

MODUL PENGEMBANGAN KEPROFESIAN BERKELANJUTAN

TEKNIK PEMESINAN DASAR

PAKET KEAHLIAN : TEKNIK ENERGI BIOMASSA

Program Keahlian : Teknik Energi Terbarukan



KELOMPOK
KOMPETENSI

4



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2015

TEKNIK PEMESINAN DASAR

PAKET KEAHLIAN : TEKNIK ENERGI BIOMASSA

PROGRAM KEAHLIAN : TEKNIK ENERGI TERBARUKAN

Penyusun:

Tim PPPPTK

BMTI



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN

2015

KATA PENGANTAR

Undang–Undang Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen 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 jabatan Standar Kompetensi Guru (SKG) dan indikator pencapaian kompetensi (IPK) yang ada di dalamnya. Sebelumnya, soal UKG juga telah dikembangkan dalam sepuluh kelompok kompetensi. Sehingga diklat 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

KATA PENGANTAR	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan.....	3
C. Peta Kompetensi	3
D. Ruang Lingkup	4
E. Saran Cara Penggunaan Modul	4
BAB II KEGIATAN PEMBELAJARAN	5
Kegiatan Pembelajaran 1.....	5
A. Tujuan	5
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	5
C. Uraian Materi	6
D. Aktivitas Pembelajaran	51
E. Rangkuman.....	52
F. Tes Formatif	53
G. Kunci Jawaban.....	54
H. Lembar Kerja Kegiatan Belajar 1	55
Kegiatan Pembelajaran 2 Pemesinan Bubut	69
A. Tujuan	69
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	69
C. Uraian Materi	69
D. Aktivitas Pembelajaran	142
E. Rangkuman	159
F. Tes Formatif	165

G. Kunci Jawaban	171
Kegiatan Pembelajaran 3 Pemесinan Frais	172
A. Tujuan	172
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	172
C. Uraian Materi	172
D. Aktivitas Pembelajaran	211
E. Rangkuman	222
F. Tes Formatif	225
G. Kunci Jawaban	226
Kegiatan Pembelajaran 4 Teknik Dasar Pengelasan	227
A. Tujuan	227
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	227
C. Uraian Materi	227
D. Aktivitas Pembelajaran	256
E. Rangkuman	257
F. Tes Formatif	258
G. Kunci Jawaban	259
BAB III PENUTUP	260
UJI KOMPETENSI	260
DAFTAR PUSTAKA	264
GLOSARIUM	265
LAMPIRAN	266
LAMPIRAN 3 Tabel Relationship Speed to Feed	268

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Mesin bubut standar	70
Gambar 2. 2	Fungsi mesin bubut standar	70
Gambar 2. 3	Spindel utama mesin bubut	71
Gambar 2. 4	Kepala tetap terpasang cekam (<i>chuck</i>) pada spindle utama mesin bubut.....	71
Gambar 2. 5	Roda pully dan mekanik lainnya	72
Gambar 2. 6	<i>Gear box</i> pada kepala tetap.....	73
Gambar 2. 7	Kepala Lepas dan fungsinya	74
Gambar 2. 8	Roda Putar pada kepala lepas	74
Gambar 2. 9	Alas/bed mesin	75
Gambar 2. 10	Eretan (<i>carriage</i>) memanjang, melintang dan atas	76
Gambar 2. 11	Nonius pada roda pemutar eretan memanjang dan melintang	77
Gambar 2. 12	Poros transporter dan poros pembawa eretan.....	78
Gambar 2. 13	Tuas pengatur kecepatan dan pengubah arah putaran transporter	79
Gambar 2. 14	Penjepit pahat standar	80
Gambar 2. 15	Pemegang pahat dapat disetel dengan kedudukan rumah pahat satu buah.....	80
Gambar 2. 16	Beberapa jenis pemegang pahat dapat disetel dengan kedudukan rumah pahat lebih dari satu.....	81
Gambar 2. 17	Cekam rahang tiga, empat dan enam sepusat (<i>self centering chuck</i>)	82
Gambar 2. 18	Cekam rahang empat tidak sepusat (<i>independent chuck</i>).....	83
Gambar 2. 19	Cekam dengan rahang dapat balik posisinya.	83
Gambar 2. 20	Cekam dengan rahang Untuk pekerjaan khusus	85
Gambar 2. 21	Bentuk kedudukan/pengarah pada spindel mesin bubut.....	85
Gambar 2. 22	Cekam terpasang pada spindel mesin	86
Gambar 2. 23	Cekam kolet dengan batang penarik	86
Gambar 2. 24	Macam-macam bentuk kolet	87
Gambar 2. 25	Pemasangan kolet pada spindel mesin bubut.....	87
Gambar 2. 26	Pemasangan benda kerja pada kolet.....	88
Gambar 2. 27	Pelat pembawa permukaan bertangkai dan Pelat pembawa rata.....	88
Gambar 2. 28	Penggunaan pelat pembawa bertangkai dan berlalur pada proses pembubutan	89
Gambar 2. 29	Pengikatan benda kerja pada pelat pembawa	89
Gambar 2. 30	Pembawa (<i>late-dog</i>) berujung lurus	90
Gambar 2. 31	Pembawa (<i>late-dog</i>) berujung bengkok.....	90
Gambar 2. 32	Penggunaan pembawa berujung lurus	90
Gambar 2. 33	Penggunaan pembawa berujung bengkok.....	91

Gambar 2. 34	Macam-macam bentuk penyangga tetap	91
Gambar 2. 35	Macam-macam bentuk penyangga tetap	92
Gambar 2. 36	Penggunaan penyangga tetap	92
Gambar 2. 37	Penggunaan penyangga jalan	93
Gambar 2. 38	Senter tetap dan senter putar	93
Gambar 2. 39	Pemasangan senter tetap dan senter putar pada kepala lepas.....	93
Gambar 2. 40	Cekam bor dengan pengunci.....	94
Gambar 2. 41	Cekam bor tanpa pengunci	94
Gambar 2. 42	Pemasangan cekam bor.....	95
Gambar 2. 43	Spesifikasi utama mesin bubut	95
Gambar 2. 44	Bor senter standar panjang normal	97
Gambar 2. 45	Bor senter standar ekstra pendek dan panjang.....	98
Gambar 2. 46	Bor Senter dua mata sayat pengaman (<i>safety type centre drill</i>).....	98
Gambar 2. 47	Bor senter bentuk radius dan hasilnya	100
Gambar 2. 48	Pemasangan senter bor pada mesin bubut dan hasilnya.....	100
Gambar 2. 49	Mata bor tangkai lurus	102
Gambar 2. 50	Pengikatan mata bor dengan cekam bor pada proses pembubutan	102
Gambar 2. 51	Mata bor tangkai tirus.....	102
Gambar 2. 52	Sarung pengurang bor (<i>drill sleeve</i>).....	103
Gambar 2. 53	Mata bor spiral normal/ <i>normal spiral</i>	103
Gambar 2. 54	Mata borspiral panjang/ <i>slow spiral</i>	103
Gambar 2. 55	Mata bor spiral pendek/ <i>quick spiral</i>	103
Gambar 2. 56	Bagian-bagian mata bor dilihat dari bodinya	104
Gambar 2. 57	Bagian-bagian mata bor dilihat dari mata sayatnya	104
Gambar 2. 58	Kontersingtangkai lurus.....	105
Gambar 2. 59	Kontersingtangkai lurus.....	105
Gambar 2. 60	Konterbor tangkai lurus.....	106
Gambar 2. 61	Konterbor tangkai tirus	106
Gambar 2. 62	Konterbor dengan pengarah	106
Gambar 2. 63	Konterbor tanpa pengarah	106
Gambar 2. 64	Hasil pembuatan lubang bertingkat dengan konterbor pada mesin bubut.....	107
Gambar 2. 65	Bagian-bagian rimer mesin	107
Gambar 2. 66	Reamer pin tirus mata sayat lurus.....	109
Gambar 2. 67	Reamer pin tirus mata sayat spiral	109
Gambar 2. 68	Reamer pin tirus mata sayat helik.....	109
Gambar 2. 69	Reamer lurus tangkai lurus	109
Gambar 2. 70	Reamer lurus tangkai tirus.....	109
Gambar 2. 71	Rimer reamer tirus untuk	110
Gambar 2. 72	Rimer lurus tangkai tirus.....	110
Gambar 2. 73	Panjang pembubutan rata.	120

Gambar 2. 74	Panjang langkah pembubutan muka (facing).....	122
Gambar 2. 75	Panjang langkah pengeboran.....	125
Gambar 2. 76	Pemasangan ketinggian pahat bubut	128
Gambar 2. 77	Pemasangan pahat bubut tidak setinggi sumbu senter	128
Gambar 2. 78	Pemasangan pahat bubut terlalu panjang	129
Gambar 2. 79	Pemasangannya benda kerja berukuran pendek sebelum dibubut permukaannya	130
Gambar 2. 80	Pemasangannya benda kerja berukuran panjang sebelum dibubut permukaannya	130
Gambar 2. 81	Pembubutan permukaan start pahat bubut diawali dari sumbu senter benda kerja	131
Gambar 2. 82	Pembubutan permukaan diawali dari luar bagian kiri benda kerja	131
Gambar 2. 83	Pembubutan permukaan dari luar bagian kanan benda kerja	132
Gambar 2. 84	Pembubutan lubang senter pada permukaan ujung benda kerja.....	132
Gambar 2. 85	Fungsi lubang senter bor sebagai kedudukan senter putar dan pengarah pengeboran	133
Gambar 2. 86	Mengatur kesepusatan sumbu dengan alat bantu batang pengetes dan dial indikator	134
Gambar 2. 87	Mengatur keseputan sumbu senter dengan mempertemukan kedua ujung senter.....	134
Gambar 2. 88	Kepala lepas dan baut pengatur pergeseran.....	135
Gambar 2. 89	Permukaan benda kerja harus benar-benar rata selum pembuatan lubang senter.....	135
Gambar 2. 90	Putaran mesin bubut harus berlawanan dengan arah jarum jam	136
Gambar 2. 91	Dimensi bor senter (centre drill) dan hasil pembubutan lubang senter bor	136
Gambar 2. 92	Pembubutan lurus dengan cekam mesin	138
Gambar 2. 93	Pembubutan lurus, benda kerja ditahan dengan senter putar.....	138
Gambar 2. 94	Pembubutan lurus benda kerja ditahan dengan senter putar dan tengahnya ditahan dengan <i>steady rest</i>	138
Gambar 2. 95	Pembubutan lurus diantara dua senter	139
Gambar 2. 96	Pembubutan tirus	140
Gambar 2. 97	Pembubutan tirus dengan membentuk pahat pahat bubut.....	141
Gambar 2. 98	Pembubutan tirus dengan menggeser eretan atas.....	141
Gambar 2. 99	Pembubutan tirus dengan menggeser kedudukan kepala lepas	141
Gambar 2. 100	Pembubutan tirus dengan menggunakan perlengkapan tiirus.....	142
Gambar 3. 1	Mesin frais tegak.....	173
Gambar 3. 2	Mesin frais Mendatar sederhana	175
Gambar 3. 3	Mesin frais universal	176
Gambar 3. 4	Mesin milling copy	177

Gambar 3. 5	Mesin frais hobbing.....	178
Gambar 3. 6	Mesin milling gravier.....	180
Gambar 3. 7	Milling planer machine	180
Gambar 3. 8	Mesin frais CNC.....	181
Gambar 3. 9	Pisau frais mantel (<i>plane milling cutter</i>) helik kanan.....	182
Gambar 3. 10	Pisau frais mantel (<i>plane milling cutter</i>) helik kiri	182
Gambar 3. 11	Pisau frais sudut tunggal dan sudut ganda	184
Gambar 3. 12	Pisau frais ekor burung	184
Gambar 3. 13	Pisau frais alur melingkar.	185
Gambar 3. 14	Pisau sisi dan muka	185
Gambar 3. 15	Pisau frais sisi gigi silang	186
Gambar 3. 16	<i>Concave milling cutter</i>	186
Gambar 3. 17	Pisau frais alur T	187
Gambar 3. 18	Pisau frais jari.....	187
Gambar 3. 19	Pisau jari radius.....	189
Gambar 3. 20	Pisau frais roda gigi	189
Gambar 3. 21	Pisau frais muka	190
Gambar 3. 22	Pisau frais sisi dan muka	190
Gambar 3. 23	Pisau frais gergaji (<i>slitting</i>).....	191
Gambar 3. 24	Panjang langkah pengefraisan rata	197
Gambar 3. 25	Proses pengeboran pada mesin frais.....	200
Gambar 3. 26	Menggeser lengan mesin.....	203
Gambar 3. 27	Melepas pendukung arbor	203
Gambar 3. 28	Membersihkan arbor dan lubang spindel pada bagian tirusnya	204
Gambar 3. 29.	Mengencangkan arbor	204
Gambar 3. 30	Pemasangan cutter dan kollar (<i>ring arbor</i>)	205
Gambar 3. 31	Pemasangan pendukung arbor	205
Gambar 3. 32	Pemasangan ragum	206
Gambar 3. 33	Pemasangan benda kerja pada ragum.....	207
Gambar 3. 34	<i>Setting</i> nol diatas permukaan kerja dengan kertas.....	207
Gambar 3. 35	Penandaan kedalaman pemakanan	207
Gambar 3. 36	Proses pemotongan benda kerja.....	208
Gambar 3. 37	Pemutaran handel pemakanan.....	209
Gambar 3. 38	Proses pengefraisan bidang rata dengan <i>shell end mill cutter</i>	209
Gambar 3. 39	Pengefraisan bidang permukaan miring	210
Gambar 3. 40	Pengefraisan bidang miring yang lebar	210
Gambar 4. 1	Ruang las oksi asetilin dan peralatannya	228
Gambar 4. 2	Silinder gas oksigen	229
Gambar 4. 3	Katup gas oksigen.....	230
Gambar 4. 4	Silinder gas asetilin.....	231

Gambar 4. 5	Katup gas asetilin	231
Gambar 4. 6	Regulator Gas Asetilin	232
Gambar 4. 7	Regulator Gas Asetilin	233
Gambar 4. 8	Manometer	234
Gambar 4. 9	Slang las.....	235
Gambar 4. 10	Nipel dan mur pengikat (oksigen dan asetilin).	236
Gambar 4. 11	Pembakar las tekanan rata.	237
Gambar 4. 12	Pembakar las tekanan rendah	237
Gambar 4. 13	Tiga jenis nyala busur api.....	242
Gambar 4. 14	Sirkuit terbuka (OCV) dan tertutup (CCV)	243
Gambar 4. 15	Prinsip kerja las busur manual (LBM)	244
Gambar 4. 16	Sirkuit mesin las AC (berbasis transformator).....	245
Gambar 4. 17	Sirkuit mesin las DC (berbasis transformator).....	245
Gambar 4. 18	Pengkutuban mesin las DC.....	246
Gambar 4. 19	Kabel skunder	247
Gambar 4. 20	Kabel skunder	247
Gambar 4. 21	Beberapa contoh sepatu/pengikat.....	248
Gambar 4. 22	Beberapa contoh alat penghubung kabel las	248
Gambar 4. 23	Tangkai pemegang elektroda	249
Gambar 4. 24	Klem masa	249
Gambar 4. 25	Bagian-bagian elektroda las busur manual	249
Gambar 4. 26	Penjelasan warna elektroda	252

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Contoh data spesifikasi mesin bubut	96
Tabel 2. 2	Standar ukuran diameter bodi & diameter ujung bor senter (mm).....	100
Tabel 2. 3	Kecepatan Potong Bahan	115
Tabel 2. 4	Daftar kecepatan putaran mesin bubut (Rpm)	117
Tabel 3. 1	Type pisau mantel.....	183
Tabel 3. 2	Macam-Macam Endmill dan Penggunaannya	188
Tabel 3. 3	Kecepatan potong bahan.....	192
Tabel 3. 4	Daftar kecepatan putaran mesin frais(Rpm).....	194
Tabel 4. 1	Perbedaan pembakar tekanan rendah & tekanan rata.....	238
Tabel 4. 2	Tipe salutan dan arus las	250
Tabel 4. 3	Diameter elektroda	252
Tabel 4. 1	Perbedaan pembakar tekanan rendah & tekanan rata.....	238
Tabel 4. 2	Tipe salutan dan arus las	250
Tabel 4. 3	Diameter elektroda	252
Tabel 3. 1	Type pisau mantel.....	183
Tabel 3. 2	Macam-Macam Endmill dan Penggunaannya	188
Tabel 3. 3	Kecepatan potong bahan.....	192
Tabel 3. 4	Daftar kecepatan putaran mesin frais(Rpm).....	194

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Tabel ulir metris	266
Lampiran 2	Tabel Kecepatan Pemakanan Pahat Bubut HSS.....	267
Lampiran 3	Tabel Relationship Speed to Feed	268
Lampiran 4	Jabaran Kompetensi Guru Paket Keahlian	269

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Salah satu bentuk energi yang banyak dipergunakan di dunia adalah energi listrik, sehingga dapat dikatakan bahwa listrik merupakan salah satu kebutuhan dasar manusia. Listrik dapat dibangkitkan melalui berbagai sumber energi yang berbeda baik menggunakan sumber energi fosil (seperti minyak bumi, batubara, dan gas-alam) maupun sumber energi terbarukan (seperti: matahari, hidro, angin, panas bumi dan biomassa).

Oleh karena berbagai dampak negatif yang ditimbulkan, misalnya: dari kecelakaan pusat listrik energi nuklir, polusi lingkungan sebagai akibat dari pembakaran bahan bakar fosil dan kehabisan bahan bakar diwaktu mendatang, maka penggunaan sumber energi terbarukan sangat didorong pengembangannya.

Matahari, hidro, panas bumi dan biomassa adalah sumber-sumber energi terbarukan yang sangat potensial bagi Indonesia. Sumber energi angin, kendatipun terbatas, tetapi masih dapat dijumpai potensinya di beberapa tempat khususnya di pesisir pantai selatan Indonesia yang membentang dari Pulau Jawa sampai dengan Nusa Tenggara Timur. Pembangkitan listrik sistem energi terbarukan dalam skala menengah dan besar di Indonesia pada umumnya digunakan sumber mini hidro, biomassa, PLTA dan panas bumi. Untuk kebutuhan listrik skala kecil dan tersebar, pada umumnya dimanfaatkan teknologi mikro hidro, fotovoltaik dan angin.

Secara ekonomi pemanfaatan listrik fotovoltaik di Indonesia dewasa ini lebih sesuai untuk kebutuhan energi yang kecil pada daerah terpencil dan terisolasi. Meskipun pembangkit fotovoltaik skala sangat besar pernah dibangun di luar negeri yang memberikan energinya langsung kepada jaringan listrik. Namun secara finansial kelihatannya belum layak untuk dibangun di Indonesia.

Keuntungan utama yang menarik dari sistem Energi Tenaga Surya Fotovoltaik (SESF) ini adalah:

- Sistem bersifat modular
- Pemasangannya mudah
- Kemungkinan desentralisasi dari sistem
- Tidak diperlukan transportasi dari bahan bakar
- Tidak menimbulkan polusi dan kebisingan suara
- Sistem memerlukan pemeliharaan yang kecil
- Kesederhanaan dari sistem, sehingga tidak perlu pelatihan khusus bagi pemakai/pengelola
- Biaya operasi yang rendah

Sistem Fotovoltaik atau secara baku dinyatakan sebagai Sistem Energi Surya Fotovoltaik (SESF) adalah suatu sistem yang memanfaatkan energi surya sebagai sumber energinya. Konsep perancangan SESF dapat dilakukan dengan berbagai pendekatan tergantung pada kebutuhannya, misalnya untuk:

- Catudaya langsung ke beban
- Sistem DC dengan baterai
- Sistem arus bolak-balik (AC) tanpa baterai
- Sistem AC dengan baterai

Secara umum SESF terdiri dari subsistem sebagai berikut :

- Subsistem Pembangkit
Merupakan bagian utama pembangkit listrik yang terdiri dari satu atau lebih rangkaian modul fotovoltaik.
- Subsistem Penyimpan/Baterai
Merupakan bagian SESF yang berfungsi sebagai penyimpan listrik (baterai/accu). Subsistem penyimpanan listrik pada dasarnya diperlukan untuk SESF yang dirancang untuk operasi malam hari atau SESF yang harus memiliki kehandalan tertentu.
- Subsistem Pengaturan & Pengkondisi Daya
Berfungsi untuk memberikan pengaturan, pengkondisian daya (misal: merubah ke arus bolak balik), dan / atau pengamanan sedemikian rupa sehingga SESF dapat bekerja secara efisien, handal dan aman,
- Subsistem Beban

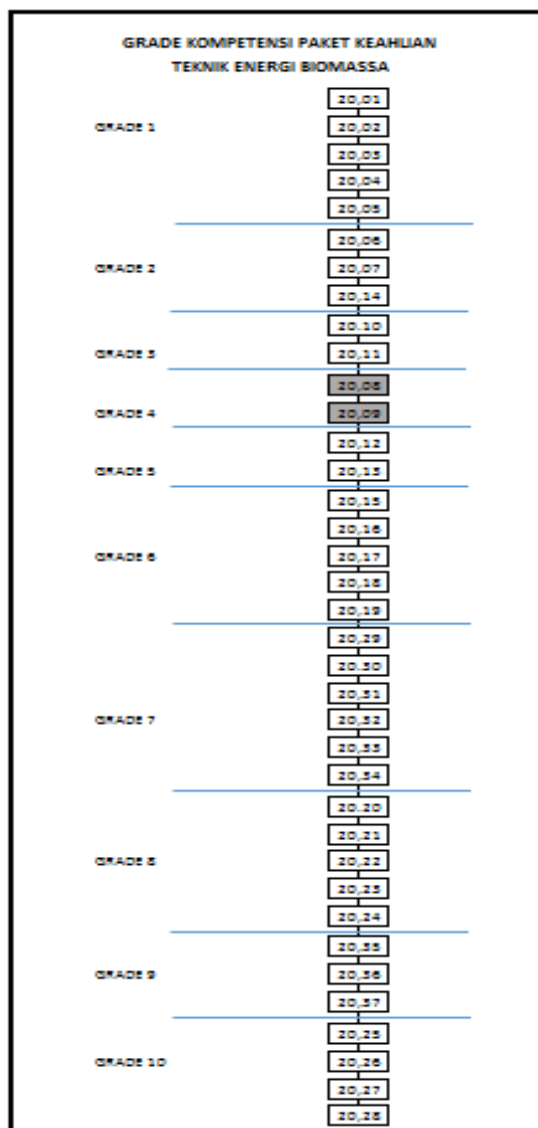
Bagian akhir dari penggunaan SESF yang mengubah listrik menjadi energi akhir, seperti: lampu penerangan, televisi, tape / radio, lemari pendingin dan pompa air.

B. Tujuan

Setelah mempelajari buku teks bahan ajar ini peserta diklat diharapkan dapat:

1. Menggunakan Teknik dasar pemesianan bubut
2. Menggunakan Teknik dasar pemesianan frais

C. Peta Kompetensi



D. Ruang Lingkup

Modul ini berisi pengetahuan tentang peralatan, alat bantu dan pengoperasian mesin bubut dan pengoperasian mesin frais.

E. Saran Cara Penggunaan Modul

Dalam melaksanakan pembelajaran dengan menggunakan buku teks bahan ajar ini, siswa perlu memperhatikan beberapa hal, yaitu :

1. Langkah-langkah belajar yang ditempuh

- a. Menyiapkan semua bukti penguasaan kemampuan awal yang diperlukan sebagai persyaratan untuk mempelajari modul ini.
- b. Mengikuti test kemampuan awal yang dipersyaratkan untuk mempelajari buku teks bahan ajar ini
- c. Mempelajari modul ini secara teliti dan seksama

2. Perlengkapan yang perlu disiapkan

- a. Buku modul Teknik Dasar Pemesinan Perkakas
- b. Pakaian untuk melaksanakan kegiatan praktik
- c. Alat-alat ukur dan alat pemeriksaan benda kerja
- d. Lembar kerja/ Job Sheet
- e. Bahan/ material lain yang diperlukan
- f. Buku sumber/ referensi yang relevan
- g. Buku catatan harian
- h. Alat tulis dan,
- i. Perlengkapan lainnya yang diperlukan

BAB II

KEGIATAN PEMBELAJARAN

Kegiatan Pembelajaran 1 Pedagogi

A. Tujuan

Tujuan dari pembelajaran ini adalah:

1. Melalui penelaahan peserta diklat dapat menjelaskan prinsip-prinsip penyusunan rencana pembelajaran sesuai dengan komponen-komponen RPP yang sudah ditetapkan dengan jelas;
2. Melalui latihan peserta dapat membuat rencana pembelajaran untuk digunakan di kelas, laboratorium, maupun bengkel sesuai dengan komponen-komponen RPP;
3. Melalui latihan peserta dapat melakukan validasi kesesuaian rencana pembelajaran berdasarkan komponen-komponen RPP yang sudah ditentukan dengan teliti.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Rencana pembelajaran yang lengkap disusun untuk kegiatan di dalam kelas, laboratorium, maupun di lapangan sesuai dengan komponen-komponen RPP. (C5).
2. Rencana pembelajaran divalidasi berdasarkan kelengkapan yang dipersyaratkan (C5)
3. Pembelajaran yang mendidik di kelas, di laboratorium dan di lapangan (memperhatikan standar keamanan yang dipersyaratkan) disimulasikan sesuai dengan rencana pembelajaran (C3)

C. Uraian Materi

a. Prinsip-prinsip Perencanaan Pembelajaran

Pembelajaran pada dasarnya merupakan proses aktivitas yang dilakukan secara tertata dan teratur, berjalan secara logis dan sistematis mengikuti aturan-aturan yang telah disepakati sebelumnya. Setiap kegiatan pembelajaran semata-mata bukan merupakan proyeksi keinginan dari guru secara sebelah pihak, akan tetapi merupakan perwujudan dari berbagai keinginan yang dikemas dalam suatu kurikulum.

Kurikulum sebagai program pendidikan, masih bersifat umum dan sangat ideal. Untuk merealisasikan dalam bentuk kegiatan yang lebih operasional yaitu dalam pembelajaran, terlebih dahulu guru harus memahami tuntutan kurikulum, kemudian secara praktis dijabarkan ke dalam bentuk perencanaan pembelajaran untuk dijadikan pedoman operasional pembelajaran. Perencanaan pembelajaran merupakan penjabaran, pengayaan dan pengembangan dari kurikulum. Dalam membuat perencanaan pembelajaran, selain mengacu pada tuntutan kurikulum, guru juga harus mempertimbangkan situasi dan kondisi serta potensi yang ada di sekolah masing-masing. Hal ini tentu saja akan berimplikasi pada model atau isi perencanaan pembelajaran yang dikembangkan oleh setiap guru, disesuaikan dengan kondisi nyata yang dihadapi setiap sekolah.

Dalam prakteknya, pengembangan perencanaan pembelajaran harus memperhatikan prinsip-prinsipnya sehingga proses yang ditempuh dapat dilaksanakan secara efektif. Seorang guru yang ingin melibatkan diri dalam suatu kegiatan perencanaan, harus mengetahui prinsip-prinsip perencanaan.

Jika prinsip-prinsip ini terpenuhi, secara teoretik perencanaan pembelajaran itu akan memberi penegasan untuk mencapai tujuan sesuai skenario yang disusun. Hal tersebut sejalan dengan pendapat Mulyasa (2003) bahwa:

- a. Kompetensi yang dirumuskan dalam perencanaan pembelajaran harus jelas, makin konkrit kompetensi makin mudah diamati, dan makin tepat kegiatan-kegiatan yang harus dilakukan untuk membentuk kompetensi tersebut.
- b. Perencanaan pembelajaran harus sederhana dan fleksibel, serta dapat dilaksanakan dalam kegiatan pembelajaran, dan pembentukan kompetensi siswa
- c. Kegiatan-kegiatan yang disusun dan dikembangkan dalam perencanaan pembelajaran harus menunjang, dan sesuai dengan kompetensi yang telah ditetapkan.
- d. Perencanaan pembelajaran yang dikembangkan harus utuh dan menyeluruh, serta jelas pencapaiannya.

Terkait dengan pendapat di atas, Oemar Hamalik (1980) mengemukakan tentang dasar-dasar/ prinsip perencanaan sebagai berikut:

- a. Rencana yang dibuat harus disesuaikan dengan tersedianya sumber-sumber.
- b. Organisasi pembelajaran harus senantiasa memperhatikan situasi dan kondisi masyarakat sekolah.
- c. Guru selaku pengelola pembelajaran harus melaksanakan tugas dan fungsinya tanggung jawab.
- d. Faktor manusia selaku anggota organisasi senantiasa dihadapkan pada keterbatasan.

Lebih lanjut dikemukakan bahwa kegiatan perencanaan yang baik harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- a. Rencana adalah alat untuk memudahkan mencapai tujuan.
- b. Rencana harus dibuat oleh para pengelola atau guru yang benar-benar memahami tujuan pendidikan, dan tujuan organisasi pembelajaran.
- c. Rencana yang baik, jika guru yang membuat rencana itu memahami dan memiliki keterampilan yang mendalam tentang membuat rencana.
- d. Rencana harus dibuat secara terperinci.

- e. Rencana yang baik jika berkaitan dengan pemikiran dalam rangka pelaksanaannya.
- f. Rencana yang dibuat oleh guru harus bersifat sederhana.
- g. Rencana yang dibuat tidak boleh terlalu ketat, tetapi harus fleksibel (luwes).
- h. Dalam rencana khususnya rencana jangka panjang perlu diperhitungkan terjadinya pengambilan resiko.
- i. Rencana yang dibuat jangan terlalu ideal, ambisius, sebaiknya lebih praktis pragmatis.
- j. Sebaiknya rencana yang dibuat oleh guru juga memiliki jangkauan yang lebih jauh, dapat diramalkan keadaan yang mungkin terjadi.

Dengan demikian, kendatipun mungkin tidak semua persyaratan di atas dapat dilaksanakan dengan baik, namun dengan kesiapan perencanaan yang matang dan dengan pengaturan skenario pembelajaran yang efektif maka permasalahan teknis yang terjadi di lapangan akan dapat diatasi.

Berdasarkan uraian di atas, maka perencanaan pembelajaran itu harus dapat mengembangkan berbagai kemampuan yang dimiliki siswa secara optimal, mempunyai tujuan yang jelas dan teratur serta dapat memberikan deskripsi tentang materi yang diperlukan dalam mencapai tujuan pembelajaran seperti yang telah ditetapkan, dengan memperhatikan prinsip-prinsip sebagai berikut:

- a. Menetapkan apa yang akan dilakukan oleh guru, kapan dan bagaimana cara melakukannya dalam implementasi pembelajaran.
- b. Membatasi sasaran berdasarkan kompetensi (tujuan) yang hendak dicapai.
- c. Mengembangkan alternatif-alternatif pembelajaran yang akan menunjang kompetensi (tujuan) yang telah ditetapkan.
- d. Mengumpulkan dan menganalisis informasi yang penting untuk mendukung kegiatan pembelajaran.
- e. Mempersiapkan dan mengkomunikasikan rencana-rencana dan keputusan-keputusan yang berkaitan dengan pembelajaran kepada pihak yang berkepentingan.

Merujuk pada prinsip-prinsip perencanaan pembelajaran di atas, maka pelaksanaan pembelajaran harus memenuhi beberapa unsur sebagai berikut:

a. Ilmiah

Keseluruhan materi yang dikembangkan atau di rancang oleh guru termasuk kegiatan yang menjadi muatan dalam silabus dan rencana pelaksanaan dan pembelajaran, harus benar dan dapat di pertanggung jawabkan secara keilmuan.

b. Relevan

Setiap materi memiliki ruang lingkup atau cakupan dan sistematikanya atau urutan penyajiannya.

c. Sistematis

Unsur perencanaan baik untuk perencanaan jenis silabus maupun perencanaan untuk rencana pelaksanaan pembelajaran, antara unsur yang satu dengan unsur yang lainnya harus saling terkait, mempengaruhi, menentukan dan suatu dan suatu kesatuan yang utuh untuk mencapan tujuan atau kompetensi.

d. Konsisten

Adanya hubungan yang konsisten antara kompetensi dasar. Indikator, materi pokok pengalaman belajar, sumber belajar dan sistem penilaian.

e. Memadai

Cakupan indikator materi pokok, pengalaman, sumber belajar dan sistem penilaian cukup untuk menunjang pencapaian kompetensi dasar.

f. Aktual dan kontekstual

Cakupan indikator, materi pokok, pengalaman belajaran sumber belajar, dan sistem penilaian memperhatikan perkembangan ilmu, teknologi dan seni mutakhir dalam kehidupan nyata, dan peristiwa yang terjadi.

g. Fleksibel

Keseluruhan komponen silabus maupun rencana pelaksanaan pembelajaran harus dapat mengakomodasi keragaman peserta didik,

pendidik, serta dinamika perubahan yang terjadi yang di sekolah dan tuntutan masyarakat.

h. Menyeluruh

Komponen silabus rencana pelaksanaan pembelajaran harus mencakup keseluruhan ranah kompetensi (kognitif, afektif, psikomotor).

b. Penyusunan Perancangan Pembelajaran

a. Konsep SKL, KI, dan KD

Kegiatan pembelajaran merupakan aktivitas yang harus dilaksanakan sesuai rambu-rambu agar peserta didik dapat menguasai kompetensi baik pada ranah sikap, kognitif, maupun psikomotorik. Secara umum skenario pelaksanaan pembelajaran tertuang dalam Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP). Sebelum menyusun RPP, guru sebaiknya melakukan analisis kurikulum. Analisis kurikulum adalah suatu kegiatan yang perlu dilakukan oleh seorang guru dalam rangka persiapan perencanaan program pembelajaran. Hasil analisis kurikulum akan sangat membantu guru dalam menyusun Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) dengan tepat dan efektif. Bagian kurikulum yang harus dianalisis adalah SKL, KI, dan KD dengan tetap memperhatikan taksonomi yang sesuai.

- 1) Standar Kompetensi Lulusan (SKL) pada pendidikan SMK adalah kriteria mengenai kualifikasi kemampuan lulusan yang mencakup sikap, pengetahuan, dan keterampilan yang diharapkan dapat dicapai setelah peserta didik menyelesaikan masa belajar. SKL merupakan acuan utama dalam pengembangan Kompetensi Inti (KI), selanjutnya Kompetensi Inti dijabarkan ke dalam Kompetensi Dasar (KD).
- 2) Kompetensi Inti merupakan tingkat kemampuan untuk mencapai SKL yang harus dimiliki seorang peserta didik pada setiap tingkat kelas atau program yang menjadi dasar pengembangan KD. KI mencakup: sikap spiritual, sikap sosial, pengetahuan, dan keterampilan yang berfungsi

sebagai pengintegrasian muatan pembelajaran, mata pelajaran atau program dalam mencapai SKL.

- 3) Kompetensi Dasar adalah kemampuan yang menjadi syarat untuk menguasai Kompetensi Inti yang harus diperoleh peserta didik melalui proses pembelajaran. Kompetensi Dasar merupakan tingkat kemampuan dalam konteks muatan pembelajaran serta perkembangan belajar yang mengacu pada Kompetensi Inti dan dikembangkan berdasarkan taksonomi hasil belajar.
- 4) Taksonomi dimaknai sebagai seperangkat prinsip klasifikasi atau struktur dan kategori ranah kemampuan tentang perilaku peserta didik yang terbagi ke dalam ranah sikap, pengetahuan dan keterampilan. Pembagian ranah perilaku belajar dilakukan untuk mengukur perubahan perilaku seseorang selama proses pembelajaran sampai pada pencapaian hasil belajar, dirumuskan dalam perilaku (*behaviour*) dan terdapat pada indikator pencapaian kompetensi.

b. Analisis SKL, KI dan KD

Hasil belajar dirumuskan dalam tiga kelompok ranah taksonomi meliputi ranah sikap, pengetahuan, dan keterampilan. Pembagian taksonomi hasil belajar ini dilakukan untuk mengukur perubahan perilaku peserta didik selama proses belajar sampai pada pencapaian hasil belajar yang dirumuskan dalam aspek perilaku (*behaviour*) tujuan pembelajaran. Umumnya klasifikasi perilaku hasil belajar yang digunakan berdasarkan **taksonomi Bloom** yang pada Kurikulum 2013 yang telah disempurnakan oleh **Anderson** dan **Krathwohl** dengan pengelompokan menjadi : (1) Sikap (*affective*) merupakan perilaku, emosi dan perasaan dalam bersikap dan merasa, (2) Pengetahuan (*cognitive*) merupakan kapabilitas intelektual dalam bentuk pengetahuan atau berpikir, (3) Keterampilan (*psychomotor*) merupakan keterampilan manual atau motorik dalam bentuk melakukan.

