefrais!
6. Peralatan keselamatan kerja yang paling sering digunakan pada kerja mesin frais adalah
 - a. Kacamata
 - b. Penutup kepala
 - c. Masker
 - d. Penutup telinga
7. Proses kerja mesin frais adalah
 - a. Benda kerja diam alat potong bergerak lurus bolak-balik

- b. Alat potong berputar, benda kerja digerakkan perlahan
 - c. Benda kerja berputar, alat potong digerakkan perlahan
 - d. Alat potong dan benda kerja berputar
8. Peralatan pengamanan mesin frais kecuali
- a. Penutup kotak roda gigi
 - b. Pengaman belt motor penggerak
 - c. Kacamata penahan percikan tatal
 - d. Penampung bram/tatal
9. Pekerjaan yang dapat dikerjakan pada mesin frais adalah, kecuali
- a. Meratakan sisi
 - b. Membentuk bidang bersudut
 - c. Membentuk bidang segi beraturan
 - d. Membubut ulir
10. Cara pembagian pada kepala pembagi yang menggunakan roda gigi pengganti adalah ...
- a. Pembagian sudut
 - b. Pembagian diferensial
 - c. Pembagian sederhana
 - d. Pembagian campuran

G. Kunci jawaban

1. Proses frais adalah jenis mesin perkakas yang mempunyai keistimewaan tersendiri karena mesin frais salah satu jenis mesin yang dapat melakukan berbagai macam bentuk pada benda kerja. Pengefraisan adalah suatu proses pelepasan logam dengan penyayatan benda kerja oleh pisau yang berputar. Dalam pengoperasian/pengefraisan jumlah logam tersayat adalah secepat putaran pisau pada kecepatan tinggi yang mempunyai ujung sayat banyak

sehingga pekerjaan lebih cepat dan juga kualitas permukaan lebih baik dibanding pisau satu sisi sayat. Mesin Frais (*milling machine*) adalah satu dari banyak mesin perkakas yang terpenting di bengkel dan hampir semua pekerjaan bisa dilaksanakan dengan ketelitian tinggi.

2. Prinsip kerja mesin freis adalah gerak potong dilakukan oleh pahat yang berasal dari putaran spindel dan gerak makan oleh benda kerja yang berasal dari gerakan meja kerja secara translasi sebagai pembawa benda kerja.
3. Pemasangan benda kerja pada mesin frais :
 - a. benda kerja diikatkan pada ragum yang dipasang dengan baut pada meja mesin
 - b. benda kerja langsung diikatkan pada meja mesin
 - c. benda kerja dipasangkan pada alat spesial yang nantinya dapat diikatkan pada ragum atau langsung diikatkan pada meja mesin
 - d. benda kerja diikatkan pada pelat cekam atau di antara dua senter
4. Pengerjaan yang dapat dilakukan dengan menggunakan mesin milling antara lain :
 - a. Bidang rata
 - b. Alur
 - c. Roda gigi
 - d. Segi banyak beraturan
 - e. Bidang bertingkat
5. Ada dua cara :
 - a. Mengefrais datar (slab milling) dengan sumbu putar pahat frais selubung sejajar permukaan benda kerja.
 - b. Mengefrais tegak (face milling) dengan sumbu putar pahat frais muka tegak lurus permukaan benda kerja.
6. A
7. B
8. B
9. D

10. C

KEGIATAN PEMBELAJARAN 9 : FUNGSI MESIN FRAIS

A. Tujuan

Setelah kegiatan belajar mengajar peserta didik mempunyai kemampuan menjelaskan fungsi mesin frais dengan benar.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

- 1) Dapat menyebutkan jenis-jenis mesin frais secara umum.
- 2) Dapat menjelaskan fungsi dari tiap-tiap jenis mesin frais.
- 3) Dapat menjelaskan berbagai proses yang dikerjakan mesin frais.
- 4) Dapat menentukan kecepatan potong yang diijinkan berdasarkan material benda kerja dan jenis pahat.

C. Uraian Materi

Mesin ini digunakan untuk mengerjakan atau menyelesaikan suatu benda kerja dengan menggunakan pisau frais sebagai penyayat yang berputar pada sumbu mesin. Pada dasarnya mesin frais berfungsi sesuai dengan jenis mesin fraisnya.

Mesin frais yang digunakan dalam proses pemesinan ada tiga jenis, yaitu:

- *Column and knee milling machines*
- *Bed type milling machines*
- *Special purposes*

Mesin jenis *column and knee* dibuat dalam bentuk mesin frais vertikal dan horizontal (lihat Gambar 122) . Kemampuan melakukan berbagai jenis pemesinan adalah keuntungan utama pada mesin jenis ini. Pada dasarnya pada mesin jenis ini meja (*bed*), sadel, dan lutut (*knee*) dapat digerakkan. Beberapa aksesoris seperti cekam, meja putar, dan kepala pembagi menambah kemampuan dari mesin frais jenis ini. Walaupun demikian mesin ini memiliki kekurangan dalam hal kekakuan dan kekuatan penyayatannya. Mesin frais tipe *bed* (*bed type*) memiliki produktivitas yang lebih tinggi dari pada jenis mesin frais yang pertama. Kekakuan

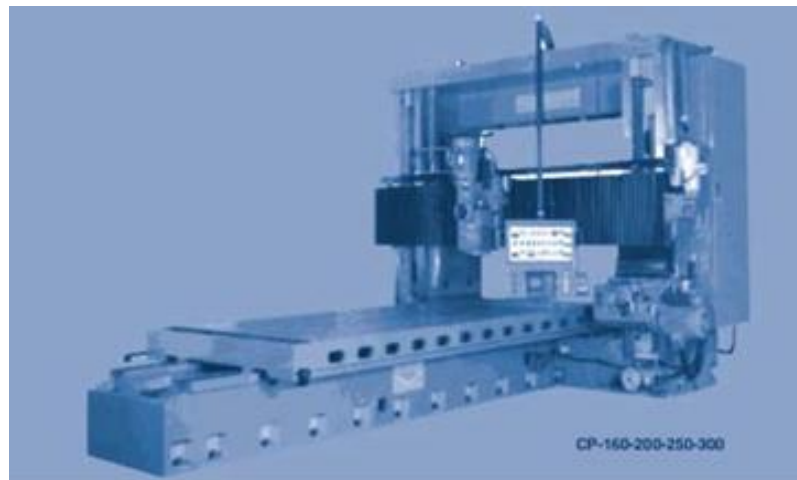
mesin yang baik, serta tenaga mesin yang biasanya relatif besar, menjadikan mesin ini banyak digunakan pada perusahaan manufaktur (Gambar 123) . Mesin frais tersebut pada saat ini telah banyak yang dilengkapi dengan pengendali CNC untuk meningkatkan produktivitas dan fleksibilitasnya.



Gambar 123 Mesin f **Gambar 122 Mesin frais tipe coloumn and knee**

Produk pemesinan di industri pemesinan semakin kompleks, maka mesin frais jenis baru dengan bentuk yang tidak biasa telah dibuat. Mesin frais tipe khusus ini (contoh pada Gambar 124), biasanya digunakan untuk keperluan mengerjakan satu jenis penyayatan dengan produktivitas/duplikasi yang sangat tinggi. Mesin tersebut misalnya mesin frais profil, mesin frais dengan spindel ganda (dua, tiga, sampai lima spindel), dan mesin frais planer. Dengan menggunakan mesin frais khusus ini maka produktivitas mesin sangat tinggi, sehingga ongkos produksi menjadi rendah, karena mesin jenis ini tidak memerlukan setting yang rumit.

Selain mesin frais manual, pada saat ini telah dibuat mesin frais dengan jenis yang sama dengan mesin konvensional tetapi menggunakan kendali CNC (*Computer Numerically Controlled*). Dengan bantuan kendali CNC (Gambar 125) , maka mesin frais menjadi sangat fleksibel dalam mengerjakan berbagai bentuk benda kerja, efisien waktu dan biaya yang diperlukan, dan produk yang dihasilkan memiliki ketelitian tinggi.

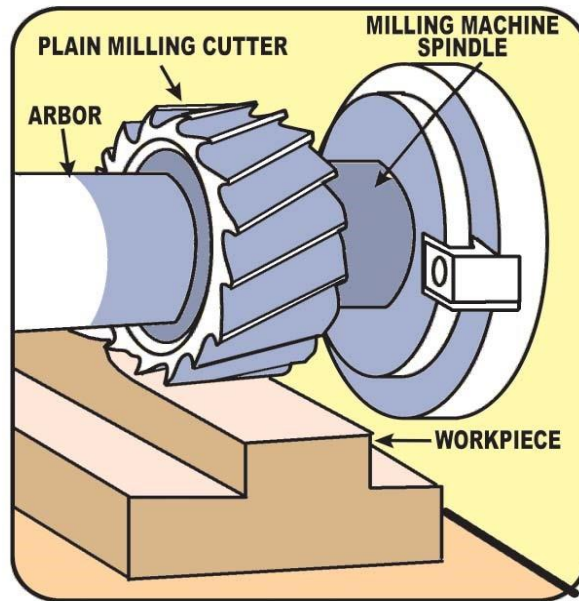


Gambar 124 mesin frais tipe khusus

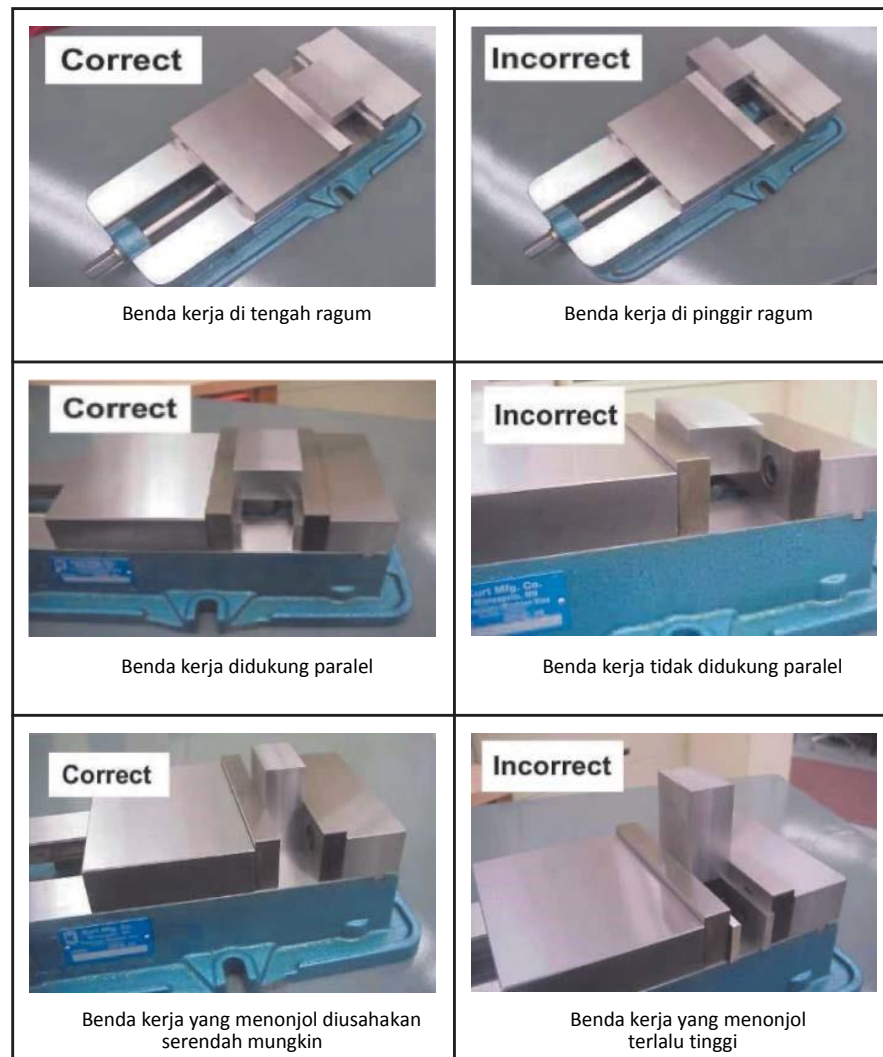


Gambar 125 Mesin frais CNC

Proses frais datar/rata (dinamakan juga *surface milling* atau *slab milling*) adalah proses frais dengan sumbu pisau paralel terhadap permukaan benda kerja, (Gambar 126) . Frais rata dilakukan dengan cara permukaan benda kerja dipasang paralel terhadap permukaan meja mesin frais dan pisau frais dipasang pada arbor mesin. Benda kerja dicekam dengan ragum biasa, sebaiknya bagian benda kerja yang menonjol di atas ragum tidak terlalu tinggi agar benda kerja tidak bergetar, (Gambar 127) . Arbor dipasang horizontal didukung oleh spindel mesin dan penahan arbor di sisi yang lain.



Gambar 126 Proses frais rata (surface/slab milling)



Gambar 127 cara pengekaman benda kerja, bagian kanan pengekaman yang salah (*incorrect*) dan bagian kiri pengekaman yang benar (*correct*)

Pisau yang digunakan untuk proses pengasaran (*roughing*) sebaiknya dipilih pisau frais yang ukuran giginya relatif besar, dengan kecepatan potong dipilih yang minimal dari kecepatan potong yang diperbolehkan untuk pasangan pisau dan benda kerja yang dikerjakan (Tabel 3). Untuk proses *finishing* pisau yang digunakan dipilih pisau yang memiliki gigi yang relatif kecil dengan kecepatan potong dipilih harga terbesar dari kecepatan potong yang diijinkan. Gerak makan per gigi ditentukan berdasarkan ketebalan beram yang diinginkan (direncanakan).

Tebal beram dapat dipilih berdasarkan benda kerja dan pisau yang digunakan, mesin, sistem pencekaman, dan kecepatan potong. Tebal beram untuk proses frais disarankan seperti pada Tabel.

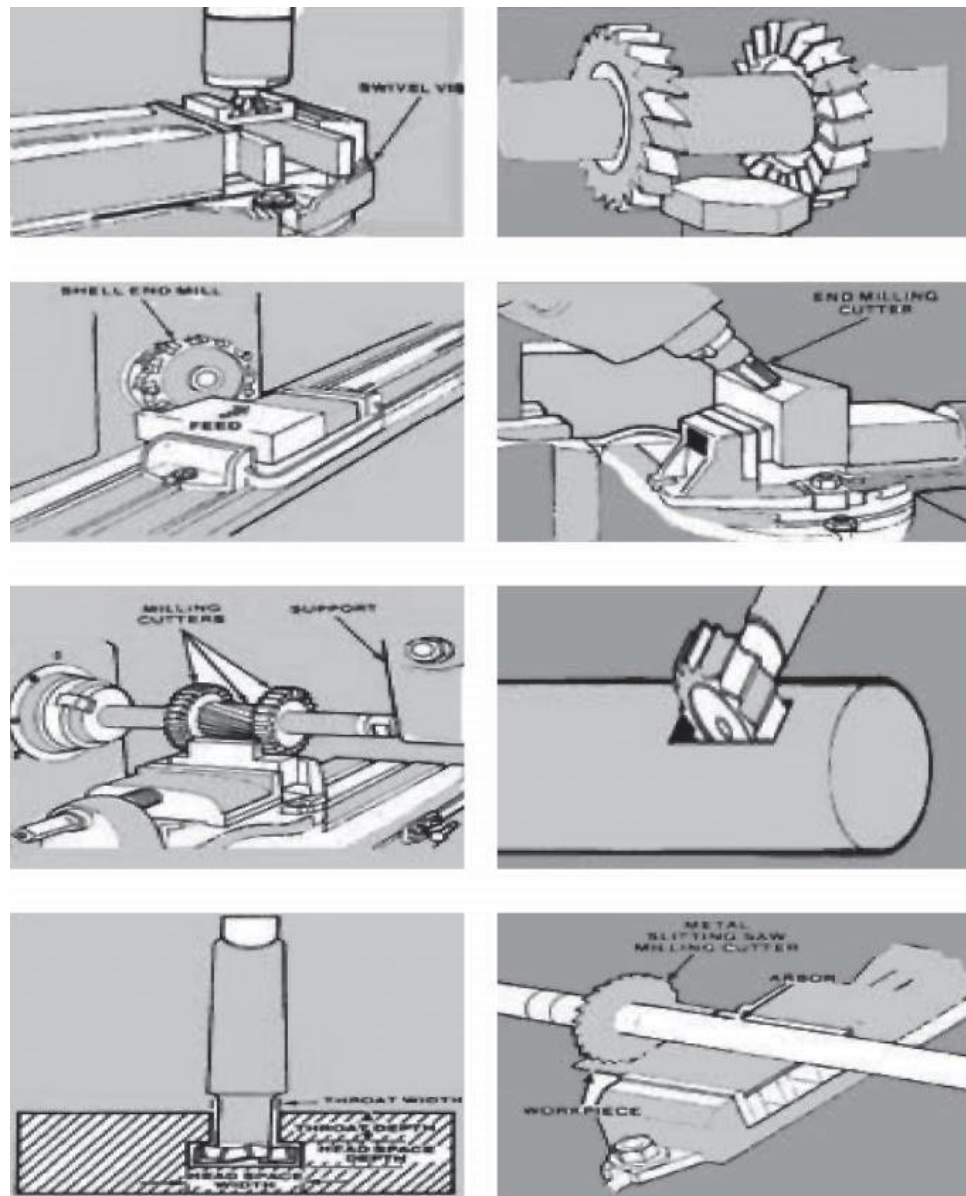
Tabel 3 Untuk beberapa proses pengerjaan di mesin frais

MATERIAL	CUTTING SPEED (sfpm) _{1 2}			
	PLAIN MILLING CUTTERS		END MILLING CUTTERS	
	Roughing	Finishing	Roughing	Finishing
Aluminum	400 to 1.000	400 to 1.000	400 to 1.000	400 to 1.000
Brass, composition	125 to 200	90 to 200	90 to 150	90 to 150
Brass, yellow	150 to 200	100 to 250	100 to 200	100 to 200
Bronze, phosphor and manganese	30 to 80	25 to 100	30 to 80	30 to 80
Cast iron (hard)	25 to 40	10 to 30	25 to 40	20 to 45
Cast iron (soft and medium)	40 to 75	25 to 80	35 to 65	30 to 80
Monel metal	50 to 75	50 to 75	40 to 60	40 to 60
Steel, hard	25 to 50	25 to 70	25 to 50	25 to 70
Steel, soft	60 to 120	45 to 110	50 to 85	45 to 110

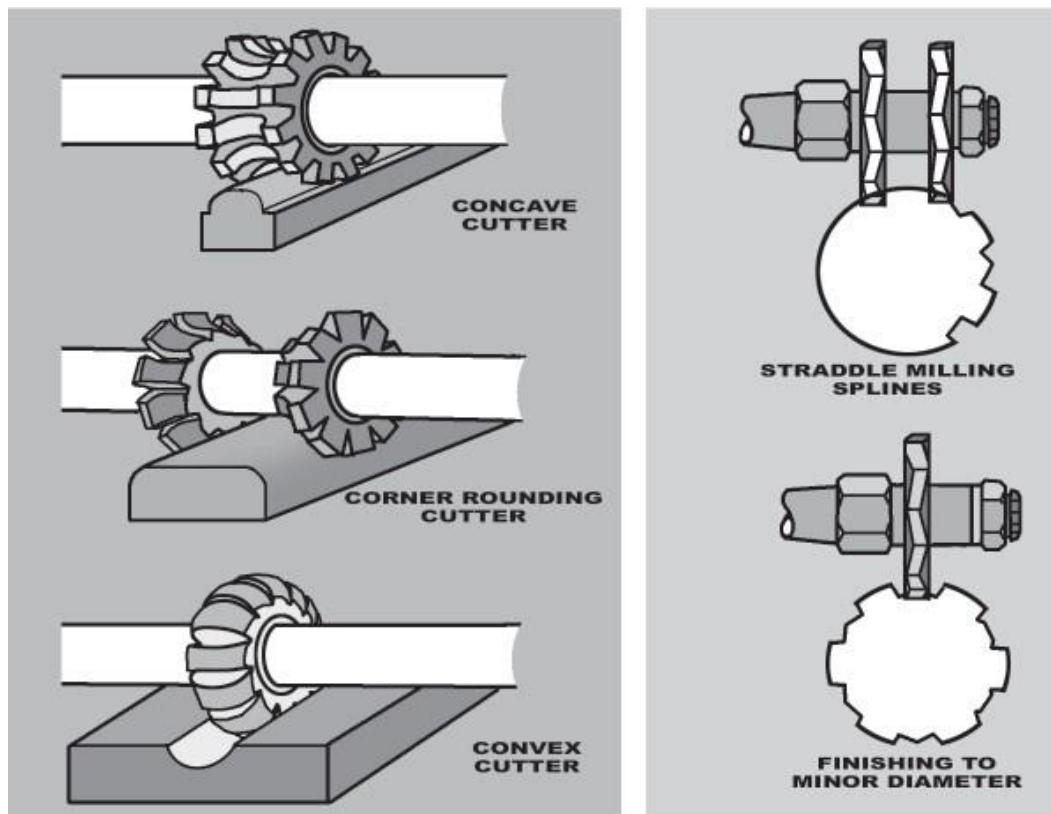
- Untuk pisau karbida harga kecepatan potong angka pada tabel dikalikan 2.
- Apabila satuan kecepatan potong (*cutting speed* diubah menjadi m/menit angka pada tabel dibagi 4).