- Ranah sikap dalam Kurikulum 2013 merupakan urutan pertama dalam perumusan kompetensi lulusan, selanjutnya diikuti dengan rumusan ranah pengetahuan dan keterampilan. Ranah sikap dalam Kurikulum 2013 menggunakan olahan **Krathwohl**, dimana pembentukan sikap peserta didik ditata secara hirarkhis mulai dari menerima (*accepting*), menjalankan (*responding*), menghargai (*valuing*), menghayati (*organizing/internalizing*), dan mengamalkan (*characterizing/actualizing*).
- Ranah pengetahuan pada Kurikulum 2013 menggunakan taksonomi **Bloom** olahan **Anderson**, dimana perkembangan kemampuan mental (intelektual) peserta didik dimulai dari C1 yakni mengingat (*remember*); peserta didik mengingat kembali pengetahuan dari memorinya. Tahapan perkembangan selanjutnya C2 yakni memahami (*understand*); merupakan kemampuan mengonstruksi makna dari pesan pembelajaran baik secara lisan, tulisan maupun grafik. Lebih lanjut tahap C3 yakni menerapkan (*apply*); merupakan penggunaan prosedur dalam situasi yang diberikan atau situasi baru. Tahap lebih lanjut C4 yakni menganalisis (*analyse*); merupakan penguraian materi kedalam bagian-bagian dan bagaimana bagian-bagian tersebut saling berhubungan satu sama lainnya dalam keseluruhan struktur. Tingkatan taksonomi pengetahuan selanjutnya C5 yakni mengevaluasi (*evaluate*); merupakan kemampuan membuat keputusan berdasarkan kriteria dan standar. Kemampuan tertinggi adalah C6 yakni mengkreasi (*create*); merupakan kemampuan menempatkan elemen-elemen secara bersamaan ke dalam bentuk modifikasi atau mengorganisasikan elemen-elemen ke dalam pola baru (struktur baru).
- Ranah keterampilan pada Kurikulum 2013 yang mengarah pada pembentukan keterampilan abstrak menggunakan gradasi dari **Dyers** yang ditata sebagai berikut: mengamati (*observing*), menanya (*questioning*), mencoba (*experimenting*), menalar (*associating*), menyaji

(*communicating*), dan mencipta (*creating*). Adapun keterampilan kongkret menggunakan gradasi olahan **Simpson** dengan tingkatan: persepsi, kesiapan, meniru, membiasakan gerakan, mahir, menjadi gerakan alami, dan menjadi gerakan orisinal.

Tabel 1.1

Perkembangan Keterampilan Simpson dan Dave

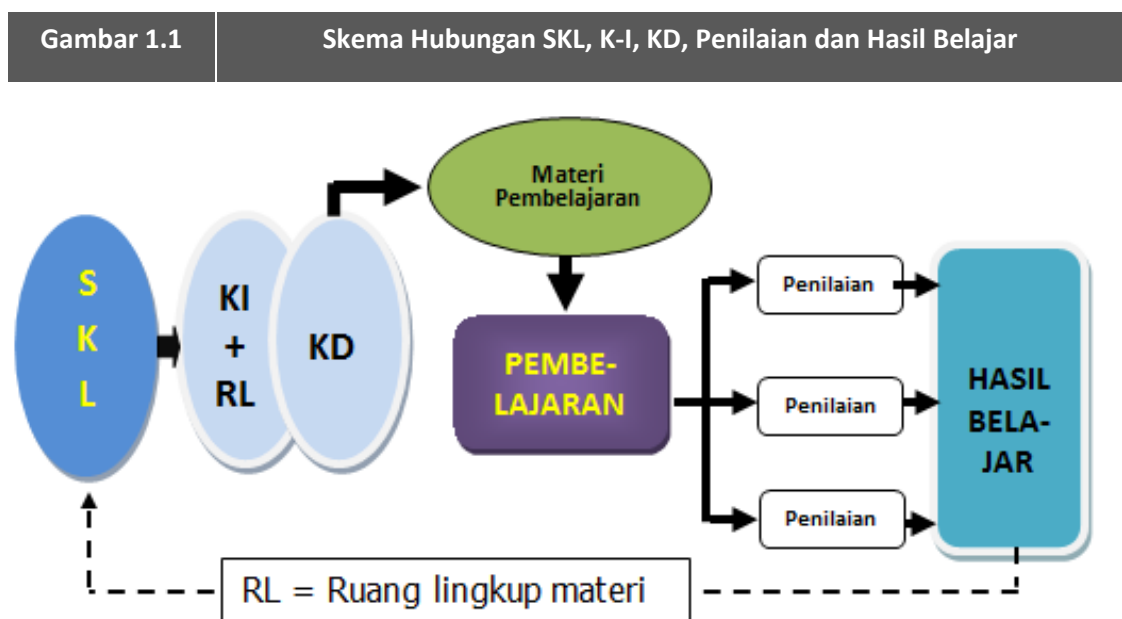
NO	Tingkat Taksonomi Simpson	Uraian	Tingkatan Taksonomi Dave	Uraian	Tingkat Kompetensi Minimal/Kelas
1.	- Persepsi - Kesiapan - Meniru	- Menunjukkan perhatian untuk melakukan suatu gerakan. - Menunjukkan kesiapan mental dan fisik untuk melakukan suatu gerakan. - Meniru gerakan secara terbimbing.	Imitasi	Meniru kegiatan yang telah didemonstrasikan atau dijelaskan, meliputi tahap coba-coba hingga mencapai respon yang tepat.	V/Kelas X
2.	Membiasakan gerakan (<i>mechanism</i>)	Melakukan gerakan mekanistik.	Manipulasi	Melakukan suatu pekerjaan dengan sedikit percaya dan kemampuan melalui perintah dan	V/Kelas XI

NO	Tingkat Taksonomi Simpson	Uraian	Tingkatan Taksonomi Dave	Uraian	Tingkat Kompetensi Minimal/Kelas
				berlatih.	
3.	Mahir (<i>complex or overt response</i>)	Melakukan gerakan kompleks dan termodifikasi.	Presisi	Melakukan suatu tugas atau aktivitas dengan keahlian dan kualitas yang tinggi dengan unjuk kerja yang cepat, halus, dan akurat serta efisien tanpa bantuan atau instruksi.	VI/Kelas XII
4.	Menjadi gerakan alami (<i>adaptation</i>)	Menjadi gerakan alami yang diciptakan sendiri atas dasar gerakan yang sudah dikuasai sebelumnya.	Artikulasi	Keterampilan berkembang dengan baik sehingga seseorang dapat mengubah pola gerakan sesuai dengan persyaratan khusus untuk dapat digunakan mengatasi situasi problem yang tidak sesuai SOP.	
5.	Menjadi tindakan orisinal (<i>origination</i>)	Menjadi gerakan baru yang orisinal dan sukar ditiru oleh orang lain dan menjadi ciri khasnya.	Naturalisasi	Melakukan unjuk kerja level tinggi secara alamiah, tanpa perlu berpikir lama dengan mengkreasi langkah kerja baru.	

Catatan: pada lampiran Permendikbud Nomor 104 Tahun 2014, taksonomi olahan **Dave** tidak dicantumkan tetapi dapat digunakan sebagai pengayaan, karena cukup familier digunakan di lingkungan pendidikan kejuruan.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan analisis SKL, KI, dan KD adalah:

- 1) SKL adalah profil kompetensi lulusan yang akan dicapai oleh peserta didik setelah mempelajari semua mata pelajaran pada jenjang tertentu yang mencakup ranah sikap, pengetahuan, dan keterampilan.
- 2) Kompetensi Inti merupakan tangga pertama pencapaian yang dituju semua mata pelajaran pada tingkat kelas tertentu. Penjabaran kompetensi inti untuk tiap mata pelajaran dirinci dalam rumusan Kompetensi Dasar. Kompetensi lulusan, kompetensi inti, dan kompetensi dasar dicapai melalui proses pembelajaran dan penilaian yang dapat diilustrasikan dengan skema berikut.



Rumusan standar kompetensi lulusan yang tercantum pada Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 54 Tahun 2013 untuk tingkat SMK/MAK adalah sebagai berikut.

Tabel 1.2	Standar Kompetensi Lulusan SMK/MAK
Dimensi	Kualifikasi Kemampuan

Sikap	Memiliki perilaku yang mencerminkan sikap orang beriman, berakhlak mulia, berilmu, percaya diri, dan bertanggung-jawab dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.
Pengetahuan	Memiliki pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif dalam ilmu pengetahuan, teknologi, seni, dan budaya dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab serta dampak fenomena dan kejadian.
Keterampilan	Memiliki kemampuan pikir dan tindak yang efektif dan kreatif dalam ranah abstrak dan konkret sebagai pengembangan dari yang dipelajari di sekolah secara mandiri.

Sumber : Permendikbud No. 64 Tahun 2013 tentang Standar Isi.

- 3) Penguasaan kompetensi lulusan dikelompokkan menjadi beberapa Tingkat Kompetensi. Tingkat Kompetensi merupakan kriteria capaian Kompetensi yang bersifat generik yang harus dipenuhi oleh peserta didik pada setiap tingkat kelas dalam rangka pencapaian Standar Kompetensi Lulusan. Tingkat Kompetensi terdiri atas 8 (delapan) jenjang yang harus dicapai oleh peserta didik secara bertahap dan berkesinambungan.

Tabel 1.3		Tingkat Kompetensi	
A. O	B. TINGKAT KOMPETENSI	C. TINGKAT KELAS	
1.	D. Tingkat 0	TK/ RA	
2.	E. Tingkat 1	Kelas I SD/MI/SDLB/PAKET A Kelas II SD/MI/SDLB/PAKET A	
3.	F. Tingkat 2	G. Kelas III SD/MI/SDLB/PAKET A Kelas IV SD/MI/SDLB/PAKET A	
4.	H. Tingkat 3	Kelas V SD/MI/SDLB/PAKET A Kelas VI SD/MI/SDLB/PAKET A	
5.	I. Tingkat 4	Kelas VII SMP/MTs/SMPLB/PAKET B Kelas VIII SMP/MTs/SMPLB/PAKET B	
6.	J. Tingkat 4A	Kelas IX SMP/MTs/SMPLB/PAKET B	

7.	K. Tingkat 5	Kelas X SMA/MA/SMALB/SMK/MAK/ PAKET C/PAKET C KEJURUAN Kelas XI SMA/MA/SMALB/SMK/MAK/ PAKET C/PAKET C KEJURUAN
8.	L. Tingkat 6	Kelas XII SMA/MA/SMALB/SMK/MAK/ PAKET C/PAKET C KEJURUAN

- 4) Kompetensi Inti SMK/MAK sesuai Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 60 Tahun 2014 tentang Kurikulum 2013 SMK/MAK sebagai berikut.

Tabel 1.4

Kompetensi Inti SMK/MAK

KOMPETENSI INTI KELAS X	KOMPETENSI INTI KELAS XI	KOMPETENSI INTI KELAS XII
1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.	1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.	1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.
2. Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli (gotong royong, kerja sama, toleran, damai), santun, responsif dan proaktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam	2. Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli (gotong royong, kerja sama, toleran, damai), santun, responsif dan proaktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.	2. Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli (gotong royong, kerja sama, toleran, damai), santun, responsif dan proaktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri

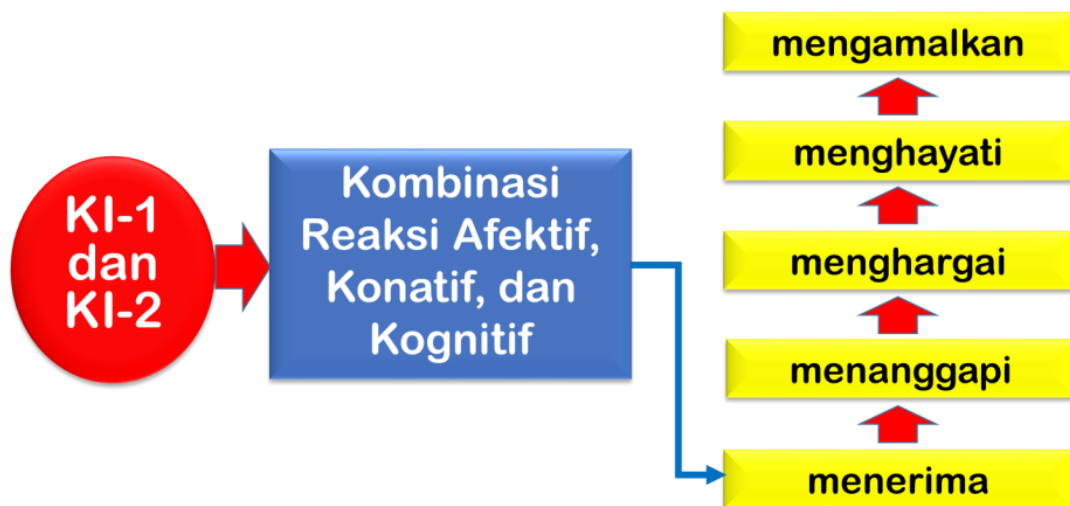
KOMPETENSI INTI KELAS X	KOMPETENSI INTI KELAS XI	KOMPETENSI INTI KELAS XII
pergaulan dunia.		sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.
3. Memahami, menerapkan dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, dan prosedural berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.	3. Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.	3. Memahami, menerapkan, menganalisis, dan mengevaluasi pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif dalam ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.
4. Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung.	4. Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung.	4. Mengolah, menalar, menyaji, dan mencipta dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung.

- 5) Kompetensi Inti pada ranah sikap (KI-1 dan KI-2) merupakan kombinasi reaksi afektif, kognitif, dan konatif (perilaku). Gradasi kompetensi sikap meliputi menerima, menjalankan, menghargai, menghayati, dan mengamalkan.

Gambar 1.2

Gradasi dan Taksonomi Ranah Sikap

GRADASI/TAKSONOMI SIKAP (*Attitude: Krathwohl*)



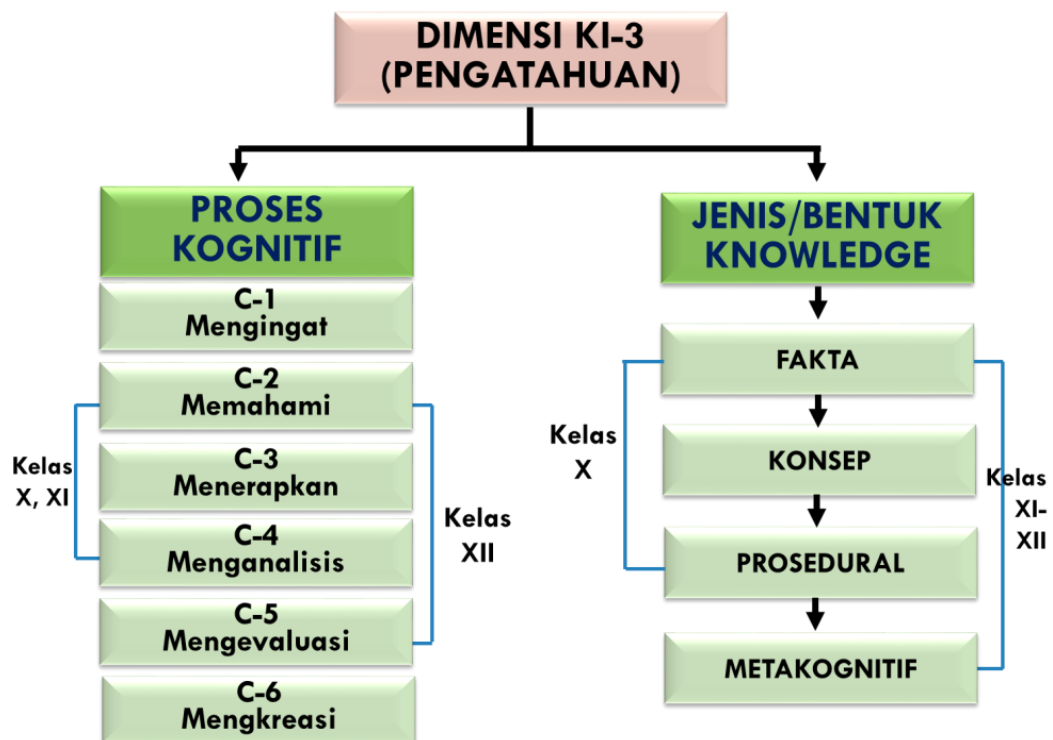
- 6) Kompetensi Inti pada ranah pengetahuan (KI-3) memiliki dua dimensi dengan batasan-batasan yang telah ditentukan pada setiap tingkatnya.
- Dimensi pertama adalah dimensi perkembangan kognitif peserta didik:

Pada kelas X dan kelas XI dimulai dari memahami (C2), menerapkan (C3) dan kemampuan menganalisis (C4), untuk kelas XII ditambah hingga kemampuan evaluasi (C5).
 - Dimensi kedua adalah dimensi pengetahuan (*knowledge*):

Pada kelas X berupa pengetahuan faktual, konseptual, dan prosedural, sedangkan untuk kelas XI dan XII dilanjutkan sampai metakognitif.

Gambar 1.3

Dimensi pada Kompetensi Inti Pengetahuan



- **Pengetahuan faktual** yakni pengetahuan terminologi atau pengetahuan detail yang spesifik dan elemen. Contoh fakta bisa berupa kejadian atau peristiwa yang dapat dilihat, didengar, dibaca, atau diraba. Seperti Engine mobil hidup, lampu menyala, rem yang pakem/blong. Contoh lain: Arsip dan dokumen.
- **Pengetahuan konseptual** merupakan pengetahuan yang lebih kompleks berbentuk klasifikasi, kategori, prinsip dan generalisasi. Contohnya fungsi kunci kontak pada Engine mobil, prinsip kerja

starter, prinsip kerja lampu, prinsip kerja rem. Contoh lain: Pengertian Arsip dan dokumen, Fungsi Arsip dan dokumen

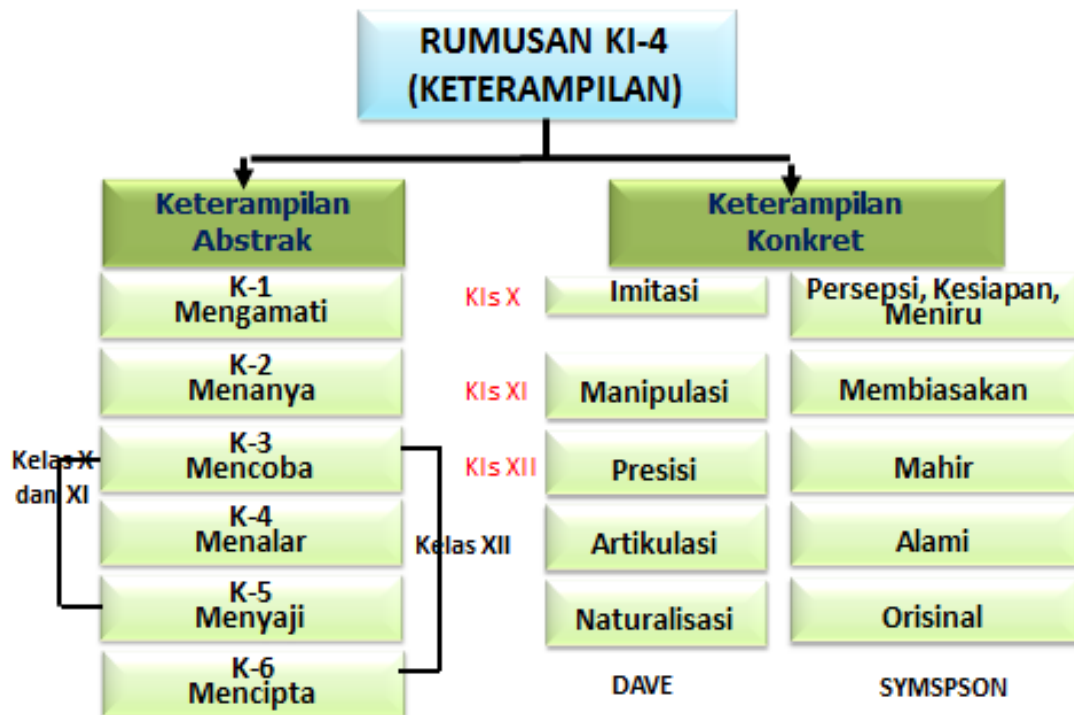
- **Pengetahuan prosedural** merupakan pengetahuan bagaimana melakukan sesuatu termasuk pengetahuan keterampilan, algoritma (urutan langkah-langkah logis pada penyelesaian masalah yang disusun secara sistematis), teknik, dan metoda seperti langkah-langkah membongkar engine, langkah-langkah mengganti lampu, langkah-langkah mengganti sepatu rem. Contoh lain: Langkah-langkah menyusun arsip sistem alfabet dan geografik.
- **Pengetahuan metakognitif** yaitu pengetahuan tentang kognisi (mengetahui dan memahami) yang merupakan tindakan atas dasar suatu pemahaman meliputi kesadaran dan pengendalian berpikir, serta penetapan keputusan tentang sesuatu. Sebagai contoh memperbaiki engine yang rusak, membuat instalasi kelistrikan lampu, mengapa terjadi rem blong. Contoh lain: Apa yang terjadi jika penyimpanan arsip tidak tepat?

- 7) Kompetensi Inti pada ranah keterampilan (KI-4) meliputi keterampilan abstrak dan keterampilan kongkret. Keterampilan abstrak lebih bersifat mental skill, yang cenderung merujuk pada keterampilan menyaji, mengolah, menalar, dan mencipta dengan dominan pada kemampuan mental/keterampilan berpikir. Sedangkan keterampilan kongkret lebih bersifat fisik motorik yang cenderung merujuk pada kemampuan menggunakan alat, dimulai dari persepsi, kesiapan, meniru, membiasakan gerakan mahir, menjadi gerakan alami, menjadi tindakan orisinal.

Gambar 1.4

Dimensi Kompetensi Keterampilan

8) Kompetensi Inti sikap religius dan sosial (KI-1 dan KI-2) memberi arah



tentang tingkat kompetensi sikap yang harus dimiliki oleh peserta didik, dibentuk melalui pembelajaran KI-3 dan KI-4.

9) Kompetensi Inti pengetahuan dan keterampilan (KI-3 dan KI-4) memberi arah tentang tingkat kompetensi pengetahuan dan keterampilan minimal yang harus dicapai peserta didik.

10) Kompetensi Dasar dari KI-3 merupakan dasar pengembangan materi pembelajaran pengetahuan, sedangkan Kompetensi Dasar dari KI-4 berisi keterampilan dan pengalaman belajar yang perlu dilakukan peserta didik. Berdasarkan KD dari KI-3 dan KI-4, pendidik dapat mengembangkan proses pembelajaran dan cara penilaian yang diperlukan untuk mencapai tujuan pembelajaran langsung, sekaligus memberikan dampak pengiring (nurturant effect) terhadap pencapaian tujuan pembelajaran tidak langsung yaitu KI-1 dan KI-2.

- 11) Melalui proses dan pengalaman belajar yang dirancang dengan baik, peserta didik akan memperoleh pembelajaran tidak langsung (indirect teaching) berupa pengembangan sikap spiritual dan sosial yang relevan dengan Kompetensi Dasar dari KI-1 dan KI-2.
- 12) Agar menjamin terjadinya keterkaitan antara SKL, KI, KD, materi pembelajaran, proses pembelajaran, serta penilaian perlu dilakukan langkah-langkah sebagai berikut.
- a) Melakukan linierisasi KD dari KI-3 dan KD dari KI-4;
 - b) Mengembangkan materi pembelajaran yang tertuang pada buku teks sesuai KD dari KI-3;
 - c) Mengidentifikasi keterampilan yang perlu dikembangkan sesuai rumusan KD dari KI-4;
 - d) Mengembangkan kegiatan pembelajaran sesuai dengan materi pembelajaran dan keterampilan yang harus dicapai;
 - e) Mengidentifikasi sikap-sikap yang dapat dikembangkan dalam kegiatan yang dilakukan mengacu pada rumusan KD dari KI-1 dan KI-2, dan
 - f) Menentukan cara penilaian pengetahuan, keterampilan, dan sikap yang relevan.
- 13) Contoh analisis SKL, KI, dan KD
- Fokus pertama bagi guru dalam menyiapkan pembelajaran adalah melakukan analisis pada ketiga standar kompetensi yaitu SKL, KI, KD. Dari hasil analisis itu akan diperoleh gambaran tentang taksonomi dan gradasi hasil belajar yang berhubungan dengan materi pembelajaran, kegiatan pembelajaran dan penilaian yang diperlukan. Tabel berikut adalah contoh analisis dimaksud.

Tabel 1.5

**Analisis Keterkaitan Ranah Antara SKL, KI, dan KD untuk Mapel
Pemeliharaan Kelistrikan Kendaraan Ringan**

M.

Standar Kompetensi Lulusan (SKL)		N. Kompetensi Inti Kelas XI	O. Kompetensi P. Dasar	Analisis dan Rekomendasi *)
Ranah	Kualifikasi Kemampuan			
Sikap	Memiliki perilaku yang mencerminkan sikap orang beriman, berakhlak mulia, berilmu, percaya diri, dan bertanggung jawab dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam	1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.	1.1. Lingkungan hidup dan sumber daya alam sebagai anugrah Tuhan yang maha Esa harus dijaga kelestarian dan kelangsungan hidupnya. 1.2. Pengembangan dan penggunaan teknologi dalam kegiatan belajar harus selaras dan tidak merusak dan mencemari lingkungan, alam dan manusia	KD 1.1 Dijaga memiliki gradasi yang sesuai dengan tuntutan pada KI-1 yaitu Mengamalkan ajaran agama yang dianutnya (termasuk A5 Nilai yang sudah menjadi karakter) KD 1.2 Tidak merusak memiliki gradasi yang sesuai dengan tuntutan pada KI-1 yaitu Mengamalkan ajaran agama yang dianutnya (termasuk A5 Nilai yang sudah menjadi karakter)
		2. Mengembangkan perilaku (jujur, disiplin,	2.1. Menunjukkan sikap cermat dan teliti dalam	KD 2.1 Menunjukkan memiliki gradasi yang lebih rendah

Standar Kompetensi		N. Kompetensi Inti Kelas XI	O. Kompetensi P. Dasar	Analisis dan Rekomendasi *)
Ranah	Kualifikasi Kemampuan			
	menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.	tanggung jawab, peduli, santun, ramah lingkungan, gotong royong, kerjasama, cinta damai, responsive dan proaktif) dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan bangsa dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan social dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cermin bangsa dalam pergaulan	menginterpretasikan dan mengidentifikasi pemeliharaan sistem kelistrikan, sistem pengapian, sistem starter, sistem pengisian 2.2. Menunjukkan sikap cermat dan teliti dalam memahami dan membaca simbol-simbol system kelistrikan, system pengapian, system starter, sistem pengisian. 2.3. Menunjukkan sikap disiplin dan tanggung jawab dalam mengikuti langkah-langkah kerja sesuai dengan SOP	dengan tuntutan KI-2 yaitu termasuk A2 (merespon) sedangkan Mengembangkan termasuk A5 karena Nilai yang sudah menjadi karakter). KD 2.2 Menunjukan memiliki gradasi yang lebih rendah dengan tuntutan KI-2 yaitu termasuk A2 (merespon) sedangkan Mengembangkan termasuk A5 karena Nilai yang sudah menjadi karakter)

Standar Kompetensi		N. Kompetensi Inti Kelas XI	O. Kompetensi P. Dasar	Analisis dan Rekomendasi *)
Ranah	Kualifikasi Kemampuan			
		dunia	2.4. Menunjukkan sikap peduli terhadap lingkungan melalui kegiatan yang berhubungan dengan pemeriksaan, perawatan dan perbaikan sistem kelistrikan, sistem pengapian, sistem starter, sistem pengisian kendaraan ringan	KD 2.3 Menunjukkan memiliki gradasi yang lebih rendah dengan tuntutan KI-2 yaitu termasuk A2 (merespon) sedangkan Mengembangkan termasuk A5 karena Nilai yang sudah menjadi karakter) KD 2.4 Menunjukkan memiliki gradasi yang lebih rendah dengan tuntutan KI-2 yaitu termasuk A2 (merespon) sedangkan Mengembangkan termasuk A5 karena Nilai yang sudah menjadi karakter)

Standar Kompetensi Lulusan (SKL)		N. Kompetensi Inti Kelas XI	O. Kompetensi P. Dasar	Analisis dan Rekomendasi *)
Ranah	Kualifikasi Kemampuan			
Pengetahuan	Memiliki pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif dalam ilmu pengetahuan, teknologi, seni, dan budaya dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab serta dampak fenomena	3. Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingintahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban	3.3. Memahami sistem starter	KD 3.3 Memahami memiliki gradasi yang lebih rendah (C2) dibandingkan dengan tuntutan KI-3 yaitu Menerapkan yang termasuk ke dalam C3 (mengaplikasikan) dan menganalisis C4 Rekomendasi: Bisa ditambah KD baru sebagai berikut: - Mensimulasikan sistem starter - Mendiagnosis kerusakan pada sistem starter

Standar Kompetensi Lulusan (SKL)		N. Kompetensi Inti Kelas XI	O. Kompetensi P. Dasar	Analisis dan Rekomendasi *)
Ranah	Kualifikasi Kemampuan			
	dan kejadian.	terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.		
Menganalisis Keterampilan	Memiliki kemampuan pikir dan tindak yang efektif dan kreatif dalam ranah abstrak dan konkret sebagai pengembangan dari yang dipelajari di sekolah secara mandiri.	4. Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, dan mampu melaksanakan	4.3 Memelihara sistem starter sesuai operasional prosedur (SOP)	KD 4.3 Memelihara Tidak terdapat dalam gradasi dimensi psikomotorik kata kerja operasional dan dikembangkan setara dengan kata kerja operasional Mengemas yang termasuk ranah P3

Standar Kompetensi		N. Kompetensi Inti Kelas XI	O. Kompetensi P. Dasar	Analisis dan Rekomendasi *)
Lulusan (SKL)	Kualifikasi Kemampuan			
		tugas spesifik di bawah pengawasan langsung.		

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

*) Hasil analisis digunakan untuk mengerjakan pemaduan model pembelajaran dan pendekatan saintifik.

*) Analisis dilakukan pada tingkat mata pelajaran.

Keterangan:

1. SKL dikutip dari Permendikbud Nomor 54 Tahun 2013 tentang Standar Kompetensi Lulusan.
2. Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar dikutip dari Permendikbud Nomor 60 Tahun 2014 tentang Kurikulum SMK/MAK dan lampirannya.

Tugas:

LK1: Buatlah analisis keterkaitan SKL, KI, dan KD untuk mata pelajaran yang Saudara ampu.

c. Penetapan Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK)

IPK adalah perilaku yang dapat diukur dan atau diobservasi untuk kompetensi dasar (KD) pada kompetensi inti (KI)-3 dan (KI)-4, serta perilaku yang dapat diobservasi untuk disimpulkan sebagai pemenuhan KD pada KI-1 dan KI-2, dimana kedua-duanya menjadi acuan penilaian mata pelajaran. Indikator perilaku sikap spiritual (KD dari KI-1) dan sikap sosial (KD dari KI-2) tidak perlu dirumuskan sebagai indikator pada RPP, meskipun demikian

perilaku sikap spiritual dan sikap sosial tersebut harus dikaitkan pada perumusan tujuan pembelajaran.

Rumusan Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK) menggunakan dimensi proses kognitif (dari memahami sampai dengan mengevaluasi) dan dimensi pengetahuan (fakta, konsep, prosedur, dan metakognitif) yang sesuai dengan KD, namun tidak menutup kemungkinan perumusan indikator dimulai dari serendah-rendahnya C2 **sampai setara dengan KD hasil analisis dan rekomendasi.**

IPK dirumuskan melalui langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) tentukan kedudukan KD dari KI-3 dan KD dari KI-4 berdasarkan gradasinya dan tuntutan KI;
- 2) tentukan dimensi pengetahuan (faktual, konseptual, prosedural, metakognitif);
- 3) tentukan bentuk keterampilan, apakah keterampilan abstrak atau keterampilan konkret;
- 4) untuk keterampilan kongkret pada kelas X menggunakan kata kerja operasional sampai tingkat membiasakan/manipulasi. Sedangkan untuk kelas XI sampai minimal pada tingkat mahir/presisi. Selanjutnya untuk kelas XII sampai minimal pada tingkat 'menjadi gerakan alami'/artikulasi pada taksonomi psikomotor Simpson atau Dave, dan
- 5) setiap KD dari KI-3 dan KD dari KI-4, minimal dijabarkan menjadi 2 IPK. Banyaknya IPK untuk setiap KD di tentukan oleh karakteristik atau jenis materi pembelajaran yang perlu dipelajari guna mencapai tuntutan setiap KD

Berikut ini adalah contoh penjabaran KI dan KD ke dalam Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK) dan Materi Pembelajaran.

Tabel 1.6

Penjabaran KI dan KD ke dalam Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK)
dan Materi Pembelajaran
Mata Pelajaran : Pemeliharaan Kelistrikan Kendaraan Ringan

KI Kelas X	Kompetensi Dasar	IPK	Materi Pembelajaran
1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.	1.1. Lingkungan hidup dan sumber daya alam sebagai anugrah Tuhan yang maha Esa harus dijaga kelestarian dan kelangsungan hidupnya. 1.2. Pengembangan dan penggunaan teknologi dalam kegiatan belajar harus selaras dan tidak merusak dan mencemari lingkungan, alam dan manusia		
2. Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli	2.1. Menunjukkan sikap cermat dan teliti dalam menginterpretasikan dan		

KI Kelas X	Kompetensi Dasar	IPK	Materi Pembelajaran
(gotong-royong, kerja sama, toleran, damai), santun, responsif dan proaktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.	mengidentifikasi pemeliharaan sistem kelistrikan, sistem pengapian, sistem starter, sistem pengisian 2.2. Menunjukkan sikap cermat dan teliti dalam memahami dan membaca simbol-simbol system kelistrikan, system pengapian, system starter, sistem pengisian. 2.3. Menunjukkan sikap disiplin dan tanggung jawab dalam mengikuti langkah-langkah kerja sesuai dengan SOP 2.4. Menunjukkan sikap peduli terhadap lingkungan		

KI Kelas X	Kompetensi Dasar	IPK	Materi Pembelajaran
	melalui kegiatan yang berhubungan dengan pemeriksaan, perawatan dan perbaikan sistem kelistrikan, sistem pengapian, sistem starter, sistem pengisian kendaraan ringan		
3. Memahami, menerapkan, menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural berdasarkan rasa ingintahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan,	Q. 3.3 Memahami sistem starter	1. Menjelaskan fungsi sistem starter dalam kendaraan 2. Mengidentifikasi macam-macam Motor starter 3. Membedakan macam-macam Motor starter 4. Menunjukkan komponen motor starter 5. Menerangkan fungsi dari komponen motor starter	1. Fungsi Sistem starter 2. Fungsi Motor Starter 3. Macam-macam motor starter 4. Komponen sistem starter 5. Komponen

KI Kelas X	Kompetensi Dasar	IPK	Materi Pembelajaran
kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah.		6. Menerangkan cara kerja motor starter 7. Menjelaskan cara merangkai rangkaian sistem starter 8. Mengklasifikasi kerusakan yang terjadi pada motor starter 9. Menganalisis kerusakan yang terjadi pada motor starter	motor starter 6. Cara kerja motor starter 7. Rangkaian sistem starter 8. Kerusakan motor starter 9. Prosedur pembongkaran dan pemasangan motor starter 10. Pemeriksaan komponen motor starter
4. Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak	4.3 Memelihara sistem starter sesuai operasional prosedur (SOP) R.	1. Mendemonstrasikan pemasangan rangkaian sistem starter 2. Mendemonstrasikan	1. Prosedur pelepasan dan pemasangan

KI Kelas X	Kompetensi Dasar	IPK	Materi Pembelajaran
terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu menggunakan metoda sesuai kaidah keilmuan.		kan pembongkaran dan perakitan komponen motor starter 3. Mengidentifikasi kerusakan motor starter 4. Memperbaiki komponen motor starter 5. Menguji motor starter	n motor starter pada engine 2. Prosedur pembongkaran dan perakitan komponen motor starter 3. Pemeriksaan komponen motor starter 4. Perbaikan komponen motor starter 5. Pengujian Motor starter

Kurikulum 2013 mengharuskan dilakukannya analisis dan integrasi Muatan Lokal dan Ekstrakurikuler Kepramukaan pada setiap mata pelajaran. Integrasi Muatan Lokal pada mata pelajaran dimaknai sebagai materi yang kontekstual sesuai lingkungan sekitar dan atau topik kekinian.

Integrasi ekstrakurikuler Kepramukaan dimaknai dengan pemanfaatan kegiatan Kepramukaan sebagai wahana aktualisasi materi pembelajaran, diawali dengan menganalisis Kompetensi Dasar dari KD yang akan dipelajari apakah ada kegiatan yang dapat dipraktikkan pada kegiatan ekstrakurikuler Kepramukaan. Atas dasar analisis tersebut jika KD yang dipelajari dimungkinkan dapat diintegrasikan pada kegiatan Kepramukaan, maka dapat ditentukan bentuk kegiatannya. Hasil analisis dikomunikasikan dengan pembina Pramuka pada rapat dewan guru untuk dijadikan materi program aktualisasi pembinaan ekstrakurikuler Pramuka yang dilakukan 2 jam/minggu.

Setiap pengampu mata pelajaran melakukan analisis pengintegrasian mata pelajaran pada kegiatan aktualisasi kepramukaan. Lebih lanjut dikoordinasikan pada tingkat satuan pendidikan sebagai bahan untuk penentuan kegiatan aktualisasi ekstrakurikuler Kepramukaan.

Tugas:

LK2: Buat analisis keterkaitan antara KI, KD dengan materi dan Indikator Pencapaian Kompetensi seperti contoh di atas dari pasangan KD-3 dan KD-4.

LK3: Buat analisis integrasi materi KD Mata Pelajaran yang Saudara ampu dengan Muatan Lokal/nilai-nilai kontekstual dan Ekstrakurikuler Kepramukaan.

d. Memilih dan mengorganisasikan materi dan bahan ajar

Materi pembelajaran adalah bagian dari isi rumusan KD, merupakan muatan dari pengalaman belajar yang diinteraksikan diantara peserta didik

dengan lingkungannya untuk mencapai kemampuan dasar berupa perubahan perilaku sebagai hasil belajar dari mata pelajaran.

Materi pembelajaran dikembangkan sesuai dengan tuntutan KD dari KI-3 dan KD dari KI-4. Pengembangan materi pembelajaran bersumber pada materi pokok dalam silabus dan materi buku teks, serta rumusan Kompetensi Dasar yang termuat dalam KI-3 (pengetahuan) dan KI-4 (keterampilan) sesuai dengan karakteristik peserta didik.

Materi pembelajaran dikembangkan dari materi pokok dalam silabus yang memuat fakta, konsep, prinsip, dan prosedur yang relevan, dan ditulis dalam bentuk butir-butir sesuai dengan rumusan indikator pencapaian kompetensi. Materi pembelajaran dikembangkan berdasarkan KD dari KI-3 dan/atau KD dari KI-4. Materi pembelajaran harus mencakup materi untuk pengayaan sebagai pengembangan dari materi dasar (*esensial*), berupa pengetahuan yang diambil dari sumber lain yang relevan dan dengan sudut pandang yang berbeda. Materi dasar yang esensial merujuk pada lingkup materi yang tertuang pada KD.

Materi pembelajaran harus mengintegrasikan muatan lokal yang dimaknai secara kontekstual sesuai dengan lingkungan sekitar atau topik kekinian. Juga mengembangkan materi aktualisasi pada kegiatan kepramukaan yang dimaksudkan untuk memanfaatkan kegiatan kepramukaan sebagai wahana mengaktualisasikan materi pembelajaran.

e. Memilih model dan strategi pembelajaran

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.

Tujuan penggunaan model pembelajaran sebagai strategi bagaimana belajar adalah 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). Penjelasan lebih lengkap tentang model strategi pembelajaran dapat dipelajari pada Kompetensi Inti Guru Grade 2.

f. Menetapkan instrumen penilaian

Penilaian hasil belajar oleh pendidik memiliki tujuan untuk mengetahui tingkat penguasaan kompetensi, menetapkan ketuntasan penguasaan kompetensi, menetapkan program perbaikan atau pengayaan berdasarkan tingkat penguasaan kompetensi, dan memperbaiki proses pembelajaran.

Penilaian hasil belajar oleh pendidik dilaksanakan dalam bentuk penilaian otentik. Penilaian otentik merupakan pendekatan utama dalam penilaian hasil belajar oleh pendidik. Penilaian otentik adalah bentuk penilaian yang

menghendaki peserta didik menampilkan sikap, menggunakan pengetahuan dan keterampilan yang diperoleh dari pembelajaran dalam melakukan tugas pada situasi yang sesungguhnya.

Penilaian hasil belajar oleh pendidik menggunakan acuan kriteria. Acuan kriteria merupakan penilaian kemajuan peserta didik dibandingkan dengan kriteria capaian kompetensi yang ditetapkan. Bagi yang belum berhasil mencapai kriteria, diberi kesempatan mengikuti pembelajaran remedial yang dilakukan setelah suatu kegiatan penilaian baik secara individual, kelompok, maupun kelas. Bagi peserta didik yang berhasil dapat diberikan program pengayaan sesuai dengan waktu yang tersedia baik secara individual maupun kelompok. Program pengayaan merupakan pendalaman atau perluasan dari kompetensi yang dipelajari. Acuan Kriteria menggunakan modulus untuk sikap, rerata untuk pengetahuan, dan capaian optimum untuk keterampilan.

Penilaian hasil belajar oleh pendidik untuk ranah sikap, ranah pengetahuan, dan ranah keterampilan menggunakan skala penilaian. Skala penilaian untuk ranah sikap menggunakan rentang predikat Sangat Baik (SB), Baik (B), Cukup (C), dan Kurang (K). Sedangkan skala penilaian untuk ranah pengetahuan dan ranah keterampilan menggunakan rentang angka dan huruf 4,00 (A) - 1,00 (D) dengan rincian sebagai berikut:

Tabel 1.7	Nilai Ketuntasan Sikap
------------------	-------------------------------

Nilai Ketuntasan Sikap (Predikat)
Sangat Baik (SB)
Baik (B)
Cukup (C)
Kurang (K)

Tabel 1.8	Nilai Ketuntasan Pengetahuan dan Keterampilan
------------------	--

Nilai Ketuntasan	
Rentang Angka	Huruf
3,85 – 4,00	A
3,51 – 3,84	A-
3,18 – 3,50	B+
2,85 – 3,17	B
2,51 – 2,84	B-
2,18 – 2,50	C+
1,85 – 2,17	C
1,51 – 1,84	C-
1,18 – 1,50	D+
1,00 – 1,17	D

Keterangan:

Penjelasan lebih rinci tentang penilaian dapat merujuk pada **Standar Kompetensi Inti Guru Grade 8**.

g. Penyusunan Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP)

Berdasarkan Permendikbud Nomor 65 Tahun 2013 tentang Standar Proses, RPP adalah rencana kegiatan pembelajaran tatap muka untuk satu pertemuan atau lebih. RPP dikembangkan dari silabus untuk mengarahkan kegiatan pembelajaran peserta didik dalam upaya mencapai Kompetensi Dasar (KD). Setiap guru di setiap satuan pendidikan wajib menyusun RPP untuk kelas di mana guru tersebut mengajar. Penyusunan RPP dilakukan sebelum awal semester atau awal tahun pelajaran dimulai dan perlu diperbarui sesuai perkembangan dan kebutuhan peserta didik.

Selanjutnya pengertian RPP di atas dirinci dan dipertegas dalam lampiran Permendikbud Nomor 103 Tahun 2014 tentang Pembelajaran Pada Pendidikan Dasar dan Pendidikan Menengah. Dalam Permendikbud tersebut dijelaskan bahwa RPP merupakan rencana pembelajaran yang dikembangkan secara rinci mengacu pada silabus, buku teks pelajaran, dan buku panduan guru.

Pengembangan RPP dapat dilakukan oleh masing-masing guru atau kelompok guru mata pelajaran tertentu yang difasilitasi dan disupervisi oleh

kepala sekolah atau guru senior yang ditunjuk oleh kepala sekolah, atau melalui MGMP antar sekolah atau antar wilayah yang dikoordinasikan dan disupervisi oleh pengawas atau dinas pendidikan. Dalam mengembangkan RPP, guru harus memperhatikan silabus, buku teks peserta didik, dan buku guru.

1) Komponen dan Sistematika RPP

Mengacu pada lampiran Permendikbud Nomor 103 Tahun 2014 tentang Pembelajaran Pada Pendidikan Dasar dan Pendidikan Menengah, RPP merupakan rencana pembelajaran yang dikembangkan secara rinci dari suatu materi pembelajaran atau tema tertentu sesuai dengan silabus. Komponen RPP mencakup : (1) identitas sekolah/madrasah, mata pelajaran, dan kelas/ semester; (2) alokasi waktu; (3) KI, KD indikator pencapaian kompetensi; (4) materi pembelajaran; (5) kegiatan pembelajaran; (6) penilaian; dan (7) media/alat, bahan dan sumber belajar.

Contoh pengembangan komponen RPP untuk SMK secara operasional diwujudkan dalam bentuk format sebagai berikut.

RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN	
Sekolah	:
Mata Pelajaran	:
Kelas/Semester	:
Materi Pokok	:
Alokasi Waktu	:
A. Kompetensi Inti	
1.	_____
2.	_____
3.	_____
4.	_____

B. Kompetensi Dasar dan Indikator Pencapaian Kompetensi *)

1. _____ (KD pada KI-1)

2. _____ (KD pada KI-2)

3. _____ (KD pada KI-3)

Indikator: _____

4. _____ (KD pada KI-4)

Indikator: _____

C. Tujuan Pembelajaran

D. Materi Pembelajaran

(rincian dari Materi Pokok)

E. Model, Pendekatan, dan Metode

F. Alat, Bahan, Media, dan Sumber Belajar

G. Kegiatan Pembelajaran/Rancangan Pertemuan

1. Pertemuan Kesatu:

- a. Pendahuluan/Kegiatan Awal (...menit)
- b. Kegiatan Inti → Menerapkan 5M (...menit) **)
- c. Penutup (...menit)

2. Pertemuan Kedua:

- a. Pendahuluan/Kegiatan Awal (...menit)
- b. Kegiatan Inti (...menit)
- c. Penutup (...menit),

dan pertemuan seterusnya.

H. Penilaian

1. Jenis/teknik penilaian
2. Bentuk penilaian dan instrumen
3. Pedoman penskoran

Mengetahui _____, _____

Kepala	Guru Mata Pelajaran,
NIP	NIP

- *) Pada setiap KD dikembangkan indikator atau penanda. Indikator untuk KD yang diturunkan dari KI-1 dan KI-2 dirumuskan dalam bentuk perilaku umum yang bermuatan nilai dan sikap yang gejalanya dapat diamati sebagai dampak pengiring dari KD pada KI-3 dan KI-4. Indikator untuk KD yang diturunkan dari KI-3 dan KI-4 dirumuskan dalam bentuk perilaku spesifik yang dapat diamati dan terukur.
- **) Pada kegiatan inti, kelima pengalaman belajar tidak harus muncul seluruhnya dalam satu pertemuan tetapi dapat dilanjutkan pada pertemuan berikutnya, tergantung cakupan muatan pembelajaran. Setiap langkah pembelajaran dapat digunakan berbagai metode dan teknik pembelajaran.

2) Langkah Penyusunan RPP

Penyusunan RPP dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

a) Analisis KI-KD untuk Indikator Pencapaian Kompetensi

Analisis KI-KD bertujuan untuk menentukan kedudukan dimensi pengetahuan (faktual, konseptual, prosedural dan metakognitif) dan dimensi proses kognitif (mengingat, memahami, menerapkan, menganalisis, mengevaluasi dan mencipta) pada KD-3. Adapun analisis keterampilan (KD-4) adalah untuk menentukan dimensi keterampilan abstrak (mengamati, menanya, mencoba, menalar, mengkomunikasikan) dan keterampilan konkrit (meniru, melakukan, menguraikan, merangkai, memodifikasi dan mencipta). Analisis KI-KD ini, diperlukan untuk memudahkan perumusan

Indikator.

b) Merumuskan Indikator Pencapaian Kompetensi

- Indikator merupakan penanda perilaku yang dapat diukur dan atau diobservasi untuk pengetahuan (KD dari KI-3) dan perilaku keterampilan (KD dari KI-4); perilaku yang dapat diobservasi untuk disimpulkan sebagai pemenuhan sikap (KD dari KI-1 dan KI-2) yang semuanya menjadi acuan penilaian mata pelajaran.
- Indikator perilaku sikap spiritual (KD dari KI-1) dan sikap sosial (KD dari KI-2) tidak perlu dirumuskan sebagai indikator pada RPP, tapi perilaku sikap spiritual dan sikap sosial harus dikaitkan pada perumusan Tujuan Pembelajaran.
- Rumusan Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK) menggunakan dimensi proses kognitif dan dimensi pengetahuan untuk kompetensi pengetahuan, dan dimensi keterampilan abstrak atau konkret untuk kompetensi keterampilan. Gradasi perumusan indikator sesuai dengan kedudukan KD, namun tidak menutup kemungkinan perumusan indikator dimulai dari kedudukan KD yang setingkat lebih rendah sampai memenuhi tuntutan Kompetensi Inti

c) Merumuskan Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaran dirumuskan berdasarkan kompetensi dasar (KD-3 dan KD-4) dengan mengaitkan KD dari KI-1 dan KI-2. Perumusan tujuan pembelajaran menggunakan kata kerja operasional yang dapat diamati dan atau diukur, mencakup ranah sikap, ranah pengetahuan, dan ranah keterampilan, yang diturunkan dari indikator atau merupakan jabaran lebih rinci dari indikator.

Perumusan tujuan pembelajaran mengandung rumusan Audience,

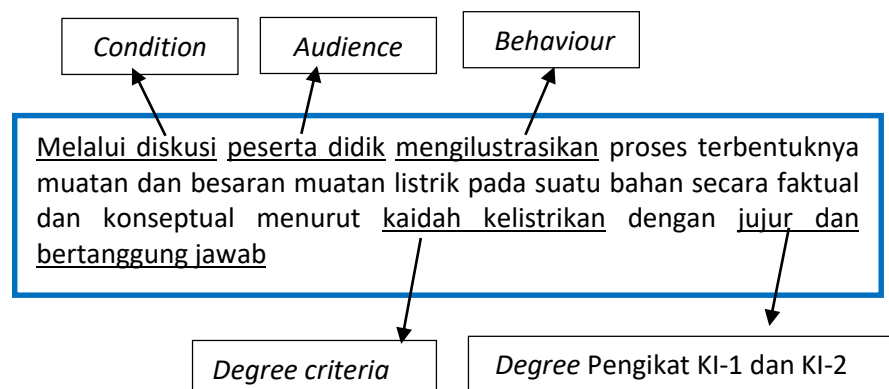
Behavior, Condition dan Degree (ABCD) yaitu:

- **Audience** adalah peserta didik;
- **Behaviour** merupakan perubahan perilaku peserta didik yang diharapkan dicapai setelah mengikuti pembelajaran;
- **Condition** adalah prasyarat dan kondisi yang harus disediakan agar tujuan pembelajaran tercapai;
- **Degree** adalah ukuran tingkat atau level kemampuan yang harus dicapai peserta didik.

Contoh:

Indikator	Tujuan
3.1.1. Mengilustrasikan proses terbentuknya muatan dan besaran muatan listrik pada suatu bahan penghantar	1. Melalui diskusi peserta didik mengilustrasikan proses terbentuknya muatan dan besaran muatan listrik pada suatu bahan secara faktual dan konseptual menurut kaidah kelistrikan dengan jujur dan bertanggung jawab 2. Melalui eksperimen peserta didik menentukan formulasi besaran arus listrik pada suatu bahan penghantar secara konseptual dengan jujur dan bertanggung jawab.

Rumusan tujuan pembelajaran tersebut akan menggambarkan:



d) Mengembangkan Materi Pembelajaran

Dalam mengembangkan materi pembelajaran perlu memperhatikan hal-hal berikut ini :

- Materi pembelajaran atau lingkup materi adalah bagian dari isi rumusan Kompetensi Dasar (KD), merupakan muatan dari pengalaman belajar yang diinteraksikan di antara peserta didik dengan lingkungannya untuk mencapai Kemampuan Dasar berupa perubahan perilaku sebagai hasil belajar dari mata pelajaran.
- Materi pembelajaran dikembangkan berdasarkan kesesuaian dengan tuntutan KD dari KI-3 dan KD dari KI-4. Pengembangan materi pembelajaran bersumber pada materi pokok dalam silabus dan materi buku teks, serta rumusan Kompetensi Dasar yang termuat dalam KI-3 (pengetahuan) dan KI-4 (keterampilan) sesuai dengan karakteristik peserta didik.
- Materi Pembelajaran dikembangkan dari materi pokok dalam silabus yang memuat fakta, konsep, prinsip, dan prosedur yang relevan, dan ditulis dalam bentuk butir-butir sesuai dengan rumusan indikator pencapaian kompetensi;
- Materi pembelajaran dikembangkan berdasarkan KD dari KI-3 dan/atau KD dari KI-4. Materi pembelajaran harus mencakup materi untuk pengayaan sebagai pengembangan dari materi dasar (esensial), berupa pengetahuan yang diambil dari sumber lain yang relevan dan dengan sudut pandang yang berbeda. Materi dasar yang esensial merujuk pada lingkup materi yang tertuang pada KD.

e) Menetapkan Model, Pendekatan, dan Metoda

Model pembelajaran adalah suatu kegiatan pembelajaran yang dirancang atau dikembangkan dengan menggunakan pola pembelajaran (sintaks) tertentu, yang menggambarkan kegiatan guru dan peserta didik dalam mewujudkan kondisi belajar atau sistem lingkungan yang menyebabkan terjadinya proses belajar.

Pendekatan pembelajaran merupakan proses penyajian materi pembelajaran kepada siswa untuk mencapai kompetensi tertentu dengan suatu metode atau beberapa metode pilihan. Pendekatan digunakan oleh pendidik untuk mewujudkan suasana belajar dan proses pembelajaran agar peserta didik mencapai KD yang disesuaikan dengan karakteristik peserta didik. Pendekatan pembelajaran yang digunakan dalam pelaksanaan kurikulum 2013 adalah Pendekatan Saintifik yang meliputi mengamati, menanya, mencoba, mengasosiasi, dan mengkomunikasikan. Metode pembelajaran adalah cara untuk mencapai tujuan pembelajaran.

f) Mengembangkan Kegiatan Pembelajaran

Kegiatan pembelajaran mencakup kegiatan pendahuluan, kegiatan inti, dan kegiatan penutup, dikembangkan mengacu pada buku guru. Jika masih ada kegiatan yang dinilai penting untuk dilaksanakan tetapi tidak tercantum pada buku pedoman guru, kegiatan tersebut dapat ditambahkan.

(1) Kegiatan Pendahuluan

Pada kegiatan pendahuluan, guru:

- mengkondisikan suasana belajar yang menyenangkan;
- menghubungkan kompetensi yang sudah dipelajari dan dikembangkan sebelumnya berkaitan dengan kompetensi yang akan dipelajari dan dikembangkan;

- menyampaikan kompetensi yang akan dicapai dan manfaatnya dalam kehidupan sehari-hari;
- menyampaikan garis besar cakupan materi dan kegiatan atau strategi yang akan dilakukan, dan
- menyampaikan lingkup dan teknik penilaian yang akan digunakan.
- pendahuluan yang dilakukan oleh guru dan peserta didik harus terwujud dalam bentuk kegiatan.

(2) Kegiatan Inti

Merupakan kegiatan yang dirancang untuk memberikan pengalaman belajar yang melibatkan proses mental dan fisik melalui interaksi antar peserta didik, antara peserta didik dan guru, lingkungan, dan sumber belajar.

Kegiatan Inti merupakan pemaduan model belajar dan pendekatan saintifik melalui kegiatan mengamati, menanya, mengeksplorasi, mengumpulkan informasi/ mencoba, mengasosiasi, dan mengomunikasikan (5M) disesuaikan dengan karakteristik pernyataan KD dari mata pelajaran masing-masing. Kegiatan 5M tersebut tidak harus terjadi sekaligus pada satu kali pertemuan, tetapi disesuaikan dengan karakteristik materi yang sedang dibahas. Pemaduan antara sintaks model dan aktivitas saintifik telah dilakukan dalam bentuk **matrik perancah**, hasil pemaduan tersebut tinggal dipindahkan ke dalam format RPP pada komponen kegiatan inti yang berisikan aktivitas guru dan peserta didik (Matriks perancah diuraikan lebih rinci pada materi Kompetensi Inti Guru *Grade 2*).

Dalam setiap kegiatan pembelajaran, guru harus memperhatikan perkembangan sikap peserta didik pada

kompetensi dasar dari KI-1 dan KI-2, antara lain mensyukuri karunia Tuhan, jujur, teliti, kerja sama, toleransi, disiplin, taat aturan, dan menghargai pendapat orang lain.

(3) Kegiatan Penutup

Berisi kegiatan antara lain membuat rangkuman/simpulan pelajaran, refleksi terhadap kegiatan yang sudah dilaksanakan, serta merencanakan kegiatan tindak lanjut dalam bentuk tugas kelompok dan menyampaikan rencana pembelajaran pada pertemuan berikutnya.

g) Menentukan Alokasi Waktu

Pada silabus dan atau dalam buku pedoman guru sesungguhnya alokasi waktu untuk setiap KD atau materi pembelajaran sudah ditentukan, tapi jika berdasarkan pengalaman lapangan ternyata pembagian waktu tersebut dinilai belum tepat, maka guru dapat menata kembali. Penataan KD dan alokasi waktu dilakukan pada langkah awal melakukan analisis KD. Penentuan alokasi waktu mempertimbangkan hal-hal berikut:

- Penentuan alokasi waktu pada setiap KD/materi didasarkan atas jumlah minggu efektif dan alokasi waktu mata pelajaran per minggu serta mempertimbangkan jumlah KD, keluasan, kedalaman, tingkat kesulitan, dan tingkat kepentingan KD.
- Menyediakan waktu yang cukup leluasa bagi peserta didik untuk berproses menyelesaikan tugas-tugas dan mengikuti prosedur yang ditetapkan.
- Alokasi waktu yang dicantumkan pada silabus merupakan perkiraan waktu rerata untuk menguasai KD yang dibutuhkan oleh peserta didik yang beragam, karena itu guru masih dapat merincinya lebih lanjut dalam RPP.

h) Menentukan Alat/Bahan/Media dan Sumber Belajar

Merupakan rujukan, objek dan/atau bahan yang digunakan untuk kegiatan pembelajaran, berupa media cetak dan elektronik, nara sumber, serta lingkungan fisik, alam, sosial, dan budaya sesuai dengan petunjuk di buku guru dan buku peserta didik atau sumber lain yang relevan.

i) Mengembangkan Perangkat Penilaian

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam menyusun perangkat penilaian :

- Penilaian pencapaian KD peserta didik dilakukan berdasarkan indikator.
- Penilaian menggunakan penilaian otentik berbentuk testulis dan atau tes lisan, pengamatan kinerja, pengukuran sikap, penilaian hasil karya berupa tugas, proyek dan/atau produk, penggunaan portofolio, dan penilaian diri.
- Penilaian diarahkan untuk mengukur pencapaian kompetensi yaitu KD-KD dari KI-1, KI-2, KI-3, dan KI-4.
- Tindak lanjut hasil penilaian berupa perbaikan proses pembelajaran berikutnya; program remedial bagi peserta didik yang pencapaian kompetensinya di bawah ketuntasan, dan program pengayaan bagi peserta didik yang telah memenuhi ketuntasan.
- Sistem penilaian disesuaikan dengan pengalaman belajar yang ditempuh dalam proses pembelajaran. Misalnya, jika pembelajaran menggunakan pendekatan tugas observasi lapangan maka evaluasi harus diberikan baik pada proses misalnya teknik wawancara maupun produk berupa hasil melakukan observasi lapangan.

Catatan:

Penilaian dan evaluasi hasil belajar diuraikan lebih rinci pada Kompetensi Inti Guru Grade 8.

j) Telaah Rencana Pelaksanaan Pembelajaran

Untuk mengetahui kelengkapan dan mutu RPP yang sudah disusun, maka perlu dilakukan proses telaah RPP. Kegiatan ini diharapkan dapat memperluas dan memperkaya pengetahuan guru dalam mengembangkan RPP yang sesuai dengan SKL, KI, dan KD; Standar Proses, menerapkan pendekatan saintifik dan model pembelajaran yang relevan serta sesuai dengan prinsip-prinsip pengembangan RPP

Tugas:

LK4: Susunlah RPP berdasarkan hasil “Analisis KD Pengetahuan dan Keterampilan” serta “Pemaduan Sintaks Model Pembelajaran dan Pendekatan Saintifik”.

LK5: Lakukan telaah RPP yang sudah disiapkan teman sejawat Anda dalam kelompok lain!

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran yang dilakukan untuk mempelajari modul ini adalah sebagai berikut:

Aktivitas 1: Membaca isi materi (Mengamati)

Bacalah materi pembelajaran yang terdapat dalam modul ini, kemudian catatlah hal-hal yang belum Anda pahami dari hasil membaca tersebut.

Aktivitas 2 : Tanya Jawab tentang materi (Menanya)

Dari hasil membaca materi pada kegiatan sebelumnya lakukan tanya jawab dengan teman sekelompok ataupun dengan instruktur/widyaiswara dari hal-hal yang belum Anda mengerti dari konsep yang sudah dipelajari

Aktivitas 3 : Mengumpulkan informasi tentang materi (Mencoba)

Carilah informasi berkenaan dengan materi yang dipelajari. Informasi bisa didapat dari sumber lain selain modul misalnya dari *internet* atau dari hasil wawancara dengan narasumber yang dianggap mampu menjawab persoalan pada aktivitas 2

Aktivitas 4: Menganalisis informasi berkaitan dengan materi (Menalar)

Lakukan analisis terhadap informasi yang didapat pada aktivitas 3, kemudian olah informasi tersebut sehingga diperoleh jawaban yang tepat terhadap persoalan yang diberikan. Gunakan format Lembar Kerja yang sudah disiapkan.

Aktivitas 5: Mengkomunikasikan hasil diskusi (Mengomunikasikan)

Lakukan presentasi di depan kelas dan mintalah masukan dari teman-teman Anda kemudian dari hasil masukan tersebut lakukan perbaikan terhadap permasalahan yang telah dibuat sebelumnya.

E. Rangkuman

1. Berdasarkan Permendikbud Nomor 65 Tahun 2013 tentang Standar Proses, RPP adalah rencana kegiatan pembelajaran tatap muka untuk satu pertemuan atau lebih.
2. RPP dikembangkan dari silabus untuk mengarahkan kegiatan pembelajaran peserta didik dalam upaya mencapai Kompetensi Dasar (KD).
3. Rincian tentang RPP dijelaskan pada lampiran Permendikbud Nomor 103 Tahun 2014 tentang Pembelajaran Pada Pendidikan Dasar dan Pendidikan Menengah.
4. Pelaksanaan pembelajaran harus memenuhi beberapa unsur ilmiah, relevan, sistematis, konsisten, memadai, aktual dan kontekstual, fleksibel, dan menyeluruh.
5. Komponen RPP mencakup : (1) identitas sekolah/madrasah, mata pelajaran, dan kelas/ semester; (2) alokasi waktu; (3) KI, KD indikator pencapaian kompetensi; (4) materi pembelajaran; (5) kegiatan pembelajaran; (6) penilaian; dan (7) media/alat, bahan dan sumber belajar
6. Untuk menghasilkan RPP secara utuh, maka dalam pengembangan dan penyusunannya harus melalui beberapa tahap, antara lain:

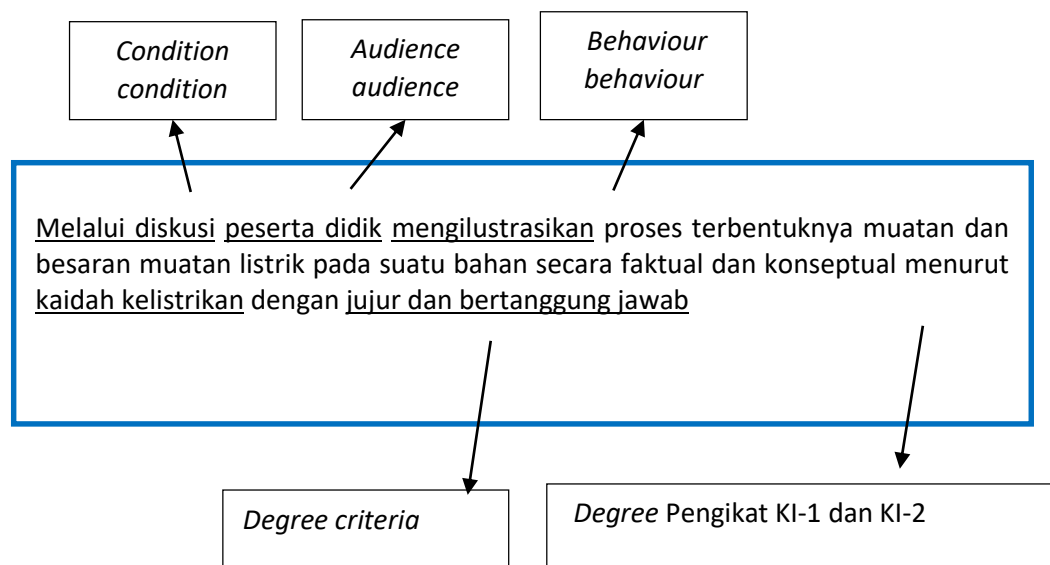
- a) Analisis KI-KD untuk Indikator Pencapaian Kompetensi.
- b) Merumuskan Indikator Pencapaian Kompetensi.
- c) Merumuskan Tujuan Pembelajaran,
- d) Mengembangkan Materi Pembelajaran.
- e) Menetapkan Model, Pendekatan, dan Metoda.
- f) Mengembangkan Kegiatan Pembelajaran.
- g) Menentukan Alokasi Waktu.
- h) Menentukan Alat/Bahan/Media dan Sumber Belajar..
- i) Mengembangkan Perangkat Penilaian

F. Tes Formatif

1. Penyusunan Rencana Pelaksanaan Pembelajaran harus sistematis, jelaskan maksudnya!
2. Jelaskan hubungan SKL, KI, dan KD!
3. IPK adalah perilaku yang dapat diukur dan atau diobservasi terhadap kompetensi dasar (KD). Apakah IPK yang dicantumkan pada RPP diturunkan dari seluruh kompetensi inti? bagaimana penulisannya pada RPP?
4. Buat rumusan tujuan pembelajaran yang mengandung unsur A-B-C-D !

G. Kunci Jawaban

1. Salah satu unsur unsur dalam perencanaan pembelajaran adalah unsur sistematis, yang dimaksud adalah bahwa antara unsur yang satu dengan unsur yang lainnya harus saling terkait, mempengaruhi, menentukan dan suatu dan suatu kesatuan yang utuh untuk mencapan tujuan atau kompetensi.
2. SKL adalah profil kompetensi lulusan yang akan dicapai oleh peserta didik setelah mempelajari semua mata pelajaran pada jenjang tertentu yang mencakup ranah sikap, pengetahuan, dan keterampilan. Kompetensi Inti merupakan tangga pertama pencapaian yang dituju semua mata pelajaran pada tingkat kelas tertentu. Penjabaran kompetensi inti untuk tiap mata pelajaran dirinci dalam rumusan Kompetensi Dasar.
3. IPK perilaku sikap spiritual (KD dari KI-1) dan sikap sosial (KD dari KI-2) tidak perlu dirumuskan sebagai indikator pada RPP, meskipun demikian perilaku sikap spiritual dan sikap sosial tersebut harus dikaitkan pada perumusan tujuan pembelajaran yang disusun berdasarkan KD dari KI-3 dan KD dari KI-4.
4. Contoh rumusan tujuan yang mengandung unsur A-B-C-D



H. Lembar Kerja Kegiatan Belajar 1

LK1: Buatlah analisis keterkaitan SKL, KI, dan KD untuk mata pelajaran yang Saudara ampu dengan menggunakan format di bawah ini.

ANALISIS SKL-KI-KD KURIKULUM 2013

Analisis Keterkaitan Domain Antara SKL, KI, dan KD untuk Mapel

.....

Standar Kompetensi Lulusan (SKL)		Kompetensi Inti (KI) Kelas X	Kompetensi Dasar (KD)	Analisis dan Rekomendasi *)
Dimensi	Kualifikasi Kemampuan			
1. Sikap		1.		
		2.		

Standar Kompetensi Lulusan (SKL)		Kompetensi Inti (KI) Kelas X	Kompetensi Dasar (KD)	Analisis dan Rekomendasi *)
Dimensi	Kualifikasi Kemampuan			
2. Pengetahuan		3.		

Standar Kompetensi Lulusan (SKL)		Kompetensi Inti (KI) Kelas X	Kompetensi Dasar (KD)	Analisis dan Rekomendasi *)
Dimensi	Kualifikasi Kemampuan			
3. Keterampilan		4.		

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

LK2: Buat analisis keterkaitan antara KI, KD dengan materi dan Indikator Pencapaian Kompetensi dengan menggunakan format di bawah ini.

INDIKATOR PENCAPAIAN KOMPETENSI (IPK)

Penjabaran KI dan KD ke dalam Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK) dan Materi Pembelajaran.

Kompetensi Inti (KI) Kelas ..	Kompetensi Dasar (KD)	IPK	Materi Pembelajaran	Gradasi IPK dan Materi Pembelajaran
1.	1.			
2.	2.			

Kompetensi Inti (KI) Kelas ...	Kompetensi Dasar (KD)	IPK	Materi Pembelajaran	Gradasi IPK dan Materi Pembelajaran
3.	3.			
4.	4.			

LK3: Buat analisis integrasi materi KD Mata Pelajaran yang Saudara ampu dengan Muatan Lokal/nilai-nilai kontekstual dan Ekstrakurikuler Kepramukaan.

PENGINTEGRASIAN MATERI PELAJARAN

Pengintegrasian Muatan Lokal pada Mapel dan pada Aktualisasi Kepramukaan.

Mata Pelajaran :

Kompetensi Dasar	Integrasi Muatan Lokal ke dalam materi mata pelajaran	Integrasi materi mata pelajaran pada Aktualisasi Ekstra Kurikuler Kepramukaan
3.		
4.		

LK4: Susunlah RPP berdasarkan hasil “Analisis KD Pengetahuan dan Keterampilan” serta “Pemaduan Sintaks Model Pembelajaran dan Pendekatan Saintifik” dengan format sebagai berikut:

RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN (RPP)

Satuan Pendidikan :
Kelas/Semester :
Mata Pelajaran :
Topik :
Alokasi Waktu :

- A. Kompetensi Inti
- B. Kompetensi Dasar
- C. Tujuan Pembelajaran
- D. Materi Pembelajaran
- E. Pendekatan. Model dan Metode Pembelajaran
- F. Alat, Bahan, Media, dan Sumber Belajar
- G. Kegiatan Pembelajaran

Kegiatan	Deskripsi Kegiatan	Alokasi Waktu
Pendahuluan		
Kegiatan Inti		
Penutup		

H. PENILAIAN HASIL BELAJAR

1. Penilaian Sikap

Instrumen dan Rubrik Penilaian, Rubrik Penilaian, Indikator Penilaian Sikap.

2. Penilaian Pengetahuan

Kisi-kisi dan Soal, Opsi Jawaban, Instrumen dan Rubrik Penilaian

3. Penilaian Keterampilan

Instrumen dan Rubrik Penilaian Eksperimen di Laboratorium

Mengetahui,
Kepala SMK

.....
Guru Mapel,

.....

.....

LK5: Lakukan telaah RPP yang sudah disiapkan teman sejawat Anda dalam kelompok lain! Gunakan instrument berikut untuk proses telaah.

Petunjuk Kerja:

- 1) Kerjakan tugas ini secara kelompok. Kelompok pada tugas ini sama dengan kelompok penyusun RPP.
- 2) Siapkan RPP dari kelompok lain yang akan ditelaah.

Langkah Kerja:

- 1) Pelajari format telaah RPP. Cermati maksud dari setiap aspek dalam format.
- 2) Cermati RPP hasil kelompok lain yang akan ditelaah.
- 3) Isilah format sesuai dengan petunjuk pada format telaah RPP.
- 4) Berikan catatan khusus atau alasan Anda memberi skor pada suatu aspek pada RPP.
- 5) Berikan masukan atau rekomendasi secara umum sebagai saran perbaikan RPP pada kolom yang tersedia.

Format Telaah RPP

Berilah tanda cek (V) pada kolom skor (1, 2, 3) sesuai dengan kriteria yang tertera pada kolom tersebut. Berikan catatan atau saran untuk perbaikan RPP sesuai penilaian Anda. Isilah Identitas RPP yang ditelaah.