Tabel 4 Tebal Beram per Gigi untuk Beberapa Tipe Pisau Frais dan Benda Kerja yang Dikerjakan (Satuan dalam Inchi)

TYPE OF CUTTER	ALUMINUM		BRONZE		CAST IRON		FREE MACHINING STEEL		ALLOY STEEL	
	HSS	CAR BIDE	HSS	CAR BIDE	HSS	CAR BIDE	HSS	CAR BIDE	HSS	CAR BIDE
FACE MILLS	.007 to .022	.007 to .020	.005 to .014	.004 to .012	.004 to .016	.006 to .020	.003 to .012	.004 to .016	.002 to .008	.003 to .014
HELICAL MILLS	.006 to .018	.006 to .016	.003 to .011	.004 to .010	.004 to .018	.002 to .018	.002 to .010	.003 to .013	.002 to .007	.003 to .012
SIDE CUTING MILLS	.004 to .013	.004 to .012	.003 to .008	.003 to .007	.002 to .009	.003 to .012	.002 to .007	.003 to .009	.001 to .005	.002 to .008
END MILLS	.003 to .011	.003 to .010	.003 to .007	.002 to .006	.002 to .008	.003 to .010	.001 to .006	.002 to .008	.001 to .004	.002 to .007
FORM RELIEVED CUTTERS	.002 to .007	.002 to .006	.001 to .004	.001 to .004	.002 to .005	.002 to .006	.001 to .004	.002 to .005	.001 to .003	.001 to .004
CIRCULAR SAWS	.002 to .005	.002 to .005	.001 to .003	.001 to .003	.001 to .004	.002 to .006	.001 to .003	.001 to .004	.005 to .002	.001 to .004

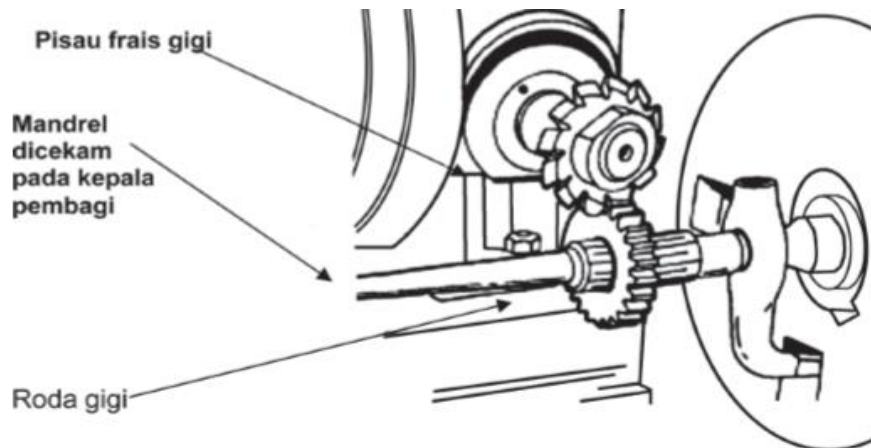


Gambar 128 Beberapa variasi proses frais yang dilakukan pada mesin frais



Gambar 129 Frais bentuk dan dan frais alur

Proses frais gigi sebenarnya sama dengan frais bentuk pada gambar diatas tetapi karena bentuknya yang spesifik, serta proses pencekaman dan pemilihan pisau berbeda maka akan dibahas lebih detail. Dari informasi yang diperoleh dari gambar kerja, untuk proses frais roda gigi diperoleh data tentang jumlah gigi, bentuk profil gigi, modul, sudut tekan, dan dimensi bakal roda gigi. Dari informasi tersebut perencana proses frais gigi harus menyiapkan: kepala pembagi, pisau frais gigi, dan perhitungan elemen dasar (putaran spindel, gerak makan, dan kedalaman potong). Kepala pembagi digunakan sebagai pemegang bakal roda gigi (dengan bantuan mandrel). Pada kepala pembagi terdapat mekanisme yang memungkinkan operator mesin frais memutar benda kerja dengan sudut tertentu.

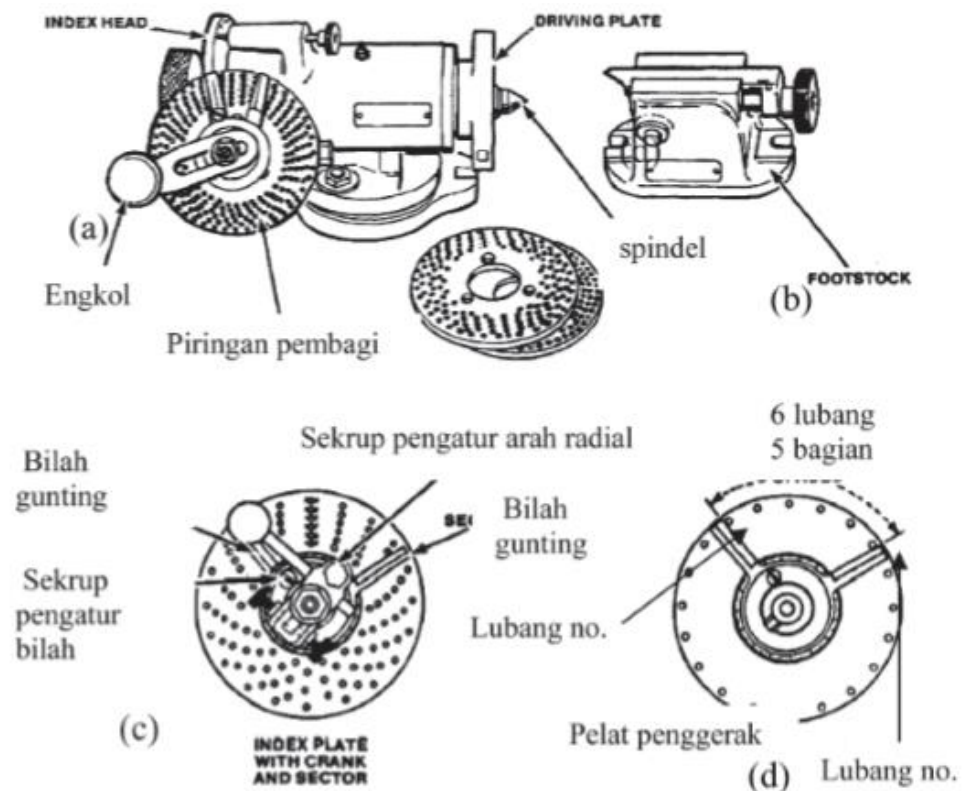


Gambar 130 Proses frais roda gigi dengan mesin frais horizontal

Kepala pembagi (*dividing head*) digunakan sebagai alat untuk memutar bakal roda gigi. Mekanisme perubahan gerak pada kepala pembagi adalah roda gigi cacing dan ulir cacing dengan perbandingan 1 : 40. Dengan demikian apabila engkol diputar satu kali, maka spindelnya berputar 1/40 kali. Untuk membagi putaran pada spindel sehingga bisa menghasilkan putaran spindel selain 40 bagian, maka pada bagian engkol dilengkapi dengan piringan pembagi dengan jumlah lubang tertentu, dengan demikian putaran engkol bisa diatur (misal 1 2, 1 3, 1 4, 1 5 putaran). Pada piringan pembagi diberi lubang dengan jumlah lubang sesuai dengan tipenya yaitu:

1. Tipe *Brown and Sharpe*
 - a. Piringan 1 dengan jumlah lubang: 15, 16, 17, 18, 19, 20
 - b. Piringan 2 dengan jumlah lubang: 21, 23, 27, 29, 31, 33
 - c. Piringan 3 dengan jumlah lubang: 37, 39, 41, 43, 47, 49
2. Tipe *Cincinnati* (satu piringan dilubangi pada kedua sisi)
 - a. Sisi pertama dengan jumlah lubang: 24, 25, 28, 30, 34, 37, 38, 39, 41, 42, 43
 - b. Sisi kedua (sebaliknya) dengan jumlah lubang: 46, 47, 49, 51, 53, 54, 57, 58, 59, 62, 66

Misalnya akan dibuat pembagian 160 buah. Pengaturan putaran engkol pada kepala pembagi sebagai berikut (Gambar dibawah).



Gambar 131 Kepala pembagi dengan pengoperasiannya

- Dipilih piringan yang memiliki lubang 20, dengan cara sekrup pengatur arah radial kita setel sehingga ujung engkol yang berbentuk runcing bisa masuk ke lubang yang dipilih.
- Gunting diatur sehingga melingkupi 5 bagian atau 6 lubang.
- Sisi pertama benda kerja dimulai dari lubang no.1.
- Sisi kedua dilakukan dengan cara memutar engkol ke lubang no. 6 (telah dibatasi oleh gunting)
- Dengan demilian engkol berputar $\frac{1}{4}$ lingkaran dan benda kerja berputar $\frac{1}{4} \times \frac{1}{40} = \frac{1}{160}$ putaran.

- Gunting digeser sehingga bilah bagian kiri di no. 6
- Pemutaran engkol selanjutnya mengikuti bilah gunting.

Pemilihan pisau untuk memotong profil gigi (biasanya profil gigi involute) harus dipilih berdasarkan modul dan jumlah gigi yang akan dibuat. Nomer pisau frais gigi berdasarkan jumlah gigi yang dibuat dapat dilihat pada Tabel. Penentuan elemen dasar proses frais yaitu putaran spindel dan gerak makan pada proses frais gigi tetap mengikuti rumus. Kedalaman potong ditentukan berdasarkan tinggi gigi dalam gambar kerja atau sesuai dengan modul gigi yang dibuat (antara 2 sampai 2,25 modul).

Dengan berbagai kemungkinan gerakan meja mesin frais, dapat digunakan untuk membentuk bidang-bidang pada benda kerja diantaranya:

- a. Bidang rata datar
- b. Bidang rata miring menyudut
- c. Bidang siku
- d. Bidang sejajar
- e. Alur lurus atau melingkar
- f. Segi banyak beraturan atau tidak

Selain benda kerja tersebut diatas, ada beberapa bentuk lain dari benda-benda yang lebih banyak dipakai, bentuk benda ini bergantung kepada bentuk pisaunya dan gerakan-gerakan yang diberikan kepada benda tersebut dan juga peralatan yang dipergunakan untuk mengerjakan pekerjaan tersebut, di antaranya yaitu:

- a. Roda gigi lurus
- b. Roda gigi helik
- c. Roda gigi payung
- d. Roda gigi cacing
- e. Nok/eksentrik
- f. Ulir scolor (ulir pada bidang datar)
- g. Ulir cacing yang mempunyai kisar besar dan tidak mampu dikerjakan di mesin bubut.

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas Pengantar

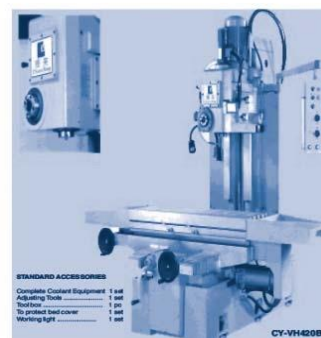
Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok, 1 JP)

Sebelum melakukan aktivitas pembelajaran berdiskusilah dengan sesama peserta diklat di kelompok Saudara untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran tentang fungsi mesin frais? Sebutkan!
2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
6. Apa bukti yang harus diunjukkan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan Lembar Kerja (LK)-00. Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran dengan membaca dan mengamati tentang fungsi mesin frais.

Aktivitas 1 : Menelaah tentang fungsi mesin frais.



Perhatikan gambar di atas. Termasuk jenis mesin frais, apa? Coba jelaskan fungsi mesin frais itu ! benda/produk yang bagaimana yang dihasilkannya?

Hasilnya coba iskusikan dengan kelompok lainnya di dalam kelas. Catat segala masukan-masukan yang berkaitan dengan mesin frais dan jadikan hal itu untuk meningkatkan kompetensi dalam bidang mesin frais.

E. Rangkuman

Mesin frais mempunyai fungsi membentuk bidang benda kerja menjadi :

- Bidang rata datar
- Bidang rata miring menyudut
- Bidang siku
- Bidang sejajar
- Alur lurus atau melingkar
- Segi banyak beraturan atau tidak
- Roda gigi lurus
- Roda gigi helik
- Roda gigi payung
- Roda gigi cacing
- Nok/eksentrik
- Ulir scolor (ulir pada bidang datar)
- Ulir cacing yang mempunyai kisar besar dan tidak mampu dikerjakan di mesin bubut.

Mesin frais yang digunakan dalam proses pemesinan ada tiga jenis, yaitu:

1. *Column and knee milling machines*
2. *Bed type milling machines*
3. *Special purposes*

F. Formatif

1. Mesin frais yang digunakan dalam proses pemesinan ada tiga jenis, kecuali..

- a. Column and knee milling machines
 - b. Bed type milling machines
 - c. Special purposes
 - d. Arbor milling process
2. Sebutkan bentuk bidang benda kerja yang tidak dapat dibentuk oleh mesin frais
 - a. Bidang rata melingkar
 - b. Segi banyak beraturan atau tidak
 - c. Ulir scolor (ulir pada bidang datar)
 - d. Ulir cacing yang mempunyai kisar besar dan tidak mampu dikerjakan di mesin bubut.
 3. Untuk membuat roda gigi dengan jumlah gigi 13 menggunakan pisau frais nomor?
 - a. 5
 - b. 6
 - c. 7
 - d. 7,5
 4. Bila menggunakan pisau frais nomor 5, berapakah jumlah gigi yang dapat dibentuk?
 - a. 23 sampai 25
 - b. 21 sampai 25
 - c. 13
 - d. 12 dan 13
 5. Roda gigi heliks dengan $z = 40$ harus menggunakan kepala pembagi universal dengan lingkaran plat pembagi 12 lubang. Putaran engkol plat pembagi adalah ...
 - a. $\frac{1}{2}$ putaran
 - b. 2 Putaran
 - c. 1 putaran
 - d. 3 putaran
 6. Mesin frais yang digunakan dalam proses pemesian ada tiga jenis, yaitu?

7. Jelaskan fungsi mesin frais secara umum?
8. Sebutkan bentuk bidang benda kerja yang dapat dibentuk oleh mesin frais ?

G. Kunci jawaban

1. D
2. A
3. D
4. B
5. D
6. Jenis mesin frais :
 - a. *Column and knee milling machines*
 - b. *Bed type milling machines*
 - c. *Special purposes*
7. Mesin ini digunakan untuk mengerjakan atau menyelesaikan suatu benda kerja dengan menggunakan pisau frais sebagai penyayat yang berputar pada sumbu mesin.
8. Bidang benda kerja yang dapat dibuat :
 - a. Bidang rata datar
 - b. Bidang rata miring menyudut
 - c. Bidang siku
 - d. Bidang sejajar
 - e. Alur lurus atau melingkar
 - f. Segi banyak beraturan atau tidak
 - g. Roda gigi lurus
 - h. Roda gigi helik
 - i. Roda gigi payung
 - j. Roda gigi cacing
 - k. Nok/eksentrik
 - l. Ulir scolor (ulir pada bidang datar)

m. Ulir cacing yang mempunyai kisar besar dan tidak mampu dikerjakan di mesin bubut.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 10 :BAGIAN-BAGIAN UTAMA MESIN FRAIS

A. Tujuan

Setelah proses pembelajaran, peserta didik mempunyai kemampuan menjelaskan fungsi bagian-bagian utama mesin frais dengan benar.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

- 1) Dapat menjelaskan fungsi setiap bagian-bagian utama mesin frais.
- 2) Dapat menjelaskan cara kerja setiap bagian-bagian utama mesin frais.
- 3) Dapat menerapkan pemeliharaan terhadap bagian-bagian utama mesin frais.

C. Uraian Materi

Mesin Frais memiliki bagian-bagian utama sebagai berikut :

1. *Head*

Merupakan tempat mekanisme motor penggerak terpasang untuk menggerakkan spindel.

2. *Spindle* utama

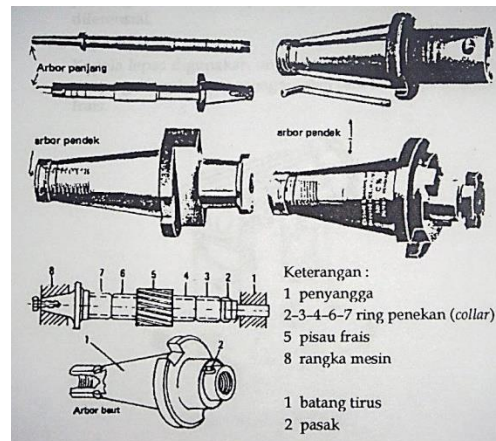
Merupakan bagian yang terpenting dari mesin milling. Tempat untuk mencekam alat potong. Merupakan bagian yang menggerakkan arbor (tempat mata pahat/cutter). Di bagi menjadi 3 jenis :

- a. *Vertical spindle*
- b. *Horizontal spindle*
- c. *Universal spindle*

3. *Arbor* (poros tempat *cutter*/pahat frais)

Arbor digunakan untuk mencekam pahat frais yang terpasang pada sumbu utama. Arbor juga disebut poros frais, berfungsi sebagai tempat kedudukan pisau frais dan ditempatkan pada sumbu mesin. Bentuknya panjang dan sepanjang badannya diberi alur spie (pasak), pada ujungnya berbentuk tirus dan ujung lainnya berulir, dilengkapi ring penekan (collar). Arbor juga dibuat dengan bentuk yang pendek

untuk pengikatan pisau-pisau frais sisi. Ukurannya sesuai dengan standar lubang pisau frais, misalnya 22, 27, dan 23 mm atau 7/8 inch, 1 inch, dan 1 1/4 inch. Arbor dibuat dari baja paduan yang tahan puntiran dan bengkokan



Gambar 132 Arbor

4. Meja / table

Merupakan bagian mesin *milling*, tempat untuk *clamping device* atau benda kerja. Di bagi menjadi 3 jenis :

- a. *Fixed table*
- b. *Swivel table*
- c. *Compound table*

5. Motor drive

Merupakan bagian mesin yang berfungsi menggerakkan bagian – bagian mesin yang lain seperti spindle utama, meja (*feeding*) dan pendingin (*cooling*). Pada mesin milling sedikitnya terdapat 3 buah motor :

- a. Motor *spindle* utama
- b. Motor gerakan pemakanan (*feeding*)
- c. Motor pendingin (*cooling*)

6. Tranmisi

Transmisi, adalah bagian dari mesin yang fungsinya menghubungkan motor penggerak. Merupakan bagian mesin yang menghubungkan motor penggerak

dengan yang digerakkan. Berdasarkan bagian yang digerakkan dibedakan menjadi 2 macam yaitu :

- a. Transmisi *spindle* utama
- b. Transmisi *feeding*

Berdasarkan sistem transmisinya dibedakan menjadi 2 macam yaitu :

- a. Transmisi *gear box*
- b. Transmisi v – belt

7. Knee

Merupakan bagian mesin untuk menopang / menahan meja mesin. Pada bagian ini terdapat transmisi gerakan pemakanan (*feeding*). bagian yang terpasang pada column, tempat mekanisme (transmisi penggerak) pengaturan pemakanan (*feed*) dan menopang saddle

8. Saddle

Saddle terpasang pada *knee* yang bergerak keluar masuk ke arah operator secara manual dengan mengatur handwheel maupun secara otomatis. *Saddle* digunakan untuk menopang meja.

9. Column / tiang

Merupakan badan dari mesin. Tempat menempelnya bagian – bagian mesin yang lain. *Column* berfungsi untuk menyokong dan menuntun *knee* saat bergerak vertical.

10. Base / dasar

Merupakan bagian bawah dari mesin *milling*. Bagian yang menopang badan / tiang. Merupakan landasan mesin yang terletak menyatu dengan lantai. Base juga berfungsi sebagai *reservoir* (penampung fluida pendingin)

11. Control

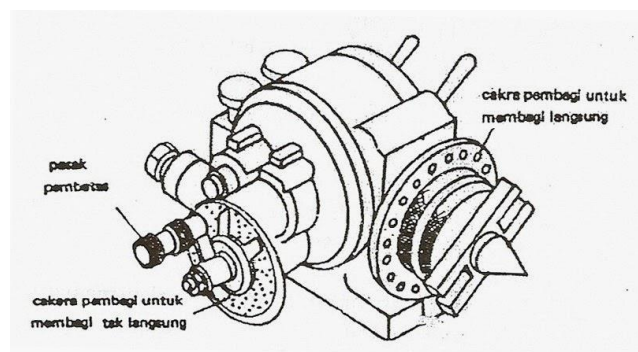
Merupakan pengatur dari bagian – bagian mesin yang bergerak. Ada 2 sistem kontrol yaitu mekanik dan elektrik.

12. *Feed dial* dan *Crossfeed handwhell*

Feed dial digunakan untuk mengatur gerakan meja saat pemakanan. *Crossfeed handwhell* digunakan untuk menggerakkan meja (*bed*) secara horizontal di depan column.

13. Kepala pembagi

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

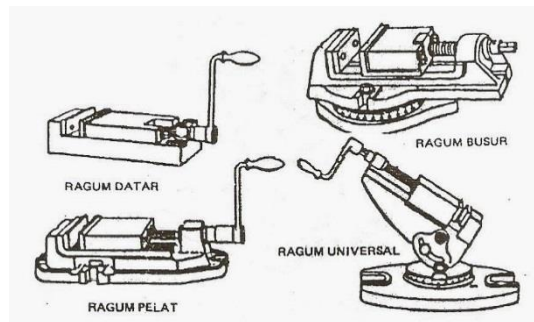


Gambar 133 Kepala Pembagi

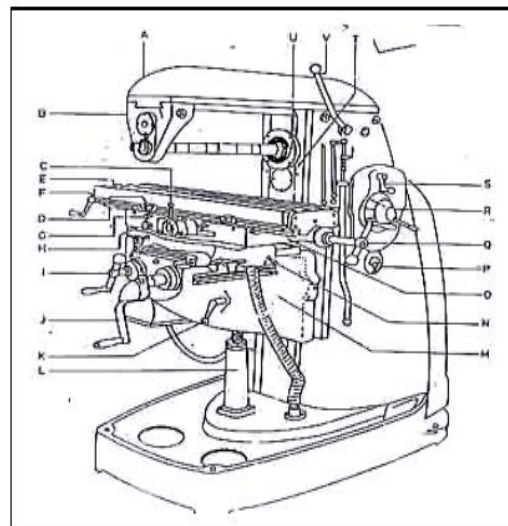
14. Ragum (*tanggem penjepit/facing fixture vise*)

Ragum digunakan untuk menjepit benda kerja. Macam-macam ragum antara lain :

- Ragum datar (ragum lurus)
Rangkanya dibuat dari besi tuang dengan rahang pengragum dari baja perkakas yang disepuh.
- Ragum pelat (ragum dengan bibir pemegang)
Ragum pelat dibuat lebih kuat dari ragum biasa. Ragum ini sangat cocok untuk mesin yang besar dan pekerjaan berat.
- Ragum universal sudut (ragum dapat diputar)
Ragum universal sudut dapat diputar dalam arah horizontal dan vertical sebesar sudut (derajat) tertentu.
- Ragum busur
Ragum di mana pada alas ragum terdapat skala indeks sudut.