Nama Guru :

Mata pelajaran :

Topik/Subtopik :

No	Komponen Rencana Pelaksanaan Pembelajaran	Hasil Penelaahan dan Skor			Catatan revisi
		1	2	3	
A	Identitas Mata Pelajaran	Tidak ada	Kurang Lengkap	Sudah Lengkap	
1.	Terdapat: satuan pendidikan, kelas, semester, mata pelajaran jumlah pertemuan				
B	Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar				
1	Kompetensi Inti				
2	Kompetensi Dasar				
C.	Perumusan Indikator	Tidak Sesuai	Sesuai Sebagian	Sesuai Seluruhnya	
1.	Kesesuaian dengan Kompetensi Dasar				
2.	Kesesuaian penggunaan kata kerja operasional dengan kompetensi yang diukur				
3.	Kesesuaian rumusan dengan aspek pengetahuan.				
4	Kesesuaian rumusan dengan aspek keterampilan				
D.	Perumusan Tujuan	Tidak Sesuai	Sesuai	Sesuai	

No	Komponen Rencana Pelaksanaan Pembelajaran	Hasil Penelaahan dan Skor			Catatan revisi
		1	2	3	
	Pembelajaran		Sebagian	Seluruhnya	
				a	
1	Kesesuaian dengan KD				
2	Kesesuaian dengan Indikator				
3	Kesesuaian perumusan dengan aspek <i>Audience, Behaviour, Condition, dan Degree</i>				
E.	Pemilihan Materi Ajar	Tidak Sesuai	Sesuai Sebagian	Sesuai Seluruhnya	
				a	
1.	Kesesuaian dengan KD				
2.	Kesesuaian dengan tujuan pembelajaran				
3	Kesesuaian dengan karakteristik peserta didik				
4	Keruntutan uraian materi ajar				
F.	Pemilihan Sumber Belajar	Tidak Sesuai	Sesuai Sebagian	Sesuai Seluruhnya	
				a	
1.	Kesesuaian dengan Tujuan pembelajaran				
2.	Kesesuaian dengan materi pembelajaran				
3	Kesesuaian dengan				

No	Komponen Rencana Pelaksanaan Pembelajaran	Hasil Penelaahan dan Skor			Catatan revisi
		1	2	3	
	pendekatan saintifik				
4.	Kesesuaian dengan karakteristik peserta didik				
G.	Pemilihan Media Belajar	Tidak Sesuai	Sesuai Sebagian	Sesuai Seluruhnya	
1.	Kesesuaian dengan tujuan pembelajaran				
2.	Kesesuaian dengan materi pembelajaran				
3	Kesesuaian dengan pendekatan saintifik				
4.	Kesesuaian dengan karakteristik peserta didik				
H.	Model Pembelajaran	Tidak Sesuai	Sesuai Sebagian	Sesuai Seluruhnya	
1.	Kesesuaian dengan tujuan pembelajaran				
2.	Kesesuaian dengan karakteristik materi				
I.	Metode Pembelajaran	Tidak Sesuai	Sesuai Sebagian	Sesuai Seluruhnya	
1	Kesesuaian dengan tujuan pembelajaran				

No	Komponen Rencana Pelaksanaan Pembelajaran	Hasil Penelaahan dan Skor			Catatan revisi
		1	2	3	
2	Kesesuaian dengan karakteristik materi				
3	Kesesuaian dengan karakteristik peserta didik				
J.	Skenario Pembelajaran	Tidak Sesuai	Sesuai Sebagian	Sesuai Seluruhnya	
1.	Menampilkan kegiatan pendahuluan, inti, dan penutup dengan jelas				
2.	Kesesuaian kegiatan dengan pendekatan saintifik (mengamati, menanya, mengumpulkan informasi, mengasosiasikan informasi, mengkomunikasikan)				
3	Kesesuaian dengan metode pembelajaran				
4.	Kesesuaian kegiatan dengan sistematika/ keruntutan materi				
5.	Kesesuaian alokasi waktu kegiatan pendahuluan, kegiatan inti dan kegiatan penutup dengan cakupan materi				

No	Komponen Rencana Pelaksanaan Pembelajaran	Hasil Penelaahan dan Skor			Catatan revisi
		1	2	3	
K.	Rancangan Penilaian Pembelajaran	Tidak Sesuai	Sesuai Sebagian	Sesuai Seluruhnya	
1	Kesesuaian bentuk, teknik dan instrumen dengan indikator pencapaian kompetensi				
2.	Kesesuaian antara bentuk, teknik dan instrumen Penilaian Sikap				
3.	Kesesuaian antara bentuk, teknik dan instrumen Penilaian Pengetahuan				
4.	Kesesuaian antara bentuk, teknik dan instrumen Penilaian Keterampilan				
Jumlah Skor					

Masukan terhadap RPP secara umum

.....

.....

.....

.....

.....

Rubrik Penilaian Telaah RPP

Rubrik Penilaian RPP ini digunakan peserta pada saat penelaahan RPP peserta lain dan digunakan fasilitator untuk menilai RPP yang disusun oleh masing-masing peserta. Selanjutnya nilai RPP dimasukan kedalam nilai portofolio peserta.

Langkah-langkah penilaian RPP sebagai berikut:

- 1) Cermati format penilaian RPP dan RPP yang akan dinilai;
- 2) Berikan nilai pada setiap komponen RPP dengan cara membubuhkan tanda cek (v) pada kolom pilihan (skor = 1) ,(skor = 2), atau (skor = 3) sesuai dengan penilaian Anda terhadap RPP yang ditelaah atau dinilai;
- 3) Berikan catatan khusus atau saran perbaikan perencanaan pembelajaran;
- 4) Setelah selesai penilaian, hitung jumlah skor yang diperoleh; dan
- 5) Tentukan Nilai menggunakan rumus di bawah ini.

$$Nilai = \frac{Skor\ yang\ diperoleh}{36 \times 3} \times 4 = \underline{\hspace{2cm}}$$

PERINGKAT	NILAI
Amat Baik (AB)	$3,51 < AB \leq 4,00$
Baik (B)	$2,85 < B \leq 3,50$
Cukup (C)	$1,85 < C \leq 2,84$
Kurang (K)	$\leq 1,8$

UJI KOMPETENSI

Petunjuk:

Berilah tanda silang (X) pada pilihan jawaban yang benar.

1. Kompetensi Inti pada ranah pengetahuan (KI-3) memiliki dua dimensi dengan batasan-batasan yang telah ditentukan pada setiap tingkatnya.
 - A. Pada dimensi perkembangan kognitif kelas X dan kelas XI dimulai dari memahami (C2), menerapkan (C3) dan kemampuan menganalisis (C4), untuk kelas XII ditambah hingga kemampuan evaluasi (C5).
 - B. Pada dimensi perkembangan kognitif kelas X dimulai dari memahami (C2), menerapkan (C3) dan kemampuan menganalisis (C4), untuk kelas XI dan kelas XII ditambah hingga kemampuan evaluasi (C5).
 - C. Pada dimensi pengetahuan (*knowledge*) kelas X berupa pengetahuan faktual, konseptual, dan prosedural, sedangkan untuk kelas XI dilanjutkan sampai metakognitif.
 - D. Pada dimensi pengetahuan (*knowledge*) kelas X berupa pengetahuan faktual, konseptual, dan prosedural, sedangkan untuk kelas XII dilanjutkan sampai metakognitif.
 - E. Pada dimensi pengetahuan (*knowledge*) kelas X dan kelas XI berupa pengetahuan faktual, konseptual, dan prosedural, sedangkan untuk kelas XII dilanjutkan sampai metakognitif.
2. Menurut Permendikbud No. 103 Tahun 2014, komponen dari Rencana Pelaksanaan Pembelajaran memuat
 - A. Identitas sekolah/madrasah, mata pelajaran, dan kelas/semester; (2) tujuan pembelajaran, (3) materi pembelajaran, (4) metode pembelajaran, (5) kegiatan pembelajaran, (6) sumber belajar, dan (7) penilaian.

- B. (1) identitas sekolah/madrasah, mata pelajaran, dan kelas/semester; (2) kompetensi pembelajaran, (3) materi pembelajaran, pendekatan pembelajaran, (4) kegiatan pembelajaran, dan (5) penilaian pembelajaran.
 - C. (1) identitas sekolah/madrasah, mata pelajaran, dan kelas/semester; (2) kompetensi pembelajaran, (3) materi pembelajaran, (4) pendekatan pembelajaran, dan (5) penilaian pembelajaran.
 - D. (1) identitas sekolah/madrasah, mata pelajaran, dan kelas/semester; (2) tujuan pembelajaran, (3) materi pembelajaran, (4) metode pembelajaran, (5) sumber belajar, dan (6) penilaian.
 - E. (1) identitas sekolah/madrasah, mata pelajaran, dan kelas/semester; (2) alokasi waktu; (3) KI, KD indikator pencapaian kompetensi; (4) materi pembelajaran; (5) kegiatan pembelajaran; (6) penilaian; dan (7) media/alat, bahan dan sumber belajar.
3. Di bawah ini merupakan rambu-rambu penyusunan RPP, kecuali
- A. RPP disusun guru sebagai terjemahan dari ide kurikulum dan berdasarkan silabus yang telah dikembangkan pada tingkat nasional ke dalam bentuk rancangan proses pembelajaran untuk direalisasikan dalam pembelajaran
 - B. RPP dikembangkan pada tingkat nasional dengan menyesuaikan apa yang dinyatakan dalam silabus dengan kondisi pada satuan pendidikan baik kemampuan awal peserta didik, minat, motivasi belajar, bakat, potensi kemampuan emosi, maupun gaya belajar
 - C. RPP mendorong partisipasi aktif peserta didik untuk melaksanakan proses belajar dan kerjasama
 - D. RPP sesuai dengan kurikulum 2013 untuk menghasilkan peserta didik sebagai manusia yang mandiri dan tak berhenti belajar, proses pembelajaran dalam RPP dirancang dengan terpusat pada peserta didik
 - E. RPP disusun guru sebagai terjemahan KI dan KD yang telah dikembangkan pada tingkat nasional ke dalam bentuk rancangan proses pembelajaran untuk direalisasikan dalam pembelajaran

4. Yang termasuk langkah pengembangan RPP yang tepat/ benar adalah:
 - A. Analisis KI dan KD untuk menetapkan Tujuan pembelajaran
 - B. Analisis KI dan KD untuk menetapkan materi pembelajaran
 - C. Analisis KI dan KD untuk menetapkan Indikator Pencapaian Kompetensi
 - D. Analisis KI dan KD untuk menetapkan model pembelajaran
 - E. Analisis KI dan KD untuk mengembangkan perangkat pembelajaran

5. Berikut ini adalah hal-hal yang berkaitan dengan perumusan indikator pencapaian kompetensi, kecuali...
 - A. Indikator merupakan penanda perilaku yang dapat diukur dan atau diobservasi untuk pengetahuan (KD dari KI-3) dan perilaku keterampilan (KD dari KI-4); perilaku yang dapat diobservasi untuk disimpulkan sebagai pemenuhan sikap (KD dari KI-1 dan KI-2) yang semuanya menjadi acuan penilaian mata pelajaran.
 - B. Indikator perilaku sikap spiritual (KD dari KI-1) dan sikap sosial (KD dari KI-2) dapat atau tidak perlu dirumuskan sebagai indikator pada RPP, tapi perilaku sikap spiritual dan sikap sosial harus dikaitkan pada perumusan Tujuan Pembelajaran
 - C. Rumusan Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK) menggunakan dimensi proses kognitif (*the cognitive process of dimention*) dan dimensi pengetahuan (*knowledge of dimention*) untuk kompetensi pengetahuan, dan dimensi keterampilan abstrak atau konkret untuk kompetensi keterampilan
 - D. Pengembangan Indikator bersumber pada materi pokok dalam silabus dan materi buku teks, serta rumusan Kompetensi Dasar yang termuat dalam KI-3 (pengetahuan) dan KI-4 (keterampilan) sesuai dengan karakteristik peserta didik
 - E. Gradasi perumusan indikator sesuai dengan kedudukan KD, namun tidak menutup kemungkinan perumusan indikator dimulai dari kedudukan KD yang setingkat lebih rendah sampai memenuhi tuntutan Kompetensi Inti

KUNCI JAWABAN

No.	A	B	C	D	E
1	V				
2					V
3		V			
4			V		
5				V	

Kegiatan Pembelajaran 2 Pemesinan Bubut

A. Tujuan

Setelah mempelajari kegiatan pembelajaran 2 pemesinan bubut, peserta diklat memahami macam-macam mesin bubut, macam-macam alat potong dan dapat mengoperasikan mesin bubut dengan benar.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

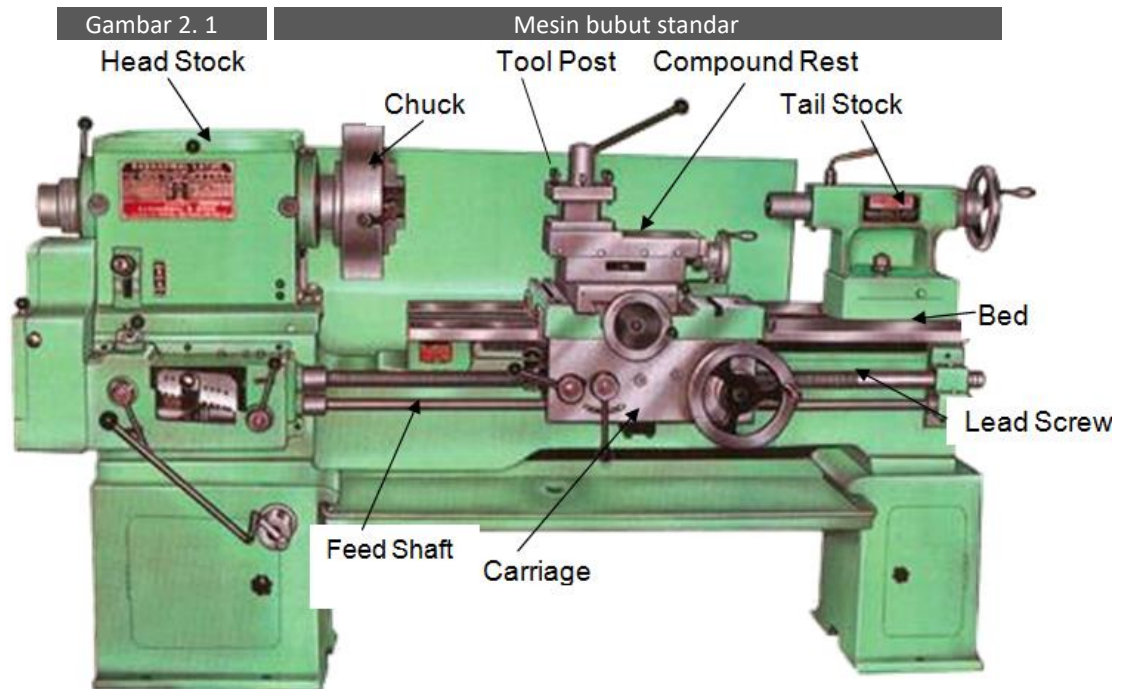
Indikator pencapaian kompetensi, peserta mampu:

1. Mengidentifikasi macam-macam mesin bubut
2. Mengidentifikasi macam-macam alat potong
3. Mengoperasikan pemesinan bubut

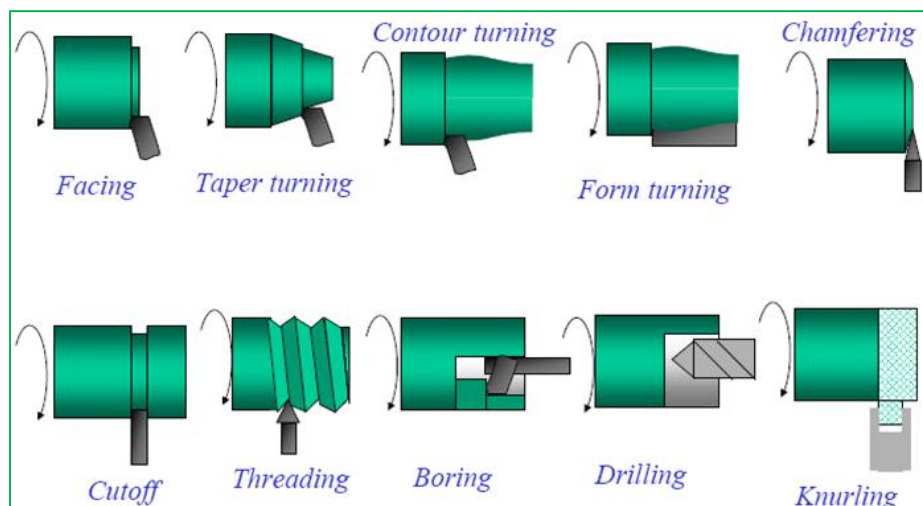
C. Uraian Materi

MESIN BUBUT STANDAR

Mesin bubut standar/biasa (Gambar 2.1), merupakan salah satu jenis mesin yang paling banyak digunakan pada bengkel-bengkel pemesinan baik itu di industri manufaktur, lembaga pendidikan kejuruan dan lembaga diklat atau pelatihan. Fungsi mesin bubut standar pada prinsipnya sama dengan mesin bubut lainnya, yaitu untuk: membubut muka/facing, rata lurus/bertingkat, tirus, alur, ulir, bentuk, mengebor, memperbesar lubang, mengkartel, memotong dll. (Gambar. 2.2).



Gambar 2. 2 Fungsi mesin bubut standar



a. Bagian-bagian Utama Mesin Bubut Standar

Untuk dapat digunakan secara maksimal, mesin bubut standar harus memiliki bagian-bagian utama yang standar. Bagian-bagian mesin bubut standar diantaranya:

1) Kepala Tetap (*Head Stock*)

Kepala tetap (*head stock*), terdapat spindle utama mesin (Gambar 2.3) yang berfungsi sebagaiudukan beberapa perlengkapan mesin bubut diantaranya: cekam (*chuck*), kollet, senter tetap, atau pelat pembawa rata (*face plate*) dan pelat pembawa berekor (*driving plate*). Alat-alat perlengkapan tersebut dipasang pada spindle mesin berfungsi sebagai pengikat atau penahan benda kerja yang akan dikerjakan pada mesin bubut (Gambar 2.4).

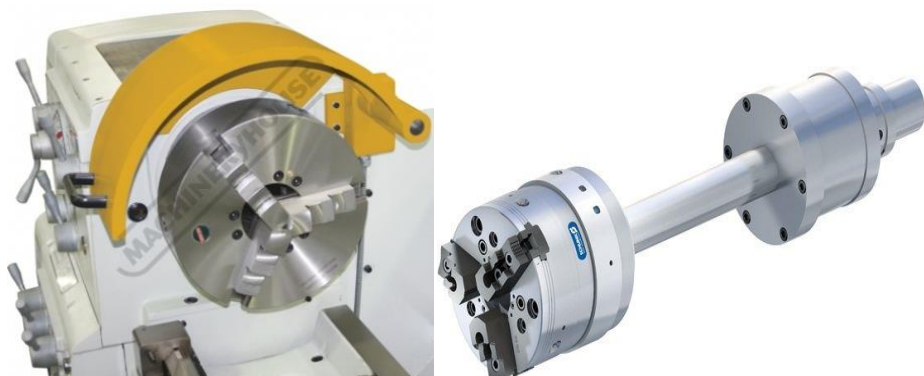
Gambar 2. 3

Spindel utama mesin bubut



Gambar 2. 4

Kepala tetap terpasang cekam (*chuck*) pada spindle utama mesin bubut



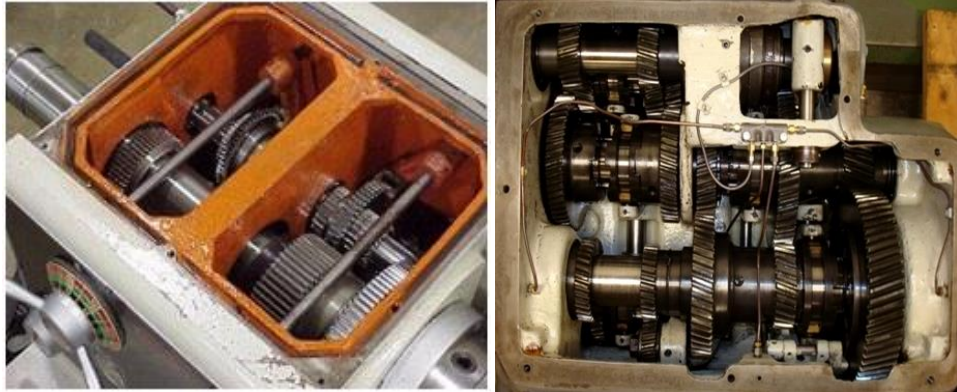
Didalam konstruksi kepala tetap, terdapat roda pully yang dihubungkan dengan motor penggerak (Gambar 2.5). Dengan tumpuan poros dan mekanik lainnya, pully dihubungkan dengan poros spindel dan beberapa susunan transmisi mekanik dalam *gear box* (Gambar 2.6). Susunan transmisi mekanik dalam *gear box* 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.

Gambar 2. 5

Roda pully dan mekanik lainnya





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).

2) Kepala Lepas (*Tail Stock*)

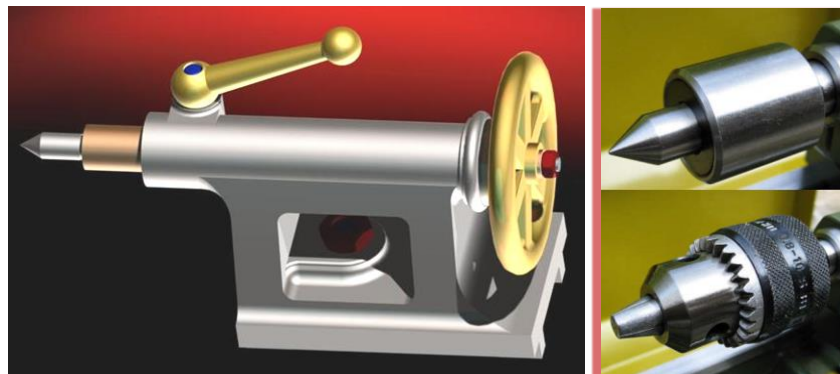
Kepala lepas (*tail stock*) yang ditunjukkan pada (Gambar 2.7), digunakan sebagai dudukan senter putar (*rotary centre*), senter tetap, cekam bor (*chuck drill*) dan mata bor bertangkai tirus yang pemasanganya dimasukkan pada lubang tirus (*sleeve*) kepala lepas. Senter putar (*rotary centre*) atau senter 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 skala garis ukur (nonius) dengan ketelitian tertentu, yaitu antara 0,01 s.d 0,05 mm (Gambar 2.8).

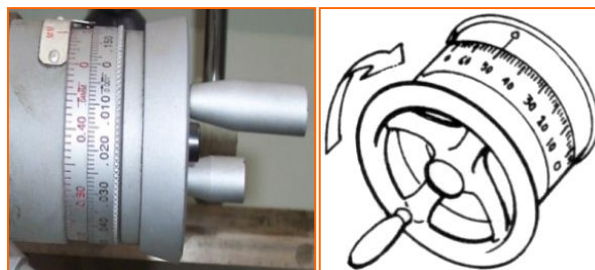
Gambar 2. 7

Kepala Lepas dan fungsinya



Gambar 2. 8

Roda Putar pada kepala lepas



Kepala lepas ini dapat digeser sepanjang alas (*bed*) mesin. tinggi senter kepala lepas sama dengan kepala lepas dapat digeser sepanjang alas (*bed*) mesin. tinggi senter kepala lepas sama dengan 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 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

3) Alas/Meja Mesin (*Bed machine*)

Alas/meja mesin bubut (Gambar 2.9), digunakan sebagai tempat kedudukan kepala lepas, eretan, penyangga diam (*steady rest*) dan merupakan tumpuan gaya pemakanan pada waktu pembubutan. Bentuk alas/meja mesin bubut bermacam-macam, ada yang datar dan ada yang salah satu atau kedua sisinya mempunyai ketinggian tertentu. Selain itu, alat/meja mesin bubut memiliki permukaannya yang sangat halus, rata dan kedataran serta kesejajarannya dengan ketelitian sangat tinggi, sehingga gerakan kepala lepas dan eretan memanjang diatasnya pada saat melakukan penyayatan dapat berjalan lancar dan stabil sehingga dapat menghasilkan pembubutan yang presisi. Apabila alas ini sudah aus atau rusak, akan mengakibatkan hasil pembubutan yang tidak baik atau sulit mendapatkan hasil pembubutan yang sejajar.

Gambar 2. 9

Alas/bed mesin



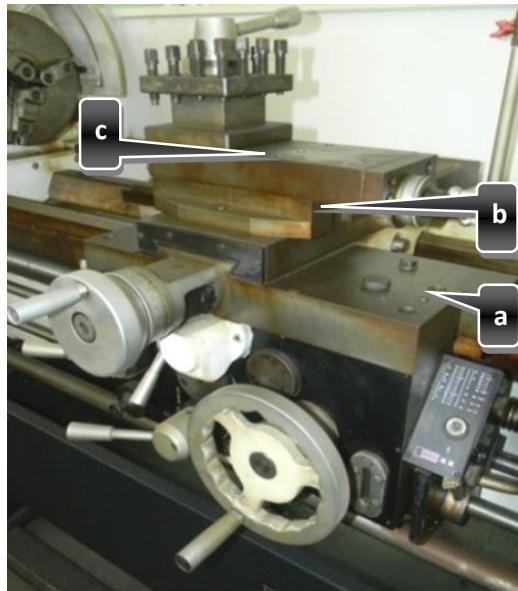
4) Eretan (*carriage*)

Eretan (*carriage*), terdiri dari tiga bagian/elemen diantaranya, **Petama:** Eretan memanjang (*longitudinal carriage*) terlihat pada (Gambar 2.10), berfungsi untuk melakukan gerakan pemakanan arah memanjang mendekati atau menjauhi spindle mesin, secara manual atau otomatis sepanjang meja/alas mesin dan sekaligus sebagaiudukan eretan melintang. **Kedua:** Eretan melintang (*cross carriage*) terlihat pada (Gambar 2.11), berfungsi untuk melakukan gerakan pemakanan arah melintang mendekati atau menjauhi sumbu senter, secara manual/otomatis dan sekaligus sebagaiudukan eretan atas. **Ketiga:** Eretan atas (*top carriage*) terlihat pada (Gambar 2.12), berfungsi untuk melakukan pemakanan secara manual kearah 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/bergesar.

Gambar 2. 10

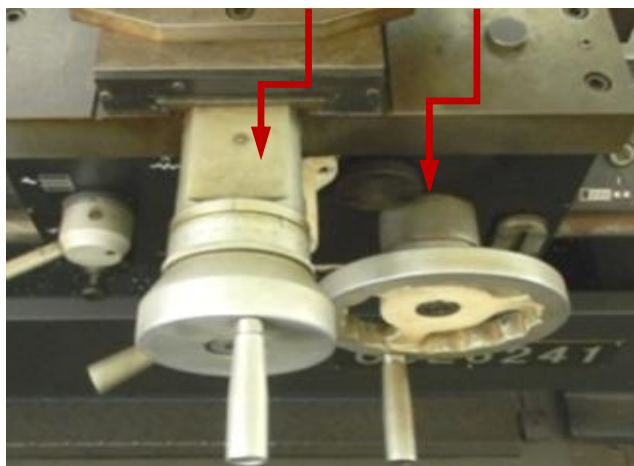
Eretan (*carriage*) memanjang, melintang dan atas



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 (Gambar 2.13). 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 kesesuaian yang terdapat pada gambar kerja.

Gambar 2. 11

Nonius pada roda pemutar eretan memanjang dan melintang



Gerakan secara otomatis eretan memanjang dan eretan melintang, 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.

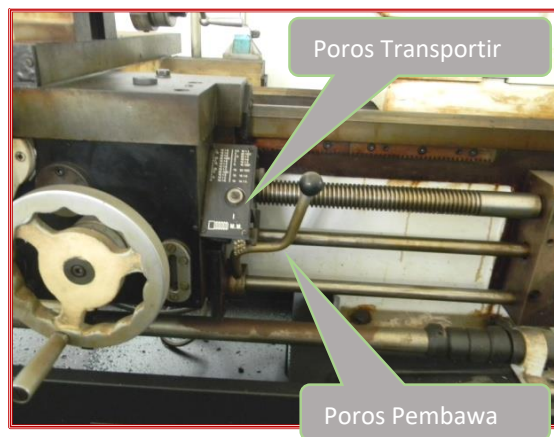
5) Poros Transportir dan Poros Pembawa

Poros transportir adalah sebuah poros berulir berbentuk segi empat atau trapesium dengan jenis ulir withworth (inchi) atau metrik (mm), berfungsi untuk

membawa eretan pada waktu pembubutan secara otomatis, misalnya pembubutan arah memanjang/melintang dan ulir. Poros transporter untuk mesin bubut standar pada umumnya kisar ulir transportirnya antara dari 6 ÷ 8 mm. Poros pembawa adalah poros yang selalu berputar untuk membawa atau mendukung jalannya eretan dalam proses pemakanan secara otomatis. Poros transportir dan poros pembawa dapat dilihat pada (Gambar 1.11)

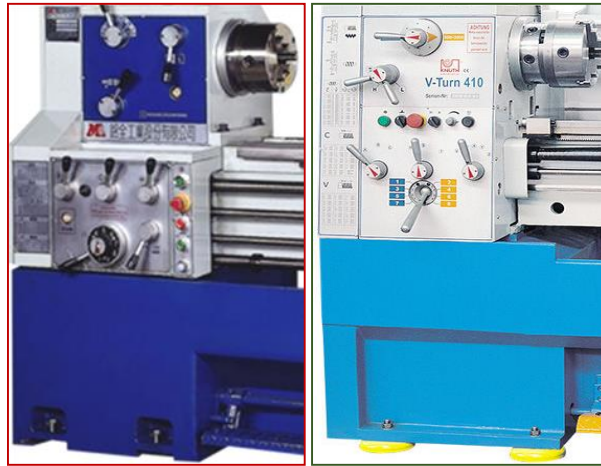
Gambar 2. 12

Poros transporter dan proros pembawa eretan



6) Tuas/Handel

Tuas/ handel pada setiap mesin bubut dengan merk atau pabrikan yang berbeda, pada umumnya memiliki posisi/letak dan cara penggunaannya. Maka dari itu, didalam mengatur tuas/handel pada setiap melakukan proses pembubutan harus berpedoman pada tabel-tabel petunjuk pengaturan yang terdapat pada mesin bubut tersebut (Gambar 2.13)



7) Penjepit/Pemegang Pahat (*Tools Post*)

Penjepit/pemegang pahat (*Tools Post*) digunakan untuk menjepit atau memegang pahat. Bentuknya atau modelnya secara garis besar ada dua macam yaitu, pemegang pahat standar dan pemegang pahat dapat disetel (*justable tool post*).

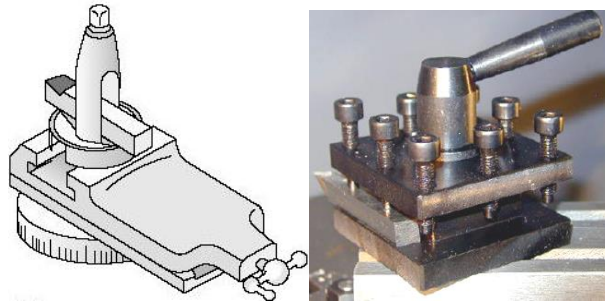
a) Pemegang pahat standar

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, dudukan pahat satu dan empat (Gambar 2.14). Pemegang pahat dengan dudukan satu, hanya dapat digunakan untuk mengikat/menjepit pahat bubut sebanyak satu buah, sedangkan pemegang pahat dengan dudukan 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 pahat dudukan satu.

Gambar 2. 14

Penjepit pahat standar



b) Pemegang Pahat Dapat disetel (*Justable 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 terdapat dudukan rumah pahat yang desain konstruksinya disertai kelengkapan mekanik yang dengan mudah dapat menyatel, mengencangkan dan mengatur ketinggian pahat bubut.

Jenis pemegang pahat dapat disetel ini bila dilihat dari konstruksi dudukan rumah pahatnya terdapat dua jenis yaitu, pemegang pahat dapat disetel dengan dudukan rumah pahat satu buah (Gambar 2.15) dan pemegang pahat dapat disetel dengan dudukan rumah lebih dari satu/ multi (Gambar 2.16).

Gambar 2. 15

Pemegang pahat dapat disetel dengan dudukan rumah pahat satu buah



Gambar 2. 16

Beberapa jenis pemegang pahat dapat disetel dengan dudukan rumah pahat lebih dari satu



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.

b. Pelengkapan Mesin Bubut Standar

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 pecekam 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 2.17).

Gambar 2. 17

Cekam rahang tiga, empat dan enam sepusat (*self centering chuck*)



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 kesentrismannya 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 (Gambar 2.18).

Gambar 2. 18

Cekam rahang empat tidak sepusat (*independent chuck*).



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 (Gambar 2.19). Caranya yaitu dengan melepas baut pengikatnya, baru kemudian dibalik posisinya dan dikencangkan kembali. Hati-hati dalam memasang kembali rahang ini, karena apabila pengarahannya tidak bersih, akan mengakibatkan rahang tidak sepusat dan kedudukannya kurang kokoh/kuat.

Gambar 2. 19

Cekam dengan rahang dapat balik posisinya.



Selain jenis cekam yang telah disebutkan diatas, 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 (gambar 2.20).

Gambar 2. 20

Cekam dengan rahang Untuk pekerjaan 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 (Gambar 2.21). Cekam terpasang pada spindel mesin dapat dilihat pada (Gambar 2.22).

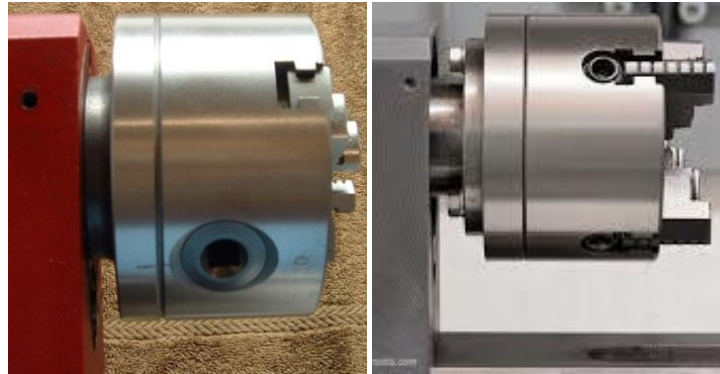
Gambar 2. 21

Bentuk dudukan/pengarah pada spindel mesin bubut



Gambar 2. 22

Cekam terpasang pada spindel mesin



b) Cekam Kolet (*Collet Chuck*)

Cekam kolet adalah salahsatu 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*) terlihat pada (Gambar 2.23). Bentuk lubang pencekam pada kolet ada tiga macam diantaranya, bulat, segi empat dan segi enam (Gambar 2.24).

Gambar 2. 23

Cekam kolet dengan batang penarik



Gambar 2. 24

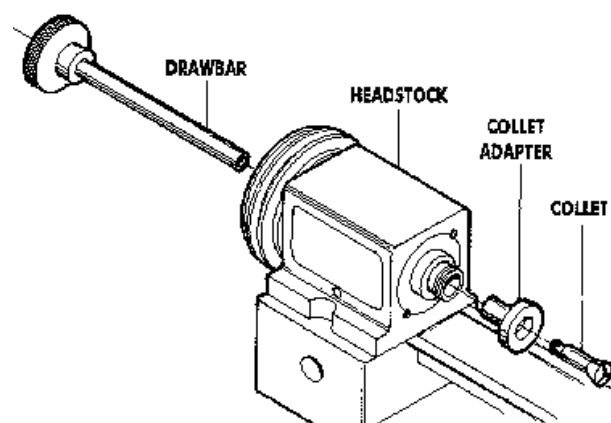
Macam-macam bentukolet



Pemasangan kolet dengan batang penarik pada spindel mesin bubut harus dilakukan secara bertahap yaitu, **pertama:** pasang dudukan/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 spindel 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) - (Gambar 2.24). Bila kolet akan digunakan, caranya setelah benda kerja dimasukkan pada lubang kolet selanjutnya kencangkan hingga benda kerja terikat dengan baik (Gambar 2.25)

Gambar 2. 25

Pemasangan kolet pada spindel mesin bubut





2) Alat Pembawa

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

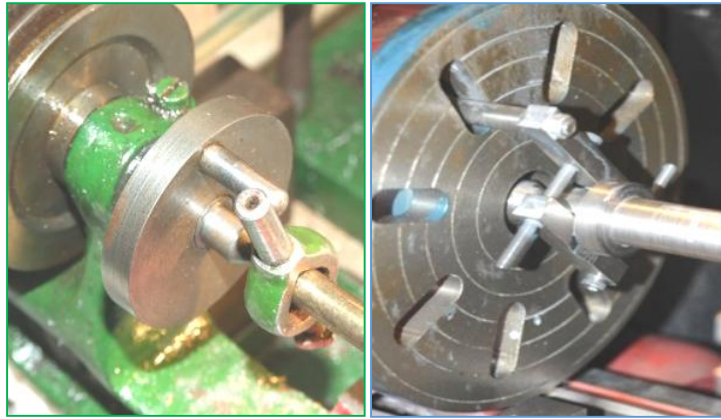
a) Pelat Pembawa

Jenis pelat pembawa ada dua yaitu, pelat pembawa permukaan bertangkai (*driving plate*) dan pelat pembawa permukaan rata (*face plate*) – (gambar 2.27). 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 2.28).



Gambar 2. 28

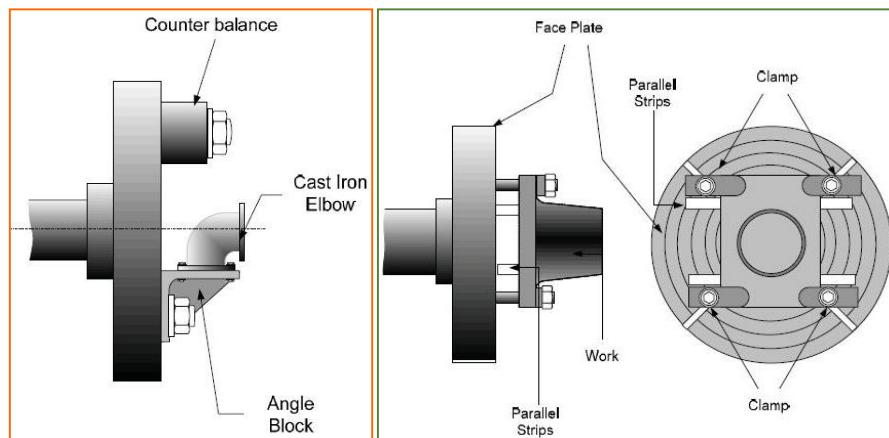
Penggunaan pelat pembawa bertangkai dan berlalur pada proses pembubutan



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 (Gambar 2.29).

Gambar 2. 29

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 (Gambar 2.30) dan pembawa berujung bengkok (Gambar 2.31). Fungsi alat ini adalah untuk membawa benda kerja agar ikut berputar bersama spindel mesin.

Gambar 2. 30

Pembawa (*late-dog*) berujung lurus

Gambar 2. 31

Pembawa (*late-dog*) berujung bengkok

Didalam penggunaannya, pembawa berujung lurus digunakan berpasangan dengan plat pembawa permukaan bertangkai (Gambar 2.32) dan pembawa berujung bengkok digunakan berpasangan dengan plat pembawa beralur atau cekam mesin (Gambar 2.33). 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 2. 32

Penggunaan pembawa berujung lurus





3) 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*) – (Gambar 2.34), dan penyangga jalan (*follower rest*) – (Gambar 2.35).

Gambar 2. 34

Macam-macam bentuk penyangga tetap



Gambar 2. 35

Macam-macam bentuk penyangga tetap



Penggunaan penyangga tetap, dipasang atau diikat pada alas/meja mesin, sehingga kedudukannya dalam keadaan tetap tidak mengikuti gerakan eretan (Gambar 2.36). Untuk penyangga jalan, pemasangannya diikatkan pada eretan memanjang sehingga pada saat eretannya digerakkan maka penyangga jalan mengikuti gerakan eretan tersebut (Gambar 2.37).

Gambar 2. 36

Penggunaan penyangga tetap

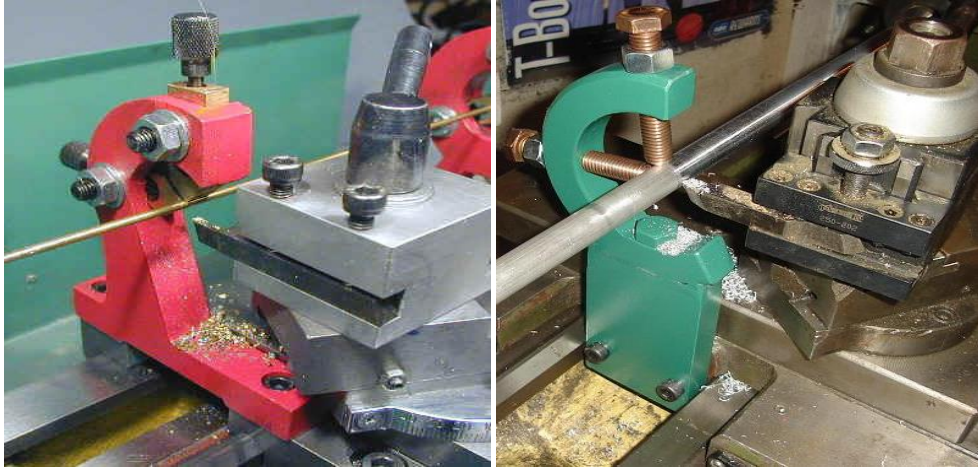


b) Senter

Senter (Gambar 2.38) terbuat dari baja yang dikeraskan dan digunakan untuk mendukung benda kerja yang akan dibubut. Ada dua jenis senter yaitu senter

Gambar 2. 37

Penggunaan penyangga jalan



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 (Gambar 2.39).

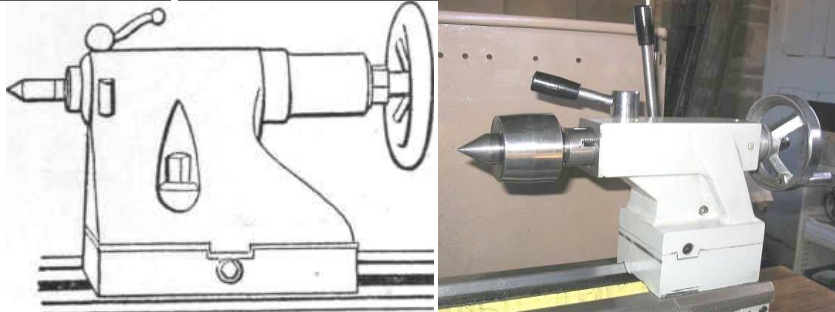
Gambar 2. 38

Senter tetap dan senter putar



Gambar 2. 39

Pemasangan senter tetap dan senter putar pada kepala lepas



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).

4) Alat Bantu Pengeboran

Yang dimaksud alat bantu pengeboran adalah alat yang digunakan untuk mengikat alat potong bor termasuk rimer, konterbor, dan kontersing pada proses pembubutan. Bila dilihat dari system penguncian/pecekamannya, alat tersebut ada dua jenis yaitu, cekam bor dengan kunci (Gambar 2.40) dan cekam bor tanpa pengunci (*keyless chuck drill*) - (Gambar 2.41).

Cara menggunakan cekam bor dengan kunci adalah, untuk mengencangkan mulut rahangnya harus dibantu dengan alat bantu yaitu kunci cekam bor. Sedangkan untuk cekam bor tanpa kunci caranya menggunakannya adalah, untuk mengencangkan mulut rahangnya tidak menggunakan alat bantu kunci cekam bor, cukup hanya memutar rumah rahangnya dengan tangan. Penggunaan kedua alat ini pada mesin bubut, harus dipasang pada kepala lepas (Gambar 2.42).

Gambar 2. 40

Cekam bor dengan pengunci



Gambar 2. 41

Cekam bor tanpa pengunci



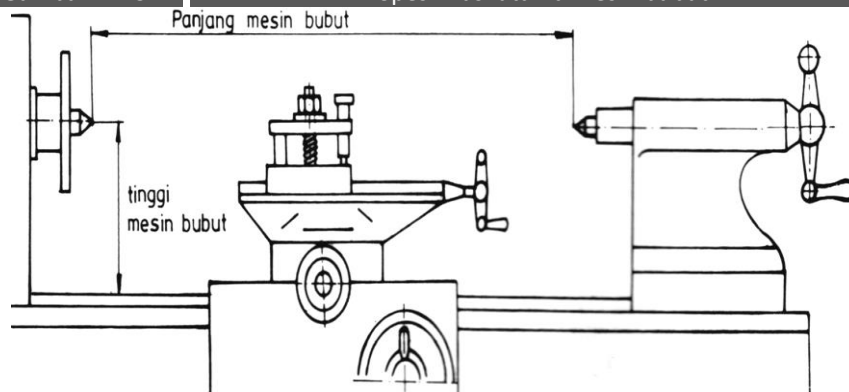


c. Spesifikasi/Ukuran Mesin Bubut Standar

Spesifikasi mesin bubut standar termasuk jenis mesin bubut lainnya, yang paling utama ditentukan oleh seberapa panjangnya jarak antara ujung senter kepala lepas dan ujung senter kepala tetap dan tinggi jarak antara pusat senter dengan meja mesin (Gambar 2.43). Misalnya panjang mesin 2000 mm, berarti eretan memanjangnya hanya dapat digerakkan/digeser sepanjang 2000 mm. Untuk tinggi mesin bubut, misalnya 250 mm, berarti mesin bubut tersebut hanya mampu membubut benda kerja maksimum berdiameter $250 \times 2 = 500$ mm. Namun demikian ada beberapa mesin bubut standar, yang pada mejanya didesain berbeda yaitu pada ujung meja didekat spindel mesin/kepala tetap konstruksi dibuat ada sambungannya, sehingga pada saat membubut benda kerja berdiameter melebihi kapasitas mesin sambungan mejanya tinggal melepas (bedah perut).

Gambar 2. 43

Spesifikasi utama mesin bubut



Untuk pembelian mesin bubut standar yang baru data spesifikasi lainnya harus lengkap, karena apabila tidak lengkap secara keseluruhan bisa saja mesin bubut yang dibeli tidak memiliki spesifikasi yang standar atau tidak sesuai dengan yang diharapkan. Contoh data spesifikasi mesin bubut secara lengkap dapat dilihat pada (Tabel 2.1).

Tabel 2. 1 Contoh data spesifikasi mesin bubut	
ITEMS	Specifications
Max.swim over bed	Φ360mm
Max.swim over carriage	Φ160mm
Max.length of work piece	450mm
Range of spindle speed	150-2500rpm
Spindle bore	Φ60mm
Taper of spindle bore	MT6
Stations of tool carrier	4/6or gang-type tool carrier
Min.setting unit of motor	(Z) long 0.001mm,(X) cross0.001mm
Moving speed of post	(Z) long 8 m/min,(X) cross 6 m/min
Taper of tailstock quill	MT4
Max.range of tailstock quill	100mm
Motor power	4 KW
Packing size(lenght×width×height)	1600/1850 mm×1100 mm×1550mm
Net weight	1450kg

ALAT POTONG PADA MESIN BUBUT

Pada kegiatan produksi di industri manufaktur yang menggunakan fasilitas mesin perkakas, alat potong merupakan salahsatu jenis alat yang mutlak diperlukan untuk melakukan proses produksinya. Berbagai macam dan bentuk alat potong yang digunakan sesuai dengan hasil produkyang diinginkan.

Alat potong berfungsi untuk menyayat/ memotong benda kerja sesuai dengan tuntutan bentuk dan ukuran pada gambar kerja. Pada proses pembubutan ada beberapa jenis alat potong yang digunakan diantaranya: senter bor/centre drill, mata bor/drill, konter bor, reamer, konter sing, pahat bubut dll.

Hasil produk pada proses pemesian bubut sangat dipengaruhi oleh kondisi dan geometris alat potong yang digunakan, yang proses penyayatnya/pemotongan dapat dapat dilakukan dengan cara gerak memanjang, melintang atau menyudut tergantung pada hasil bubutan yang diinginkan

b. Macam Alat Potong Pada Mesin Bubut

Selain pahat bubut, terdapat beberapa macam alat potong yang digunakan pada mesin bubut diantaranya:

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*).

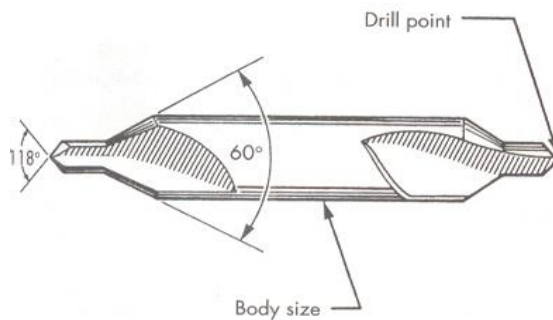
a) Bor senter standar (*Standard centre drill*):

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 2.44) dan bor senter ekstra pendek/panjang (Gambar 2.45).

Gambar 2. 44

Bor senter standar panjang normal





Gambar 2. 45

Bor senter standar ekstra pendek dan panjang



b) Bor senter mata sayat bertingkat

Bor senter mata sayat (Gambar 2.46), 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 2. 46

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 2.6), 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 realtif 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. Hasil pembuatan lubang senter bor bentuk radius dapat dilihat pada (Gambar 2.47).

Gambar 2. 47

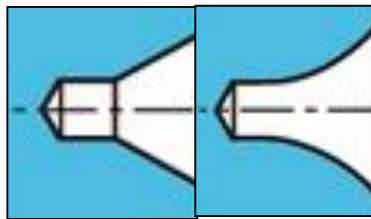
Bor senter bentuk radius dan hasilnya



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 2.48).

Gambar 2. 48

Pemasangan senter bor pada mesin bubut dan hasilnya



Untuk mengetahui standar ukuran diameter bodi dan diameter ujung bor senter dalam satuan mm dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2

Standar ukuran diameter bodi & diameter ujung bor senter (mm)

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) 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.

a) Pengelompokan mata bor berdasarkan tangkai

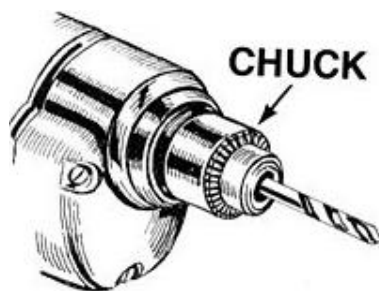
Pengelompokan mata bor berdasarkan tangkai, dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu, **pertama:** mata bor tangkai lurus (Gambar 2.49) yang pengikatanya menggunakan cekam bor/*drill chuck* (Gambar 2.50), dan **kedua:** mata bor tangkai tirus (Gambar 2.51) yang pengikatanya dimasukan pada lubang tirus kepala lepas (Gambar 2.52). Apabila pada saat digunakan ukuran tangkai tirusnya lebih kecil dari pada lubang tirus kepala lepas, dapat ditambah dengan menggunakan sarung pengurang. Selain itu perlu diketahui bahwa, untuk mata bor tangkai tirus pada umumnya menggunakan standar tirus morse/ *morse taper* (MT) yaitu mulai dari MT 1 ÷ 6.

Gambar 2. 49

Mata bor tangkai lurus



Gambar 2. 50 Pengikatan mata bor dengan cekam bor pada proses pembubutan



Gambar 2. 51

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 2.52)

Gambar 2. 52

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 2.53) digunakan untuk mengebor baja lunak, **kedua:** mata bor spiral panjang/ *slow spiral drill* (Gambar 2.54) digunakan untuk mengebor baja keras dan **ketiga:** mata bor spiral pendek/ *quick spiral drill* (Gambar 2.55) digunakan untuk mengebor baja liat.

Gambar 2. 53

Mata bor spiral normal/*normal spiral*

Gambar 2. 54

Mata borspiral panjang/*slow spiral*

Gambar 2. 55

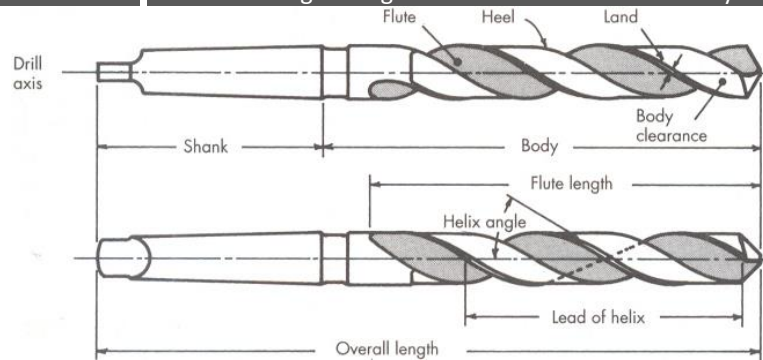
Mata bor spiral pendek/*quick spiral*

c) Bagian-bagian Mata Bor:

Bagian-bagian mata bor dilihat dari bodinya dapat dilihat pada (Gambar 2.56), dan bagian-bagian mata bor dilihat dari mata sayat dan sudut bebasnya dapat dilihat pada (Gambar 2.57).

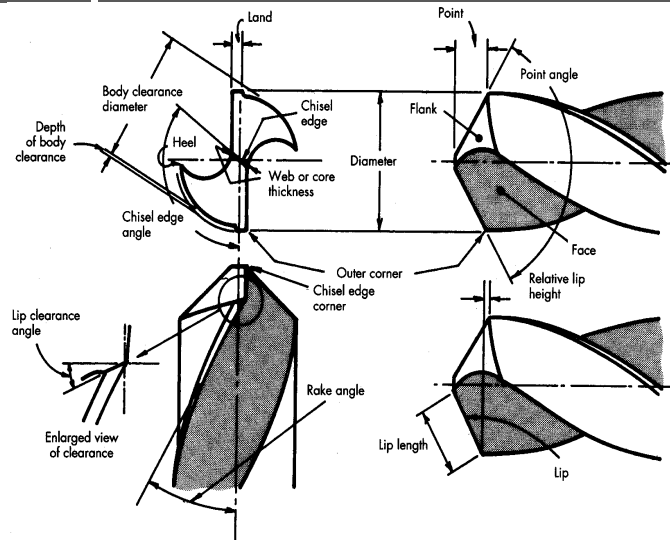
Gambar 2. 56

Bagian-bagian mata bor dilihat dari bodinya



Gambar 2. 57

Bagian-bagian mata bor dilihat dari mata sayatnya



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 membuayt 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

Kontersingtangkai lurus (Gambar 2.58), pada saat digunakan untuk proses pembubutan penggikatanya dipasang pada cekam bor/ *drill chuck* sebagaimana pengikatan pada proses pengeboran dengan bor tangkai lurus.

Gambar 2. 58

Kontersingtangkai lurus



b) Kontersing tangkai tirus

Kontersingtangkai tirus (Gambar 2.59), pada saat digunakan untuk proses pembubutan penggikatanya 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 2. 59

Kontersingtangkai lurus



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 (Gambar 2.60) dan konterbor tangkai tirus (Gambar 2.61).

Gambar 2. 60

Konterbor tangkai lurus



Gambar 2. 61

Konterbor tangkai tirus



Apabila dilihat dari sisi ujung mata sayatnya, alat ini juga terbagi menjadi dua yaitu, konterbor dengan pengarah (Gambar 2.62) dan konterbor tanpa pengarah (Gambar 2.63). Hasil pembuatan lubang konterbor pada mesin bubut dapat dilihat pada (Gambar 2.64).

Gambar 2. 62

Konterbor dengan pengarah



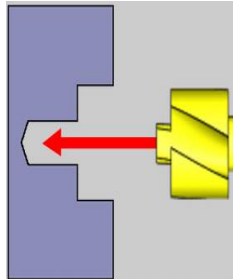
Gambar 2. 63

Konterbor tanpa pengarah



Gambar 2. 64

Hasil pembuatan lubang bertingkat dengan konterbor pada mesin bubut

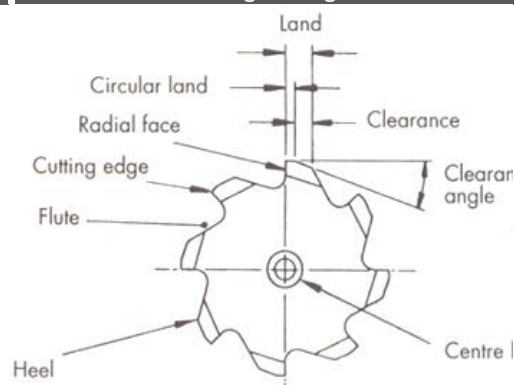


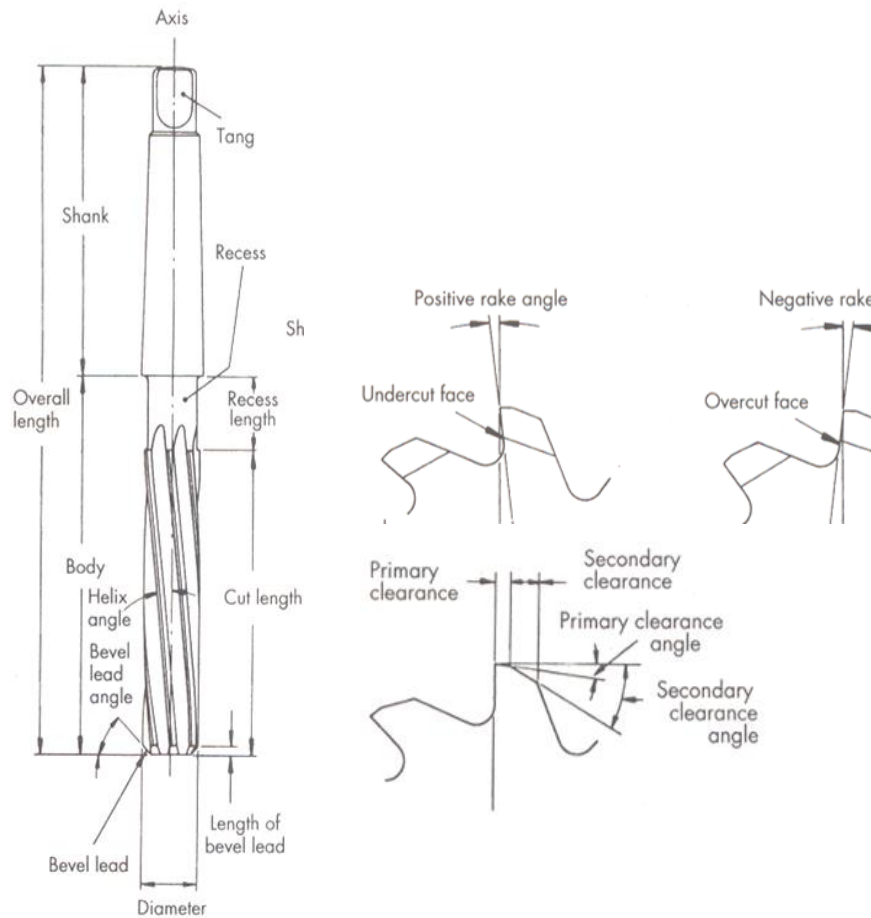
5) Rimer Mesin (*Reamer Machine*)

Rimer mesin (Gambar 2.65), 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. Tujuan dilakukan pengurangan diameter sebelum dirimer adalah, agar hasilnya lebih maksimal dan beban pada rimer tidak terlalu berat sehingga memiliki umur lebih panjang.

Gambar 2. 65

Bagian-bagian rimer mesin





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 2.66), reamer pin tirus mata sayat spiral/ *spiral taper pin reamer* (Gambar 2.67), dan reamer pin tirus mata sayat helik (*helical taper pin reamer*) - (Gambar 2.68). Rimer jenis ini berfungsi untuk membuat lubang pin tirus, yang memiliki ketirusan standar.

Gambar 2. 66

Reamer pin tirus mata sayat lurus



Gambar 2. 67

Reamer pin tirus mata sayat spiral



Gambar 2. 68

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 2.69), dan rimer lurus tangkai tirus (Gambar 2.70). Rimer jenis ini berfungsi untuk membuat lubang lurus yang memiliki toleransi dan suaian khusus.

Gambar 2. 69

Reamer lurus tangkai lurus



Gambar 2. 70

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 2.71) dan reamer tirus untuk finising (Gambar 2.72). 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 2. 71

Rimer reamer tirus untuk



Gambar 2. 72

Rimer lurus tangkai tirus



6) 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 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.

c. Pahat Bubut

Pahat bubut merupakan salahsatu 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 penggunaanya sudah sesuai petunjuk dalam katoalog. 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 catalognya 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/ *raw 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. 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.

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)

a) Baja karbon

Yang termasuk didalam 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, struktur

bahan akan bertransformasi menjadi martensit dengan hasil kekerasan antara $500 \div 1000$ HV.

Karena martensitik akan melunak pada temperatur 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.

b) Baja Kecepatan Tinggi/ *High Speed Steel* (HSS)

Pada sekitar tahun 1898, ditemukan jenis baja paduan tinggi dengan unsur paduan *Crom* (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 pemesinan 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.

c) 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.

d) Karbida

Jenis karbida yang “disemen” (*Comented 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) Tintanium (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.

e) 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 organic, 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 industry

Keramik industry digunakan untuk berbagai untuk berbagai keperluan sebagai komponen dari peralatan, mesin dan perkakas termasuk perkakas potong atau pahat.

f) 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 strukrur atom heksagonal berubah menjadi struktur kubik.

g) Intan

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.

PARAMETER PEMOTONGAN

Yang dimaksud dengan parameter pemotongan pada mesin bubut adalah, informasi berupa dasar-dasar perhitungan, rumus dan tabel-tabel yang medasari teknologi proses pemotongan/penyayatan pada mesin bubut diantaranya. Parameter pemotongan pada mesin bubut meliputi: kecepatan potong (*Cutting speed - Cs*), kecepatan putaran mesin (*Revolution Permenit - Rpm*), kecepatan pemakanan (Feed – F) dan waktu proses pemesinannya.

a. Kecepatan potong (*Cutting speed – Cs*)

Yang dimaksud dengan kecepatan potong (Cs) adalah kemampuan alat potong menyayat bahan dengan aman menghasilkan tatal dalam satuan panjang/waktu (meter/menit atau feet/menit). Pada gerak putar seperti mesin bubut, kecepatan potongnya (Cs) adalah: Keliling lingkaran benda kerja ($\pi.d$) dikalikan dengan putaran (n). atau: $Cs = \pi.d.n$ Meter/menit.

Keterangan:

d : diameter benda kerja (mm)

n : putaran mesin/benda kerja (putaran/menit - Rpm)

π : nilai konstanta = 3,14

Kecepatan potong untuk berbagai macam bahan teknik yang umum dikerjakan pada proses pemesinan, sudah teliti/diselidiki para ahli dan sudah patenkan pada ditabelkan kecepatan potong. Sehingga dalam penggunaannya tinggal menyesuaikan

antara jenis bahan yang akan dibubut dan jenis alat potong yang digunakan. Sedangkan untuk bahan-bahan khusus/spesial, tabel Cs-nya dikeluarkan oleh pabrik pembuat bahan tersebut.

Pada tabel kecepatan potong (Cs) juga disertakan jenis bahan alat potongnya. Yang pada umumnya, bahan alat potong dikelompokkan menjadi dua macam, yaitu HSS (*High Speed Steel*) dan karbida (*carbide*). Pada tabel tersebut menunjukkan bahwa dengan alat potong yang bahannya karbida, kecepatan potongnya lebih cepat jika dibandingkan dengan alat potong HSS (Tabel 2.3).

Tabel 2. 3		Kecepatan Potong Bahan		
Bahan	Pahat Bubut HSS		Pahat Bubut Karbida	
	m/men	Ft/min	M/men	Ft/min
Baja lunak(<i>Mild Steel</i>)	18 – 21	60 – 70	30 – 250	100 – 800
Besi Tuang(<i>Cast Iron</i>)	14 – 17	45 – 55	45 - 150	150 – 500
Perunggu	21 – 24	70 – 80	90 – 200	300 – 700
Tembaga	45 – 90	150 – 300	150 – 450	500 – 1500
Kuningan	30 – 120	100 – 400	120 – 300	400 – 1000
Aluminium	90 - 150	300 - 500	90 - 180	a) – 600

b. Kecepatan Putaran Mesin Bubut (*Revolution Per Menit - Rpm*)

Yang dimaksud kecepatan putaran mesin bubut adalah, kemampuan kecepatan putar mesin bubut untuk melakukan pemotongan atau penyayatan dalam satuan putaran/menit. Maka dari itu untuk mencari besarnya putaran mesin sangat dipengaruhi oleh seberapa besar kecepatan potong dan keliling benda kerjanya. Mengingat nilai kecepatan potong untuk setiap jenis bahan sudah ditetapkan secara baku, maka komponen yang bisa diatur dalam proses penyayatan adalah putaran mesin/benda kerjanya. Dengan demikian rumus dasar untuk menghitung putaran mesin bubut adalah:

$$Cs = \pi \cdot d \cdot n \text{ Meter/menit}$$

$$n = \frac{Cs}{\pi \cdot d} \text{ Rpm}$$

Karena satuan kecepatan potong (Cs) dalam meter/menit sedangkan satuan diameter benda kerja dalam milimeter, maka satuannya harus disamakan terlebih dahulu yaitu dengan mengalikan nilai kecepatan potongnya dengan angka 1000 mm. Maka rumus untuk putaran mesin menjadi:

$$n = \frac{1000 \cdot Cs}{\pi \cdot d} \text{ Rpm}$$

Keterangan:

d : diameter benda kerja (mm)

Cs : kecepatan potong (meter/menit)

π : nilai konstanta = 3,14

Contoh 1:

Sebuah baja lunak berdiameter ($\varnothing$) 60 mm, akan dibubut dengan kecepatan potong (Cs) 25 meter/menit. Pertanyaannya adalah: Berapa besar putaran mesinnya ?.

Jawaban:

$$n = \frac{1000 \cdot Cs}{\pi \cdot d}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 25}{3,14 \cdot 60}$$

$$n = 132,696 \text{ Rpm}$$

Jadi kecepatan putaran mesinnya adalah sebesar 132,69 Rpm

Contoh 2:

Sebuah baja lunak berdiameter ($\varnothing$) 2 inchi, akan dibubut dengan kecepatan potong (Cs) 20 meter/menit. Pertanyaannya adalah: Berapa besar putaran mesinnya ?.

Jawaban:

Satuan inchi bila dijadikan satuan mm harus dikalikan 25,4 mm. Dengan demikian diameter ($\varnothing$) 2 inchi = $2 \times 25,4 = 50,8$ mm. Maka putaran mesinnya adalah:

$$n = \frac{1000.C_s}{\pi.d}$$

$$n = \frac{1000.20}{3,14.50,8}$$

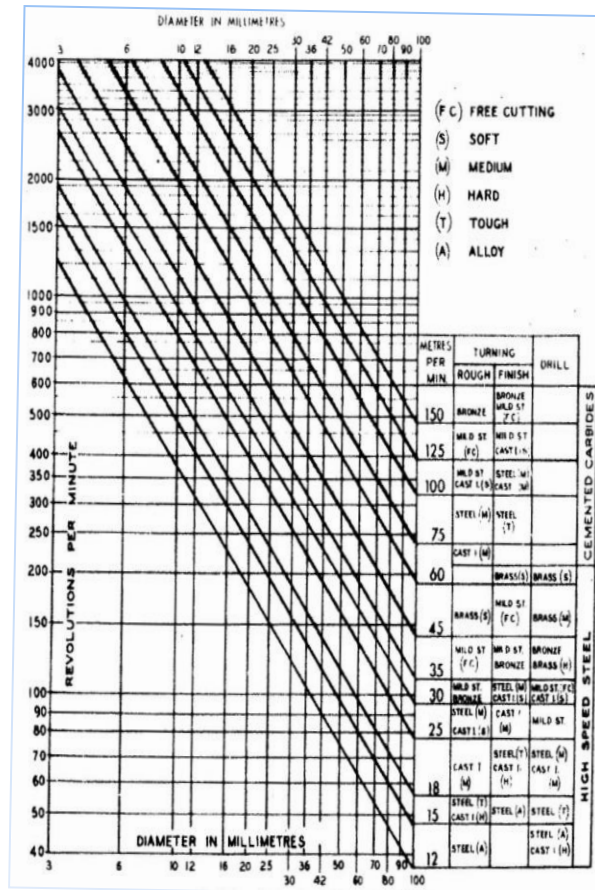
$$n = 125,382 \text{ Rpm}$$

Jadi putaran mesinnya adalah sebesar 125,382 Rpm

Hasil perhitungan di atas pada dasarnya sebagai acuan dalam menyetel putaran mesin agar sesuai dengan putaran mesin yang tertulis pada tabel yang ditempel di mesin tersebut. Artinya, putaran mesin aktualnya dipilih dalam tabel pada mesin yang nilainya paling dekat dengan hasil perhitungan di atas. Untuk menentukan besaran putaran mesin bubut juga dapat menggunakan tabel yang sudah ditentukan berdasarkan perhitungan, sebagaimana dapat dilihat pada (Tabel 2.4)

Tabel 2. 4

Daftar kecepatan putaran mesin bubut (Rpm)



c. Kecepatan Pemakanan (*Feed - F*)

Kecepatan pemakanan atau insutun ditentukan dengan mempertimbangkan beberapa factor, diantaranya: kekerasan bahan, kedalaman penyayatan, sudut-sudut sayat alat potong, bahan alat potong, ketajaman alat potong dan kesiapan mesin yang akan digunakan. Kesiapan mesin ini dapat diartikan, seberapa besar kemampuan mesin dalam mendukung tercapainya kecepatan pemakanan yang optimal. Disamping beberapa pertimbangan tersebut, kecepatan pemakanan pada umumnya untuk proses pengasaran ditentukan pada kecepatan pemakanan tinggi karena tidak memerlukan hasil permukaan yang halus (waktu pembubutan lebih cepat), dan pada proses penyelesaiannya/finising digunakan kecepatan pemakanan rendah dengan tujuan mendapatkan kualitas permukaan hasil penyayatan yang lebih baik sehingga hasilnya halus (waktu pembubutan lebih cepat).

Besarnya kecepatan pemakanan (F) pada mesin bubut ditentukan oleh seberapa besar bergesernya pahat bubut (f) dalam satuan mm/putaran dikalikan seberapa besar putaran mesinnya (n) dalam satuan putaran. Maka rumus untuk mencari kecepatan pemakanan (F) adalah: $F = f \times n$ (mm/menit)

Keterangan:

f= besar pemakanan atau bergesernya pahat (mm/putaran)

n= putaran mesin (putaran/menit)

Contoh 1:

Sebuah benda kerja akan dibubut dengan putaran mesinnya (n) 600 putaran/menit dan besar pemakanan (f) 0,2 mm/putaran. Pertanyaannya adalah: Berapa besar kecepatan pemakanannya ?.

Jawaban:

$$F = f \times n$$

$$F = 0,2 \times 600 = 120 \text{ mm/menit.}$$

Pengertiannya adalah, pahat bergeser sejauh 120 mm, selama satu menit.

Contoh 2:

Sebuah benda kerja berdiameter 40 mm, akan dibubut dengan kecepatan potong (Cs) 25 meter/menit dan besar pemakanan (f) 0,2 mm/putaran. Pertanyaannya adalah: Berapa besar kecepatan pemakanannya ?

Jawaban:

$$n = \frac{1000 \cdot C_s}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 25}{3,14 \cdot 40}$$

$$n = 199,044 \approx 199 \text{ Rpm}$$

$$F = f \times n$$

$$F = 0,2 \times 199 = 39,8 \text{ mm/menit.}$$

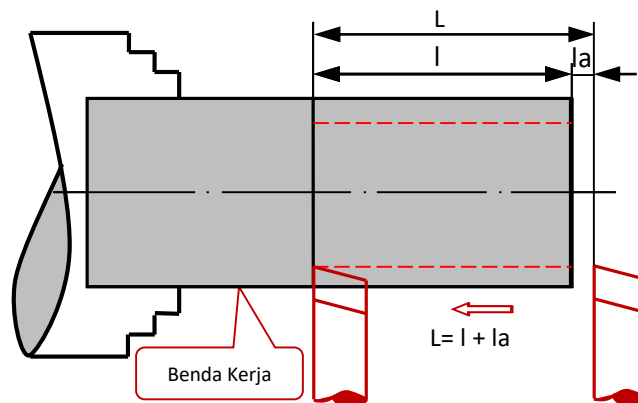
Pengertiannya adalah, pahat bergeser sejauh 39,8 mm, selama satu menit.

d. Waktu Pemesinan Bubut (tm)

Dalam membuat suatu produk atau komponen pada mesin bubut, lamanya waktu proses pemesinannya perlu diketahui/dihitung. Hal ini penting karena dengan mengetahui kebutuhan waktu yang diperlukan, perencanaan dan kegiatan produksi dapat berjalan lancar. Apabila diameter benda kerja, kecepatan potong dan kecepatan penyayatan/ penggeseran pahatnya diketahui, waktu pembubutan dapat dihitung.