Gambar 134 macam-macam ragum



Gambar 135 Bagian Mesin frais

Keterangan:

- a. Lengan, untuk memindahkan arbor.
- b. Penyokong arbor.
- c. Tuas, untuk menggerakkan meja secara otomatis.
- d. Nok pembatas, untuk membatasi jarak gerakan otomatis.
- e. Meja mesin, tempat untuk memasang benda kerja dan perlengkapan mesin.
- f. Engkol, untuk menggerakkan meja dalam arah memanjang.
- g. Tuas pengunci meja.

- h. Baut penyetel, untuk menghilangkan getaran meja.
- i. Engkol, untuk menggerakkan meja dalam arah melintang.
- j. Engkol, untuk menggerakkan lutut dalam arah tegak.
- k. Tuas untuk mengunci meja.
- l. Tabung pendukung dengan bang berulir, untuk mengatur tingginya meja.
- m. Lutut, tempat untuk kedudukan alas meja.
- n. Tuas, untuk mengunci sadel.
- o. Alas meja, tempat kedudukan untuk alas meja.
- p. Tuas untuk merubah kecepatan motor listrik.
- q. Engkol meja
- r. Tuas untuk mengatur angka kecepatan spindle dan pisau frais.
- s. Tiang untuk mengatur turun-naiknya meja.
- t. Spindle, untuk memutar arbor dan pisau frais.
- u. Tuas untuk menjalankan mesin.

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas Pengantar

Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok, 1 JP)

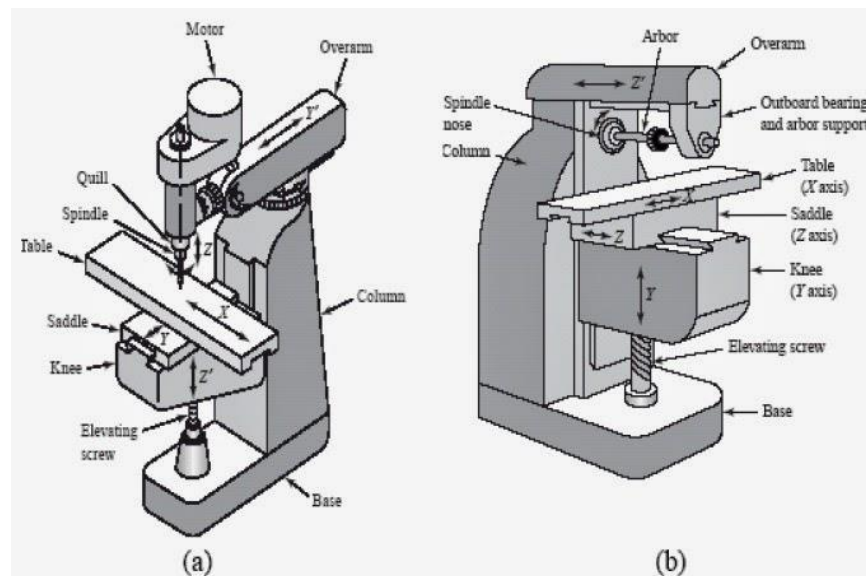
Sebelum melakukan aktivitas pembelajaran berdiskusilah dengan sesama peserta diklat di kelompok Saudara untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran tentang bagian-bagian utama mesin frais? Sebutkan!
2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!

6. Apa bukti yang harus diunjukkan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan Lembar Kerja (LK)-00. Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran dengan membaca dan mengamati tentang bagian-bagian utama mesin frais.

Aktivitas 1 : Menelaah tentang bagian-bagian utama mesin frais.



Perhatikan gambar di atas. Coba diskusikan tentang fungsi dan cara menggunakan setiap bagian-bagian utama mesin frais. Hasil diskusi dibuat jawabannya, kemudian tayangkan dihadapan kelompok lain. Catat segala masukan-masukan hasil diskusi dan jadikanlah untuk peningkatan dan penguatan kompetensi anda.

E. Rangkuman

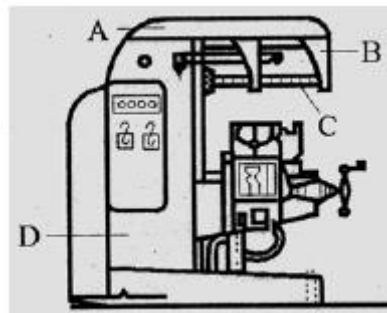
Bagian-bagian utama mesin frais secara umum adalah :

- Spindle utama
- Meja / table
- Motor drive

- Tranmisi
- Knee
- Column / tiang
- Base / dasar
- Control

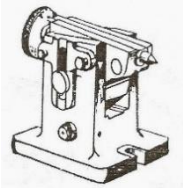
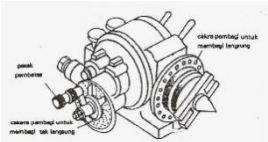
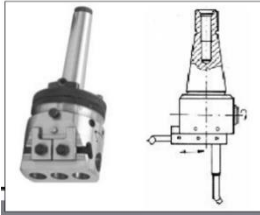
Setiap bagian memiliki perannya masing-masing dengan perannya yang sangat penting untuk menunjang kerja mesin. Pemilihan jenis bagian utama mesin frais dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, baik dari hasil benda kerja yang diinginkan, cara pembuatan, dll.

F. Formatif



1. Bagian A pada mesin Frais berguna untuk ?
 - a. Dudukan Arbor
 - b. Dudukan lengan
 - c. Dudukan pendukung
 - d. Dudukan pisau frais
2. Pisau frais yang harus di jepit di arbor panjang adalah ...
 - a. Side and face mill
 - b. End mill
 - c. Angle mill
 - d. Convace mill

3. Gambar yang menunjukkan kepala lepas adalah...

- a. 
- b. 
- c. 
- d. 

4. Sebutkan bagian-bagian utama mesin frais. Kecuali...

- a. Spindle utama
- b. Meja / table
- c. Tranmisi
- d. Ragum

5. Tempat benda kerja berada saat pengefraisan adalah...

- a. Spindle utama
- b. Meja / table
- c. Tranmisi
- d. Ragum

6. Sebutkan bagian-bagian utama mesin frais!
7. Apa yang dimaksud dengan spindle utama?

G. Kunci jawaban

1. C
2. D
3. A
4. D
5. B
6. Bagian utama mesin frais :
 - a. Spindle utama
 - b. Meja / table
 - c. Motor drive
 - d. Tranmisi
 - e. Knee
 - f. Column / tiang
 - g. Base / dasar
 - h. Control
7. Spindle utama Merupakan bagian yang terpenting dari mesin milling

KEGIATAN PEMBELAJARAN 11 : PERLENGKAPAN MESIN FRAIS

A. Tujuan

Setelah proses pembelajaran diikuti, peserta didik mempunyai kemampuan menyebutkan dan menggunakan perlengkapan mesin frais dalam proses pengefraisan.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

- 1) Dapat menyebutkan perlengkapan mesin frais.
- 2) Dapat menjelaskan fungsi masing-masing perlengkapan mesin frais.
- 3) Dapat memilih perlengkapan mesin frais sesuai kebutuhan.
- 4) Dapat menggunakan perlengkapan mesin bubut dalam proses pengefraisan.

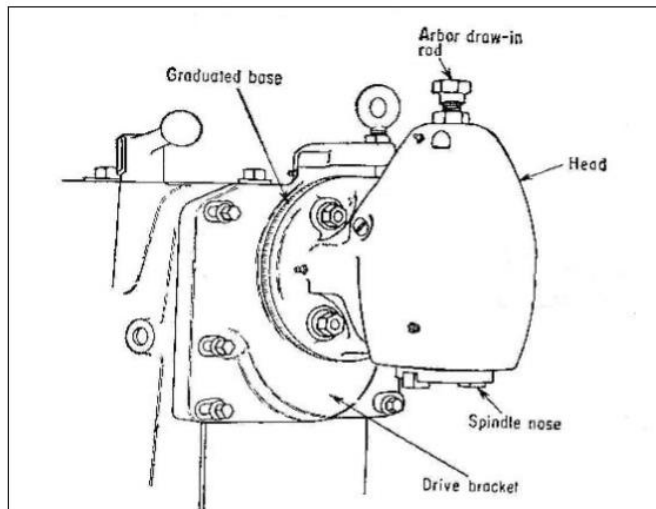
C. Uraian Materi

1. Kepala Vertikal

Perlengkapan ini digunakan untuk mengganti gerakan spindel horisontal menjadi gerakan *spindel* vertikal. Perlengkapan ini mempunyai roda gigi kerucut dengan rasio 1 : 1 dan sumbu spindel vertikal bisa juga diputar sampai 45°, parallel / sejajar terhadap kolom. Dengan bantuan perlengkapan ini, mesin frais horisontal bisa mengerjakan alur, celah dsb dengan memakai pisau jari. Perlengkapan ini dipasang pada kolom dan digerakkan oleh spindel horisontal.

2. Kepala Lepas Kecepatan Tinggi

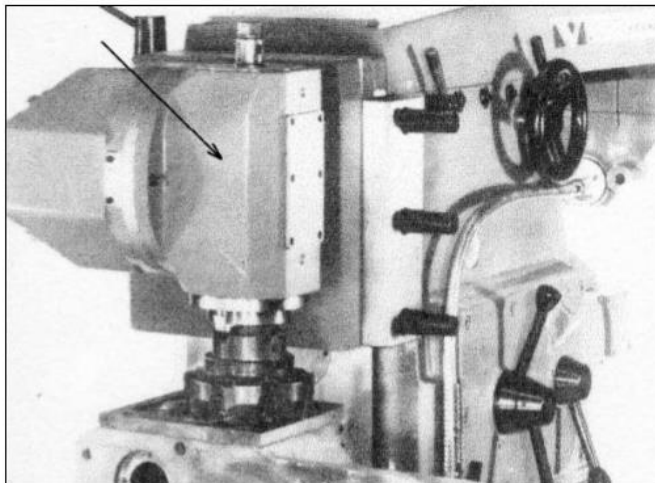
Dengan bantuan perlengkapan ini, kecepatan spindel bisa ditambah tiga sampai empat kalinya, sehingga memungkinkan pisau kecil dijalankan secara efisien, juga perlengkapan ini bisa diputar pada sudut yang diinginkan.



Gambar 136 Kepala lepas

3. Kepala Frais Universal

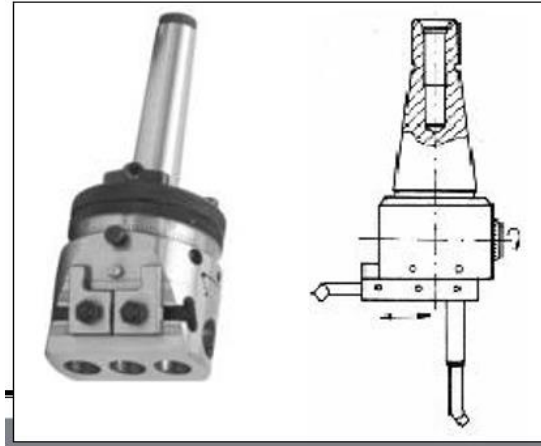
Mirip seperti kepala vertikal yang bisa berputar (*swivel*), tetapi mempunyai dua sumbu bersudut 90° satu dengan lainnya. Gerakan ini bisa diperoleh sumbu spindel dengan sudut tertentu. Dengan gerakan otomatis pekerjaan seperti heliks, spiral, dan sejenisnya bisa dilakukan.



Gambar 137 Kepala Frais Universal

4. Bor Geser

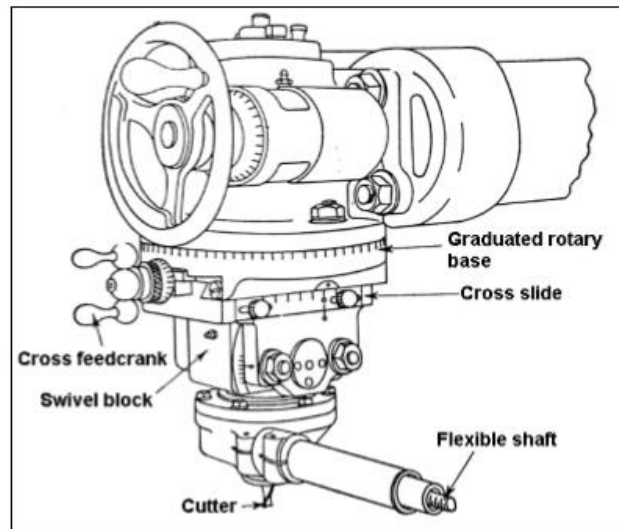
Perlengkapan ini dipasang pada kolom dan digerakkan oleh spindel mesin atau ada yang dipasang pada kepala vertikal. Perlengkapan ini untuk membuat lubang besar pada mesin frais. Pada satu ujung dari alat ini dipasang pahat.



Gambar 138 Bor Geser

5. Kepala Frais Putar

Perlengkapan ini dipasang pada kolom dan mempunyai spindel tersendiri yang digerakkan melalui poros fleksibel serta menggunakan pisau diameter kecil. Normalnya sumbu spindel vertikal, namun bisa disetel sampai 15 derajat, melalui luncuran melintang sumbu vertikal bisa diputar secara manual.



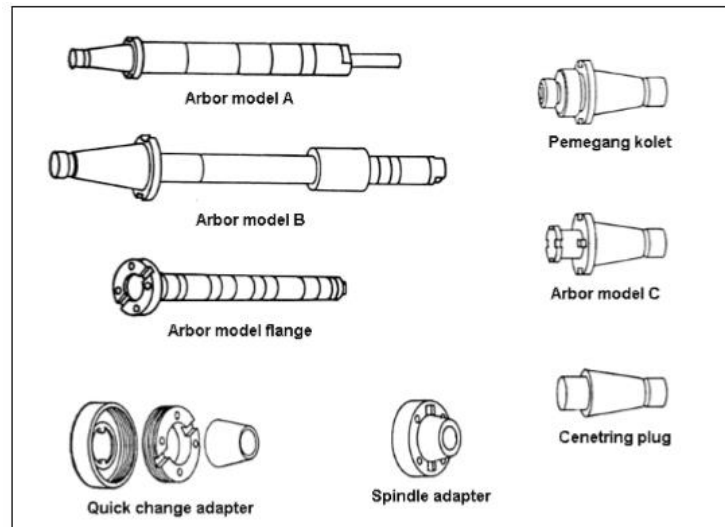
Gambar 139 Kepala Frais Putar

6. Arbor

Beberapa pisau mempunyai batang tirus dan dibaut, bisa langsung dipasang pada ujung spindel. Arbor adalah pemegang pisau frais yang dipasangkan pada spindel mesin, yang bisa diperoleh macam-macam diameter, panjang, dan ketirusan standar, serta yang paling banyak digunakan tirus nomor 40 dan 50. (lihat tabel Arbor)

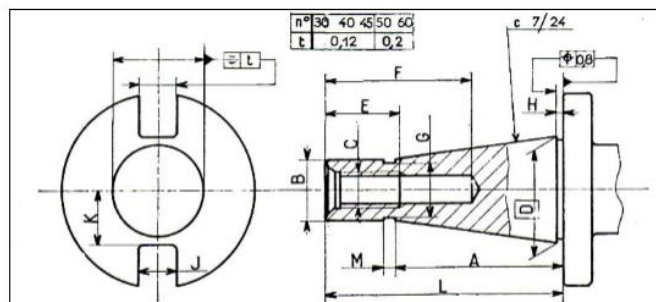


Gambar 140 Arbor dan Kolet



Gambar 141 Ada empat model poros arbor yang populer : Arbor Panjang, Arbor Kolet, Arbor Shell Endmill

Arbor model A yang mempunyai diameter poros dan cincin kecil, digunakan untuk penyayatan ringan. Arbor model B yang mempunyai diameter poros dan cincin besar, digunakan untuk penyayatan berat dengan satu atau lebih penyangga. Arbor model C digunakan untuk memegang pisau Shell and Mill. Arbor dengan kolet, yang mana penggantian pisau frais diameter berbeda dengan cepat bisa diganti.



Gambar 142 Standar Ketirusan Arbor

Tabel 5 Ukuran Arbor Standar

No.	D	B a10	L max	A min	C	E	F	G	J H12	K Max	M	H
30	31,75	17,4	70	50	M 12	24	50	16,5	16,1	16,2	3	1,6
40	44,45	25,3	95	67	M 16	30	70	24	16,1	22,5	5	1,6
45	57,15	32,4	115	88	M 16	30	70	30	20,3	29	6,5	3,2
50	69,85	39,6	130	105	M 24	45	90	38	25,7	35,3	8	3,2
60	107,95	60,2	210	165	M 30	56	160	58	25,7	60	10	3,2

7. Ragum Mesin

Ragum mesin frais dipasang dan dibaut di atas meja mesin, yang akan menjamin pemegangan dan ketelitian benda kerja. Ukuran nominalnya 5, 6, 7, 8, dan 9 inci diukur dari panjang rahang. Ada tiga tipe ragum :

a. Lurus (*Plain*)

Ragum lurus bisa dibaut di atas meja baik sejajar atau tegak lurus terhadap spindel mesin.



Gambar 143 Ragum Lurus

b. Putar (*Swivel*)

Ragum putar dapat diputar pada arah horisontal dan dapat digunakan untuk pemegangan benda kerja yang disayat dengan berbagai sudut.



Gambar 144 Ragum Putar

c. Universal (*Tool Maker Universal*)

Ragum universal dibuat dengan dua atau tiga arah putaran, memungkinkan benda kerja diset pada berbagai sudut yang diinginkan, namun ukuran benda kerja yang bisa dipasang pada ragum ini terbatas.



Gambar 145 Ragum Universal

8. Kepala Pembagi

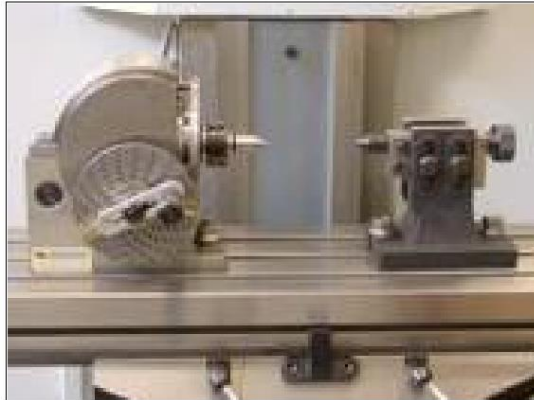
Dalam pengefraisan kadang-kadang memerlukan putaran benda kerja yang benar pembagiannya untuk disayat, seperti alur, celah dsb. Ketepatan gang (celah) sangat penting, khususnya bila pekerjaannya teliti seperti roda gigi, pisau roda gigi frais dsb. Pada benda kerja putar dengan sudut tertentu bisa dibantu oleh perlengkapan mesin frais yang disebut Kepala Pembagi. Kepala pembagi ini membantu dalam membagi benda kerja menjadi bagian yang sama seperti segitiga, segienam dst. Untuk memutar benda kerja pada sudut yang diinginkan,

memerlukan pertama alat untuk memutar benda kerja, kedua alat yang dapat menjamin bahwa benda kerja diputar pada sudut yang diinginkan.



Gambar 146 Set Kepala Pembagi

Pada kepala pembagi, yang pertama diatasi oleh engkol pemutar dan yang kedua oleh piring pembagi. Piring pembagi mempunyai sejumlah lubang konsentrik yang teratur, setiap lingkaran mempunyai sejumlah lubang dengan jarak yang sama. Engkol bisa diputar di tengah sumbu piringan dan mempunyai pen yang mengunci pada lubang di piring pembagi. Di dalam kepala pembagi ada roda gigi cacing dengan rasio 40 : 1, di mana cacingnya satu poros dengan engkol, sehingga bila engkol diputar 40 putaran, maka roda gigi cacing yang seporos dengan benda kerja terpasang akan berputar 1 kali putaran. Untuk mempercepat penempatan pen dan menjamin hitungan, digunakan gunting (*brace*). Sumbu spindelnya bisa diatur dari sudut horisontal sampai vertikal, menggunakan pembawa, mandrel atau cekam.

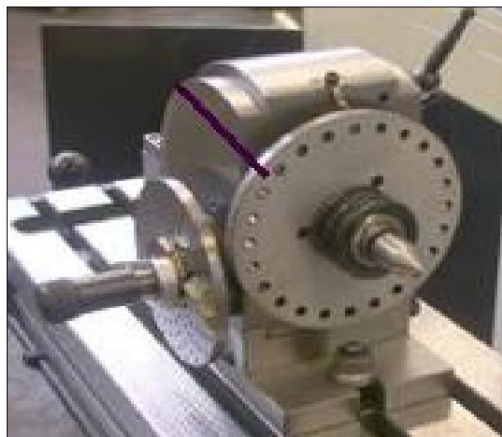


Gambar 147 Pemasangan Kepala Pembagi

Pengoperasiannya bisa manual atau otomatis. Bila pengoperasiannya otomatis, harus dihubungkan dengan poros transportir meja mesin frais, dengan demikian bisa dikerjakan benda kerja heliks, spiral, bubungan (*cam*) dsb. Ada beberapa metoda pembagian pada kepala pembagi.

a. Pembagian Langsung

Pembagian Langsung Pada poros pembagi dipasang sebuah pelat pembagi dengan 24 lubang secara tetap, yang dapat dikunci dengan sebuah pasak, maka terdapat kemungkinan untuk mendapatkan pembagian lingkaran dalam 2, 3, 4, 6, 8, 12, dan 24 bagian. Supaya dapat bekerja dengan cepat dan mudah, hubungan cacingnya dilepaskan, dengan demikian benda kerjanya dapat langsung diputar.