1) Waktu Pemesinan Bubut Rata

Faktor-faktor yang mempengaruhi waktu pemesinan bubut adalah, seberapa besar panjang atau jarak tempuh pembubutan (L) dalam satuan mm dan kecepatan pemakanan (F) dalam satuan mm/menit. Pada gambar dibawah menunjukkan bahwa, panjang total pembubutan (L) adalah panjang pembubutan rata ditambah star awal pahat (la), atau: $L_{\text{total}} = l_a + l$ (mm). Untuk nilai kecepatan pemakanan (F), dengan berpedoman pada uraian sebelumnya $F = f \cdot n$ (mm/putaran).



Berdasarkan prinsip-prinsip yang telah diuraikan diatas, maka perhitungan waktu pemesian bubut rata (t_m) dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Waktu pemesian bubut rata } (t_m) = \frac{\text{Panjang pembubutan rata } (L) \text{ mm}}{\text{Kecepatan Pemakanan } (F) \text{ mm/menit}} \text{ Menit.}$$

$$t_m = \frac{L}{F} \text{ menit.}$$

$$L = l + l_a \text{ (mm).}$$

$$F = f \cdot n \text{ (mm/putaran).}$$

Keterangan:

f = pemakanan dalam satu putaran (mm/put)

n = putaran benda kerja (Rpm)

l = panjang pembubutan rata (mm)

l_a = jarak star pahat (mm)

L = panjang total pembubutan rata (mm)

F = kecepatan pemakanan mm/menit

Contoh soal 1:

Sebuah benda kerja dengan diameter terbesar (D)= 40 mm akan dibubut rata menjadi (d)= 30 mm sepanjang (l)= 65, dengan jarak star pahat (l_a)= 4 mm. Data-

data parameter pemesinannya ditetapkan sebagai berikut: Putaran mesin (n)= 400 putaran/menit, dan pemakanan mesin dalam satu putaran (f)= 0,05 mm/putaran. Pertanyaannya adalah: Berapa waktu yang diperlukan untuk melakukan proses pembubutan rata sesuai data diatas, apabila pemakanan dilakukan satu kali pemakanan/proses?.

Jawaban soal 1:

- $L = \ell_a + \ell = 65 + 4 = 69 \text{ mm}$
- $F = f \cdot n = 0,05 \times 400 = 20 \text{ mm/menit}$
- $t_m = \frac{L}{F} \text{ menit}$
- $t_m = \frac{69}{20} = 3,45 \text{ menit}$

Jadi waktu yang dibutuhkan untuk pembubutan rata sesuai data diatas adalah selama 3,45 menit.

Contoh soal 2:

Sebuah benda kerja dengan diameter terbesar (D)= 30 mm akan dibubut rata menjadi (d)= 30 mm sepanjang (ℓ)= 70, dengan jarak star pahat (ℓ_a)= 4 mm. Data-data parameter pemesinannya ditetapkan sebagai berikut: Kecepatan potong (C_s)= 25 meter/menit, dan pemakanan mesin dalam satu putaran (f)= 0,04 mm/putaran.

Pertanyaannya adalah: Berapa waktu yang diperlukan untuk melakukan proses pembubutan rata sesuai data diatas, apabila pemakanan dilakukan satu kali pemakanan/proses?.

Jawaban soal 2:

- $$n = \frac{1000 \cdot C_s}{\pi \cdot d}$$

$$= \frac{1000 \cdot 25}{3,14 \cdot 30}$$

$$= 265,393 \approx 265 \text{ Rpm}$$

- $L = \ell a + \ell = 70 + 4 = 74 \text{ mm}$
- $F = f \cdot n = 0,04 \times 265 = 10,6 \text{ mm/menit}$
- $t_m = \frac{L}{F} \text{ menit}$

$$t_m = \frac{74}{10,6} = 6,981 \text{ menit}$$

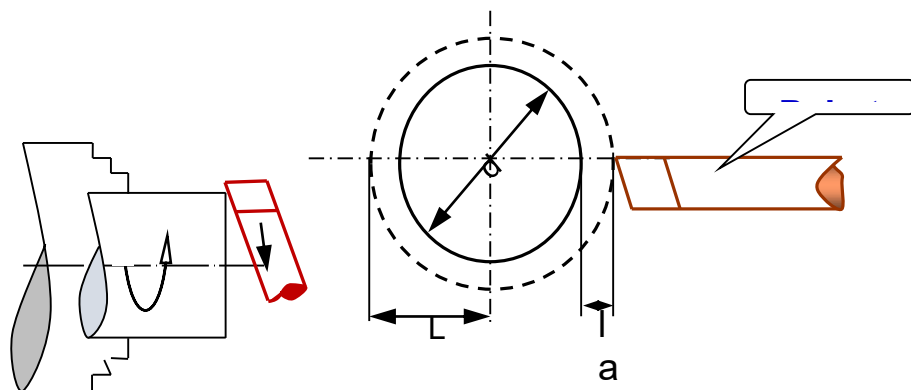
Jadi waktu yang dibutuhkan untuk pembubutan rata sesuai data diatas adalah selama 6,981 menit.

2) Waktu Pemesisan Bubut Muka (*Facing*)

Perhitungan waktu pemesisan bubut muka pada prinsipnya sama dengan menghitung waktu pemesisan bubut rata, perbedaannya hanya terletak pada arah pemakanan yaitu melintang. Pada gambar dibawah menunjukkan bahwa, panjang total pembubutan (L) adalah panjang pembubutan muka ditambah star awal pahat (ℓa), sehingga: $L = r + \ell a = \frac{d}{2} + \ell a$. Untuk nilai kecepatan pemakanan (F), dengan mengacu pada uraian sebelumnya $F = f \cdot n$ (mm/putaran).

Gambar 2. 74

Panjang langkah pembubutan muka (facing)



Berdasarkan prinsip-prinsip yang telah diuraikan diatas, maka perhitungan waktu pemesisan bubut muka (t_m) dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Waktu pemesinan bubut muka } (t_m) = \frac{\text{Panjang pembubutan muka } (L) \text{ mm}}{\text{Kecepatan Pemakanan } (F) \text{ mm/menit}} \text{ Menit.}$$

- $t_m = \frac{L}{F} \text{ menit}$
- $L = \frac{d}{2} + \ell_a \text{ mm}$
- $F = f \cdot n \text{ mm/menit}$

Keterangan:

d = diameter benda kerja

f = pemakanan dalam satu putaran (mm/putaran)

n = putaran benda kerja (Rpm)

ℓ = panjang pembubutan muka (mm)

ℓ_a = jarak star pahat (mm)

L = panjang total pembubutan muka (mm)

F = kecepatan pemakanan setiap (mm/menit)

Contoh soal 1:

Sebuah benda kerja dengan diameter terbesar (D)= 50 mm akan dibubut muka dengan jarak star pahat (ℓ_a)= 3 mm. Data parameter pemesinannya ditetapkan sebagai berikut: Putaran mesin (n)= 500 putaran/menit, dan pemakanan dalam satu putaran (f)= 0,06 mm/putaran.

Pertanyaannya adalah: Berapa waktu yang diperlukan untuk melakukan proses pembubutan muka sesuai data diatas, apabila pemakanan dilakukan satu kali pemakanan/proses ?.

Jawaban soal 1:

- $L = \frac{d}{2} + \ell_a = \frac{50}{2} + 3 = 28 \text{ mm}$
- $F = f \cdot n = 0,06 \times 500 = 30 \text{ mm/menit}$
- $t_m = \frac{L}{F} \text{ menit}$

$$= \frac{28}{30} = 0,94 \text{ menit}$$

Jadi waktu yang dibutuhkan untuk pembubutan muka sesuai data diatas adalah selama 0,94 menit.

Contoh soal 2:

Sebuah benda kerja dengan diameter terbesar (D)= 60 mm akan dibubut muka dengan jarak star pahat (ℓ_a)= 3 mm. Data parameter pemesinannya ditetapkan sebagai berikut: Kecepatan potong (C_s)= 35 meter/menit, dan pemakanan dalam satu putaran (f)= 0,08 mm/putaran.

Pertanyaannya adalah: Berapa waktu yang diperlukan untuk melakukan proses pembubutan muka sesuai data diatas, apabila pemakanan dilakukan satu kali pemakanan/proses ?.

Jawaban soal 2:

- $n = \frac{1000.C_s}{\pi.d}$
 $= \frac{1000.35}{3,14.60}$
 $= 185,774 \approx 186 \text{ Rpm}$
- $L = \frac{d}{2} + \ell_a = \frac{60}{2} + 3 = 33 \text{ mm}$
- $F = f.n = 0,08 \times 186 = 14,88 \text{ mm/menit}$
- $t_m = \frac{L}{F} \text{ menit}$
 $= \frac{33}{14,88} = 2,217 \text{ menit}$

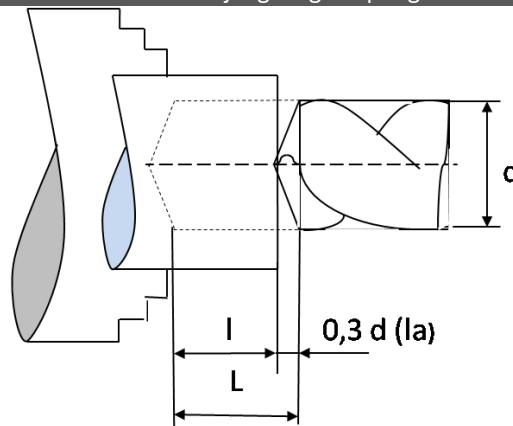
Jadi waktu yang dibutuhkan untuk pembubutan muka sesuai data diatas adalah selama 2,217 menit.

3) Waktu Pengeboran Pada Mesin Bubut

Perhitungan waktu pengeboran pada mesin bubut, pada prinsipnya sama dengan menghitung waktu pemesian bubut rata dan bubut muka. Perbedaannya hanya terletak pada jarak star ujung mata bornya. Pada gambar dibawah menunjukkan bahwa, panjang total pengeboran (L) adalah panjang pengeboran (ℓ) ditambah star awal mata bor ($\ell_a = 0,3 d$), sehingga: $L = \ell + 0,3d$ (mm). Untuk nilai kecepatan pemakanan (F) mengacu pada uraian sebelumnya $F = f.n$ (mm/putaran)

Gambar 2. 75

Panjang langkah pengeboran



Berdasarkan

prinsip-prinsip yang telah diuraikan diatas, maka perhitungan waktu pengeboran (t_m) dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Waktu pengeboran}(t_m) = \frac{\text{Panjang pengeboran}(L) \text{ mm}}{\text{Feed}(F) \text{ mm/menit}} \text{ Menit}$$

- $t_m = \frac{L}{F}$ (menit)
- $L = \ell + 0,3d$ (mm).
- $F = f.n$ (mm/putaran)

Keterangan:

ℓ = panjang pengeboran

L = panjang total pengeboran

d = diameter mata bor

n = putaran mata bor (Rpm)

f = pemakanan (mm/putaran)

Contoh soal 1:

Sebuah benda kerja akan dilakukan pengeboran sepanjang 28 mm dengan mata bor berdiameter 10 mm. Data parameter pemesinannya ditetapkan sebagai berikut: Putaran mesin (n)= 700 putaran/menit, dan pemakanan dalam satu putaran (f)= 0,04 mm/putaran.

Pertanyaannya adalah: Berapa waktu yang diperlukan untuk melakukan pengeboran pada mesin bubut sesuai data diatas, apabila pemakanan dilakukan satu kali pemakanan/proses ?.

Jawab soal 1 :

- $L = \ell + 0,3 d = 28 + (0,3 \cdot 10) = 31 \text{ mm}$
- $F = f \cdot n = 0,04 \times 700 = 28 \text{ mm/menit}$
- $t_m = \frac{L}{F} \text{ menit}$
 $= \frac{31}{28} = 1,107 \text{ menit}$

Jadi waktu yang dibutuhkan untuk pengeboran sesuai data diatas adalah selama 1,107 menit.

Contoh soal 2:

Sebuah benda kerja akan dilakukan pengeboran sepanjang 40 mm dengan mata bor berdiameter 10 mm. Data parameter pemesinannya ditetapkan sebagai berikut: Kecepatan potong (C_s)= 25 meter/menit, dan pemakanan dalam satu putaran (f)= 0,04 mm/putaran.

Pertanyaannya adalah: Berapa waktu yang diperlukan untuk melakukan pengeboran pada mesin bubut sesuai data diatas, apabila pemakanan dilakukan satu kali pemakanan/proses ?.

Jawab soal 2 :

- $n = \frac{1000.Cs}{\pi.d}$

$$= \frac{1000.25}{3,14.10}$$

$$= 796,178 \approx 796 \text{ Rpm}$$
- $L = \ell + 0,3 d = 28 + (0,3.10) = 31 \text{ mm}$
- $F = f.n = 0,04 \times 796 = 31,84 \text{ mm/menit}$
- $t_m = \frac{L}{F} \text{ menit}$

$$= \frac{31}{31,84} = 0,973 \text{ menit}$$

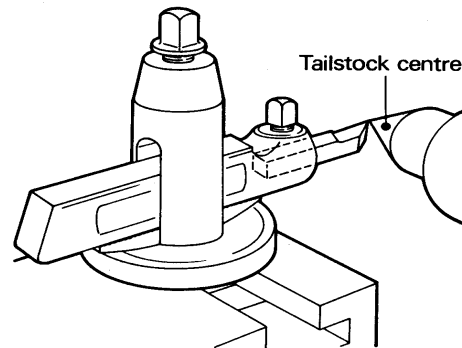
Jadi waktu yang dibutuhkan untuk pengeboran sesuai data diatas adalah selama 0,973 menit.

TEKNIK PEMBUBUTAN

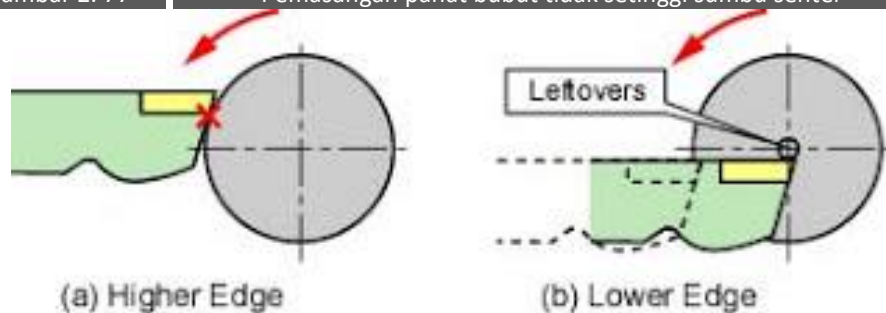
Yang dimaksud teknik pembubutan adalah, bagaimana cara melakukan berbagai macam proses pembubutan yang dilakukan dengan menggunakan prosedur dan tata cara yang dibenarkan oleh dasar-dasar teori pendukung yang disertai penerapan kesehatan, keselamatan kerja dan lingkungan (K3L), pada saat melaksanakan proses pembubutan. Banyak teknik-teknik pembubutan yang harus diterapkan dalam proses pembubutan diantaranya, bagaimana teknik pemasangan pahat bubut, mertakan permukaan, membuat lubang senter, membubut lurus, mengalur, mengulir, memotong, menhamper, mengkertel dll.

d. Pemasangan pahat bubut

Persyaratan utama dalam melakukan proses pembubutan adalah, pemasangan pahat bubut ketinggiannya harus sama dengan pusat senter. Persyaratan tersebut harus dilakukan dengan tujuan agar tidak terjadi perubahan geometri pada pahat bubut yang sedang digunakan (Gambar 2.76).



Perubahan geometri yang terjadi pada pahat bubut dapat merubah besarnya sudut bebas potong dan sudut buang tatalnya, sehingga akan berpengaruh terhadap hasil pembubutan menjadi kurang maksimal. Pada proses pembubutan permukaan/facing, bila pemasangan pahat bubutnya dibawah sumbu senter akan berakibat permukaannya tidak dapat rata, dan bila pemasangan pahat bubutnya diatas sumbu senter akan berakibat pahat tidak dapat memotong dengan baik karena sudut bebas potongnya tambah kecil (Gambar 2.77). Dampak-dampak lain akibat pemasangan pahat bubut tidak setinggi sumbu senter telah diuraikan pada materi sebelumnya.

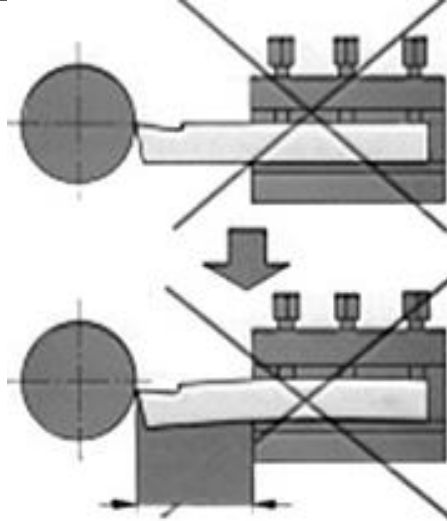


Untuk menghindari terjadinya perubahan ketinggian pahat bubut setelah dilakukan pemasangan, pada saat melakukan pengikatan harus kuat dan kokoh, selain itu untuk menghindari terjadinya getaran dan patahnya pahat akibat beban gaya yang diterima terlalu besar, maka pemasangan pahat tidak boleh terlalu menonjol keluar atau

terlalu panjang keluar dari dudukannya (maksimal dua kali persegiannya) – (Gambar 2.78).

Gambar 2. 78

Pemasangan pahat bubut terlalu panjang



e. Pembubutan Permukaan Benda Kerja (*Facing*)

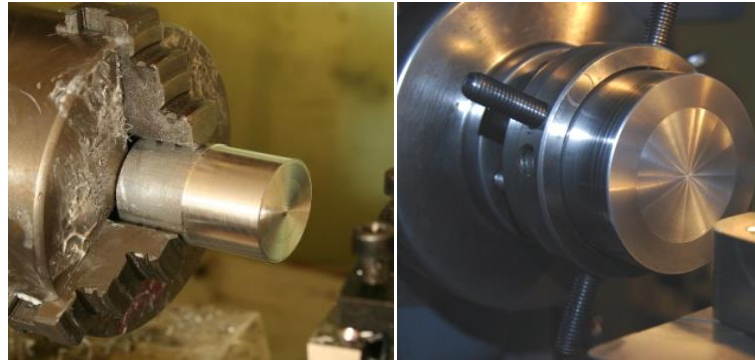
Membubut permukaan benda kerja adalah proses pembubutan pada permukaan ujung benda kerja dengan tujuan meratakan pada bidang permukaannya. Ada beberapa persyaratan yang harus dilakukan pada saat membubut permukaan diantaranya adalah:

1) Pemasangan Benda Kerja

Untuk pemasangan benda kerja yang memiliki ukuran tidak terlalu panjang, disarankan pemasangannya tidak boleh terlalu keluar atau menonjol dari permukaan rahang cekam (Gambar 2.79), hal ini dilakukan dengan tujuan agar benda kerja tidak mudah berubah posisinya/kokoh dan tidak terjadi getaran akibat tumpuan benda kerja terlalu jauh.

Gambar 2. 79

Pemasangannya benda kerja berukuran pendek sebelum dibubut permukaannya



Untuk benda kerja yang memiliki ukuran relatif panjang dan pada prosesnya tidak mungkin dipotong-potong terlebih dahulu, maka pada saat membubut permukaan harus ditahan dengan penahan benda kerja yaitu *steady rest* (Gambar 2.80).

Gambar 2. 80

Pemasangannya benda kerja berukuran panjang sebelum dibubut permukaannya



2) Proses Pembubutan Permukaan Benda Kerja (*Facing*)

Prinsip terjadinya pemotongan pada proses pembubutan adalah, apabila putaran benda kerja berlawanan arah dengan gerakan mata sayat alat potongnya. Maka dari itu berdasarkan prinsip tersebut, pada proses pembubutan permukaan benda kerja dapat dilakukan dari berbagai cara yaitu:

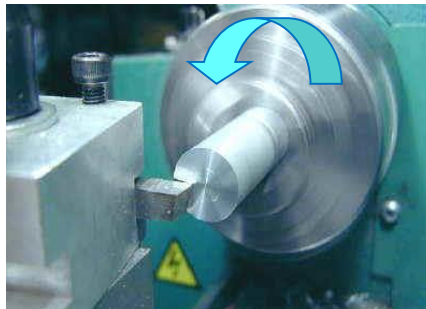
a) Posisi start pahat bubut dari sumbu senter benda kerja

Membubut permukaan benda kerja dengan start pahat bubut dari sumbu senter pengertiannya adalah, pembubutan permukaan diawali dari tengah

permukaan benda kerja atau sumbu senter (Gambar 2.81). Proses pembubutan facing dengan cara ini dapat dilakukan dengan catatan arah putaran mesin berlawanan arah jarum jam.

Gambar 2. 81

Pembubutan permukaan start pahat bubut diawali dari sumbu senter benda kerja

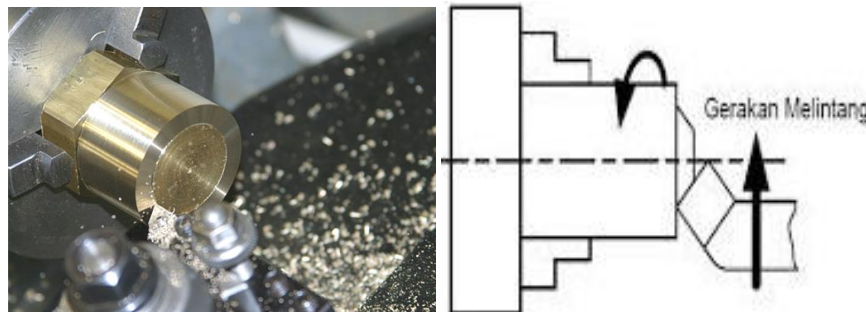


b) Posisi start pahat bubut dari luar bagian kiri benda kerja

Membubut permukaan benda kerja dengan start pahat bubut dari luar bagian kiri benda kerja pengertiannya adalah, pembubutan permukaan diawali dari luar bagian kiri benda kerja menuju sumbu senter (Gambar 2.82). Proses ini pembubutan facing dengan cara ini dapat dilakukan dengan catatan arah putaran mesin berlawanan arah jarum jam.

Gambar 2. 82

Pembubutan permukaan diawali dari luar bagian kiri benda kerja

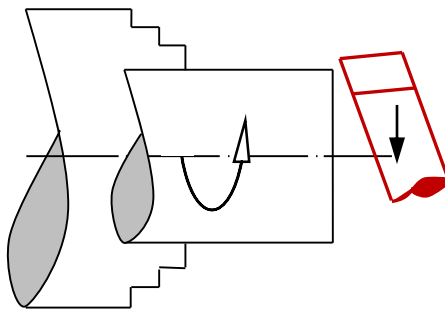


c) Posisi start pahat bubut dari luar bagian kanan benda kerja

Membubut permukaan benda kerja dengan start pahat bubut dari luar bagian kanan benda kerja pengertiannya adalah, pembubutan permukaan diawali dari luar bagian kanan benda kerja menuju sumbu senter (Gambar 2.83). Proses pembubutan facing dengan cara ini dapat dilakukan dengan catatan arah putaran mesin sarah jarum jam.

Gambar 2. 83

Pembubutan permukaan dari luar bagian kanan benda kerja



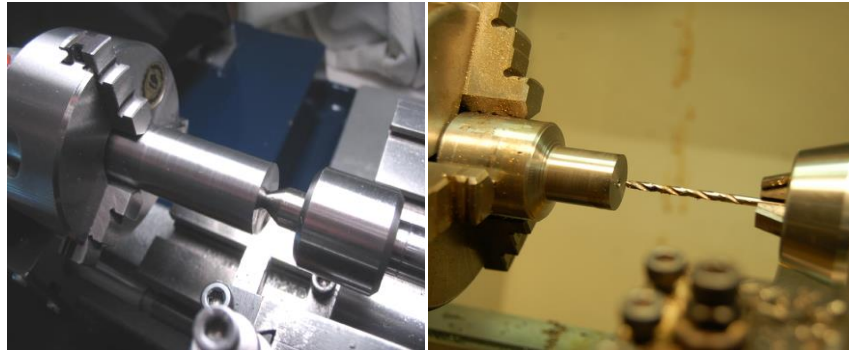
f. Pembubutan/Pembuatan Lubang Senter

Pembubutan/pembuatan lubang senter bor dengan bor senter (*centre drill*) pada permukaan ujung benda kerja (Gambar 2.84), tujuannya adalah agar pada ujung benda kerja memiliki dudukan apabila didalam proses pembubutannya memerlukan dukungan senter putar atau sebagai pengarah sebelum melakukan pengeboran (Gambar 2.85).

Gambar 2. 84

Pembubutan lubang senter pada permukaan ujung benda kerja





Untuk menghindari terjadinya patah pada ujung mata sayat bor senter akibat kesalahan prosedur, ada beberapa persyaratan dalam membuat lubang senter pada mesin bubut selain yang dipersyaratkan sebagaimana pada saat meratakan permukaan benda kerja yaitu penonjolan benda kerjanya tidak boleh terlalu panjang dan untuk benda kerja yang berukuran panjang harus ditahan dengan penahan benda kerja (*steady rest*), persyaratan lainnya adalah:

1) Sumbu Senter Spindel Mesin Harus Satu Sumbu Dengan Kepala Lepas

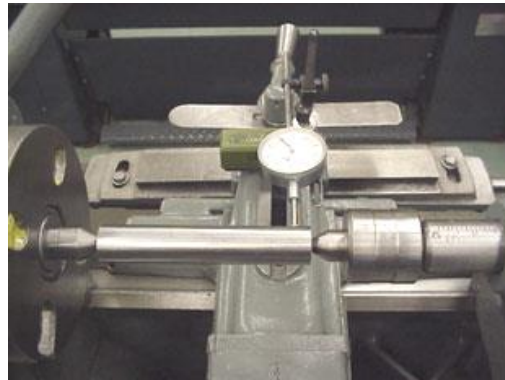
Persyaratan utama sebelum melakukan proses pembuatan lubang senter pada mesin bubut adalah, sumbu senter kepala lepas harus diseting kelurusannya/kesepusatannya terlebih dahulu dengan sumbu senter spindel mesin yang berfungsi sebagaiudukan atau pemegang benda kerja. Apabila kedua sumbu senter tidak lurus/sepusat, kemungkinan akan terjadi patah pada ujung senter bor lebih besar, karena pada saat bor senter digunakan akan mendapatkan beban gaya puntir yang tidak sepusat.

Seting atau menyetel kelurusan sumbu senter kepala lepas terhadap sumbu senter spindel mesin ada dua cara yaitu, apabila menghendaki hasil yang presisi adalah dengan cara menggunakan alat bantu batang pengetes dan dial indikator yang cara penggunaannya dapat dilihat pada (Gambar 2.86) dan apabila menghendaki hasil

yang tidak terlalu presisi/standar adalah dengan cara mempertemukan kedua ujung senter (Gambar 2.87).

Gambar 2. 86

Mengatur keseputan sumbu dengan alat bantu batang pengetes dan dial indikator



Gambar 2. 87

Mengatur keseputan sumbu senter dengan mempertemukan kedua ujung senter

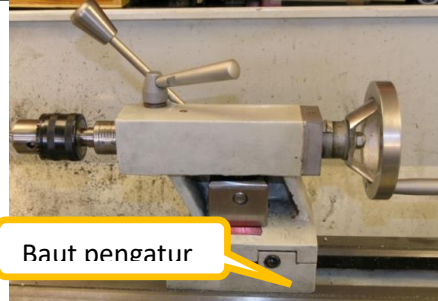


Didalam menyeting keseputan senter sumbu, apabila sumbu senter kepala lepas tidak sepusat/lurus dengan sumbu senter spindel mesin, caranya adalah dengan mengendorkan terlebih dahulu pengikat kepala lepas dari pengikatan meja mesin yaitu dengan mengendorkan baut pengencangnya atau handel yang telah tersedia, baru kemudian atur sumbu kepala lepas dengan menggeser arah kiri/kanan dengan mengatur baut yang ada pada sisi samping bagian bawah bodi

kepala lepas (Gambar 2.88), sampai mendapatkan kesepusatan kedua sumbu senternya.

Gambar 2. 88

Kepala lepas dan baut pengatur pergeseran



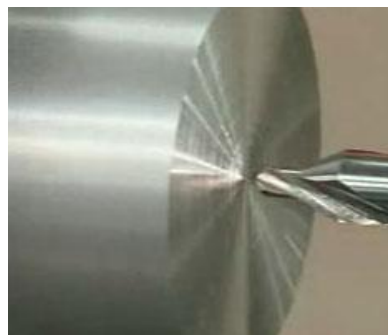
Kegiatan penyetelan sumbu senter ini, sekaligus dapat digunakan sebagai acuan pada saat melakukan proses pembubutan lainnny. Misalnya pada proses pembubutan lurus yang menggunakan penahan senter putar, pembubutan lurus diantara dua senter, pengeboran, perimeran atau pembubutan lainnya yang memerlukan kesepusatan kedua sumbu senter.

2) Permukaan harus benar-benar rata

Permukaan benda kerja sebelum dibuat lubang senter harus benar-benar rata terlebih dahulu atau dilakukan pembubutan muka atau facing (Gambar 2.89), dengan tujuan agar senter bor pada saat pemakaian awal menyentuh permukaan benda kerja tidak mendapat beban kejut dan gaya puntir yang diterima merata pada ujung mata sayatnya sehingga aman .

Gambar 2. 89

Permukaan benda kerja harus benar-benar rata selum pembuatan lubang senter

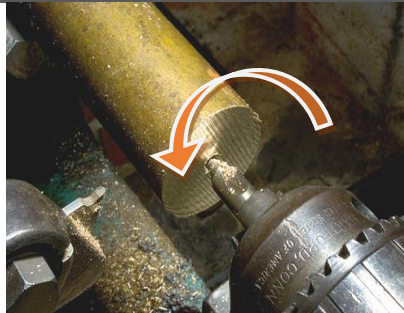


3) Putaran Mesin Harus Sesuai Ketentuan

Putaran mesin bubut pada saat pembuatan lubang senter bor harus sesuai ketentuan yaitu, selain besarnya putaran mesin harus sesuai dengan perhitungan arah putarannya tidak boleh terbalik (putaran mesin harus berlawanan arah jarum jam) - (Gambar 2.90).

Gambar 2. 90

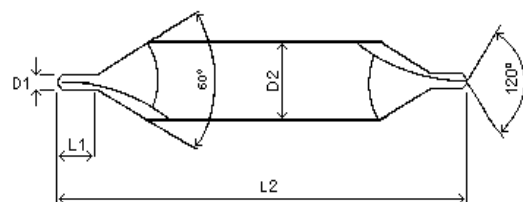
Putaran mesin bubut harus berlawanan dengan arah jarum jam



Perhitungan dalam menetapkan putaran mesin pada saat pembuatan lubang senter yang dijadikan acuan dasar perhitungan adalah diameter terkecil (D_1) pada ujung mata sayatnya. Sedangkan untuk kedalaman lubang senter bor tidak ada ketentuan/ketetapan yang baku yaitu tergantung digunakan untuk apa, sebagai pengarah pengeboran atau sebagaiudukan ujung senter putar yang berfungsi untuk menahan benda kerja pada saat dilakukan pembubutan. Untuk mengakomodasi kedua proses tersebut, maka pada umumnya kedalaman lubang senter bor dibuat antara $1/3$ s.d $2/3$ pada bagian tirus yang besar sudutnya 60° (Gambar 2.91).

Gambar 2. 91

Dimensi bor senter (centre drill) dan hasil pembubutan lubang senter bor



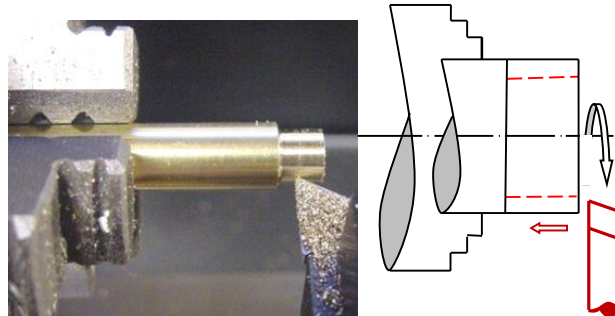
g. Pembubutan Lurus/Rata

Yang dimaksud pembubutan lurus adalah, proses pembubutan untuk mendapatkan permukaan yang lurus dan rata dengan diameter yang sama antara ujung satu dengan ujung lainnya.

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 (Gambar 2.92). Pengikatan benda kerja yang berukuran relatif panjang, pada bagian ujung yang menonjol keluar ditahan dengan senter putar (Gambar 2.93). 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 res*s (Gambar 2.94).

Gambar 2. 92

Pembubutan lurus dengan cekam mesin



Gambar 2. 93

Pembubutan lurus, benda kerja ditahan dengan senter putar



Gambar 2. 94

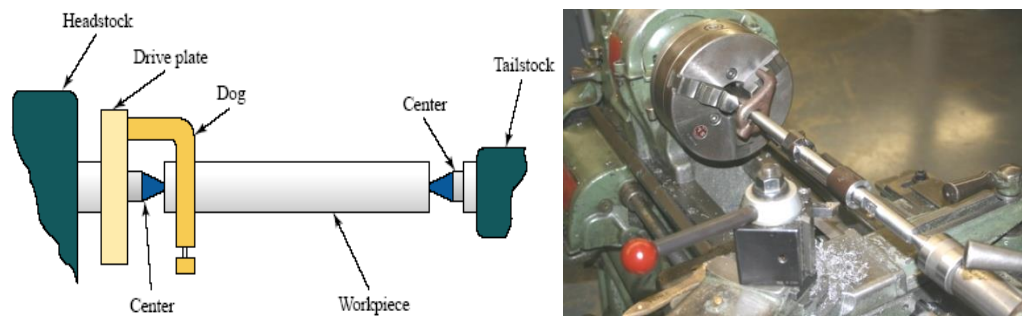
Pembubutan lurus benda kerja ditahan dengan senter putar dan tengahnya ditahan dengan *steady rest*

Ketiga cara pengikatan benda kerja tersebut diatas, adalah cara pembubutan lurus yang tidak dituntut kesepusatan dan kesejajaran diameternya dengan kedua lubang senter bornya. Apabila pada diameter benda kerja yang dituntut harus sepusat dan sejajar dengan kedua lubang senter bornya karena masih akan dilakukan proses

pemesinan berikutnya, maka pengikatannya harus dilakukan dengan cara diantara dua sentar (Gambar 2.95).

Gambar 2. 95

Pembubutan lurus diantara dua sentar



Untuk mendapatkan hasil pembubutan yang lurus terutama yang pengikannya menggunakan penahan sentar putar dan diantara dua sentar, yakinkan bahwa sumbu sentar kepala lepas harus benar-benar satu sumbu/sepusat dengan sumbu sentar spindel mesin, karena apabila tidak hasil pembubutannya akan menjadi tirus atau tidak lurus.

h. Pembubutan Tirus (*Taper*)

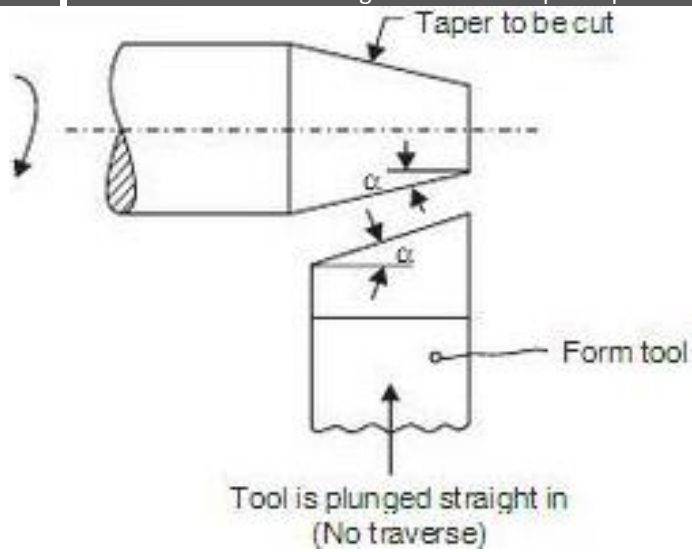
Yang dimaksud dengan pembubutan tirus adalah, proses pembubutan sebuah benda kerja dengan hasil ukuran diameter yang berbeda antara ujung satu dengan yang lainnya (Gambar 2.96). Perbedaan diameter tersebut tentunya ada unsur kesengajaan karena hasil ketirusannya akan digunakan untuk tujuan tertentu.



Proses pembubutan tirus pada prinsipnya sama dengan proses pembubutan lurus yaitu akan terjadi pemotongan apabila putaran mesin berlawanan arah dengan mata sayat pahat bubutnya, yang berbeda adalah dalam melakukan pemotongan gerakan pahatnya disetel atau diatur mengikuti sudut ketirusan yang dikehendaki pada benda kerja. Pembubutan tirus dapat dilakukan dengan berbagai cara diantaranya: Untuk pembubutan tirus yang pendek ukurannya panjangnya dengan cara membentuk pahat bubut (Gambar 2.97), untuk pembubutan tirus yang sedang ukuran panjangnya dengan cara menggeser eretan atas (Gambar 2.98), untuk pembubutan tirus bagian luar yang relatif panjang ukurannya dengan menggeser kedudukan kepala lepas (Gambar 2.99) dan untuk pembubutan tirus bagian luar/dalam yang relatif panjang ukurannya dengan menggunakan perlengkapan tirus/*taper attachment* (Gambar 2.100).

Gambar 2. 97

Pembubutan tirus dengan membentuk pahat pahat bubut



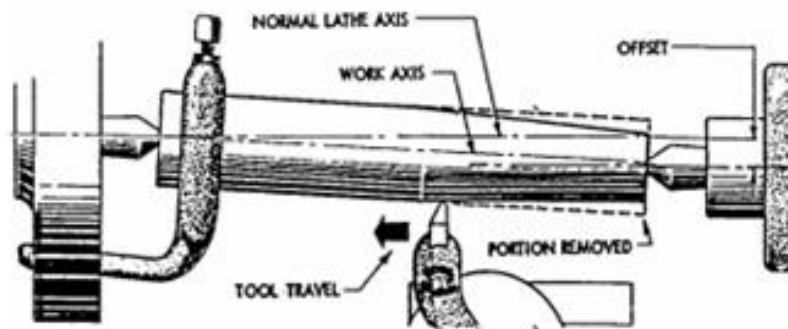
Gambar 2. 98

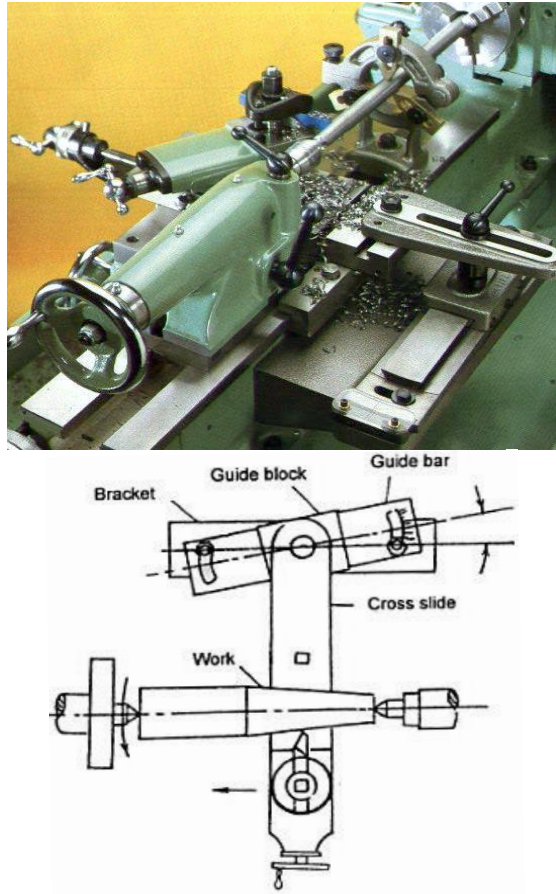
Pembubutan tirus dengan menggeser eretan atas



Gambar 2. 99

Pembubutan tirus dengan menggeser kedudukan kepala lepas

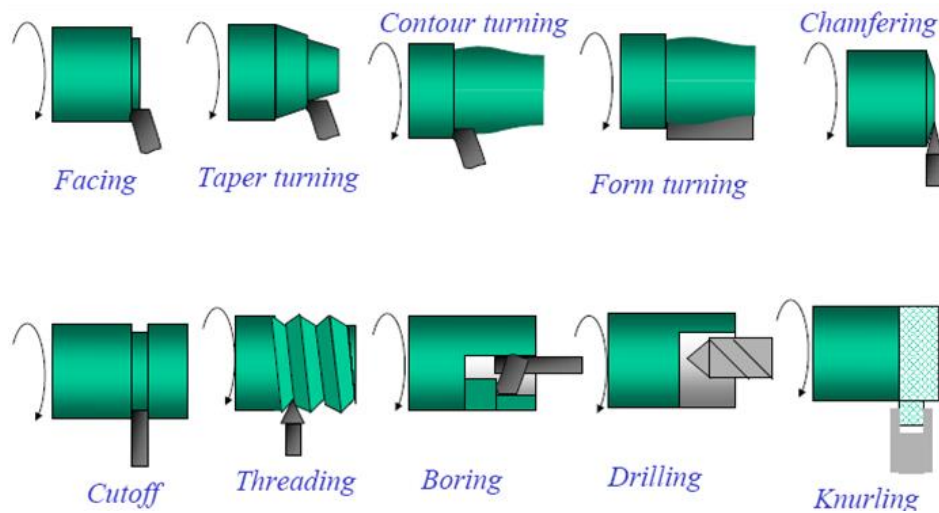




D. Aktivitas Pembelajaran

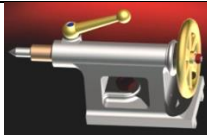
Tugas Pertama:

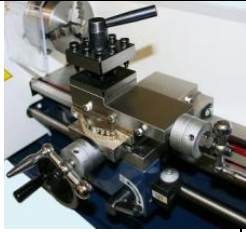
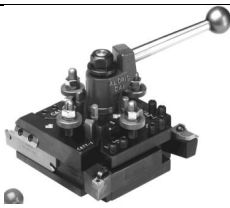
Amati proses pembubutan sebagaimana gambar dibawah. Selanjutnya jelaskan apa saja yang dapat dilakukan proses pembubutan apa saja yang dapat dilakukan pada mesin bubut standar.



Tugas Kedua:

Amati gambar bagian-bagian mesin yang terdapat pada tabel dibawah, selanjutnya sebutkan nama dan jelaskan fungsi atau kegunaannya.

No	Gambar Bagian-bagian Mesin Bubut Standar	Nama Bagian	Fungsi
1.			
2.			
3.			

4.			
5.			
6.			
7.			

Tugas Ketiga:

Amati gambar perlengkapan mesin bubut sebagaimana terdapat pada tabel dibawah, selanjutnya sebutkan nama dan jelaskan fungsi atau kegunaannya.

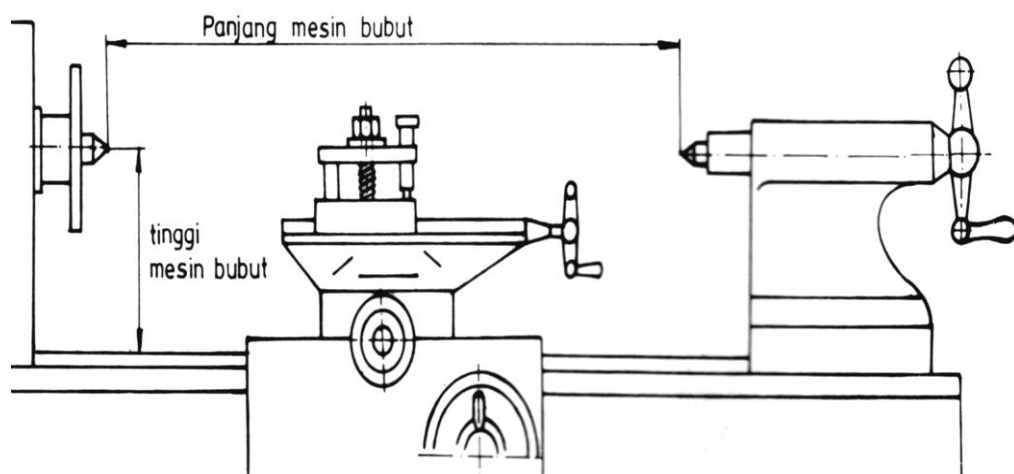
No	Gambar Perlengkapan Mesin Bubut Standar	Nama Perlengkap an	Funsgsi Perlengkapan
1.			

2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			

10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			

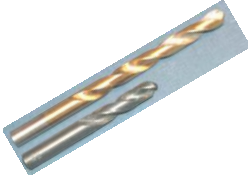
Tugas Keempat:

Amati mesin bubut berikut spesifikasinya pada gambar dibawah. Selanjutnya jelaskan dengan singkat spesifikasi utama pada mesin bubut standar.



Tugas kelima:

Amati gambar macam-macam yang terdapat pada tabel dibawah, selanjutnya sebutkan nama dan jelaskan fungsi atau kegunaannya.

No	Gambar Alat Potong Pada Bubut Standar	Nama Alat	Fungsi
8.			
9.			
10.			

11.			
12.			
13.			
14.			
15.			

Tugas Keenam:

a. Latihan Membubut Rata dan Bertingkat

1. Peralatan:

- Mesin bubut dan perlengkapannya
- Pahat bubut rata

- Mistar sorong

- Kikir halus

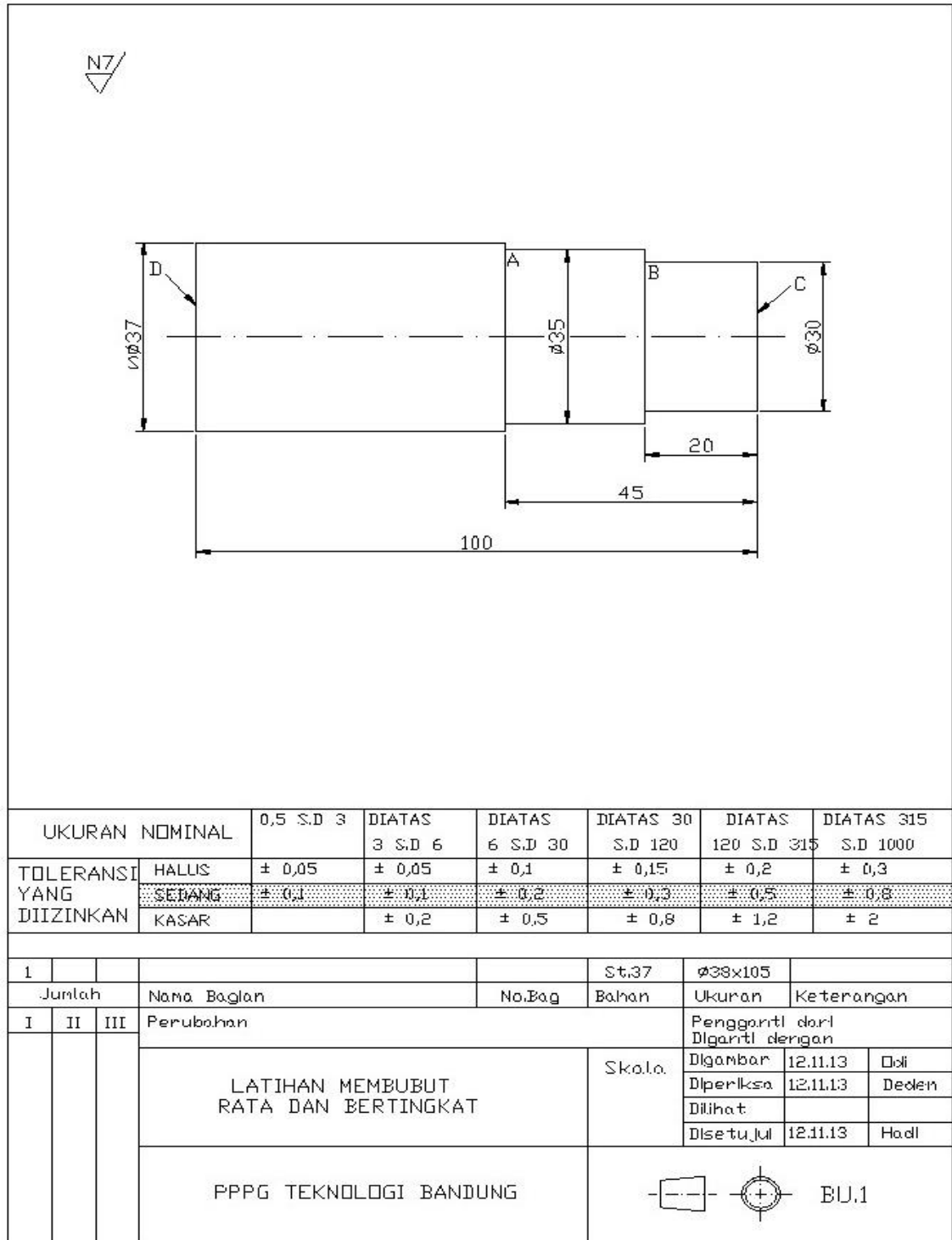
2. Bahan:

Baja lunak MS $\varnothing$ 1" x 196 mm

3. Keselamatan Kerja

- Periksa alat-alat sebelum digunakan
- Simpan peralatan pada tempat yang aman dan rapih selama dan sesudah digunakan
- Gunakan alat-alat keselamatan kerja pada sat praktikum
- Operasikan mesin sesuai SOP
- Pelajari gambar kerja, sbelum melaksanakan praktikum
- Laksanakan pengecekan ukuran secara berulang sebelum benda kerja dinilai

Gambar Kerja 1:



Lembar Penilaian Proses 1:

Tahapan	Uraian Kegiatan	Hasil Penilaian		Keterangan
		Ya	Tidak	
Persiapan	Memahami SOP			
	Menyiapkan alat keselamatan kerja			
	Menyiapkan gambar kerja			
	Menyiapkan mesin dan kelengkapannya			
	Menyiapkan alat potong sesuai kebutuhan kerja			
	Mengkondisikan lingkungan kerja			
Proses	Menerapkan SOP			
	Menerapkan prinsip-prinsip K3			
	Membaca dan memahami gambar kerja			
	Menyimpan perlengkapan mesin sesuai SOP			
	Menyimpan alat potong sesuai SOP			
	Menyimpan alat ukur sesuai SOP			
	Memasang dan menggunakan perlengkapan mesin sesuai SOP			
	Menggunakan alat potong sesuai SOP			
	Menggunakan alat ukur sesuai SOP			
	Menggunakan putaran mesin sesuai SOP			
	Menggunakan feding mesin sesuai SOP			
	Mengopersikan mesin sesuai SOP			
Akhir	Membersihkan dan merawat alat ukur			

Kegiatan	Membersihkan mesin dan perlengkapannya			
	Membersihkan merawat alat potong			
	Membersih lingkungan kerja dan sekitarnya			
	Memberi pelumas pada bagian mesin sesuai SOP			
SISWA:		GURU PEMBIMBING:		
Nama :		Nama :		
Tanda Tangan :		Tanda Tangan :		

Lembar Hasil Produk 1:

LEMBAR PENILAIAN MEMBUBUT RATA DAN BERTINGKAT			Kode :	
			Mulai tgl :	
			Waktu	Dicapai :
				Standard :
SUB KOMPONEN	Nilai		Keterangan	
	Maks	Yang dicapai		
UKURAN:				
Panjang 100	15			
Diameter 37	20			
Diameter 35	20			
Diameter 30	20			
Kesikuan bidang bertingkat	4			

Kesejajaran bidang (3 bidang)	6			
Kesepusatan	5			
Sub total	90			
TAMPILAN:				
Kehalusan permukaan N7 (5 bidang)	5			
Kerataan hasil facing	2			
Penyelesaian/finising	3			
Sub total	10			
TOTAL	100		Nilai hasil persentase:	Nilai akhir:
SISWA:		GURU PEMBIMBING:		
Nama :		Nama :		
Tanda Tangan :		Tanda Tangan :		

Soal Praktek 2 :

b. Latihan Membubut Tirus dan Champer

1. Peralatan:

- Mesin bubut dan perlengkapannya
- Pahat bubut rata dan champer
- Mistar sorong
- Kikir halus

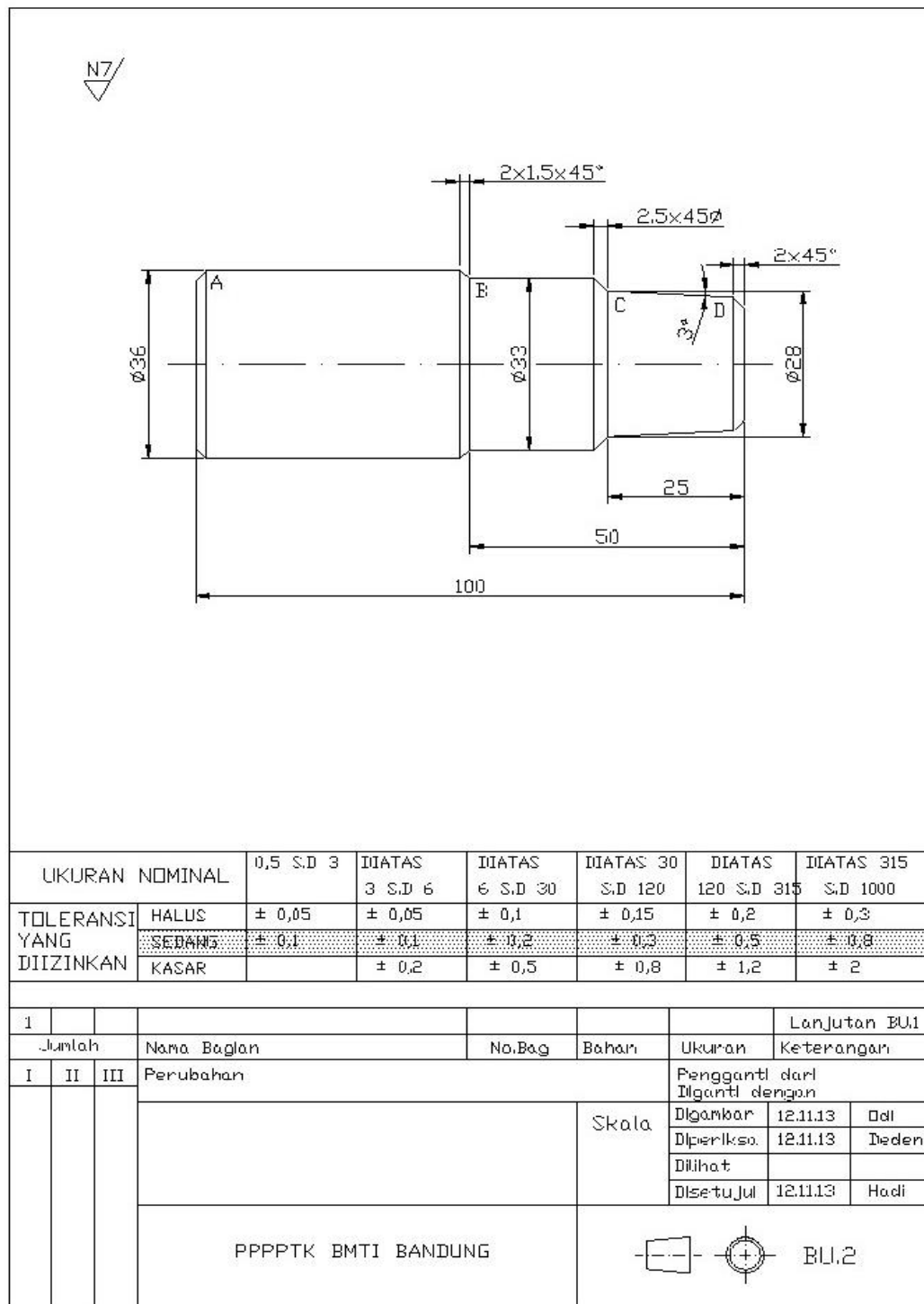
2. Bahan:

Baja lunak MS $\varnothing$ 1" x 196 mm

3. Keselamatan Kerja

- Periksa alat-alat sebelum digunakan
- Simpan peralatan pada tempat yang aman dan rapih selama dan sesudah digunakan
- Gunakan alat-alat keselamatan kerja pada sat praktikum
- Operasikan mesin sesuai SOP
- Pelajari gambar kerja, sbelum melaksanakan praktikum
- Laksanakan pengecekan ukuran secara berulang sebelum benda kerja dinilai

Gambar Kerja 2:



Penilaian Hasil Proses 2:

Tahapan	Uraian Kegiatan	Hasil Penilaian		Keterangan
		Ya	Tidak	
Persiapan	Memahami SOP			
	Menyiapkan alat keselamatan kerja			
	Menyiapkan gambar kerja			
	Menyiapkan mesin dan kelengkapannya			
	Menyiapkan alat potong sesuai kebutuhan kerja			
	Mengkondisikan lingkungan kerja			
Proses	Menerapkan SOP			
	Menerapkan prinsip-prinsip K3			
	Membaca dan memahami gambar kerja			
	Menyimpan perlengkapan mesin sesuai SOP			
	Menyimpan alat potong sesuai SOP			
	Menyimpan alat ukur sesuai SOP			
	Memasang dan menggunakan perlengkapan mesin sesuai SOP			
	Menggunakan alat potong sesuai SOP			
	Menggunakan alat ukur sesuai SOP			
	Menggunakan putaran mesin sesuai SOP			
	Menggunakan feeding mesin sesuai SOP			
	Mengoperasikan mesin sesuai SOP			
Akhir Kegiatan	Membersihkan dan merawat alat ukur			
	Membersihkan mesin dan perlengkapannya			

	Membersihkan merawat alat potong			
	Membersih lingkungan kerja dan sekitarnya			
	Memberi pelumas pada bagian mesin sesuai SOP			
SISWA:		GURU PEMBIMBING:		
Nama :		Nama :		
Tanda Tangan :		Tanda Tangan :		

Penilaian Hasil Produk 2:

LEMBAR PENILAIAN MEMBUBUT RATA DAN BERTINGKAT			Kode :	
			Mulai tgl :	
			Waktu	Dicapai : Standard :
SUB KOMPONEN	Nilai Maks. Yang dicapai		Keterangan	
UKURAN:				
Ø 36	12			
Ø 33	12			
Ø 28	12			
Panjang 50	12			
Panjang 25	12			
Champer 2,5x45°	4			
Champer 2x45°	4			
Champer 1,5x45° (2 buah)	8			
Sudut 3°	14			

Sub total	90			
TAMPILAN:				
Kehalusan permukaan N7 (5 bidang)	5			
Kehalusan permukaan champer N7 (4 bidang)	4			
Penyelesaian/finising	1			
Sub total	10			
TOTAL	100		Nilai hasil persentase:	Nilai akhir:
SISWA:		GURU PEMBIMBING:		
Nama :		Nama :		
Tanda Tangan :		Tanda Tangan :		

E. Rangkuman

Fungsi Mesin Bubut Standar:

Mesin bubut standar berfungsi untuk membuat/memproduksi benda-benda berpenampang silindris, diantaranya dapat membubut poros lurus, menchamper,

mengalur, mengulir, mengebor, memperbesar lubang, mereamer, mengkartel, memotong dll.

Bagian Utama Mesin Bubut Standar:

Bagian utama mesin bubut diantaranya: Kepala tetap, kepala lepas, alas/meja mesin, eretan transportir, sumbu utama, tuas, pelat tabel, dan penjepit pahat.

- 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*)
- Kepala lepas, digunakan sebagaiudukan senter putar (*rotary centre*), senter tetap, cekam bor (*chuck drill*) dan mata bor bertangkai tirus yang pemasangannya dimasukkan pada lubang tirus (*sleeve*) kepala lepas.
- Alas/meja mesin, digunakan sebagai tempat kedudukan kepala lepas, eretan, penyangga diam (*steady rest*) dan merupakan tumpuan gaya pemakanan pada waktu pembubutan.
- 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 menajau spindle mesin, secara manual atau otomatis sepanjang meja/alas mesin dan sekaligus sebagaiudukan eretan melintang.
 - Eretan melintang (*cross carriage*), berfungsi untuk melakukan gerakan pemakanan arah melintang mendekati atau menjau sumbu senter, secara manual/otomatis dan sekaligus sebagaiudukan eretan atas.
 - Eretan atas (*top carriage*), berfungsi untuk melakukan pemakanan secara manual kearah sudut yang dikehendaki sesuai penyetelannya.
- Poros Transportir dan Poros Pembawa
 - Poros transportir adalah sebuah poros berulir berbentuk segi empat atau trapesium dengan jenis ulir whitehworth (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.
- Tuas/Handel terdiri pada mesin bubut standar terdiri dari beberapa diantaranya, tuas pengatur putaran mesin, kecepatan pemakanan dan pembalik arah putaran.
- Penjepit/pemegang pahat (*Tools Post*) digunakan untuk menjepit atau memegang pahat.

Perlengkapan Mesin Bubut Standar:

Perlengkapan mesin bubut diantaranya, Alat pecekam benda kerja, alat pembawa , alat penyangga/penahan dan alat bantu pengeboran.

- Alat pecekam benda kerja

Alat pecekam benda kerja terdiri dari cekam (*chuck*) dan cekam kolet (*collet chuck*).

- Cekam adalah salahsatu alat perlengkapan mesin bubut yang penggunaannya dipasang pada spindle utama mesin, digunakan untuk menjepit/mengikat benda kerja pada proses pembubutan.
- Cekam kolet adalah salahsatu kelengkapan mesin bubut yang berfungsi untuk menjepit/mencekam benda kerja yang memiliki permukaan relatif halus dan berukuran kecil.

- Alat pembawa

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

- Alat penyangga/penahan

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

- Penyangga adalah salah satu alat pada mesin bubut yang digunakan untuk menahan benda kerja yang memiliki ukuran relatif panjang. Alat ini ada dua jenis yaitu, penyangga tetap (*steady rest*) dan penyangga jalan (*follow 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.

- Senter 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)

- **Alat bantu pengeboran**

Yang dimaksud alat bantu pengeboran adalah alat yang digunakan untuk mengikat alat potong bor termasuk rimer, konterbor, dan kontersing pada proses pembubutan. Ada dua jenis yaitu, cekam bor dengan kunci dan cekam bor tanpa pengunci (*keyless chuck drill*).

- **Spesifikasi mesin bubut standar**

Dimensi mesin bubut ditentukan oleh panjang jarak antara ujung senter kepala lepas dengan senter kepala tetap dan tinggi antara meja mesin dengan senter tetap.

Macam Alat Potong Pada Mesin Bubut:

Selain pahat bubut, terdapat beberapa macam alat potong yang digunakan pada mesin bubut diantaranya:

- **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*).

- **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.

- **Kontersing (*Countersink*)**

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

- **Konterbor (*Counterbor*)**

Konterbor (*counterbor*) adalah salah satu alat potong pada mesin bubut yang berfungsi untuk membuat lubang bertingkat. Hasil lubang bertingkat berfungsi sebagai dudukan 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.

- **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.

- **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 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.

Pahat Bubut:

Pahat bubut merupakan salahsatu 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.

1. 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 memilki performa yang baik misalnya, bagaimana ketahanan terhadap gesekan, ketahanan terhadap panas, ketahanan terhadap benturan dll.

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).

2. Proses Pembuatan Pahat Bubut

Untuk mendapatkan kualitas hasil produk pahat bubut yang standar, tahapan proses pembuatannya harus sesuai prosedur yang telah ditetapkan. Tahapannya

pembuatan pahat bubut sebagai berikut:

- 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 pemesian 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.

F. Tes Formatif

Jawablah soal dibawah ini dengan memilih salah satu jawaban yang dianggap paling benar dengan memberi tanda **(X)**.

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. Yang bukan termasuk bagian utama mesin bubut adalah....

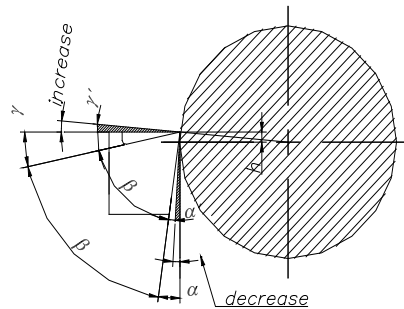
- a. Kepala lepas
 - b. Kepala tetap
 - c. Senter tetap
 - d. Eretan
4. Bagian utama mesin bubut yang berfungsi sebagaiudukan rumah pahat adalah....
- a. Eretan atas
 - b. Eretan melintang
 - c. Eretan memanjang
 - d. Eretan
5. Yang bukan termasuk perlengkapan mesin bubut adalah....
- a. Pelat pembawa
 - b. Kolet
 - c. Eretan memanjang
 - d. Cekam
6. 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
7. *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 pengecaman benda kerja dengan *independent chuck* dari pada *self centering chuck* adalah....
- b. Dapat distel kesentrisannya
 - c. Dapat dipasang lebih mudah
 - d. Lebih presisi/baik hasilnya
 - e. Lebih mudah penyayatannya
10. Yang menjadi acuan dalam menentukan dimensi mesin bubut ...
- a. Panjang jarak antara ujung pusat senter kepala lepas dengan ujung pusat senter kepala tetap dan tinggi jarak antara pusat senter dengan eretan memanjang
 - b. Panjang jarak antara ujung pusat senter kepala lepas dengan ujung pusat senter kepala tetap dan tinggi jarak antara pusat senter dengan eretan lintang
 - c. Panjang jarak antara ujung pusat senter kepala lepas dan ujung pusat senter kepala tetap dan tinggi jarak antara pusat senter kepala tetap dengan bodi mesin
 - d. Panjang jarak antara ujung pusat senter kepala lepas dengan ujung pusat senter kepala tetap dan tinggi jarak antara pusat senter dengan meja mesin
11. Sudut bebas (*clearance angle*) pada pahat bubut berfungsi untuk....
- a. Mempermudah penusukan/penyayatan
 - c. Meningkatkan kekuatan alat potong
 - a. Mencegah terjadinya gesekan antara alat potong dengan benda kerja secara berlebihan
 - b. Mencegah terjadinya gesekan antara alat potong dengan benda kerja
12. 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
13. Sudut garuk (*rake angle*) pada pahat bubut berfungsi untuk....

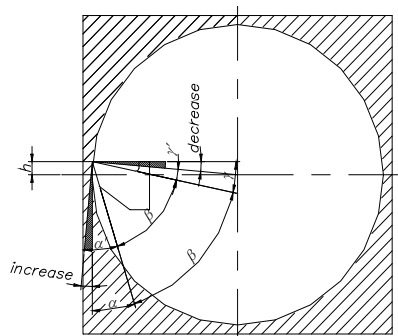
- a. Mempermudah penusukan/penyayatan
 - b. Meningkatkan kekuatan alat potong
 - c. Mencegah terjadinya gesekan antara alat potong dengan benda kerja secara berlebihan
 - d. Mencegah terjadinya gesekan antara alat potong dengan benda kerja
14. Jenis material alat potong/pahat bubut paling keras, yang digunakan untuk pengerjaan finishing dan presisi adalah....
- a. Baja perkakas paduan tinggi
 - b. Baja Kecepatan Tinggi
 - c. Diamond
 - d. Keramik
15. Jenis pahat ISO yang berfungsi untuk pembesaran lubang tak tembus adalah...
- a. ISO 9
 - b. ISO 8
 - c. ISO 7
 - d. ISO 6
16. Fungsi pahat ISO 7 adalah...
- a. Untuk pembubutan memanjang dengan plan angle 75° .
 - b. Untuk pembubutan memanjang dan melintang dengan plan angle 45° .
 - c. Untuk pembubutan memanjang dan melintang (menjauh dari center) dengan plan angle 93° .
 - d. Untuk pembubutan alur menuju center dengan plan angle 0° .
17. Jenis pahat bubut metris memiliki sudut.....
- a. 45°
 - b. 30°
 - c. 60°
 - d. 55°
18. Jenis pahat bubut whitworth memiliki sudut.....
- a. 45°
 - b. 55°

- c. 60°
- d. 30°

19. Pemasangan pahat bubut diatas pusat senter benda kerja pada proses pengerjaan luar sebagaimana gambar dibawah, akan berdampak pada perubahan sudut yaitu....



- a. Sudut bebas (γ) menjadi lebih kecil dan sudut garuk (β) menjadi lebih besar
 - b. Sudut bebas (α) menjadi lebih kecil dan sudut garuk (γ) menjadi lebih besar
 - c. Sudut bebas (β) menjadi lebih besar dan sudut garuk (γ) menjadi lebih kecil
 - d. Sudut bebas (α) menjadi lebih besar dan sudut garuk (γ) menjadi lebih kecil
20. Pemasangan pahat bubut diatas pusat senter benda kerja pada proses pengerjaan dalam sebagaimana gambar dibawah, akan berdampak pada perubahan sudut yaitu....



- a. Sudut bebas (γ) menjadi lebih kecil dan sudut garuk (β) menjadi lebih besar
- b. Sudut bebas (α) menjadi lebih kecil dan sudut garuk (γ) menjadi lebih besar
- c. Sudut bebas (β) menjadi lebih besar dan sudut garuk (γ) menjadi lebih kecil
- d. Sudut bebas (α) menjadi lebih besar dan sudut garuk (γ) menjadi lebih kecil

G. Kunci Jawaban

Kunci jawaban untuk membantu peserta mempelajari soal dan membaca materi diatas, sehingga jawaban dilengkapi oleh peserta diklat.

1. a
2. d
3. a
4. a
5. ...
6. ...

Kegiatan Pembelajaran 3 Pemesinan Frais

A. Tujuan

Indikator pencapaian kompetensi, peserta mampu::

- a. Menjelaskan fungsi mesin frais
- b. Menyebutkan dan menjelaskan macam-macam mesin frais dan fungsinya
- c. Menyebutkan dan menjelaskan bagian-bagian utama mesin frais
- d. Menyebutkan dan menjelaskan perlengkapan mesin frais
- e. Menjelaskan ukuran mesin frais
- f. Menggunakan mesin frais standar sesuai SOP

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Indikator pencapaian kompetensi peserta diklat menganalisa cara kerja mesin frais dan peralatan pembantu sesuai SOP dan mengoperasikan mesin frais sesuai SOP

C. Uraian Materi

MESIN FRAIS

Mesin frais adalah salahsatu jenis mesin perkakas yang dapat digunakan untuk mengerjakan berbagai bentuk komponen sesuai tuntutan pekerjaan, dengan menggunakan pisau frais sebagai alat potongnya.

Apabila dilihat dari cara kerjanya, mesin frais termasuk mesin perkakas yang mempunyai gerak utama berputar. Pisau dipasang pada sumbu/arbor mesin yang didukung dengan alat pendukung arbor. Jika arbor mesin diputar oleh motor, maka pisau frais ikut berputar. Arbor mesin dapat berputar ke kanan atau ke kiri, sedangkan banyaknya putaran diatur sesuai dengan kebutuhan.

a. Fungsi Mesin Frais

Dengan berbagai kemungkinan gerakan meja mesin frais, mesin ini dapat digunakan untuk membentuk berbagai bentuk bidang diantaranya: rata datar, miring/ menyudut, siku, sejajar, alur lurus/miring, dan segi-segi beraturan atau tidak beraturan.

Selain itu untuk jenis mesin frais universal, dengan kelengkapan dan berbagai jenis serta bentuk alat potongnya , juga dapat digunakan untuk membuat berbagai jenis roda gigi (lurus, helik, payung, cacing), nok/eksentrik dan ulir scolor (ulir pada bidang datar) dan ulir cacing yang mempunyai kisar besar.

b. Macam-macam Mesin Frais

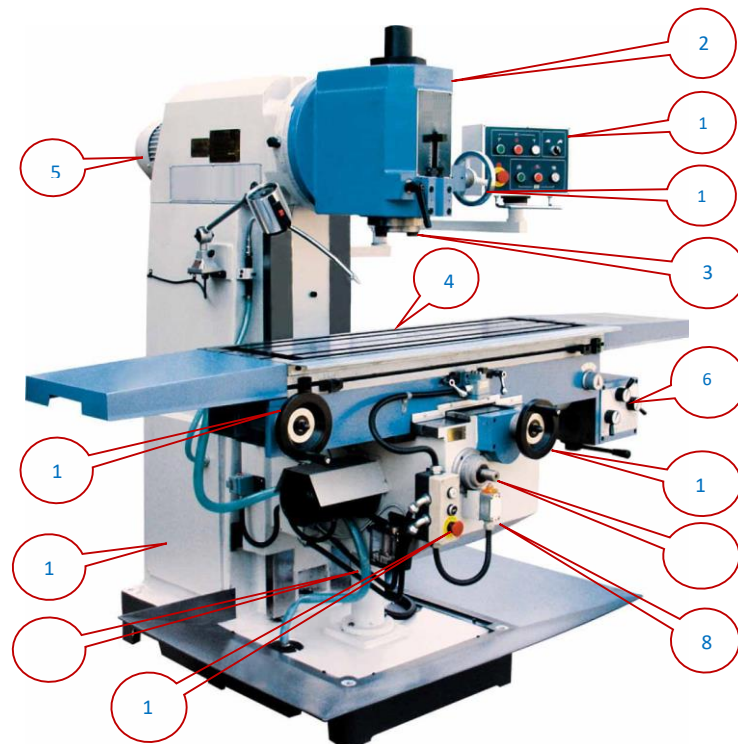
Mesin frais apabila dilihat dari posisi spindelnya, dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu, mesin frais tegak (vertikal) dan mesin frais mendatar (horisontal)

1) Mesin frais tegak (vertikal)

Mesin frais tegak adalah mesin frais yang memiliki spindel pada posisi tegak (vertikal). Gerakan mejanya dapat bergerak ke arah memanjang (*longitudinal*) dan melintang (*cross slide*) serta naik turun (Gambar 2.1).