Gambar 148 Pelat Pembagi langsung

b. Pembagian Tidak langsung

Pembagian tidak langsung dilakukan dengan tangan pada waktu masuknya penggerakkan cacing. Piringan pembagi dihubungkan pada rangkanya. Piring pembagi pada poros pembagi – poros roda cacing – hanya berfungsi pada pembagian langsung dan pada semua pembagian lainnya, jika tidak digunakan, hubungan itu dilepaskan. Cacing yang menggerakkan, berulir tunggal dan roda gigi cacing mempunyai 40 gigi, perpindahan antara cacing dan roda cacing adalah $i = 40/1$. Supaya benda kerja berputar satu kali putaran, engkolnya harus berputar 40 kali. Bila keliling sebuah benda kerja harus dibagi dalam 10 bagian yang sama, kita bagi putaran engkol sebanyak 40, yang diperlukan untuk satu putaran benda kerja itu dengan 10, maka jumlah putaran engkol untuk tiap bagian adalah $40 : 10 = 4$.



Gambar 149 Piring Pembagi

Piring pembagi yang biasa digunakan :

A 1

30 – 41 – 43 – 48 – 51 – 57 – 69 – 81 – 91 – 99 – 117

2

38 – 42 – 47 – 49 – 53 – 59 – 77 – 87 – 93 – 111 – 119

B 1

15 – 16 – 17 – 18 – 19 – 20

2

21 – 23 – 27 – 29 – 31 – 33

3

37 – 39 – 41 – 43 – 47 – 49

Jumlah putaran engkol menggunakan rumus :

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

di mana : E = jumlah putaran engkol

Z = jumlah gigi pada roda gigi cacing (40)

N = jumlah pembagian yang diinginkan

c. Pembagian Diferensial

Ada pembagian yang tidak dapat dilakukan dengan pembagian tidak langsung, untuk itu digunakan pembagian diferensial. Misal sebuah benda kerja harus dibagi 127 bagian, jika harus dilakukan pembagian tidak langsung, digunakan piringan dengan 127 lubang. Putaran engkolnya adalah

$$n = \frac{40}{127} \text{ putaran}$$

Piringan pembagi dengan 127 lubang tidak ada, pemecahannya adalah dengan pembagian diferensial. Untuk mendapatkan pembagian 127, harus dipilih sebuah bilangan pembagi pembantu, yang jumlah putaran engkolnya

dapat dilakukan oleh piringan pembagi yang ada, misalnya 120. Maka putaran engkolnya tiap bagian adalah :

$$n = \frac{40}{120} = 1/3 \text{ putaran}$$

Bila engkolnya telah diputar 120 kali $1/3$ putaran, benda kerjanya berputar satu kali, maka benda kerja tersebut mempunyai 120 bagian, jumlah ini kurang 7 bagian, seharusnya 127 bagian. Pembagian $1/3$ putaran engkol terlalu besar. $1/3$ putaran engkol bisa diperkecil dengan memutar piring pembagi ke arah yang berlawanan dengan putaran engkol. Hal ini dicapai dengan menggerakkan piring pembagi oleh poros roda cacing dengan bantuan roda-roda gigi tukar. Piring pembagi tidak boleh dikunci. Bila dipilih piring pembagi dengan 18 lubang untuk $1/3$ putaran engkol, engkolnya harus diputar 6 jarak pembagiannya. Hal ini sama dengan $127 \times 6 = 762$ jarak setelah 127 pembagian. Tetapi benda kerjanya telah berputar satu kali setelah $40 \times 18 = 720$ jarak, jadi piring pembagiannya.

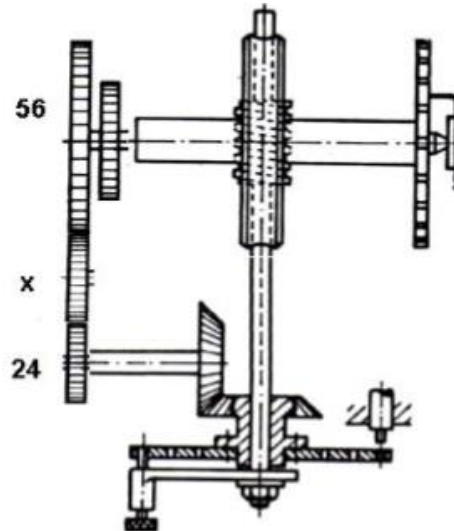
$$u = \frac{42}{18} = 7/3$$

Kelebihan putaran $762 - 720 = 42$ jarak. Dengan demikian benda kerja berputar satu putaran, piring pembagi harus berputar berlawanan arah dengan engkol sejumlah 42 bagian. Maka perbandingan roda gigi tukarnya adalah : Satu set roda-roda gigi tukar tersedia sebagai berikut :

- I = 24 – 24 – 28 – 32 – 40 – 48 – 56 – 64 – 72 – 86 – 100 – 127 gigi
- II = 24 – 24 – 28 – 32 – 36 – 40 – 44 – 48 – 56 – 64 – 72 – 86 – 100 – 127 gigi
- III = 24 – 28 – 30 – 32 – 39 – 40 – 48 – 48 – 56 – 64 – 68 – 72 – 76 – 86 – 96 – 100 – 127 gigi
- IV = 24 – 28 – 30 – 32 – 36 – 37 – 40 – 48 – 48 – 49 – 56 – 60 – 64 – 66 – 68 – 72 – 76 – 78 – 80 – 84 – 86 – 90 – 96 – 100 – 127 gigi

Roda-roda gigi tukar yang dipilih $u = \frac{7 \times 8}{3 \times 8} = \frac{56}{24}$

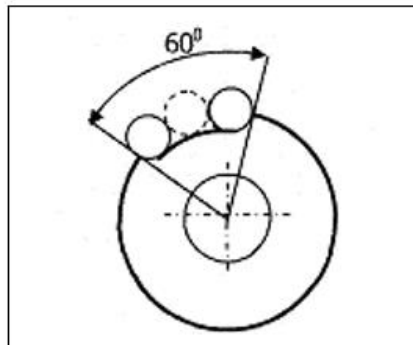
Skema roda-roda gigi tukarnya seperti gambar berikut. Untuk menghilangkan kelonggaran antar roda-roda gigi tukarnya, maka pilihlah bilangan pembagi pembantu yang lebih kecil dari pembagian yang seharusnya.



Gambar 150 Skema Pembagian Diferensial

d. Pembagian Derajat

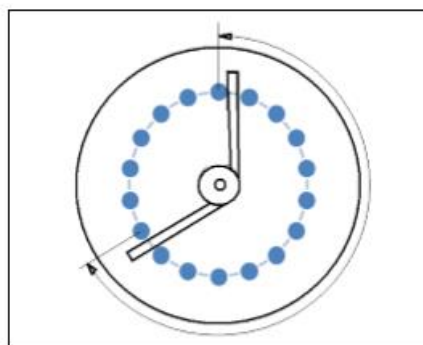
Satu putaran benda kerja adalah sama dengan 360° dan dicapai oleh engkol sebanyak 40 putaran, sehingga satu putaran engkol sama dengan $360^\circ : 40 = 9^\circ$, dengan demikian untuk mendapatkan 1° gerakan benda kerja bisa dicapai dengan 2 jarak dari lingkaran pembagi pada 18 lubang (18 lubang dibagi 9°), dan untuk mendapatkan $30'$ gerakan benda kerja bisa dicapai dengan 1 jarak lingkaran pembagi pada 18 lubang.



Gambar 151 Pengefraisan Sudut

Contoh : Suatu piringan harus dibuat alur selebar sudut 60°. Putaran engkol yang diperlukan : Jika digunakan piring pembagi dengan lubang 18 didapatkan 6 putaran engkol penuh ditambah 12 bagian pada lubang 18 dari piring pembagi.

$$E = \frac{60}{90} = 6 \frac{6}{9} = 6 \frac{12}{18}$$



Gambar 152 Piring Pembagi 12 bagian Pada 18 Lubang

d. Meja Putar

Meja putar adalah perlengkapan untuk penempatan benda kerja yang presisi. Memungkinkan operator untuk mengebor atau memotong benda kerja pada interval keliling yang tepat pada sumbu horizontal atau vertical. Meja putar kebanyakan dipasang mendatar, meja berputar sekitar sumbu vertical, sejajar

dengan pisau pada mesin frais vertical. Alternatif pemasangan meja putar pada ujungnya (sudut 90o), sehingga putarannya sekitar sumbu horizontal. Konfigurasi begini kepala lepas bisa dipasangkan untuk memegang benda kerja di antara dua senter.



Gambar 153 Meja Putar

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas Pengantar

Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok, 1 JP)

Sebelum melakukan aktivitas pembelajaran berdiskusilah dengan sesama peserta diklat di kelompok Saudara untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran tentang perlengkapan mesin frais? Sebutkan!
2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
6. Apa bukti yang harus diunjukkan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan **Lembar Kerja (LK)-00**. Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik,

maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran dengan membaca dan mengamati tentang perlengkapan mesin frais.

Aktivitas 1 : Menelaah perlengkapan mesin frais

Agar proses pengefraisan berjalan dengan baik, maka diperlukan perlengkapan mesin bubut. Silahkan telaah dan kuasai tentang fungsi dari perlengkapan mesin frais. Kemudian diskusikan dengan anggota kelompok pertanyaan-pertanyaan berikut ini :

- 1) Jelaskan fungsi masing-masing perlengkapan mesin frais
- 2) Bagaimana cara menggunakan masing-masing perlengkapan mesin bubut dalam proses pengefraisan.

Hasil dari diskusi, coba ditayangkan dalam kertas karton atau dalam berupa gambar yang ditayangkan dengan bantuan infocus. Diskusikan dengan kelompok lainnya dan catat masukan-masukan untuk menguatkan kompetensi dalam bidang perlengkapan frais

E. Rangkuman

Secara umum perlengkapan mesin frais adalah :

- Kepala Vertikal
- Kepala Lepas Kecepatan Tinggi
- Kepala Frais Universal
- Bor Geser
- Kepala Frais Putar
- Arbor
- Ragum
- Cekam
- Kepala Pembagi
- Meja Putar

Sebelum kita bekerja dengan mesin frais, maka kita harus menyiapkan beberapa perlengkapan yang akan kita gunakan nantinya. Disamping itu pemilihan perlengkapan mesin frais juga banyak dipengaruhi oleh beberapa faktor baik dari

bahan benda kerja, cara pembuatan, ketelitian dan mesin yang akan dipakai untuk proses. Perlengkapan mesin frais dikerjakan harus sesuai dengan prosedurnya, maka dari itu untuk menggunakannya perlu memahami terlebih dahulu hal yang berkaitan dengan masing-masing perlengkapan, agar tidak terjadi masalah pada saat pengerjaan.

F. Formatif

1. 3 tipe ragum kecuali...
 - a. Ragum lurus
 - b. Ragum putar
 - c. Ragum universal
 - d. Ragum bulat
2. Apa saja 3 model poros arbor yang populer?
 - a. Arbor Panjang
 - b. Arbor bulat
 - c. Arbor Kolet
 - d. Arbor Shell Endmill
3. Apa saja metode yang dilakukan untuk pembagian kepala pembagi?
 - a. Pembagian langsung
 - b. Pembagian tidak langsung
 - c. Pembagian diferensial
 - d. Pembagian integral
4. Apakah fungsi dari kepala pembagi..
 - a. Memutar benda kerja pada sudut tertentu
 - b. Membantu membagi untuk pembagian sama
 - c. Mencekam benda kerja
 - d. Menahan pisau frais
5. Pengefraisan dengan gigi rack dengan menggunakan pisau modul = 2,25 , maka pegerseran antar giginya adalah ...
 - a. 7,06 mm

- b. 7,08 mm
 - c. 7,10 mm
 - d. 7,14 mm
6. Jelaskan apa yang dimaksud dengan arbor?
 7. Sebutkan 3 tipe ragum!
 8. Apa saja 3 model poros arbor yang populer?
 9. Apa saja 3 model poros arbor yang populer?
 10. Apa saja metode yang dilakukan untuk pembagian kepala pembagi?

G. Kunci jawaban

1. D
2. B
3. D
4. B
5. C
6. Arbor adalah pemegang pisau frais yang dipasangkan pada spindel mesin, yang bisa diperoleh macam-macam diameter, panjang, dan ketirusan standar, serta yang paling banyak digunakan tirus nomor 40 dan 50.
7. Tipe ragum :
 - a. Ragum lurus
 - b. Ragum putar
 - c. Ragum universal
8. Arbor Panjang, Arbor Kolet, Arbor Shell Endmill
9. Dalam pengefraisan kadang-kadang memerlukan putaran benda kerja yang benar pembagiannya untuk disayat, seperti alur, celah dsb. Ketepatan gang (celah) sangat penting, khususnya bila pekerjaannya teliti seperti roda gigi, pisau roda gigi frais dsb. Pada benda kerja putar dengan sudut tertentu bisa dibantu oleh perlengkapan mesin frais yang disebut Kepala Pembagi. Kepala pembagi ini membantu dalam membagi

benda kerja menjadi bagian yang sama seperti segitiga, segienam dst. Untuk memutar benda kerja pada sudut yang diinginkan, memerlukan pertama alat untuk memutar benda kerja, kedua alat yang dapat menjamin bahwa benda kerja diputar pada sudut yang diinginkan.

10. Metode yang dapat dilakukan :

- a. Pembagian langsung
- b. Pembagian tidak langsung
- c. Pembagian diferensial
- d. Pembagian derajat

KEGIATAN PEMBELAJARAN 12 : ALAT POTONG PADA MESIN FRAIS

A. Tujuan

Setelah mengikuti pembelajaran, peserta dapat menjelaskan dan menggunakan alat potong pada mesin frais sesuai dengan fungsinya dengan benar

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

- 1) Dapat menjelaskan fungsi pisau frais.
- 2) Dapat menyebutkan bahan-bahan pisau frais..
- 3) Dapat memilih bahan pisau frais.sesuai penggunaannya.
- 4) Dapat menjelaskan fungsi sudut-sudut yang harus dibentuk pada pisau frais.
- 5) Dapat mengasah pisau frais.sesuai dengan sudut yang dbutuhkannya.
- 6) Dapat menyebutkan jenis-jenis pisau frais.sesuai fungsinya.
- 7) Dapat memilih jenis pisau frais.sesuai kegunaannya.

C. Uraian Materi

1. Macam-macam pisau frais

Alat pemotong yang digunakan pada mesin frais ialah pisau frais, alat dengan batang silindris yang berputar dan dilengkapi dengan satu atau lebih gigi serta menyayat benda kerja secara bergantian dan mengambil material dengan gerakan relatif oleh benda kerja atau pisau. Macam-macam pisau tergantung pada tipe, tempat gigi, cara penjepitan pisau dll. Gigi-gigi pisau frais bisa lurus atau parallel terhadap sumbu putaran, atau bersudut dikenal dengan sudut heliks (heliks kiri atau heliks kanan).



Gambar 154 Macam-macam Pisau Frais

Pisaunya mungkin mempunyai batang arbor yang menyatu (*tool bit insert*) atau pisau yang mempunyai lubang di tengah dan alur pasak serta langsung dipasang pada arbor panjang. Tipe pisau lainnya mempunyai lubang di tengah dan sisi pemotongnya bagian sisi dan ujungnya, serta bisa dipasang pada arbor pendek (*shell and mill*).

Klasifikasi Pisau Frais

Pisau frais bisa dibagi ke dalam empat klasifikasi umum :

- a. Karakteristik konstruksi : pisau pejal, pisau lidah sisipan, pisau sisipan.

- b. Bentuk gigi : profil dan bentuknya.
- c. Metoda pemasangan : dipasang pada arbor, langsung pada spindel, dipasang pada kolet arbor.
- d. Pemakaian pisau : pisau alur T , pisau alur pasak, pisau roda gigi.

Bagian-bagian Pisau Frais

Istilah-istilah pada gigi pisau frais sebagai berikut ini :

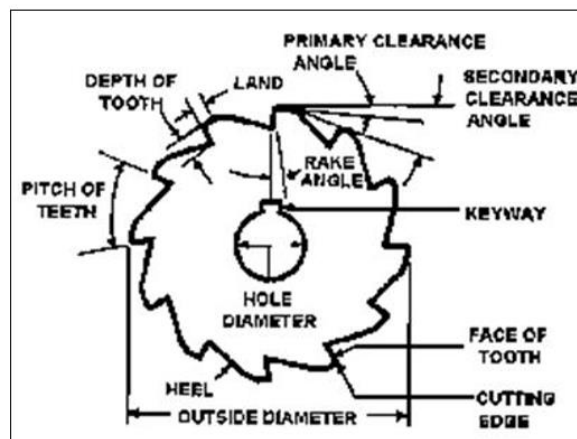
- a. *Clearance (Primary Clearance)*
Ruang bersudut di belakang sisi potong, antara permukaan sisi potong dengan diameter pisau, dengan maksud untuk kebebasan dengan benda kerja.

b. *Cutting Edge*

Hanya bagian ini yang menyentuh benda kerja, umumnya sebuah garis lurus, heliks atau profil yang rumit.

c. *Rake*

Sudut antara sisi gigi, atau tangen terhadap sisi gigi, sepanjang radius pisau. Bila sudutnya terletak di depan sisi muka pisau disebut rake positif, bila sudutnya terletak di belakang sisi muka pisau disebut rake negatif.



Gambar 155 Istilah Pada Pisau Frais

Kebanyakan pisau mempunyai sudut rake positif 10° sampai 15° yang mempunyai keuntungan antara lain aliran tatal lebih baik pada sisi muka, suhu pada gigi sayat lebih rendah, daya yang diperlukan lebih rendah, umur pisau lebih panjang dan permukaan yang dihasilkan lebih halus. Untuk bahan yang lebih keras seperti baja paduan dan baja karbon medium, biasanya rake negatif.

1) *Plain Milling / Cylindrical Cutter (HSS)*

Pisau HSS ini digunakan untuk penyayatan permukaan dan penyelesaian semua tipe material dilengkapi sisi potong kiri atau kanan, heliks 30°

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

Pisau ini pada umumnya digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan ringan. Bentuk gigi dari pisau ini pada umumnya berupa gigi lurus maupun gigi miring/helik. Gigi helik biasanya mempunyai sudut 25°. Gigi-gigi helik

lebih sesuai untuk pemakanan dengan tenaga yang lebih sedikit mulai awal pemakanan, getaran yang lebih ringan dan mampu menghasilkan permukaan yang lebih halus. Gigi-gigi pisau ini pada umumnya kecil dengan pitch kecil pula. Pisau ini didesain untuk pemotongan ringan dengan kecepatan sedang.

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

Pisau ini dibuat dengan ukuran lebih besar dan lebar dengan jumlah gigi yang lebih kecil daripada light duty plain milling. Untuk pisau frais dengan diameter 3" biasanya terdiri dari 8 gigi dan untuk diameter 4" biasanya 10 gigi. Sudut kemiringan gigi pisau antara 250-450. Pisau ini didesain untuk pekerjaan-pekerjaan kasar (berat)



Gambar 156 Pisau Rata

2) *Shell End Mill* (HSS)

Pisau ini digunakan untuk pengefraisan muka dan plat pada semua tipe material. Dilengkapi sisi potong kiri atau kanan, heliks 30°. Pisau ini mempunyai lubang untuk pemasangannya pada arbor pendek. Gigi-gigi pisau ini biasanya berbentuk helik. Pisau ini dibuat lebih besar ukurannya dari pada pisau solid dan biasanya berukuran 1 ¼" sampai 6"



Gambar 157 Shell End Mill

3) *End Mill*

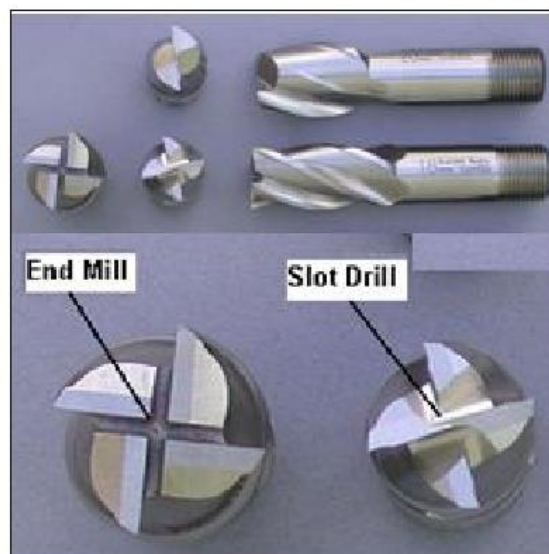
End mill adalah alat yang mempunyai sisi sayat pada satu sisi. Kata *end mill* umumnya digunakan untuk pisau yang bawahnya rata, tetapi juga termasuk pisau yang ujungnya bulat (*ballnose*) dan pisau radius. Pisau ini biasanya terbuat dari HSS atau carbide, dan mempunyai satu atau lebih alur miring (*flutes*). Pisau ini juga yang paling banyak digunakan pada mesin frais vertikal.

End Mill Cutter merupakan pisau solid dengan sisi dan gagang yang menjadi satu. Namun demikian terdapat pisau endemil dengan mata pisau dan gagang terpisah yang disebut tipe *shell* . Selain tipe *shell* tersebut pisau endmill mempunyai gagang lurus atau tirus yang dapat dipasangkan pada spindel mesin frais. *Endmill* dapat digunakan untuk pengefraisan muka, pengefraisan horizontal, vertikal, menyudut atau melingkar. Secara operasional *end mill* digunakan untuk pembuatan alur, *key ways* , *pockets* (kantong), *shoulders* (tingkat), permukaan datar dan pengefraisan bentuk. *EndMill* sebagian besar digunakan pada mesin frais vertikal meskipun tidak menutup kemungkinan dipakai pada mesin frais horizontal. Terdapat berbagai macam bentuk endmill dan biasanya terbuat dari HSS, *comented carbide*, atau gigi *comented carbide* yang disisipkan. Macam-macam *end mill* tersebut antara lain:

- *End mill* dua mata (*two flute*). Pisau ini hanya mempunyai dua mata potong pada selubungnya. Ujung sisi didesain untuk dapat memotong hingga ke center. Pisau ini dapat digunakan sebagaimana bor dan dapat pula digunakan untuk membuat alur.
- *End mill* dengan mata potong jamak. Pisau ini mempunyai tiga, empat, enam atau delapan sisi potong dan biasanya mempunyai diameter di atas 2".
- *Ball end mill*. Pisau ini digunakan untuk pengefraisan fillet atau alur dengan radius pada permukaannya, untuk alur bulat, lubang, bentuk bola dan untuk semua pengerjaan bentuk bulat.

4) *Slot Drill*

Slot drill umumnya mempunyai 2 (kadang 3 atau 4) alur miring yang didisain untuk menyayat material lurus ke bawah. Hal ini memungkinkan karena sedikitnya satu gigi pada sumbu ujung pisau melebihi titik pusatnya. Dinamai demikian juga karena untuk pembuatan alur pasak.



Gambar 158 End Mill dan Slot Mill

5) *Single and Double Angle Cutters (HSS)*

Pisau sudut tunggal didisain untuk pinggiran atau bagian miring dan dibuat satu sudut kiri atau kanan 45° dan 60° . Pisau sudut sama ganda biasanya Pengefraisan ulir, alur V, gergaji, dan permukaan sudut lainnya.

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



Gambar 159 Pisau Sudut

6) *Side and Face Cutters (HSS)*

Pisau frais sisi dalam bentuk gigi lurus dan berliku untuk yang ringan dan berat pengoperasian alur dalam pada baja dan banyak untuk material lunak



Gambar 160 Pisau Muka dan Sisi

7) *Convex Cutter* (HSS)



Gambar 161 Pisau Cembung

8) *Concave Cutter* (HSS)

Pisau ini dalam bentuk relief untuk pengefraisan cembung setengah lingkaran pada semua tipe material.



Gambar 162 Pisau Cekung

9) *Corner Rounding Cutter* (HSS)

Pisau ini digunakan untuk membuat sudut radius sampai seperempat lingkaran, dilengkapi sisi potong kiri atau kanan bentuk relief.



Gambar 163 Pisau Ujung Radius

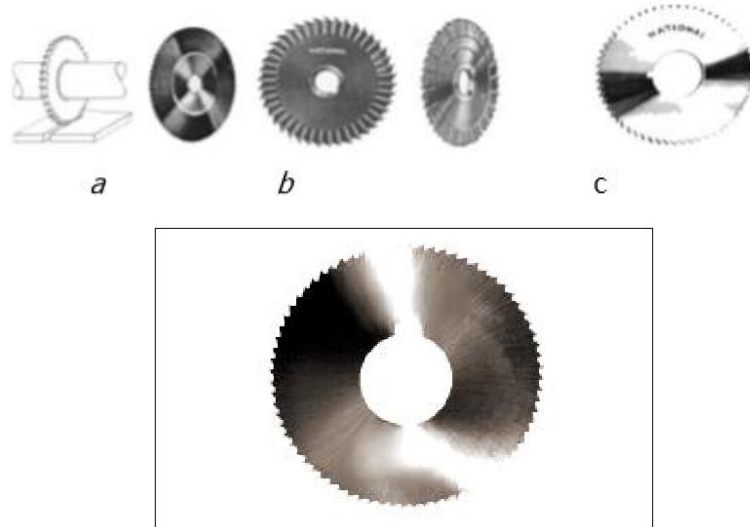
10) *Metal Slitting Saw* (HSS)

Pisau ini digunakan untuk pengaluran umum dan penerapan pemotongan. Pisau gang kasar dan halus dengan gigi lurus, bentuk gigi berliku untuk kelonggaran tatal.

Pisau ini didesain untuk operasi pemotongan benda kerja dan pembuatan alur sempit (*narrowslot*). Untuk pemotongan yang dalam diperlukan kelonggaran (*clearance*) samping yang mencukupi. Terdapat beberapa macam pisau gergaji antara lain:

- Pisau gergaji lurus (*Plain metal selting saw*). Merupakan pisau yang paling tipis dengan sisi lurus dan pada sisi sampingnya dibuat tirus masuk. Hal ini digunakan untuk mencegah terjadinya tekanan pada sisi pisau. Gigi-gigi pisau harus tajam dan mempunyai jumlah yang lebih banyak daripada pisau muka lurus (*plain milling cutter*). Namun demikian kecepatan pemakanan (*feed*) harus lebih rendah (biasanya $1/8$ hingga $1/4$ dari feed yang digunakan pada pisau lurus. Pisau gergaji lurus biasanya dibuat dengan ketebalan $1/32$ inch sampai dengan $3/16$ inch dengan diameter $2\frac{1}{2}$ " sampai 8".
- Pisau Potong dengan Gigi Samping (*Metal Slitting Sawwith Side Teeth*) Pisau ini mempunyai bentuk yang sama dengan pisau sisi. Pada sisi samping diberi kelonggaran untuk beram dan melindungi mencegah pisau dari tekanan dan jepitan sewaktu pengoperasian. Pisau ini biasanya dibuat dengan tebal $1/16$ inch sampai $3/16$ inch dan diameter dari $2\frac{1}{2}$ " sampai 8". Pisau jenis ini dianjurkan untuk membuat alur yang dalam dan proses pemotongan.
- Pisau Potong *Staggered* (*Stanggered Tooth Metal Slitting Saw*) Pisau ini mempunyai bentuk yang sama pisau *staggered*. Pisau ini dianjurkan untuk pemotongan selebar $3/16$ inchi dan selebihnya, dan bisa pula untuk pemotongan yang lebih tajam. Biasanya pisau ini mempunyai lebar $3/16$ inchi hingga $1/4$ Inchi dengan diameter 3" sampai 8".

- Pisau Alur Sekrup (*Screw Slotting Cutter*) adalah pisau potong khusus yang didesain untuk memotong alur dalam kepala baut. Pisau ini juga dapat digunakan untuk pemotongan ringan seperti pemotongan tube copper, ring piston dan benda sejenisnya. Pisau ini mempunyai fine feeds. Pada sisi pisau ini dibuat lengkung lurus san sejajar. Pisau ini mempunyai lebar 0,020"-0,182" dan diameter maksimal 2 ¾ inchi.



Gambar 164 Pisau Gergaji a. Pisau gergaji lurus b. Pisau Potong Staggered dan Pisau Potong dengan Gigi Samping c. Pisau Alur Sekrup.

11) *T Slot Cutter* (HSS)

Pisau ini digunakan untuk membuat alur T. Alur heliks kiri atau kanan, batang lurus atau batang berulir. Pisau frais alur T mempunyai mata pemotong pada bagian muka, belakang dan samping. Pisau alur bersudut digunakan untuk membuat alur berbentuk sudut. Mata potong pisau terdapat pada bagian depan dan sampingnya. Pisau alur bersudut terdapat dalam dua bentuk, yaitu pisau alur bersudut tumpul dan pisau alur bersudut lancip



Gambar 165 Pisau Alur T

12) *Woodruff Keyseat Cutter* (HSS)

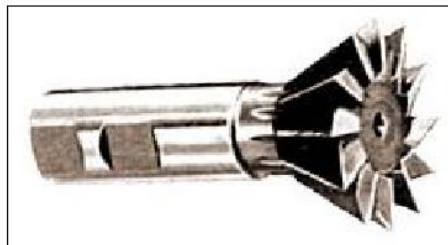
Digunakan untuk penyayatan alur pasak setengah lingkaran. Alur heliks kiri atau kanan, batang lurus atau batang berulir.



Gambar 166 Woodruff Keyseat Cutter

13) *Dovetail Cutter* (HSS)

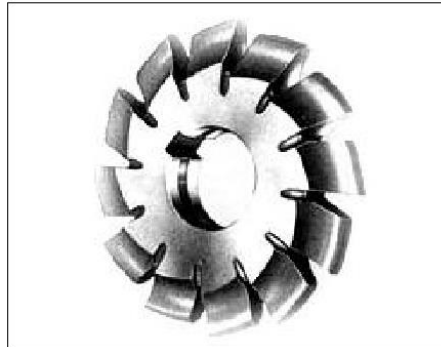
Pisau ini digunakan untuk membuat alur ekor burung meja mesin perkakas, jig dan fixture. Dilengkapi dengan sudut 45° dan 60°.



Gambar 167 Dovetail Cutter

14) *Involute Modul Gear Cutter*

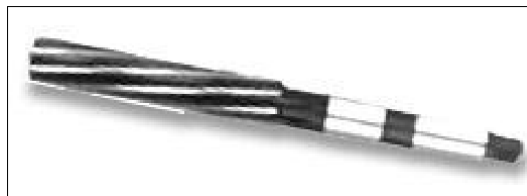
Ada 8 pisau dalam satu set yang akan menyayat gigi-gigi roda gigi mulai dari 12 gigi sampai batang gigi (rack). Pada pisau ditunjukkan nomor Modul, nomor pisau untuk jumlah gigi berapa sampai berapa dan sudut tekan 14,5° atau 20°.



Gambar 168 Pisau Gigi Modul

15) *Machine Reamer*

Digunakan untuk pereameran / penghalusan permukaan lubang

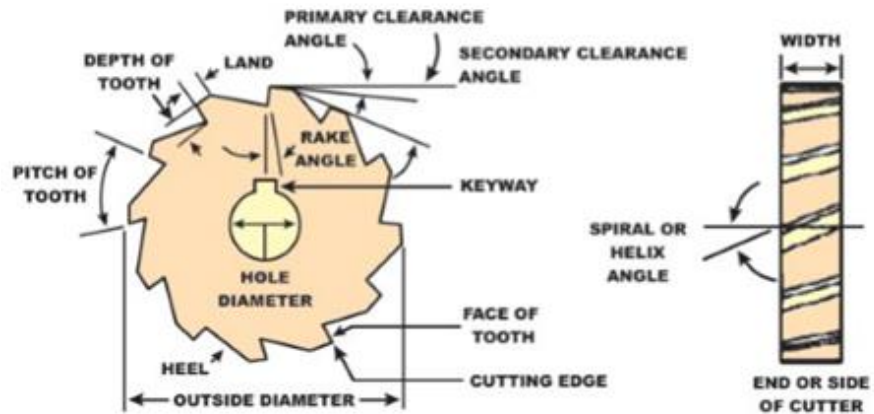


Gambar 169 Reamer Mesin

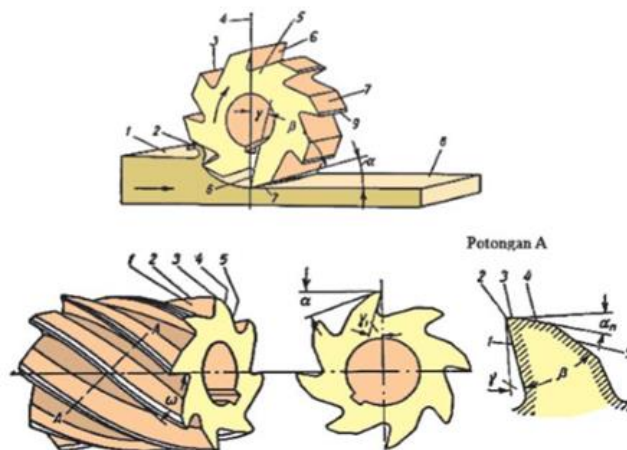
2. Geometris pisau frais

Pada dasarnya bentuk pisau frais adalah identik dengan pisau bubut. Dengan demikian nama sudut atau istilah yang digunakan juga sama dengan pisau bubut. Nama-nama bagian pisau frais rata dan geometri gigi pisau frais rata ditunjukkan pada Gambar 170 Pisau frais memiliki bentuk yang rumit karena terdiri dari banyak gigi potong, karena proses pemotongannya adalah proses pemotongan dengan mata potong majemuk (Gambar 171). Jumlah gigi minimal adalah dua buah pada pisau frais ujung (end mill). Pisau untuk proses frais dibuat dari material HSS atau karbida. Material pisau untuk proses frais pada dasarnya sama dengan material pisau untuk pisau bubut. Untuk pisau karbida juga digolongkan dengan kode P, M, dan K. Pisau frais karbida bentuk sisipan dipasang pada tempat pisau sesuai dengan bentuknya. Standar ISO untuk bentuk dan ukuran pisau sisipan dapat dilihat pada Gambar 172. Standar tersebut mengatur tentang bentuk sisipan, sudut potong, toleransi bentuk, pemutus tatal (chipbreaker), panjang sisi potong, tebal

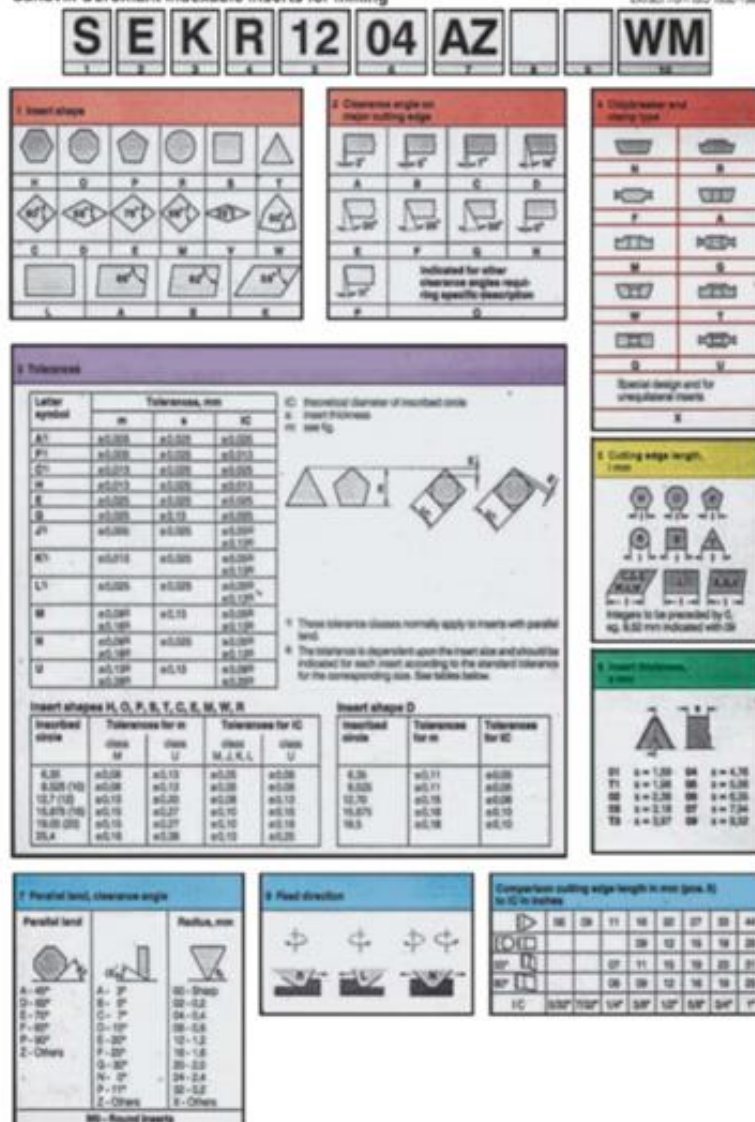
sisipan, sudut bebas, arah pemakanan, dan kode khusus pembuat pisau. Pisau sisipan yang telah dipasang pada pemegang pisau dapat dilihat pada Gambar 173.



Gambar 170 Geometri pisau frais



Gambar 171 Proses pemotongan dengan mata potong majemuk



Gambar 172 Standar ISO untuk bentuk dan ukuran pisau sisipan



Gambar 173 Pisau sisipan yang telah dipasang pada pemegang pisau

Pisau frais harus berputar tanpa hentakan, sebab giginya yang menyayat menjadi cepat aus dan umur pisau menjadi berkurang, setiap gigi pisau akan menyayat dengan kedalaman yang berbeda, selanjutnya permukaan hasil pengefraisan menjadi tidak rata. Pemasangan pisau frais harus dikerjakan dengan penuh kehati-hatian. Penyimpangan konsentrisitas putaran pisau frais tidak boleh lebih dari 0,05 mm. Pisau frais dan arbor yang sesuai dipilih, jangan lupa pasaknya dipasang. Bagian tirus dari arbor dan spindle harus dijaga dari kerusakan. Sebelum pemasangan, pisau ke arbor, arbor ke spindle, dan kepala spindle, semua permukaannya harus dalam keadaan bersih. Arah putaran pisau frais dan arah penyayatan harus benar, kalau salah pisau akan pecah. Gaya aksial pisau frais spiral harus ke arah *spindle*.

Pengefraisan Pendinginan akan memperbaiki kualitas permukaan dan memperpanjang kekuatan pisau frais. Juga membersihkan penumpukan tatal. Pendinginan pada ujung sayat pisau, menambah umur pisau, pendinginan pada benda kerja akan menjaga ketelitian ukuran. Air pendingin disemprotkan ke permukaan yang sedang dikerjakan. metoda pendinginan : sebaiknya air pendingin disemprotkan seperti posisi contoh di gambar



Gambar 174 Pendinginan Selama Pengefraisan

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas Pengantar

Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok, 1 JP)

Sebelum melakukan aktivitas pembelajaran berdiskusilah dengan sesama peserta diklat di kelompok Saudara untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran tentang pisau frais? Sebutkan!
2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
6. Apa bukti yang harus diunjukkan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan **Lembar Kerja (LK)-00**. Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran dengan membaca dan mengamati tentang pisau frais .

Aktivitas 1 : Menelaah pisau frais.

Salah satu faktor yang sangat berpengaruh dalam proses pengefraisan adalah pemilihan jenis pisau frais. Pemilihan jenis pisau frais itu bisa meliputi bahan pahat, geometri pisau dan jenis pisau frais itu sendiri. Coba saudara telaah tentang material untuk membuat pisau frais dikaitkan dengan material yang akan difrais. Selain itu coba pelajari tentang fungsi jenis-jenis pisau frais

Coba diskusikan dengan anggota kelompok terhadap pertanyaan-pertanyaan berikut :

1. Sebutan kriteria keunggulan yang ada pada material yang digunakan sebagai pemotong !

2. Keunggulan tersebut didapat apabila ada unsur paduan yang ditambahkan kedalam pahat tersebut. Sebutkan unsur-unsur paduan yang ada pada material pahat !
3. Coba sebutkan jenis-jenis pisau frais dikaitkan dengan penggunaannya !
4. Akan dibubut poros dari material baja dengan pisau frais HSS. Coba tentukan sudut potong, sudut bebas dan sudut geramnya berdasarkan tabel yang ada!

Hasil diskusinya coba ditayangkan dengan menggunakan infocus dan diskusikan dengan kelompok lainnya. Masukan-masukan dari kelompok lain adalah sebagai penguatan dalam menempuh kompetensi tentang pisau frais.

E. Rangkuman

Pisau frais adalah alat pemotong yang digunakan pada mesin frais. macam-macamnya tergantung pada tipe, tempat gigi, cara penjepitan pisau dll. Sedangkan jika di klasifikasikan, pisau frais dibagi menjadi empat klasifikasi, yaitu :

- Karakteristik konstruksi : pisau pejal, pisau lidah sisipan, pisau sisipan.
- Bentuk gigi : profil dan bentuknya.
- Metoda pemasangan : dipasang pada arbor, langsung pada spindel, dipasang pada kolet arbor.
- Pemakaian pisau : pisau alur T , pisau alur pasak, pisau roda gigi.

Sedangkan macam-macamnya, yaitu:

- Pisau Frais Lurus
- Pisu Sisi
- Pisau Potong/ Gergaji
- Pisau Sudut
- Pisau Jari
- Pisau Muka
- T-Slot Milling Cutter
- Keyseat Cutter
- Pisau Bentuk

- Fly Cutter
- Rotary Files

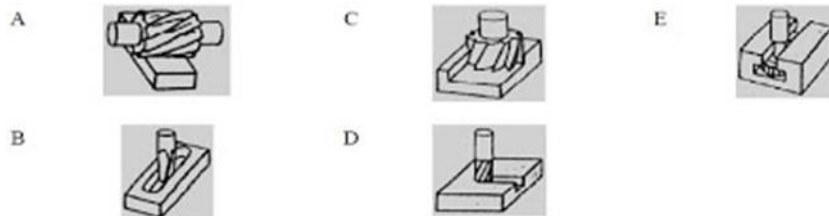
Penggunaan macam-macam pisau frais tergantung pada jenis pengerjaan dan hasil benda kerja yang diinginkan. Maka dari itu perlu memahami fungsi dari masing-masing pisau agar pengerjaan frais tidak terhambat.

F. Formatif

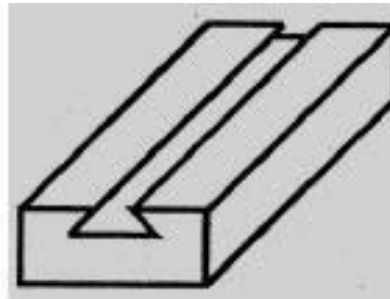
1. Pisau frais yang harus dijepit pada arbor panjang adalah
 - a. Side dan face mill
 - b. End mill
 - c. Angle mill
 - d. Concave mill
2. Jenis pisau freis berikut untuk mengefrais permukaan dan mengefrais sisi adalah
 - a. Pisau sisi muka
 - b. Pisau jari sisi 2
 - c. Pisau jari sisi 4
 - d. Pisau alur
3. Pisau frais yang bisa digunakan untuk menyayat ke samping dan ke dalam adalah
 - a. Pisau jari sisi 2
 - b. Pisau jari sisi 4
 - c. Pisau muka
 - d. Pisau alur T
4. Pisau frais yang digunakan untuk membuat roda gigi payung adalah
 - a. Pisau gigi lurus
 - b. Pisau gigi pinion

- c. Pisau gigi cacing
- d. Pisau gigi luar

5. Untuk membuat alur rata (permukaan datar) pada mesin frais, pisau frais yang digunakan adalah
- a. Pisau frais mantel
 - b. Pisau frais jari
 - c. Pisau frais bentuk
 - d. Pisau frais modul
6. Gambar pisau mesin frais untuk meratakan dan menyikukan dua bidang sekaligus adalah ...



7. Alur seperti gambar di bawah , dibuat dengan mesin frais cutter



- A. Sudut
 - B. Alur
 - C. Alur T
 - D. Ekor burung
 - E. Jari
8. Pisau frais untuk penyayatan tebal dan pengerjaan awal adalah pisau rata ..
- A. Heliks kiri
 - D. Jumlah gigi banyak

- B. Heliks kanan
 - E. Gigi lurus
 - C. Jumlah gigi sedikit
9. Jelaskan fungsi pisau frais alur!
10. Sebutkan macam-macam pisau sisi !

G. Kunci jawaban

1. E
2. A
3. D
4. C
5. B
6. C
7. C
8. E
9. Pisau alur berfungsi untuk membuat alur pada bidang permukaan benda kerja. Jenis pisau ini ada beberapa macam yang penggunaanya disesuaikan dengan kebutuhan.
10. Macam pisau sisi :
 - a. Pisau sisi lurus (Plain side milling cutter) dengan sisi lurus pada sisi muka dan kedua sisi sampingnya.
 - b. Pisau setengah sisi (Half side milling cutter) mempunyai gigi helik pada sisi muka dan gigi pemotong pada satu sisi samping. Pisau tipe ini dianjurkan untuk pengefraisan permukaan kasar dan pengfraisan pada satu sisi saja.
 - c. Pisau Staggered. Pisau ini dianjurkan untuk pemotongan kasar, alur dan slotting.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 13 : ALAT POTONG PADA MESIN FRAIS (SELAIN PISAU FRAIS)

A. Tujuan

Setelah proses pembelajaran, peserta didik dapat memilih dan menggunakan alat potong (selain pisau frais) yang digunakan dalam proses pembubutan dengan benar.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

- 1) Dapat menjelaskan kegunaan masing-masing alat potong dalam proses pengefraisan.
- 2) Dapat menggunakan alat potong sesuai dengan fungsinya

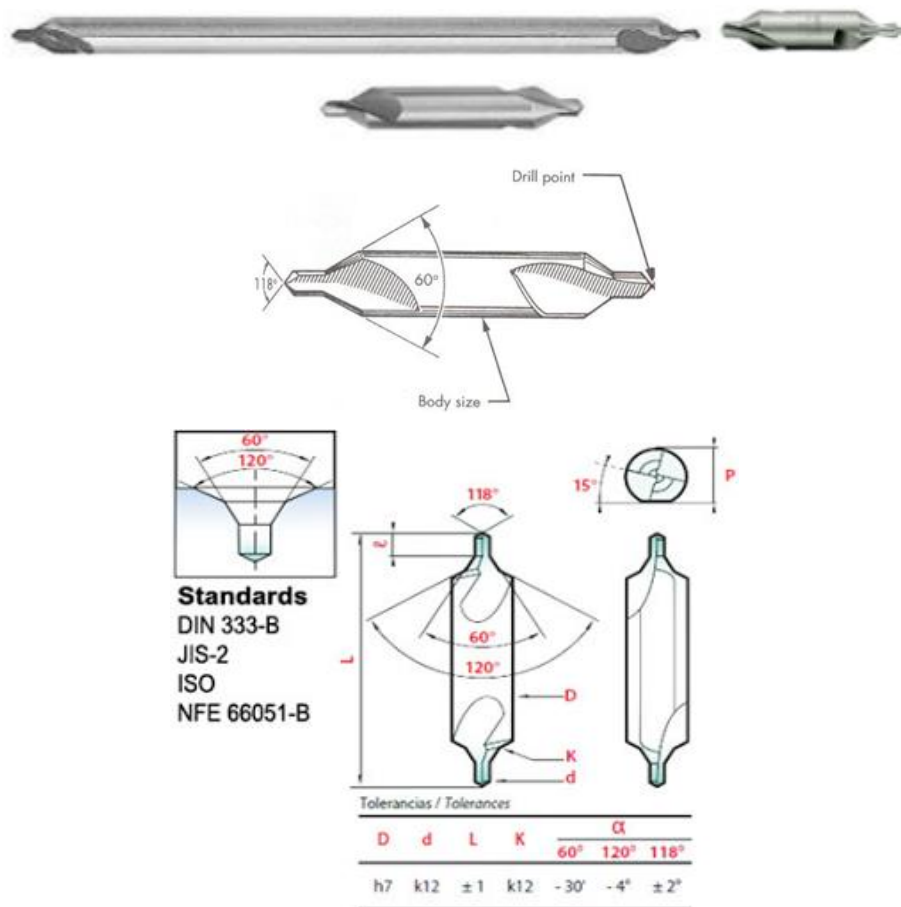
C. Uraian Materi

1. Senter drill

Center drill merupakan kombinasi mata bor dan countersink yang sangat baik digunakan untuk membuat lubang senter. Bor senter adalah salah satu alat potong pada mesin bubut yang berfungsi untuk membuat lubang senter pada ujung permukaan benda kerja. Jenis bor senter ada tiga yaitu: bor senter standar (*standar centre drill*), bor senter dua mata sayat (*safety type centre drill*) dan bor senter mata sayat radius (*radius form centre drill*).

a. Bor senter standar (*Standard centre drill*):

Bor senter standar memiliki sudut mata sayat pengarah sebesar 60°, sehingga hasil lubang senter yang dibuat memiliki sudut yang sama dengan sudut mata sayatnya. Bor senter jenis ini memiliki dua ukuran, yaitu bor senter standar panjang normal dan bor senter ekstra pendek/ panjang.



Gambar 175 Bor senter standar

b. Bor senter mata sayat bertingkat

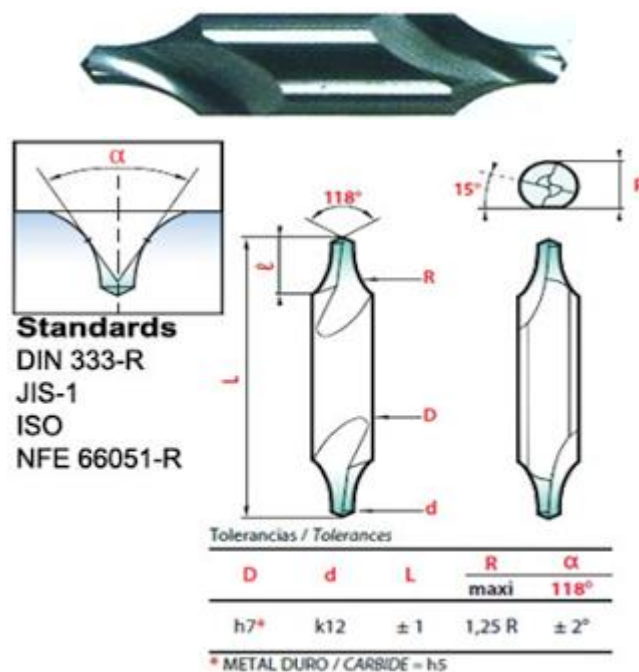
Bor senter mata sayat, fungsinya sama dengan senter bor standar yaitu untuk membuat lubang senter bor yang memiliki sudut pengarah senter 60°. Perbedaannya adalah apabila pada saat membuat lubang senter bor diperlukan hasil lubang senternya bertingkat setelah bidang tirusnya, maka dapat digunakan senter bor jenis ini.



Gambar 176 Bor senter bertingkat

c. Bor Senter bentuk radius/ *Radius form centre drill*

Bor senter bor bentuk radius (*Radius form centre drill*), memiliki mata sayat berbentuk radius. Sehingga sehingga hasil lubang senter yang dibuat memiliki profil yang sama dengan sudut mata sayatnya yaitu berbentuk radius. Kelebihan lubang senter bor bentuk radius ini adalah, apabila membubut diantara dua senter yang diperlukan pergeseran kepala lepas relatif besar, bidang lubang senter maupun senter tetap/ senter putar lebih aman karena bidang singgung pada lubang senter relatif lebih kecil bila dibandingkan dengan lubang senter bor bentuk standar.



Gambar 177 Senter bor radius

Untuk mengetahui standar ukuran diameter bodi dan diameter ujung bor senter dalam satuan mm dapat dilihat pada tabel.

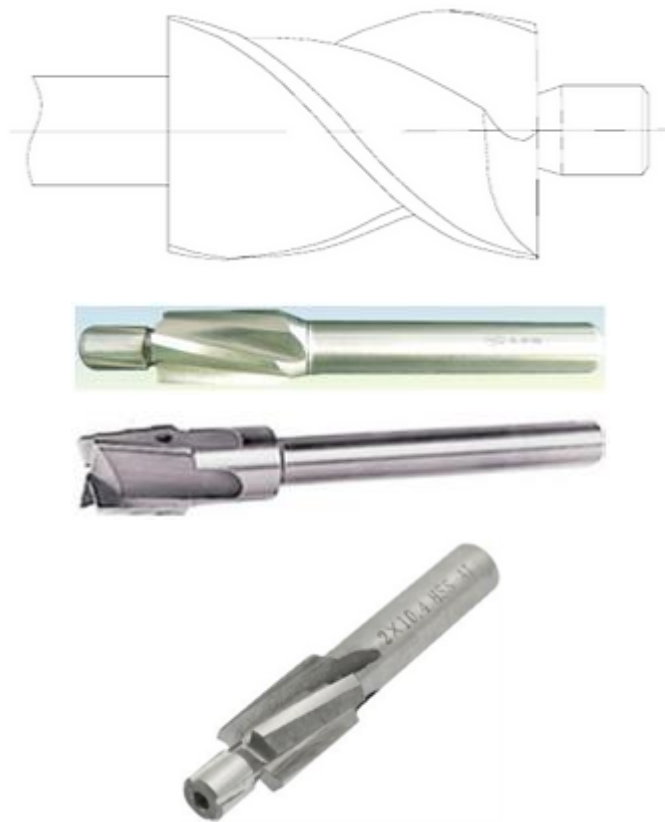
Tabel 6 Standar bor senter

No.	Diameter Bodi / <i>Body Diameter</i> (mm)	Diameter Ujung Bor Senter/ <i>Drill Point Diameter</i> (mm)
1.	3.15	1.0
2.	4.0	1.5
3.	5.0	2.0
4.	6.3	2.5
5.	8.0	3.15
6.	10.0	4.0
7.	12.5	5.0
8.	16.0	6.3
9.	19.0	8.0

Hal lain yang penting diketahui bahwa, jenis senter bor yang sering digunakan dilingkungan industri manufaktur maupun pendidikan adalah senter bor standar dan senter bor bentuk radius.

2. Konter bor

Jenis drill untuk membuat lubang berstep dengan dasar yang rata, seperti untuk tempat *inbus screw*. Bentukannya mirip dengan *cutter milling* hanya saja pada ujung intinya terdapat pilot pin. Pilot pin tersebut memandu jalannya agar tidak bergeser dari sumbu awal, karena pemakanan dengan bidang rata cukup berat dan memungkinkan munculnya gaya radial. Pilot pin yang dibuat secara terpisah (dapat diganti-ganti) dan ada yang dibuat jadi satu dengan sisi potongnya. Sebelum diproses dengan counter bor maka perlu dibuatkan lubang awal yang sesuai dengan diameter pilot pin tersebut. Jumlah sisi potongnya ada yang berjumlah 3 dan 4.



Gambar 178 Konter bor

3. Kontersink

Kontersing (*Countersink*) adalah salah satu alat potong pada mesin frais yang berfungsi untuk membuat champer pada ujung lubang agar tidak tajam atau untuk membuat champer pada ujung lubang untuk membenamkan kepala baut berbentuk tirus. Sesuai kebutuhan pekerjaan dilapangan apabila dilihat dari tangkainya terbagi menjadi dua yaitu, kontersing tangkai lurus dan kontersing tangkai tirus dan apabila dilihat dari sisi jumlah mata sayatnya kontersink terbagi menjadi enam jenis yaitu, jumlah mata sayat satu, mata sayat dua, mata sayat tiga, mata sayat empat, mata sayat lima dan mata sayat enam. Sedangkan apabila dilihat dari sudut mata sayatnya, kontersing terbagi menjadi enam jenis juga yaitu, kontersing sudut mata sayat 60° , 82° , 90° , 100° dan 120° .

Apabila dilihat dari tangkainya, kontersing dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu kontersing tangkai lurus dan kontersing tangkai tirus:

a. Kontersing tangkai lurus

Kontersing tangkai lurus pada saat digunakan untuk proses pengefraisan pengikatannya dipasang pada cekam bor/ drill chuck sebagaimana pengikatan pada proses pengeboran dengan bor tangkai lurus.



Gambar 179 Kontersing tangkai lurus

b. Kontersing tangkai tirus

Kontersing tangkai tirus, pada saat digunakan untuk proses pengefraisan pengikatannya dipasang pada lubang sleeve kepala lepas sebagaimana pengikatan pada proses pengeboran dengan bor tangkai tirus. Apabila tirus tangkangkainya terlalu kecil dapat ditambah dengan sarung pengurang. Sebagaimana mata bor tangkai tirus, kontersing tangkai tirus pada umumnya menggunakan standar tirus *morse/ morse taper* (MT) yaitu mulai dari MT 1 ÷ 6.



Gambar 180 Kontersing tangkai tirus

Apabila dilihat dari jumlah mata sayatnya, kontersing dapat dibagi menjadi enam jenis yaitu: kontersing mata sayat satu, kontersing mata sayat dua,

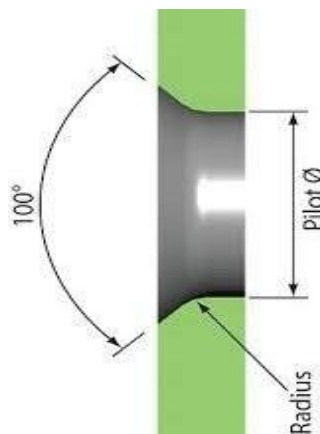
kontersing mata sayat tiga, kontersing mata sayat empat, kontersing mata sayat lima, dan kontersing mata sayat enam.

c. Kontersing mata sayat satu

Kontersing mata sayat satu, memiliki jumlah mata sayat satu yang berfungsi untuk men champer ujung lubang pada benda kerja agar tidak tajam atau sebagai pengarah/ men champer ujung lubang untuk membenamkan kepala baut berbentuk tirus dan radius. Hasil pembubutan champer dengan kontersingmata sayat satu sudut 100° dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 181 Kontersing mata sayat satu dan hasil lubang champer



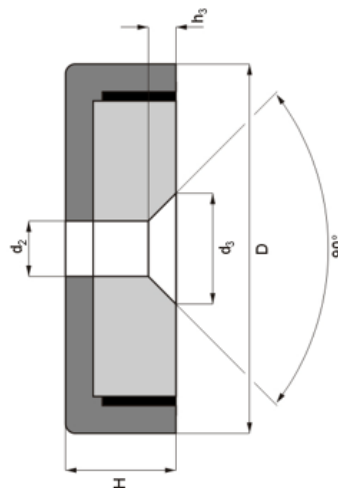
Gambar 182 Hasil pengefraisan champer dengan kontersing mata sayat satu

d. Kontersing mata sayat dua

Kontersing mata sayat dua, memiliki jumlah mata sayat dua yang berfungsi sama dengan kontersing mata satu yaitu untuk men champer ujung lubang agar tidak tajam/ sebagai pengarah atau men champer ujung lubang untuk membenamkan kepala baut berbentuk tirus yang besar sudutnya tergantung dari sudut kontersing yang digunakan. Kelebihan kontersing mata sayat dua dibandingkan dengan kontersink mata satu adalah beban pada mata sayat lebih ringan sehingga lebih tahan lama, karena beban pada mata sayatnya terbagi dua. Hasil pembubutan champer dengan kontersing mata sayat dua sudut 90° dapat dilihat pada berikut :



Gambar 183 Kontersing mata sayat dua



Gambar 184 Hasil pengefraisan champer dengan kontersing mata sayat dua

e. Kontersing mata sayat tiga:

Kontersing mata sayat tiga, memiliki jumlah mata sayat tiga yang berfungsi sama dengan kontersing mata satu untuk menchamper ujung lubang agar tidak tajam/ sebagai pengarah atau menchamper ujung lubang untuk membenamkan kepala baut berbentuk tirus yang besar sudutnya tergantung dari sudut kontersing yang digunakan. Kelebihan kontersing mata sayat tiga dibandingkan dengan kontersink mata dua adalah beban pada mata sayat lebih ringan sehingga lebih tahan lama, karena beban pada mata sayatnya terbagi tiga.



Gambar 185 Kontersing mata sayat tiga

f. Kontersing mata sayat empat

Kontersing mata sayat empat, memiliki jumlah mata sayat empat yang berfungsi sama dengan kontersing mata satu untuk menchamper ujung lubang agar tidak tajam/ sebagai pengarah atau menchamper ujung lubang untuk membenamkan kepala baut berbentuk tirus yang besar sudutnya tergantung dari sudut kontersing yang digunakan. Kelebihan kontersink mata sayat empat dibandingkan dengan kontersink mata tiga adalah beban pada mata sayat lebih ringan sehingga lebih tahan lama, karena beban pada mata sayatnya terbagi empat.



Gambar 186 Kontersing mata sayat empat

g. Kontersing mata sayat lima

Kontersing mata sayat lima, memiliki jumlah mata sayat lima yang berfungsi sama dengan kontersing mata satu untuk menchamper ujung lubang agar tidak tajam/ sebagai pengarah atau menchamper ujung lubang untuk membenamkan kepala baut berbentuk tirus yang besar sudutnya tergantung dari sudut kontersing yang digunakan. Kelebihan kontersing mata sayat lima dibandingkan dengan kontersink mata empat adalah beban pada mata sayat lebih ringan sehingga lebih tahan lama, karena beban pada mata sayatnya terbagi lima.



Gambar 187 Kontersing mata sayat lima

h. Kontersing mata sayat enam

Kontersing mata sayat enam memiliki jumlah mata sayat enam yang berfungsi sama dengan kontersing mata satu untuk menchamper ujung lubang agar tidak tajam/ sebagai pengarah atau menchamper ujung lubang untuk membenamkan kepala baut berbentuk tirus yang besar sudutnya tergantung dari sudut kontersing yang digunakan. Kelebihan kontersing mata sayat enam dibandingkan dengan kontersink mata lima adalah beban pada mata sayat lebih ringan sehingga lebih tahan lama, karena beban pada mata sayatnya terbagi enam.



Gambar 188 Kontersing mata sayat enam

Dari keseluruhan jenis kontersing tersebut diatas, berdasarkan pengalaman dilapangan yang sering digunakan adalah kontersing yang memiliki mata sayat tiga dan empat dan sudut mata sayatnya 60° atau 90° . Kontersing bertangkai lurus, pada saat digunakan pengikatannya dipasang pada cekam bor (*drill chuck*) sebagaimana pada proses pengeboran dengan mata bor tangkai lurus, dan yang bertangkai tirus pengikatannya dipasang pada lubang tirus kepala lepas sebagaimana pada proses pengeboran menggunakan mata bor tangkai tirus. Selain itu perlu diketahui bahwa, kontersing tangkai tirus pada umumnya menggunakan standar tirus morse/ morse tapper (MT) yaitu mulai dari MT $1 \div 6$ sebagaimana mata bor tangkai tirus.

4. Mata bor

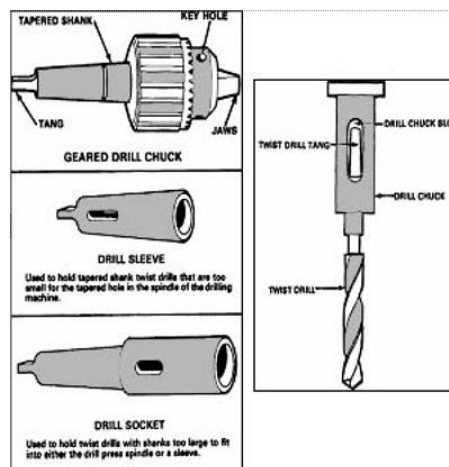
Mata bor adalah salah satu alat potong pada mesin pengefraisan yang berfungsi untuk membuat lubang pada benda pejal. Dalam membuat diameter lubang bor dapat disesuaikan dengan kebutuhan, yaitu tergantung dari diameter mata bor yang digunakan.

a. Pengelompokan mata bor berdasarkan tangkai

Pengelompokan mata bor berdasarkan tangkai, dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu, pertama: mata bor tangkai lurus (Gambar 189) yang pengikatannya menggunakan cekam bor/*drill chuck* (Gambar 190), dan kedua: mata bor tangkai tirus (Gambar 191) yang pengikatannya dimasukan pada lubang tirus.



Gambar 189 Mata bor tangkai lurus



Gambar 190 Pengikatan mata bor dengan cekam bor pada proses pengefraisan



Gambar 191 Mata bor tangkai tirus

Pada saat penggunaan mata bor tangkai tirus yang memiliki ukuran tangkai lebih kecil dari pada lubang tirus pada kepala lepas, maka harus menggunakan alat tambahan yang disebut sarung pengurang (*drill sleeve*) (Gambar 192).



Gambar 192 Sarung pengurang bor (drill sleeve)

b. Pengelompokan mata bor berdasarkan spiral

Apabila dilihat spiralnya mata bor terbagi menjadi tiga yaitu, pertama: mata bor spiral normal/ normal spiral drill digunakan untuk mengebor baja lunak, kedua: mata bor spiral panjang/ *slow spiral drill*) digunakan untuk mengebor baja keras dan ketiga: mata bor spiral pendek/ quick spiral drill digunakan untuk mengebor baja liat.



Gambar 193 Mata bor spiral normal



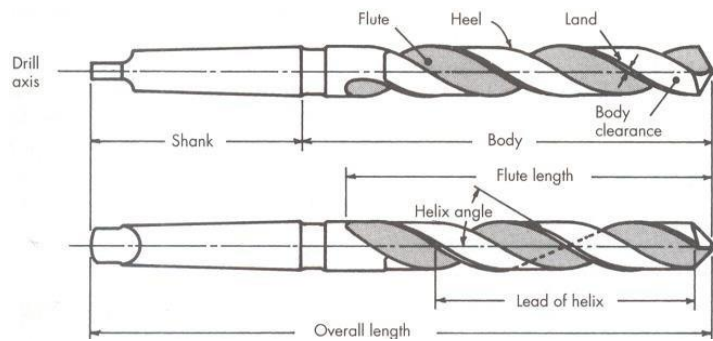
Gambar 194 Mata borspiral panjang/slow spiral



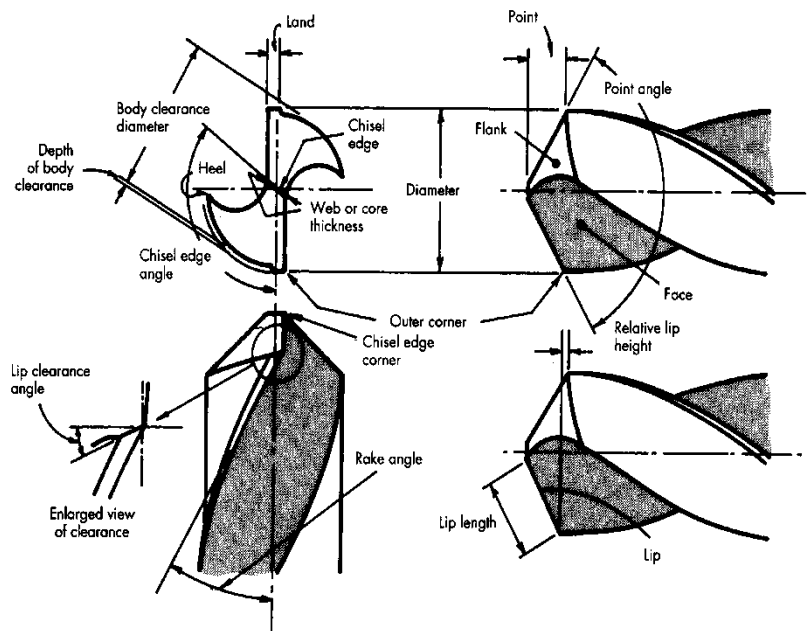
Gambar 195 Mata bor spiral pendek/quick spiral

c. Bagian-bagian Mata Bor

Bagian-bagian mata bor dilihat dari bodinya dapat dilihat pada (Gambar 196), dan bagian-bagian mata bor dilihat dari mata sayat dan sudut bebasnya dapat dilihat pada (Gambar 197).



Gambar 196 Bagian-bagian mata bor dilihat dari bodinya



Gambar 197 Bagian-bagian mata bor dilihat dari mata sayatnya

- Mata bor helix besar (*High helix drills*) : mata bor ini memiliki sudut helik yang besar, sehingga meningkatkan efisiensi pemotongan, tetapi batangnya lemah. Mata bor ini digunakan untuk memotong logam lunak atau bahan yang memiliki kekuatan rendah.

- Mata bor helix kecil (*Low helix drills*) : mata bor dengan sudut helix lebih kecil dari ukuran normal berguna untuk mencegah pahat bor terangkat ke atas atau terpegang benda kerja ketika membuat lubang pada material kuningan dan material yang sejenis.
- Mata bor kerja berat (*Heavy-duty drills*) : mata bor yang digunakan untuk menahan tegangan yang tinggi dengan cara menebalkan bagian web.
- Mata bor tangan kiri (*Left hand drills*) : mata bor standar dapat dibuat juga untuk mata bor kiri. Digunakan pada pembuatan lubang jamak yang mana bagian kepala mesin bor di desain dengan sederhana yang memungkinkan berputar berlawanan arah.
- Mata bor dengan sisi sayat lurus (*Straight flute drills*) : adalah bentuk ekstrim dari mata bor helix kecil, digunakan untuk membuat lubang pada kuningan dan plat.
- Mata bor poros engkol (*Crankshaft drills*) : mata bor yang di desain khusus untuk mengerjakan poros engkol, sangat menguntungkan untuk membuat lubang dalam pada material yang ulet. Memiliki web yang tebal dan sudut helix yang kadang-kadang lebih besar dari ukuran normal. Mata bor ini adalah mata bor khusus yang akhirnya banyak digunakan secara luas dan menjadi mata bor standar.
- Mata bor panjang (*Extension drills*) : mata bor ini memiliki shank yang panjang yang telah ditemper, digunakan untuk membuat lubang pada permukaan yang secara normal tidak akan dapat dijangkau.
- Mata bor ekstra panjang (*Extra-length drills*) : mata bor dengan badan pahat yang panjang, untuk membuat lubang yang dalam.
- Mata bor bertingkat (*Step drills*) : satu atau dua buah diameter mata bor dibuat pada satu batang untuk membuat lubang dengan diameter bertingkat.
- Mata bor ganda (*Subland drills*) : fungsinya sama dengan mata bor bertingkat. Mata bor ini terlihat seperti dua buah mata bor pada satu batang.

- Mata bor *solid carbide* : untuk membuat lubang kecil pada material paduan ringan, dan material bukan logam, bentuknya bisa sama dengan mata bor standar. Proses pembuatan lubang dengan mata bor ini tidak boleh ada beban kejut, karena bahan carbide mudah pecah.
- Mata bor dengan sisipan karbida (*Carbide tipped drills*) : sisipan karbida digunakan untuk mencegah terjadinya keausan karena kecepatan potong yang tinggi. Sudut helix yang lebih kecil dan web yang tipis diterapkan untuk meningkatkan kekakuan mata bor ini, yang menjaga keawetan karbida. Mata bor ini digunakan untuk material yang keras, atau material non logam yang abrasif.
- Mata bor dengan lubang minyak (*Oil hole drills*) : lubang kecil di dalam bilah pahat bor dapat digunakan untuk mengalirkan minyak pelumas/pendingin bertekanan ke ujung mata bor. Mata bor ini digunakan untuk membuat lubang dalam pada material yang liat.
- Mata bor rata (*Flat drills*) : batang lurus dan rata dapat digerinda ujungnya membentuk ujung mata bor. Hal tersebut akan memberikan ruang yang besar bagi beram tanpa bagian helix. Mata bor ini digunakan untuk membuat lubang pada jalan kereta api.
- Mata bor dengan tiga atau empat sisi potong : mata bor ini digunakan untuk memperbesar lubang yang telah dibuat sebelumnya dengan mata bor atau di punch. Mata bor ini digunakan karena memiliki produktifitas, akurasi, dan kualitas permukaan yang lebih bagus dari pada mata bor standar pada pengerjaan yang sama.

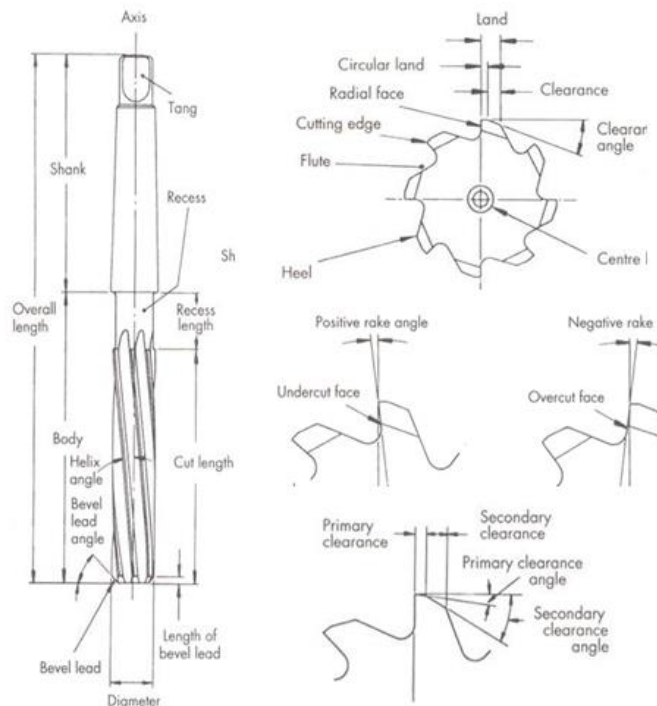
5. Reamer

Reamer dipergunakan untuk memperhalus lubang pada benda kerja, hal ini dibutuhkan kehalusan sesuai ketentuan. Sebelum dilakukan pereameran terlebih dahulu di bor, hasil pereameran antara 0,004 – 0,012” (0,1016 – 0,3048 mm).



Gambar 198 Bagian-bagian mata bor dilihat dari mata sayatnya

Pembuatan lubang sebelum dirimer, untuk diameter sampai dengan 10 mm dianjurkan diameternya dibuat lebih kecil dari diameter nominal rimer yaitu antara $0,15 \div 0,25$ mm dan untuk lubang diameter 10 mm keatas, dianjurkan diameternya dibuat lebih kecil dari diameter nominal rimer yaitu antara $0,25 \div 0,60$ mm. Tujuan dilakukan pengurangan diameter sebelum dirimer adalah, agar hasilnya lebih maksimal dan beban pada rimer tidak terlalu berat sehingga memiliki umur lebih panjang. Bagian rimer mesin :



Gambar 199 Bagian-bagian Reamer

Apabila dilihat dari fungsinya rimer mesin terbagi menjadi tiga yaitu, reamer mesin untuk lubang pin, reamer untuk lubang lurus dan reamer untuk lubang tirus.

a. Rimer Mesin Untuk Lubang Pin

Rimer mesin untuk lubang pin apabila dilihat dari bentuk mata sayatnya terbagi menjadi tiga yaitu, reamer pin tirus mata sayat lurus/ *straight taper pin reamer* (Gambar 200), reamer pin tirus mata sayat spiral/ *spiral taper pin reamer* (Gambar 201), dan reamer pin tirus mata sayat helik (*helical taper pin reamer*) - (Gambar 202). Rimer jenis ini berfungsi untuk membuat lubang pin tirus, yang memiliki ketirusan standar.



Gambar 200 Reamer pin tirus mata sayat lurus



Gambar 201 Reamer pin tirus mata sayat spiral



Gambar 202 Reamer pin tirus mata sayat helik

b. Rimer mesin untuk lubang lurus

Rimer mesin untuk lubang lurus apabila dilihat dari tangkainya terbagi menjadi dua yaitu, reamer lurus tangkai lurus (Gambar 203), dan rimer lurus tangkai tirus (Gambar 204). Rimer jenis ini berfungsi untuk membuat lubang lurus yang memiliki toleransi dan suaian khusus.



Gambar 203 Reamer lurus tangkai lurus



Gambar 204 Reamer lurus tangkai tirus

c. Rimer mesin untuk lubang tirus:

Rimer mesin untuk lubang tirus apabila dilihat dari fungsinya terbagi menjadi dua yaitu, rimer tirus untuk pengasaran (Gambar 205) dan *reamer* tirus untuk *finishing* (Gambar 206). Rimer jenis ini berfungsi untuk membuat lubang tirus standar, misalnya tirus standar morse (*taper morse* - MT) yaitu mulai dari MT 1 s.d 6.

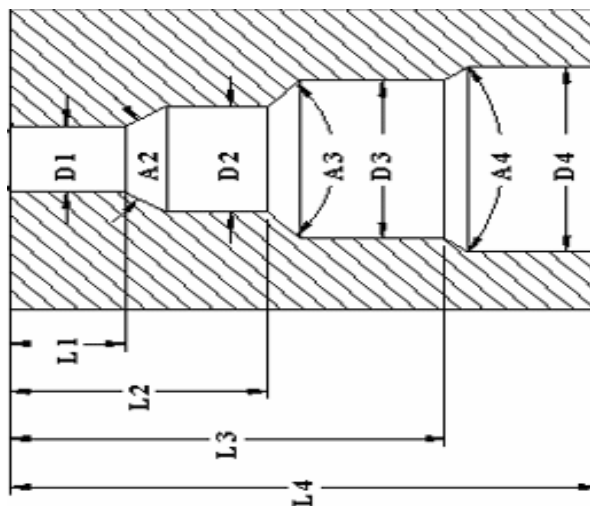


Gambar 205 Reamer tirus untuk finishing

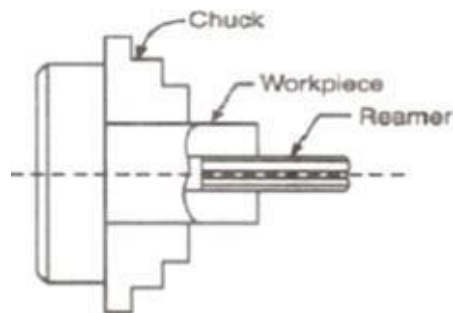


Gambar 206 Reamer lurus tangkai tirus

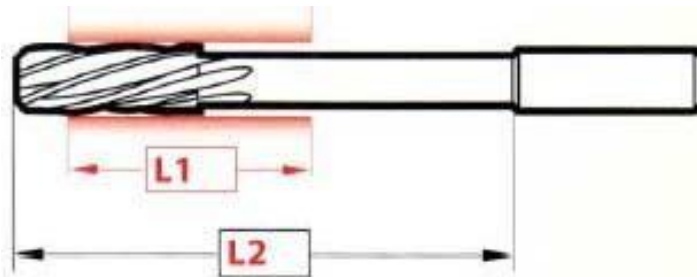
Untuk mendapatkan hasil lubang sesuai toleransi dan suaian yang diinginkan, garis sumbu rimer harus benar-benar sepusat dengan garis sumbu lubang yang akan direamer. Untuk merimer lubang lurus yang tembus, sebaiknya kedalamannya dilebihkan kurang lebih $\frac{1}{3}$ dari mata sayatnya, hal ini dilakukan agar lubang benar-benar lurus. Untuk mereamer lubang tirus, disarankan lubang yang akan direamer sebelumnya dibuat bertingkat terlebih dahulu dengan tujuan agar rimer tidak menerima beban yang berat (Gambar 207). Selain itu agar mendapatkan hasil yang maksimal dan reamer yang digunakan awet, pada saat meramer harus menggunakan putaran mesin yang sesuai dan selalu menggunakan air pendingin atau oli.



Gambar 207 Pembuatan lubang bertingkat sebelum dirimer



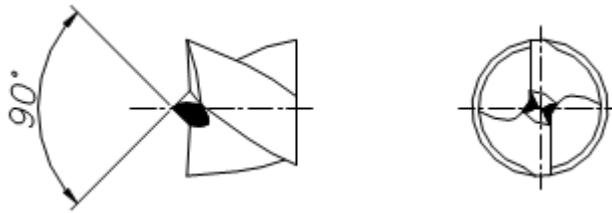
Gambar 208 Keseputatan garis sumbu lubang dengan garis sumbu rimer



Gambar 209 Posisi kedalaman pereameran lubang lurus

11. Spotting drill

Spotting Drill adalah modifikasi *twist drill* dengan membentuk center pada sumbunya dan selebihnya dibuat rata. Tool ini bisa menghasilkan ujung lobang pengeboran yang rata dengan kedalaman tertentu tanpa harus menggunakan guide seperti pada counterbor. Twist drill ini dipakai tanpa pre drill. Kelebihannya adalah kesentrisannya sangat baik, tidak menghasilkan chip pada lubang tembus, cocok untuk material logam non ferrus seperti: aluminium, kuningan, seng. Bor ini tidak akan berfungsi dengan baik apabila sudah terdapat lubang awalnya atau melewati lubang yang melintang, karena penyenterannya tidak akan berfungsi. Perlu diingat juga bahwa gaya pemakananya cukup berat karena bidang sayatnya rata dan mengarah ke satu arah secara sejajar.



Gambar 210 Spotting drill

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas Pengantar

Mengidentifikasi Isi Materi Pembelajaran (Diskusi Kelompok, 1 JP)

Sebelum melakukan aktivitas pembelajaran berdiskusilah dengan sesama peserta diklat di kelompok Saudara untuk mengidentifikasi hal-hal berikut:

1. Apa saja hal-hal yang harus dipersiapkan oleh saudara sebelum mempelajari materi pembelajaran tentang alat-alat potong? Sebutkan!
2. Bagaimana saudara mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
3. Ada berapa dokumen bahan bacaan yang ada di dalam Materi pembelajaran ini? Sebutkan!
4. Apa topik yang akan saudara pelajari di materi pembelajaran ini? Sebutkan!
5. Apa kompetensi yang seharusnya dicapai oleh saudara sebagai guru kejuruan dalam mempelajari materi pembelajaran ini? Jelaskan!
6. Apa bukti yang harus diunjukkan oleh saudara sebagai guru kejuruan bahwa saudara telah mencapai kompetensi yang ditargetkan? Jelaskan!

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di atas dengan menggunakan Lembar Kerja (LK)-00. Jika Saudara bisa menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas dengan baik, maka Saudara bisa melanjutkan pembelajaran dengan membaca dan mengamati tentang alat-alat potong pada mesin frais.

Aktivitas 1 : Menelaah berbagai alat potong pada mesin frais.

Selain pemotongan dengan logam yang menggunakan pahat bubut, sering digunakan berbagai jenis alat potong lainnya. Misalnya untuk membuat lobang dan membentuk lubang.

Coba diskusikan dengan anggota kelompok :

1. Tentang fungsi dari setiap jenis alat potong !
2. Tentang cara penggunaan alat potong itu sesuai dengan prosedur !

Hasil diskusinya coba ditayangkan dengan menggunakan infocus dan diskusikan dengan kelompok lainnya. Masukan-masukan dari kelompok lain adalah sebagai penguatan dalam menempuh kompetensi tentang alat-alat potong pada mesin frais.

E. Rangkuman

- 1) Bor senter adalah salah satu alat potong pada mesin bubut yang berfungsi untuk membuat lubang senter pada ujung permukaan benda kerja. Jenis bor senter ada tiga yaitu: bor senter standar (*standar centre drill*), bor senter dua mata sayat (*safety type centre drill*) dan bor senter mata sayat radius (*radius form centre drill*).
- 2) Konter bor adalah Jenis drill untuk membuat lubang berstep dengan dasar yang rata, seperti untuk tempat inbus screw.
- 3) Kontersing (*countersink*) adalah salah satu alat potong pada mesin bubut yang berfungsi untuk menchamper diameter ujung lubang pada sebuah benda kerja (*debured*), dengan tujuan agar tidak tajam atau untuk membuat champer pada ujung lubang untuk membenamkan kepala baut berbentuk tirus. Alat potong jenis ini, dilihat dari tangkainya terbagi menjadi dua yaitu: kontersing tangkai lurus dan kontersing tangkai tirus. dari sisi jumlah mata sayatnya, kontersink terbagi menjadi enam jenis yaitu: kontersink mata sayat satu, mata sayat dua, mata sayat tiga, mata sayat empat, mata sayat lima dan mata sayat enam. dilihat dari sudut mata sayatnya, kontersing terbagi menjadi enam jenis juga yaitu, kontersing sudut mata sayat 60°, 82°, 90°, 100° dan 120°. Dilihat dari tangkainya, kontersing dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu kontersing tangkai lurus dan kontersing tangkai tirus.

- 4) Mata bor merupakan alat potong pada Mesin Gurdi, yang terdiri dari bor spiral, mata bor pemotong lurus, mata bor untuk lubang yang dalam (*deep hole drill*), mata bor skop (*spade drill*), dan mata bor stelite.
- 5) Rimer mesin adalah salah satu alat potong pada mesin bubut yang berfungsi untuk memperhalus dan memperbesar lubang dengan toleransi dan suaian khusus sesuai tuntutan pekerjaan, yang prosesnya benda kerja sebelumnya dibuat lubang terlebih dahulu. Apabila dilihat dari fungsinya *reamer* mesin terbagi menjadi tiga yaitu, *reamer* mesin untuk lubang pin, *reamer* untuk lubang lurus dan *reamer* untuk lubang tirus.

F. Formatif

1. 3 jenis center drill, kecuali..
 - a. bor senter standar
 - b. bor senter dua mata sayat
 - c. bor senter mata sayat radius
 - d. bor senter bulat
2. Sebutkan jenis-jenis alat potong kontersing, kecuali...
 - a. mata sayat satu
 - b. mata sayat dua
 - c. mata sayat tiga
 - d. mata sayat bertingkat
3. Alat untuk memberikan tanda senter pada benda kerja menggunakan..
 - a. Reamer
 - b. senter drill
 - c. kartel
 - d. spotting drill

4. Penghalusan pada benda kerja menggunakan
 - a. Reamer
 - b. Karetl
 - c. Center drill
 - d. Spotting drill

5. Mata bor memiliki shank yang panjang yang telah ditemper, digunakan untuk membuat lubang pada permukaan yang secara normal tidak akan dapat dijangkau adalah...
 - a. Flat drills
 - b. Oil hole drills
 - c. Extension drills
 - d. Step drills

6. Apa yang dimaksud dengan center drill?
7. Apa yang dimaksud dengan konntersing?
8. Sebutkan jenis-jenis alat potong konntersing!
9. Apa yang dimaksud dengan mata bor?

G. Kunci jawaban

1. D
2. D
3. B
4. A
5. C
6. Center drill merupakan kombinasi mata bor dan countersink yang sangat baik digunakan untuk membuat lubang senter. Bor senter adalah salah satu alat potong pada mesin bubut yang berfungsi untuk membuat lubang senter pada ujung permukaan benda kerja.

7. Kontersing (countersink) adalah salah satu alat potong pada mesin bubut yang berfungsi untuk men champer diameter ujung lubang pada sebuah benda kerja (debured), dengan tujuan agar tidak tajam atau untuk membuat champer pada ujung lubang untuk membenamkan kepala baut berbentuk tirus.
8. Alat potong jenis ini, apabila dilihat dari tangkainya terbagi menjadi dua yaitu: kontersing tangkai lurus dan kontersing tangkai tirus. Apabila dilihat dari sisi jumlah mata sayatnya, kontersink terbagi menjadi enam jenis yaitu: kontersink mata sayat satu, mata sayat dua, mata sayat tiga, mata sayat empat, mata sayat lima dan mata sayat enam.
9. Mata bor merupakan alat potong pada Mesin Gurdi, yang terdiri dari bor spiral, mata bor pemotong lurus, mata bor untuk lubang yang dalam (deep hole drill), mata bor skop (spade drill), dan mata bor stelite.



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-mudahan 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.

H. Penilaian Ranah Sikap (Kepribadian)

a. Instrumen dan Rubrik Penilaian

No	Nama Peserta	Disiplin				Jujur				Tanggung Jawab				Santun				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

Indikator Penilaian Sikap:

Disiplin

- 1) Tertib mengikuti instruksi
- 2) Mengerjakan tugas tepat waktu
- 3) Tidak melakukan kegiatan yang tidak diminta
- 4) Tidak membuat kondisi kelas menjadi tidak kondusif

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

Tanggung Jawab

- a) Pelaksanaan tugas piket secara teratur
- b) Peran serta aktif dalam kegiatan diskusi kelompok
- c) Mengajukan usul pemecahan masalah
- d) Mengerjakan tugas sesuai yang ditugaskan

Santun

- a) Berinteraksi dengan teman secara ramah
- b) Berkomunikasi dengan bahasa yang tidak menyinggung perasaan
- c) Menggunakan bahasa tubuh yang bersahabat
- d) Berperilaku sopan

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

I. Penilaian Ranah Pengetahuan**a. Kisi-kisi dan Soal**

Kompetensi Dasar	Indikator	Indikator Soal	Jenis Soal
Menggunakan bagian-bagian utama mesin bubut dan perlengkapannya	Menganalisis bagian-bagian utama mesin bubut, dan perlengkapannya.	Peserta dapat menyebutkan bagian utama mesin bubut.	Essay
	Menganalisis fungsi dan prinsip kerja bagian-bagian utama mesin bubut dan perlengkapannya	Peserta dapat menjelaskan fungsi bagian utama mesin bubut.	Essay
		Peserta dapat menjelaskan cara kerja tiap bagoan utama mesin bubut	
	Menggunakan bagian-bagian utama mesin bubut	Peserta dapat	Praktek

Kompetensi Dasar	Indikator	Indikator Soal	Jenis Soal
	sesuai dengan tuntutan pekerjaan	menjelaskan cara penggunaan bagian utama mesin bubut	
Menentukan bagian-bagian utama mesin frais dan perlengkapannya	Menganalisis bagian-bagian utama mesin frais, dan perlengkapannya.	Peserta dapat menyebutkan bagian utama mesin frais	Essay
	Menganalisis fungsi dan prinsip kerja bagian-bagian utama mesin frais dan perlengkapannya	Peserta dapat menjelaskan fungsi bagian utama mesin frais	Essay
		Peserta dapat menjelaskan cara kerja tiap bagian utama mesin frais	Essay
	Menggunakan bagian-bagian utama mesin frais sesuai dengan tuntutan pekerjaan	Peserta dapat menjelaskan cara penggunaan	Praktek

Kompetensi Dasar	Indikator	Indikator Soal	Jenis Soal
		bagian utama mesin frais	
Menggunakan macam-macam alat potong mesin bubut untuk berbagai jenis pekerjaan.	Menganalisis macam-macam alat potong pada mesin bubut sesuai dengan tuntutan pekerjaan	Peserta dapat menyebutkan alat potong yang dapat digunakan pada mesin bubut untuk berbagai keperluan	Essay
	Menganalisis bahan alat potong pada mesin bubut	Peserta dapat menyebutkan bahan material pahat bubut yang sesuai untuk proses pemotongan	Essay
	Menganalisis sudut berbagai alat potong pada mesin bubut sesuai material yang dikerjakan	Peserta dapat menentukan geometri pahat yang sesuai untuk	Essay

Kompetensi Dasar	Indikator	Indikator Soal	Jenis Soal
		pemotongan tertentu	
	Menentukan jenis alat potong pada proses pembubutan sesuai dengan tuntutan pekerjaan	Peserta dapat menentukan jenis alat potong yang cocok untuk pembubutan tertentu	Essay
	Menentukan sudut kebebasan alat potong yang dipergunakan pada pembubutan	Peserta dapat geometeri sudut pahat yang cocok	Essay
Menggunakan macam-macam alat potong mesin frais untuk berbagai jenis pekerjaan.	Menganalisis macam-macam alat potong pada mesin frais sesuai dengan tuntutan pekerjaan	Peserta dapat menyebutkan alat potong yang dapat digunakan pada mesin frais untuk berbagai keperluan	Essay
	Menganalisis bahan alat potong pada mesin frais	Peserta dapat menyebutkan	Essay

Kompetensi Dasar	Indikator	Indikator Soal	Jenis Soal
		bahan material pisau frais yang sesuai untuk proses pemotongan	
	Menganalisis sudut berbagai alat potong pada mesin frais sesuai dengan tuntutan pekerjaan	Peserta dapat menentukan geometri pahat yang sesuai untuk pemotongan tertentu	Essay
	Menentukan jenis alat potong pada proses pengefraisan sesuai dengan tuntutan pekerjaan	Peserta dapat menentukan jenis alat potong yang cocok untuk pengefraisan tertentu	Essay

b. Instrumen dan Rubrik Penilaian

		Skor setiap nomor soal	
--	--	------------------------	--

No	Nama Peserta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Nilai
1																	
2																	
3																	

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

Indikator penilaian pengetahuan

1. Menganalisis bagian-bagian utama mesin bubut, dan perlengkapannya
 1. Jika jawaban meliputi 4 opsi dengan benar skor 4
 2. Jika jawaban meliputi 3 opsi dengan benar skor 3
 3. Jika jawaban hanya meliputi 2 opsi dengan benar skor 2
 4. Jika hanya menjawab 1 opsi dengan benar skor 1

2. Menganalisis fungsi dan prinsip kerja bagian-bagian utama mesin bubut dan perlengkapannya.
 1. Jika jawaban meliputi 4 opsi contoh dengan benar skor 4
 2. Jika jawaban meliputi 3 opsi contoh dengan benar skor 3
 3. Jika jawaban hanya meliputi 2 opsi contoh dengan benar skor 2
 4. Jika hanya menjawab 1 opsi contoh dengan benar skor 1

3. Menggunakan bagian-bagian utama mesin bubut sesuai dengan tuntutan pekerjaan.
 1. Jika jawaban meliputi 4 opsi dengan benar skor 4
 2. Jika jawaban meliputi 3 opsi dengan benar skor 3
 3. Jika jawaban hanya meliputi 2 opsi dengan benar skor 2
 4. Jika hanya menjawab 1 opsi dengan benar skor 1

4. Menganalisis bagian-bagian utama mesin frais, dan perlengkapannya
 1. Jika jawaban meliputi 4 opsi dengan benar skor 4
 2. Jika jawaban meliputi 3 opsi dengan benar skor 3
 3. Jika jawaban hanya meliputi 2 opsi dengan benar skor 2
 4. Jika hanya menjawab 1 opsi dengan benar skor 1
5. Menganalisis fungsi dan prinsip kerja bagian-bagian utama mesin frais dan perlengkapannya
 1. Jika jawaban meliputi 4 opsi dengan benar skor 4
 2. Jika jawaban meliputi 3 opsi dengan benar skor 3
 3. Jika jawaban hanya meliputi 2 opsi dengan benar skor 2
 4. Jika hanya menjawab 1 opsi dengan benar skor 1
6. Menggunakan bagian-bagian utama mesin frais sesuai dengan tuntutan pekerjaan
 1. Jika jawaban meliputi 4 opsi dengan benar skor 4
 2. Jika jawaban meliputi 3 opsi dengan benar skor 3
 3. Jika jawaban hanya meliputi 2 opsi dengan benar skor 2
 4. Jika hanya menjawab 1 opsi dengan benar skor 1
7. Menganalisis macam-macam alat potong pada mesin bubut sesuai dengan tuntutan pekerjaan
 1. Jika jawaban meliputi 4 opsi aturan dengan benar skor 4
 2. Jika jawaban meliputi 3 opsi aturan dengan benar skor 3
 3. Jika jawaban hanya meliputi 2 opsi aturan dengan benar skor 2
 4. Jika hanya menjawab 1 opsi aturan dengan benar skor 1
8. Menganalisis bahan alat potong pada mesin bubut.
 1. Jika jawaban meliputi 4 opsi aturan dengan benar skor 4
 2. Jika jawaban meliputi 3 opsi aturan dengan benar skor 3
 3. Jika jawaban hanya meliputi 2 opsi aturan dengan benar skor 2
 4. Jika hanya menjawab 1 opsi aturan dengan benar skor 1

9. Menganalisis sudut berbagai alat potong pada mesin bubut sesuai material yang dikerjakan
1. Jika jawaban meliputi 4 opsi dengan benar skor 4
 2. Jika jawaban meliputi 3 opsi dengan benar skor 3
 3. Jika jawaban hanya meliputi 2 opsi dengan benar skor 2
 4. Jika hanya menjawab 1 opsi dengan benar skor 1
10. Menentukan jenis alat potong pada proses pembubutan sesuai dengan tuntutan pekerjaan
1. Jika jawaban meliputi 4 opsi dengan benar skor 4
 2. Jika jawaban meliputi 3 opsi dengan benar skor 3
 3. Jika jawaban hanya meliputi 2 opsi dengan benar skor 2
 4. Jika hanya menjawab 1 opsi dengan benar skor 1
11. Menentukan sudut kebebasan alat potong yang dipergunakan pada pembubutan
1. Jika jawaban meliputi 4 opsi dengan benar skor 4
 2. Jika jawaban meliputi 3 opsi dengan benar skor 3
 3. Jika jawaban hanya meliputi 2 opsi dengan benar skor 2
 4. Jika hanya menjawab 1 opsi dengan benar skor 1
12. Menganalisis macam-macam alat potong pada mesin frais sesuai dengan tuntutan pekerjaan.
1. Jika jawaban meliputi 4 opsi dengan benar skor 4
 2. Jika jawaban meliputi 3 opsi dengan benar skor 3
 3. Jika jawaban hanya meliputi 2 opsi dengan benar skor 2
 4. Jika hanya menjawab 1 opsi dengan benar skor 1
13. Menganalisis bahan alat potong pada mesin frais.
1. Jika jawaban meliputi 4 opsi dengan benar skor 4
 2. Jika jawaban meliputi 3 opsi dengan benar skor 3
 3. Jika jawaban hanya meliputi 2 opsi dengan benar skor 2
 4. Jika hanya menjawab 1 opsi dengan benar skor 1

14. Menganalisis sudut berbagai alat potong pada mesin frais sesuai dengan tuntutan pekerjaan.

1. Jika jawaban meliputi 4 opsi dengan benar skor 4
2. Jika jawaban meliputi 3 opsi dengan benar skor 3
3. Jika jawaban hanya meliputi 2 opsi dengan benar skor 2
4. Jika hanya menjawab 1 opsi dengan benar skor 1

15. Menentukan jenis alat potong pada proses pengefraisan sesuai dengan tuntutan pekerjaan

1. Jika jawaban meliputi 4 opsi dengan benar skor 4
2. Jika jawaban meliputi 3 opsi dengan benar skor 3
3. Jika jawaban hanya meliputi 2 opsi dengan benar skor 2
4. Jika hanya menjawab 1 opsi dengan benar skor 1

Rumus pengolahan Nilai adalah

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah skor yang diperoleh}}{20} \times 4 = \underline{\hspace{2cm}}$$

J. Penilaian Ranah Keterampilan

Instrumen dan Rubrik Penilaian Keterampilan

No.	Nama Kelompok	Menggunakan mesin bubut untuk produk tertentu				Menggunakan mesin frais untuk produk tertentu.				Nilai
		1	2	3	4	1	2	3	4	
1.										
2.										
3.										

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.

Indikator penilaian keterampilan

- a) Menggunakan mesin bubut untuk produk tertentu.
 - 1) Pemilihan alat dan bahan sesuai LKS.
 - 2) Penerapan aturan praktek sesuai standar.
 - 3) Penerapan alat-alat bubut dsb sesuai aturan standar.
 - 4) Selama bekerja selalu menerapkan K3.
- b) Menggunakan mesin frais untuk produk tertentu.
 - 1) Pemilihan alat dan bahan sesuai LKS.
 - 2) Penerapan aturan praktek sesuai standar.
 - 3) Penerapan alat-alat bubut dsb sesuai aturan standar.
 - 4) Selama bekerja selalu menerapkan K3.

Pengolahan Nilai KD- Keterampilan

Aspek/Indikator	Tes ke	Skor	Keterangan
Menggunakan mesin bubut untuk produk tertentu	1	2 (misal)	belum tuntas
	2	4 (misal)	tuntas
Menggunakan mesin frais untuk produk tertentu	1	3 (misal)	tuntas
	2		
Nilai KD – Keterampilan ditentukan berdasarkan skor rerata optimum (nilai tertinggi) dari aspek (Indikator pencapaian kompetensi) yang dinilai		$(4+3)/2=3,5$	B+



DAFTAR PUSTAKA

- Abo Sudjana dan Ece Sudirman. 1979. Teori dan Praktek Kejuruan Dasar Mesin. Jakarta : Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- 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 Sucahyo. 2004. Pekerjaan Logam Dasar. Jakarta : PT. Gramedia Widiasarana Indonesia.
- 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.
- Eko Marsyahyo. 2003. Mesin Perkakas Pemotongan Logam. Malang : Bayumedia Publishing.
- Gerling, H. 1965. All About Machine Tools. New Delhi : Wiley Eastern Private Limited.
- Kalpakjian, S. 1995. Manufacturing Engineering and Technology. New York : Addison-Wesley Publishing Company.
- Krar, S. F. dan Oswald, J. W. 1991. Technology of Machine Tools. New York : McGraw-Hill International Editions.
- Richard, L. Little. Metalworking Technology. New Delhi : Tata McGraw-Hill Publishing Company Ltd.
- Suhardi. 1997. BPK Teknologi Mekanik II. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
- Surbakty B.M. dan Kasman Barus. 1983. Membubut. Jakarta : CV. Genep Jaya Baru.
- Surbakty B.M. dan Kasman Barus. 1983. Menyekrap, Mengebor dan Menggerinda. Jakarta : CV. Genep Jaya Baru.

- Wijayanto, D.S. dan Estriyanto, Y. 2005. Teknologi Mekanik : Mesin Perkakas. Surakarta : UNS Press.
- Amin, M. 2014. Aircraft Component Milling. Jakarta : Kemendikbud RI
- Abdul Rachman (1984) Penambatan Frais. Jakarta: PT. Bhratara Karya Aksara
- Bm. Surbakty dan Kasman Barus (1984) Petunjuk Kerja Frais. Madiun: CV Sinar Harapan Madiun
- Burghardt, Henry D., Axelrod, Aaron., and Anderson, James., (1960) Machine Tool Operation. Tokyo: McGraw Hill Kogakusha, Ltd.
- Chapman WAJ, (1979) Workshop Technology Part 2. London: Butler & Tunner Ltd.
- C. Van Terheijden dan Harun, (1981) Alat-alat Perkaskas Jilid 3. Bandung: Binacipta,
- Eko Marsyahyo, (2003) Mesin Perkakas Pemotongan Logam. Malang: Bayumedia.
- Gerling, (1974) All About Machine Tools. New Delhi: Wiley Eastern Private Limited
- Krar and Oswald, (1985) Machine Tool Operations. New York: McGraw Hill Book Company
- S. Avrutin, (tanpa tahun) Fundamental of Milling Practice. Moscow: Foreign Language Publishing House
- Smith dan McCarthy, (1968) Machine Tool Technology. Illinois: McKnight & McKnight Publishing Company
- State Library of Victoria, (1971) Fitting and Machining Part III. Victoria: Wilke and Company
- Sularso dan Kiyolatsu Suga (2002) Dasar Perencanaan dan pemilihan Elemen Mesin. Jakarta: Pradnya Paramita
- Taufiq Rochim, (1993) Proses Pemesinan. Jakarta: HEDSP
- _____, (tanpa tahun) Spesifikasi Geometris, Metrologi Industri & Kontrol Kualitas. Bandung: ITB
- 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 Tecnology part 1, Butler and Tunner Ltd.

Drs. Daryanto, 1987, Alat Perkakas Bengkel, Bina Aksara, Malang.

Gerling, 1965, All About Machine Tools, Willey eastern, New Delhi.

J.E.St Amand, J.W Oswald S.F Krar,1983, Machine Tools Operation, McGraw Hill Book Company, New York.

Lascoe, Nelson, Porter, 1973, Machine Operation and Set up, American Technical Publishers, New York.

Rochim T, 1993, Teori dan Teknologi Proses Pemesinan, HEDS, Jakart



GLOSARIUM

NO	ISTILAH	PENGERTIAN
1	<i>Arbor</i>	digunakan untuk mencekan pahat frais yang terpasang pada sumbu utama
2	<i>Bed</i>	bagian dari mesin bubut yang berfungsi sebagai pendukung serta lintasan eretan (support) dan kepala lepas (head stock).
3	<i>carriage</i>	alat yang digunakan untuk melakukan proses pemakanan pada benda kerja dengan cara menggerakkan kekiri dan kekanan sepanjang meja
4	<i>CNC Lathe Machine</i>	mesin bubut dengan sistem komputer kontrol numerik
5	<i>Concave Cutter</i>	Pisau ini dalam bentuk relief untuk pengefraisan cembung setengah lingkaran pada semua tipe material.
6	<i>Convex Cutter (HSS)</i>	Pisau ini dalam bentuk relief untuk pengefraisan cekung setengah lingkaran pada semua tipe material.
7	<i>Corner Rounding Cutter</i>	Pisau ini digunakan untuk membuat sudut radius sampai seperempat lingkaran, dilengkapi sisi potong kiri atau kanan bentuk relief
8	<i>Crossfeed handwheel</i>	digunakan untuk menggerakkan meja (bed) secara horizontal di depan column
9	<i>cutting off</i>	pemotongan pada mesin bubut adalah, proses pemotongan benda kerja yang dilakukan menggunakan mesin bubut

10	<i>Cylindrical Cutter</i>	Pisau HSS ini digunakan untuk penyayatan permukaan dan penyelesaian semua tipe material dilengkapi sisi potong kiri atau kanan,
11	<i>Dovetail Cutter</i>	Pisau ini digunakan untuk membuat alur ekor burung meja mesin perkakas, jig dan fixture. Dilengkapi dengan sudut 45° dan 60°.
12	<i>face milling</i>	Mengefraisi tegak (face milling) dengan sumbu putar pahat frais muka tegak lurus permukaan benda kerja
13	<i>Feed dial</i>	digunakan untuk mengatur gerakan meja saat pemakanan.
14	<i>feed rod</i>	poros yang selalu berputar untuk mendukung jalannya eretan.
15	<i>front clearance angle</i>	sudut bebas depan
16	<i>front cutting edge angle</i>	sudut potong depan
17	<i>inserts tips</i>	pahat bubut carbida yang dipasang pada pemegangnya dengan cara brazing, di klem atau menggunakan baut
18	kecepatan potong	kemampuan alat potong menyayat bahan dengan aman menghasilkan tatal dalam satuan panjang /waktu (m/menit atau feet/menit)
19	Kepala tetap atau Head Stock	bagian dari mesin bubut yang letaknya disebelah kiri mesin, dan bagian inilah yang memutar benda kerja yang didalamnya terdapat transmisi roda gigi
20	Kepala Pembagi	Dalam pengefraisan kadang-kadang memerlukan putaran benda kerja yang benar pembagiannya untuk disayat, seperti alur, celah dsb. Ketepatan gang (celah) sangat penting, khususnya bila pekerjaannya teliti seperti roda gigi, pisau roda gigi frais dsb

21	<i>knurling</i>	suatu alat pada mesin bubut yang berfungsi untuk membuat alur-alur melingkar lurus atau silang pada bidang permukaan benda kerja bagian luar atau dalam
22	<i>Late-dog</i>	Fungsi alat ini adalah untuk membawa benda kerja agar ikut berputar bersama spindel mesin
23	<i>Lead Screw</i>	poros panjang berulir yang terletak agak dibawah dan sejajar dengan bangku, memanjang dari kepala tetap sampai ekor tetap.
24	Mesin Bubut Meja Panjang	mesin bubut industri yang digunakan untuk mengerjakan pekerjaan-pekerjaan panjang dan besar, bahan roda gigi dan lainnya
25	Mesin bubut facing lathe	mesin bubut terutama digunakan untuk membubut benda kerja berbentuk piringan yang besar
26	Mesin Bubut Ringan	Mesin bubut ringan dapat diletakan di atas meja, dan mudah dipindahkan sesuai dengan kebutuhan
27	<i>Metal Slitting Saw</i>	Pisau ini digunakan untuk pengaluran umum dan penerapan pemotongan. Pisau gang kasar dan halus dengan gigi lurus, bentuk gigi berliku untuk kelonggaran tatal.
30	<i>rake angle</i>	sudut tatal
31	<i>side clearance angle</i>	side clearance angle
32	<i>side cutting edge angle</i>	sudut potong samping
33	<i>slab milling</i>	Mengefrais datar (slab milling) dengan sumbu putar pahat frais selubung sejajar permukaan benda kerja.
34	<i>Spindle</i>	merupakan suatu sumbu utama mesin bubut yang berfungsi sebagaiudukan chuck (cekam), plat pembawa, kolet,
35	<i>Spindle utama</i>	Tempat untuk mencekam alat potong

36	<i>Spotting Drill</i>	modifikasi twist drill dengan membentuk center pada sumbunya dan selebihnya dibuat rata. Tool ini bisa menghasilkan ujung lobang pengeboran yang rata dengan kedalaman tertentu
37	<i>steady rest/follower rest</i>	salah satu alat pada mesin bubut yang digunakan untuk menahan benda kerja yang memiliki ukuran relatif panjang.
38	<i>sudut bebas depan</i>	sudut bebas depan
39	<i>T Slot Cutter</i>	Pisau ini digunakan untuk membuat alur T
40	<i>Tail Stock</i>	bagian dari mesin bubut yang letaknya disebelah kanan dari mesin bubut, Bagian ini berfungsi untuk tempat pemasangan senter yang digunakan sebagai penumpu ujung benda kerja dan sebagai dudukan penjepit mata bor pada saat melakukan pengeboran
41	<i>taper attachment</i>	Alat ini digunakan untuk membubut tirus
42	<i>Tool post</i>	Penjepit/ pemegang pahat/ rumah pahat digunakan untuk menjepit atau memegang pahat yang bentuknya ada beberapa macam.
43	<i>Woodruff Keyseat Cutter</i>	Digunakan untuk penyayatan alur pasak setengah lingkaran. Alur heliks kiri atau kanan, batang lurus atau batang