Gambar 3. 1

Mesin frais tegak

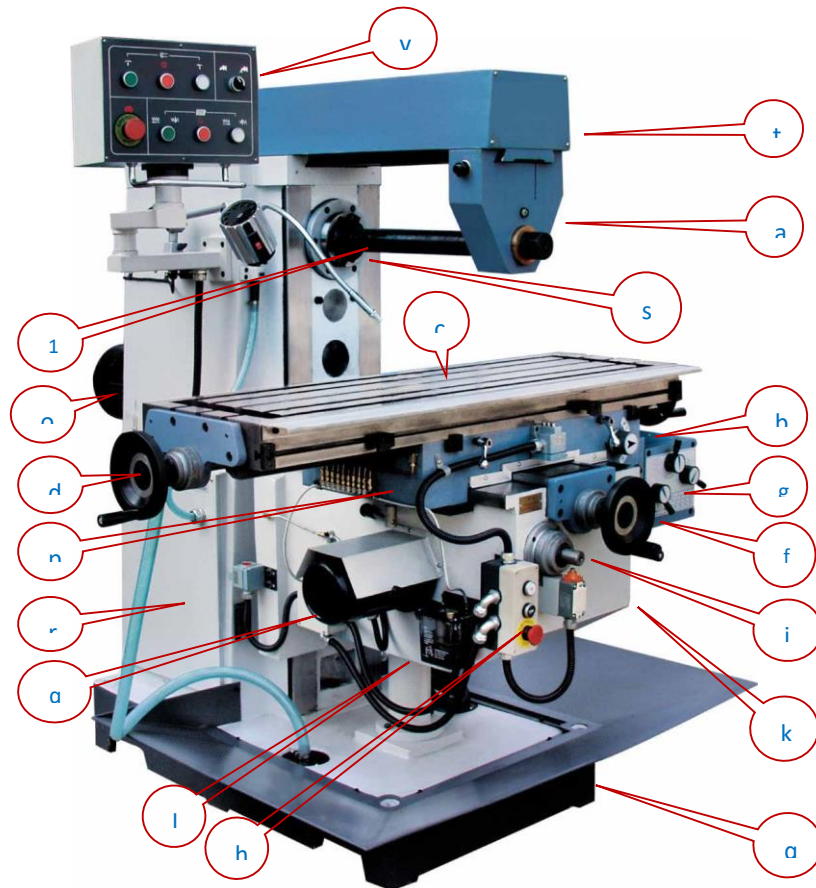


Keterangan:

- | | |
|-------------------------|--|
| 1. Kolom/bodi | 8. Lutut/knee |
| 2. Kepala spindel | 9. Poros penggerak naik/turun meja |
| 3. Spindel | 10. Handel gerak memanjang |
| 4. Meja/bed | 11. Handel ke arah melintang |
| 5. Meja | 12. Handel pengatur naik/turun spindel |
| 6. Gear box feeding | 13. Switch On-Off motor spindel |
| 7. Pendukung lutut/knee | 14. Switch On-Off motor otomatis |

2) Mesin frais mendatar/horizontal (*Plane Milling Machine*)

Mesin frais mendatar/horizontal adalah suatu jenis mesin frais dengan kedudukan arbornya dipasang pada spindel mesin posisi mendatar (Gambar 1.3). Dengan demikian pemasangan alat potongnya/pisau juga harus pada posisi mendatar, sehingga hanya pada saat melakukan pemotongan hanya dapat menggunakan jenis pisau mantel/helik (*plane milling cutter*). Gerakan mejanya dapat bergerak ke arah memanjang (*longitudinal*) dan melintang (*cross slide*) serta naik turun.



Keterangan:

- | | |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| a. Lengan penahan arbor | l. Pendukung lutut |
| b. Tuas otomatis meja memanjang | m. Alas bodi |
| c. Meja/ <i>bed machine</i> | n. Tuas pengunci sadel |
| d. Handel penggerak memanjang | o. Motor penggerak spindel |
| e. Tuas pengunci meja mesin | p. Dudukan meja/ <i>bede machine</i> |
| f. Handel penggerak meja melintang | q. Motor penggerak otomatis |
| g. Gear box feeding | r. Tiang (<i>colom</i>) |
| h. Tombol ON-OFF motor otomatis | s. Spindel mesin |

- | | |
|------------------------------------|--------------------------|
| i. Poros pengatur naik/ turun meja | t. Lengan mesin |
| j. Engkol untuk ke arah naik turun | u. Lengan penahan arbor |
| k. Lutut/knee | v. Tombol ON-OFF spindel |

3) Mesin frais universal (*Universal Milling Machine*)

Mesin frais universal adalah suatu jenis mesin frais yang memiliki kedudukan arbor yang dapat dipasang pada spindel posisi mendatar dan juga dapat dipasang pada posisi tegak, karena pada umumnya disediakan spindel kepala tegak. Dengan demikian pemasangan alat potongnya/pisau dapat dilakukan pada posisi mendatar dan juga vertikal, sehingga tidak hanya menggunakan jenis alat potong atau pisau mantel/helik (*Plain milling cutter*) saja, akan tetapi juga dapat menggunakan jenis alat potong lainnya yang dipasang pada posisi tegak. Selain itu mesin frais universal memiliki ciri/tanda, yaitu mejanya dapat digeser pada derajat tertentu untuk memfasilitasi pada saat melakukan pengefraisan helik.

Berdasarkan uraian diatas maka, bagian-bagian mesin frais universal adalah gabungan antara mesin frais horizontal dan mendatar, hanya ditambah meja mesinnya dapat digeser (*swivel bed*) - (Gambar1.4), sehingga bagian-bagian mesin frais universal tidak perlu diuraikan/ disebutkan lagi .

Gambar 3. 3

Mesin frais universal



Mesin frais tipe lain yang banyak digunakan di industri berdasarkan fungsi penggunaannya, antara lain: mesin frais copy (*Copy milling machine*), mesin frais hobbing, mesin frais tusuk/*stick*, mesin frais grafir (*gravier*), mesin frais planer, dan mesin frais CNC.

a) Mesin frais copy

Mesin frais copy merupakan mesin milling yang digunakan untuk mengerjakan bentukan yang rumit. Maka dibuat master / mal yang dipakai sebagai referensi untuk membuat bentukan yang sama.

Mesin ini dilengkapi 2 head mesin yang fungsinya sebagai berikut :

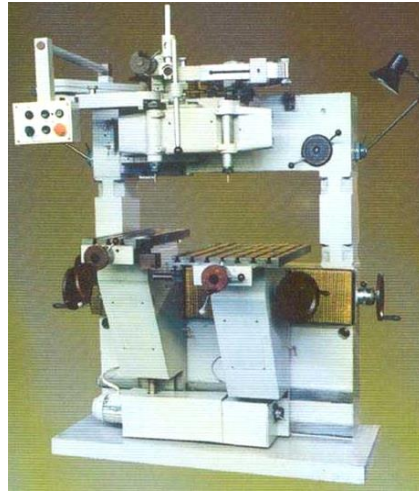
- Head yang pertama berfungsi untuk mengikuti bentukan masternya.
- Head yang kedua berfungsi memotong benda kerja sesuai bentukan masternya.

Antara head yang pertama dan kedua dihubungkan dengan menggunakan sistem hidrolik. Sistem referensi pada waktu proses pengerjaan adalah sebagai berikut :

- Sistem menuju satu arah, yaitu tekanan guide pada head pertama ke arah master adalah 1 arah.
- Sistem menuju 1 titik, yaitu tekanan guide tertuju pada satu titik dari master.

Gambar 3. 4

Mesin milling copy



b) Mesin Frais Hobbing (*Hobbing Milling Machine*)

Mesin frais hobbing adalah salah satu jenis mesin frais yang dikhususkan untuk membuat bermacam-macam bentuk roda gigi (*gear*) diantaranya roda gigi lurus, helik, cacing dll. Alat potong yang digunakan memiliki bentuk yang spesifik dan profil gigi (*evolvente*) yang standar, sehingga menghasilkan roda gigi yang lebih presisi jika dibandingkan dengan hasil roda gigi yang dibuat pada mesin frais universal.

Gambar 3. 5

Mesin frais hobbing



c) Mesin frais tusuk/*stick*

Mesin frais tusuk/*stick* biasanya digunakan untuk membuat alur pasak pada lubang yang berpasangan dengan poros, membuat roda gigi dalam dll.

d) Mesin frais gravir

Mesin farais grafir digunakan untuk membuat gambar atau tulisan dengan ukuran yang dapat diatur sesuai keinginan dengan skala tertentu.

Gambar 3. 6

Mesin milling gravier

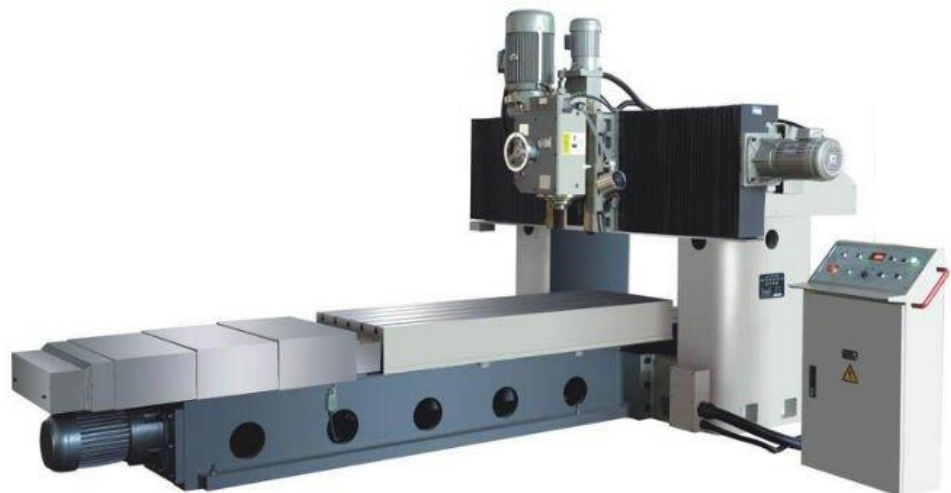


e) *Milling Planer Machine*

Milling planer machine merupakan salahsatu mesin frais yang biasa digunakan untuk memotong permukaan (*face cutting*) dengan benda kerja yang besar dan berat.

Gambar 3. 7

Milling planer machine



f) Mesin frais CNC

Mesin frais CNC digunakan untuk mengerjakan benda kerja dengan yang bentukannya lebih kompleks dan bersifat masl. Semua control menggunakan sistem electronic yang kompleks, untuk itu dibutuhkan operator yang ahli untuk menjalankan mesin ini.

Gambar 3. 8

Mesin frais CNC



ALAT POTONG MESIN FAIS

Terdapat berbagai jenis alat potong yang digunakan untuk melakukan pemotongan pada proses pengefraisan. Produk/benda kerja hasil pengefraisan ditentukan oleh jenis alat potong/ pisau frais yang digunakan pada saat melakukan proses pemotongan.

c. Macam-macam Pisau Frais

Adapun macam-macam pisau frais yang sering digunakan pada proses pengefraisan adalah sebagai berikut:

1) Pisau Frais Mantel (*Plane Milling Cutter*)

Pisau frais mantel pada umumnya digunakan untuk mengefrais bidang yang lebar dan rata. Pisau jenis ini apabila dilihat dari arah mata sayat/heliknya terbagi menjadi dua yaitu, pisau frais mantel helik kanan dan pisau frais mantel helik kiri. Disebut helik kanan karena arah mata sayatnya mengarah kekanan (Gambar 3.9) dan disebut helik kiri karena arah mata sayatnya mengarah ke kiri (Gambar 3.10).

Gambar 3. 9

Pisau frais mantel (*plane milling cutter*) helik kanan



Gambar 3. 10

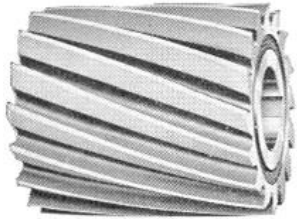
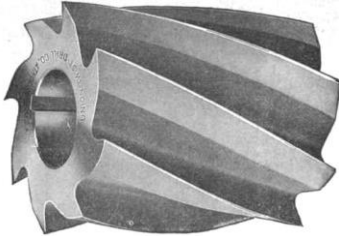
Pisau frais mantel (*plane milling cutter*) helik kiri



Jenis pisau frais mantel, ada beberapa type yang fungsinya berbeda-beda, diantaranya dapat dilihat pada (Tabel 3.1)

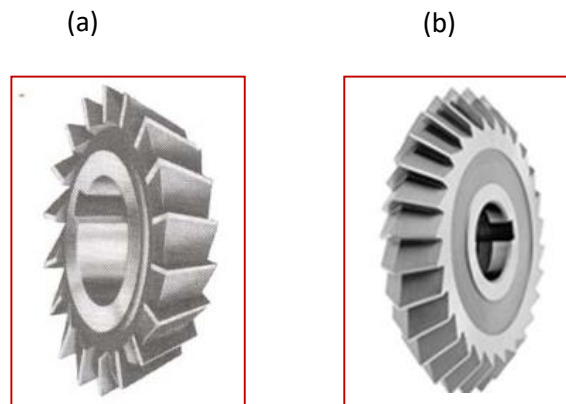
Tabel 3. 1

Type pisau mantel

No	Type Pisau Mantel	Ciri-ciri dan Fungsi	Gambar
1.	H (keras)	Memiliki sudut potong/ baji 81° dan jarak diantara gigi pisau dekat. Jenis pisau ini digunakan untuk pengefraisan baja carbon sedang	
2.	N (normal)	Memiliki sudut potong/ baji 73° dan jarak diantara gigi pisau sedang. Jenis pisau ini digunakan untuk pengefraisan baja carbon rendah/ baja lunak	
3.	W (lunak)	Memiliki sudut potong/ baji 69° dan jarak diantara gigi pisau jarang. Jenis pisau ini digunakan untuk pengefraisan logam non fero.	

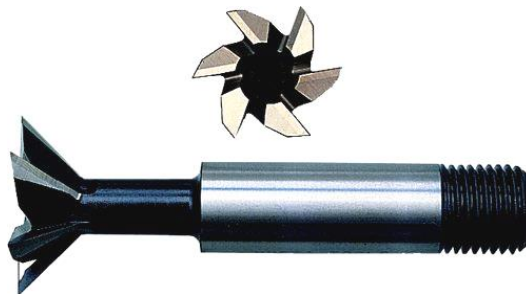
2) Pisau Frais Sudut (*Angle Cutter*)

Pisau frais sudut pada umumnya memiliki sudut 30° , 45° , 60° dan 90° . Sedangkan apabila dilihat dari sisi sudutnya, ada yang memiliki sudut tunggal (*Single angle cutter*) - (Gambar 3.11.a) dan ada yang memiliki sudut ganda (*double angle cutter*) - (Gambar 3.11.b). Pisau frais jenis ini berfungsi untuk membuat alur yang memiliki sudut sesuai dengan sudut pisau yang digunakan.



3) Pisau Frais Ekor Burung (*Dove Tail Cutter*)

Pisau frais ekor burung pada umumnya memiliki sudut sebesar: 30° , 45° dan 60° . Pisau jenis ini digunakan untuk mengefrais alur berbentuk ekor burung yang sebelumnya dilakukan pembuatan alur terlebih dahulu dengan pisau jari.

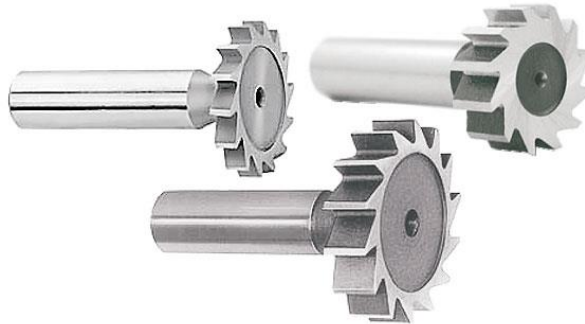


4) Pisau frais Alur Melingkar (*Woodruff Keyseat Cutter*)

Pisau frais alur melingkar digunakan untuk mengefrais alur pasak pada poros yang berbentuk bulan sabit, yang letak alurnya tidak terletak pada ujung porosnya (gambar 3.13).

Gambar 3. 13

Pisau frais alur melingkar.



5) Pisau Sisi dan Muka (*Side and Face Cutter*)

Pisau sisi dan muka memiliki mata sayat pada sisi muka dan samping, digunakan untuk mengefrais alur pada permukaan benda kerja (Gambar 3.14).

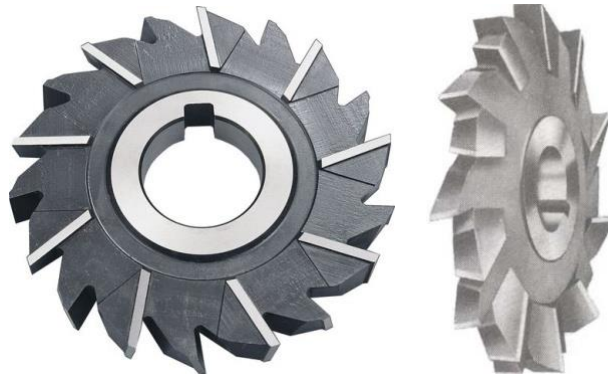
Gambar 3. 14

Pisau sisi dan muka



6) Pisau Frais Sisi dan Muka Gigi Silang (*Staggered Tooth Side and Face Cutter*).

Pisau sisi dan muka gigi silang memiliki mata sayat pada sisi muka dan samping bersilang, digunakan untuk mengefrais alur pada permukaan benda kerja. Perbedaan dengan pisau frais sisi dan muka adalah pemakanannya lebih ringan, karena pemotongannya mata sayatnya bergantian (Gambar 3.15).



7) Pisau frais radius/bentuk (*Form Cutter*)

Pisau frais radius, berfungsi untuk membentuk radius luar berbentuk cekung disebut (*convex milling cutter*) - (gambar 3.16a) dan untuk membentuk radius luar berbentuk cembung disebut (*concave milling cutter*) - (gambar 3.16b).



a.



b.

8) Pisau Frais Alur T (*T Slot Cutter*)

Pisau frais alur T digunakan untuk mengefrais alur berbentuk T sebagaimana bentuk alur T pada meja mesin frais dan skrap dll. (Gambar 3.17).

Gambar 3. 17

Pisau frais alur T



9) Pisau Frais Jari (*Endmill Cutter*)

Pisau jari digunakan untuk membuat alur tembus atau betingkat dan mengefrais rata untuk bidang yang lebarnya relatif kecil (Gambar 3.18).

Gambar 3. 18

Pisau frais jari



Jika dilihat dari sudut heliknya dan jumlah mata sayatnya, ada beberapa jenis pisau jari diantaranya dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3. 2

Macam-Macam Endmill dan Penggunaannya

No.	Gambar	Ciri dan Fungsi
1.		Sudut helik dan alur giginya tidak terlalu besar, digunakan untuk pengefraisan baja normal
2.		Sudut helik kecil, gigi lebih banyak, digunakan untuk pengefraisan baja yang keras dan ulet
3.		Sudut helik dan alur gigi besar, digunakan untuk pengefraisan baja lunak
4.		Memiliki sisi mata sayat bergerigi, digunakan untuk pengefraisan dengan pemakanan kasar

5.		Sudut helik dan alur gigi besar, dapat digunakan untuk pemakanan kebawah/ membuat lubang
----	---	--

10) Pisau Jari Radius (*Bull Noze Cutter*)

Pisau jari radius digunakan untuk membuat bidang alur berbentuk radius cekung (Gambar 3.19).

Gambar 3. 19

Pisau jari radius



11) Pisau Frais Roda Gigi (*Gear Cutter*)

Pisau ferais roda gigi digunakan untuk pembuatan roda gigi. Pisau jenis ini ada dua macam yaitu, pisau frais roda gigi untuk sistem modul (mm) dan Dp (diameter pitch) (Gambar 3.20).

Gambar 3. 20

Pisau frais roda gigi



12) Pisau Frais Muka (*Face Mill Cutter*)

Pisau muka pada umumnya mata sayatnya ditempel pada bodi dengan cara dilas atau dibaud, yang mata sayatnya terbuat dari bahan cementit carbide. Pisau ini digunakan untuk mengefrais permukaan rata dan luas/lebar (Gambar 2.21).

Gambar 3. 21

Pisau frais muka



13) Pisau Frais Sisi dan Muka (*Shell endmil Cutter*)

Pisau frais sisi dan muka, digunakan untuk pemakanan bagian samping dan muka, sehingga dapat digunakan untuk mengefrais bidang siku. Pisau jenis ini ada macam yaitu, untuk pemakanan ringan/finising (Gambar 3.32a) dan untuk pemakanan berat/pengasaran (Gambar 3.32b).

Gambar 3. 22

Pisau frais sisi dan muka



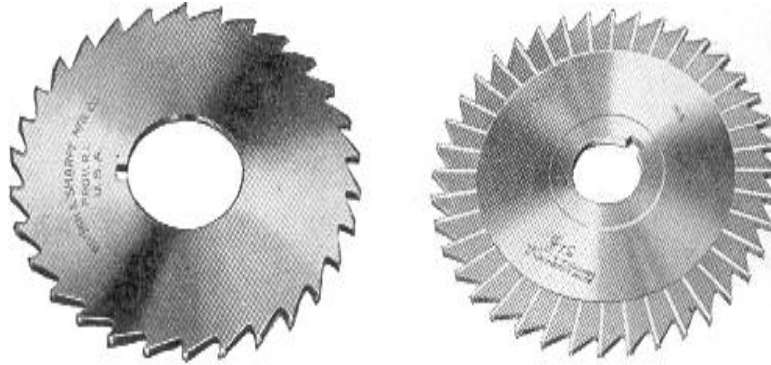
(a)



(b)

14) Pisau Frais Gergaji (*Slitting Saw*)

Pisau gergaji digunakan untuk memotong/ membelah benda kerja yang memiliki ukuran ketebalan tidak terlalu besar/tipis (Gambar 3.23).



PARAMETER PEMOTONGAN MESIN FRAIS

Yang dimaksud dengan parameter pemotongan pada mesin frais adalah, informasi berupa dasar-dasar perhitungan, rumus dan tabel-tabel yang medasari teknologi proses pemotongan/penyayatan pada proses pengfraisan. Parameter pemotongan pada mesin frais meliputi: kecepatan potong (*Cutting speed - Cs*), kecepatan putaran mesin (*Revolution Permenit - Rpm*), kecepatan pemakanan (*Feed - F*) dan waktu proses pemesinannya.

d. Kecepatan potong (*Cutting speed – Cs*)

Yang dimaksud dengan kecepatan potong (*Cs*) adalah kemampuan alat potong menyayat bahan dengan aman menghasilkan tatal dalam satuan panjang/waktu (meter/menit atau feet/menit). Pada gerak putar seperti pada mesin frais, kecepatan potongnya (*Cs*) adalah: Keliling lingkaran benda kerja ($\pi.d$) dikalikan dengan putaran (*n*). atau: $Cs = \pi.d.n$ Meter/menit.

Keterangan:

d : diameter alat potong (mm)

n : putaran mesin/benda kerja (putaran/menit - Rpm)

π : nilai konstanta = 3,14

Kecepatan potong untuk berbagai macam bahan teknik yang umum dikerjakan pada proses pemesinan, sudah teliti/diselidiki para ahli dan sudah patenkan pada ditabelkan kecepatan potong. Sehingga dalam penggunaannya tinggal menyesuaikan antara jenis bahan yang akan difrais dan jenis alat potong yang digunakan. Sedangkan

untuk bahan-bahan khusus/spesial, tabel kecepatan potongnya dikeluarkan oleh pabrik pembuat bahan tersebut.

Pada tabel kecepatan potong (Cs) juga disertakan jenis bahan alat potongnya. Pada umumnya bahan alat potong dikelompokkan menjadi dua macam, yaitu HSS (*High Speed Steel*) dan karbida (*carbide*). Pada tabel tersebut menunjukkan bahwa, dengan alat potong yang jenis bahannya dari karbida, kecepatan potongnya lebih cepat jika dibandingkan dengan alat potong yang jenis bahannya dari HSS (Tabel 3.3).

Tabel 3. 3 Kecepatan potong bahan				
Bahan	Pahat Bubut HSS		Pahat Bubut Karbida	
	m/men	Ft/min	M/men	Ft/min
Baja lunak(<i>Mild Steel</i>)	18 – 21	60 – 70	30 – 250	100 – 800
Besi Tuang(<i>Cast Iron</i>)	14 – 17	45 – 55	45 - 150	150 – 500
Perunggu	21 – 24	70 – 80	90 – 200	300 – 700
Tembaga	45 – 90	150 – 300	150 – 450	500 – 1500
Kuningan	30 – 120	100 – 400	120 – 300	400 – 1000
Aluminium	90 - 150	300 - 500	90 - 180	a. – 600

a. Kecepatan Putaran Mesin Frais (*Revolution Per Menit - Rpm*)

Yang dimaksud kecepatan putaran mesin frais adalah, kemampuan kecepatan putar mesin frais untuk melakukan pemotongan atau penyayatan dalam satuan putaran/menit. Maka dari itu untuk mencari besarnya putaran mesin sangat dipengaruhi oleh seberapa besar kecepatan potong dan keliling benda kerjanya. Mengingat nilai kecepatan potong untuk setiap jenis bahan sudah ditetapkan secara baku, maka komponen yang bisa diatur dalam proses penyayatan adalah putaran mesin/benda kerjanya. Dengan demikian rumus dasar untuk menghitung putaran mesin bubut adalah:

$$Cs = \pi \cdot d \cdot n \text{ Meter/menit}$$

$$n = \frac{Cs}{\pi \cdot d} \text{ Rpm}$$

Karena satuan kecepatan potong (Cs) dalam meter/menit sedangkan satuan diameter benda kerja dalam milimeter, maka satuannya harus disamakan terlebih dahulu yaitu dengan mengalikan nilai kecepatan potongnya dengan angka 1000 mm. Maka rumus untuk putaran mesin menjadi:

$$n = \frac{1000.Cs}{\pi.d} \text{ Rpm}$$

Keterangan:

d : diameter alat potong (mm)

Cs : kecepatan potong (meter/menit)

π : nilai konstanta = 3,14

Contoh soal 1:

Sebuah baja lunak akan dilakukan proses pengefraisan dengan pisau frais shell endmill cutter berdiameter ($\varnothing$) 60 mm dengan kecepatan potong (Cs) 25 meter/menit. Pertanyaannya adalah: Berapa besar putaran mesinnya ?.

Jawaban contoh soal 1:

$$n = \frac{1000.Cs}{\pi.d}$$
$$n = \frac{1000.25}{3,14.60}$$

$$n = 132,696 \text{ Rpm}$$

Jadi kecepatan putaran mesinnya adalah sebesar 132,69 Rpm

Contoh soal 2:

Sebuah baja lunak akan dilakukan proses pengefraisan dengan pisau frais pisau frais shell endmill cutter berdiameter ($\varnothing$) 2 inchi dengan kecepatan potong (Cs) 20 meter/menit. Pertanyaannya adalah: Berapa besar putaran mesinnya ?.

Jawaban contoh soal 2:

Satuan inchi bila dijadikan satuan mm harus dikalikan 25,4 mm. Dengan demikian diameter ($\varnothing$) 2 inchi = $2 \times 25,4 = 50,8$ mm. Maka putaran mesinnya adalah:

$$n = \frac{1000.Cs}{\pi.d}$$

$$n = \frac{1000.20}{3,14.50,8}$$

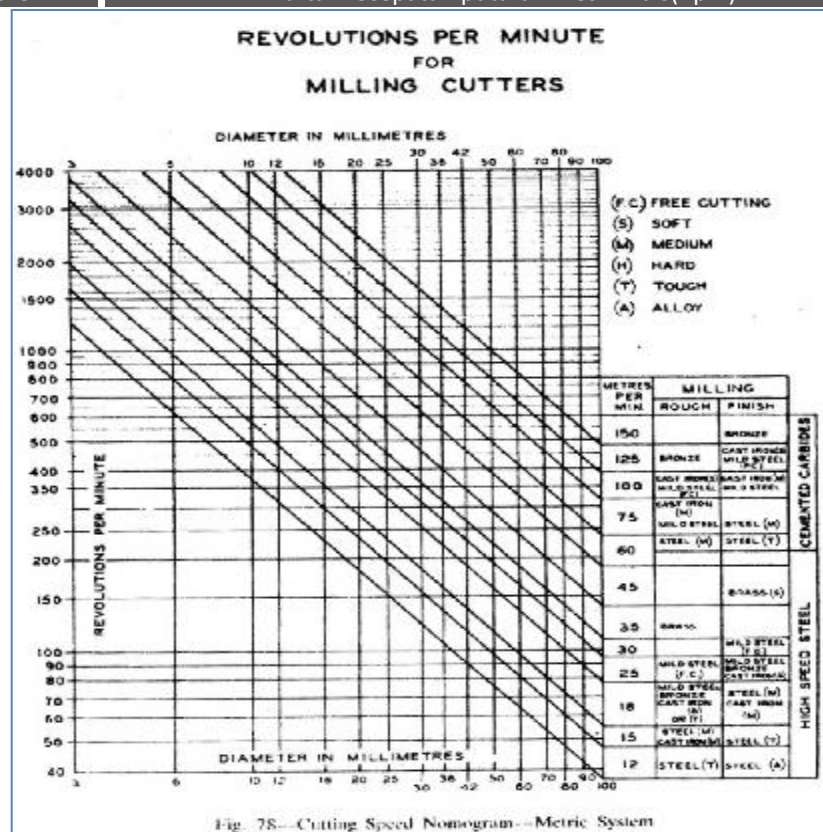
$$n = 125,382 \text{ Rpm}$$

Jadi putaran mesinnya adalah sebesar 125,382 Rpm

Hasil perhitungan di atas pada dasarnya sebagai acuan dalam menyetel putaran mesin agar sesuai dengan putaran mesin yang tertulis pada tabel yang ditempel pada mesin tersebut. Artinya putaran mesin yang digunakan dipilih dalam tabel pada mesin yang nilainya paling dekat dengan hasil perhitungan di atas. Untuk menentukan besaran putaran mesin faris juga dapat menggunakan tabel yang sudah ditentukan berdasarkan perhitungan, sebagaimana dapat dilihat pada (Tabel 3.4).

Tabel 3. 4

Daftar kecepatan putaran mesin frais(Rpm)



b. Kecepatan Pemakanan (*Feed - F*) – mm/menit

Kecepatan pemakanan atau insutuan ditentukan dengan mempertimbangkan beberapa factor, diantaranya: kekerasan bahan, kedalaman penyayatan, sudut-sudut sayat alat potong, bahan alat potong, ketajaman alat potong dan kesiapan mesin yang akan digunakan. Kesiapan mesin ini dapat diartikan, seberapa besar kemampuan mesin dalam mendukung tercapainya kecepatan pemakanan yang optimal. Disamping beberapa pertimbangan tersebut, kecepatan pemakanan pada umumnya untuk proses pengasaran ditentukan pada kecepatan pemakanan tinggi karena tidak memerlukan hasil permukaan yang halus (waktu pengefraisan lebih cepat), dan pada proses penyelesaiannya/finising digunakan kecepatan pemakanan rendah dengan tujuan mendapatkan kualitas permukaan hasil penyayatan yang lebih baik sehingga hasilnya halus (waktu pengefrisan lebih cepat).

Besarnya kecepatan pemakanan (*F*) pada mesin firaais tentukan oleh seberapa besar bergesernya pisau frais (*f*) dalam satuan mm/putaran dikalikan seberapa besar putaran mesinnya (*n*) dalam satuan putaran. Maka rumus untuk mencari kecepatan pemakanan (*F*) adalah: $F = f \times n$ (mm/men)

Keterangan:

f= besar pemakanan atau bergesernya pahat (mm/putaran)

n= putaran mesin (putaran/menit)

Contoh soal 1:

Sebuah benda kerja akan difrais dengan putaran mesinnya (*n*) 600 putaran/menit dan besar pemakanan (*f*) 0,2 mm/putaran. Pertanyaannya adalah: Berapa besar kecepatan pemakanannya ?.

Jawaban contoh 1:

$$F = f \times n$$

$$= 0,2 \times 600 = 120 \text{ mm/menit.}$$

Pengertiannya adalah, pisau bergeser sejauh 120 mm, selama satu menit.

Contoh soal 2:

Sebuah benda kerja akan difrais dengan pisau frais berdiameter 40 mm, dengan kecepatan potong (Cs) 25 meter/menit dan besar pemakanan (f) 0,2 mm/putaran. Pertanyaannya adalah: Berapa besar kecepatan pemakanannya ?.

Jawaban contoh 2:

- $$n = \frac{1000.Cs}{\pi.d}$$

$$= \frac{1000.25}{3,14.40}$$

$$= 199,044 \approx 199 \text{ Rpm}$$

- $$F = f \times n$$

$$F = 0,2 \times 199 = 39,8 \text{ mm/menit.}$$

Pengertiannya adalah, pisau bergeser sejauh 39,8 mm, selama satu menit.

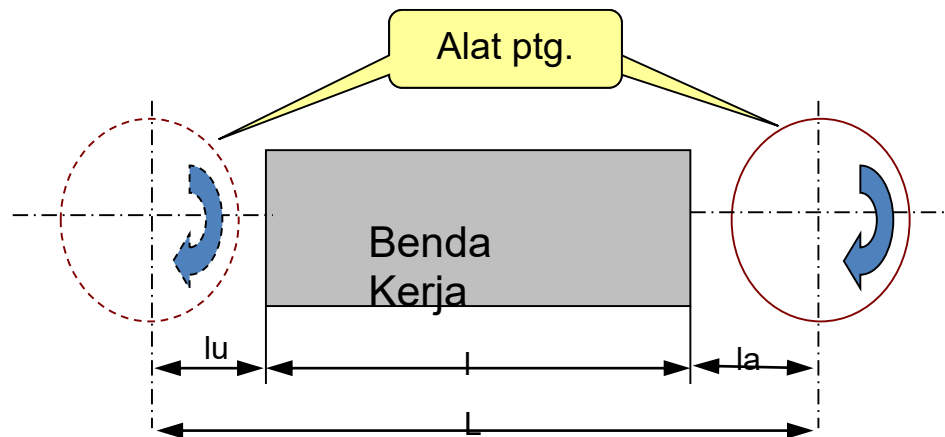
c. Perhitungan Waktu Pemesinan Frais

Dalam membuat suatu produk atau komponen pada mesin frais, lamanya waktu proses pemesinan perlu diketahui/dihitung. Hal ini penting karena dengan mengetahui kebutuhan waktu yang diperlukan, perencanaan dan kegiatan produksi dapat berjalan lancar. Apabila diameter alat potong, kecepatan potong dan kecepatan penyayatan/penggeseran pisanya diketahui, waktu pembubutan dapat dihitung.

1) Waktu Pemesinan Pengefraisan Rata

Faktor-faktor yang mempengaruhi waktu pemesinan frais adalah, seberapa besar panjang atau jarak tempuh pengefraisan (L) dalam satuan mm, kecepatan pemakanan (F) dalam satuan mm/menit dan jumlah mata sayat pisau yang digunakan (t). Pada gambar dibawah menunjukkan bahwa, panjang total pengefraisan (L) adalah panjang pengefraisan rata (ℓ) ditambah star awal pisau (ℓa) dan lepasnya pisau dari benda kerja (ℓu), atau: $L_{total} = \ell + \ell_a + \ell_u$ (mm). Untuk nilai kecepatan pemakanan (F), dengan berpedoman pada uraian sebelumnya $F = f.n$ (mm/putaran).

Gambar 3. 24 Panjang langkah pengefraisan rata



Berdasarkan prinsip-prinsip yang telah diuraikan diatas, maka perhitungan waktu pemesinan pengefraisan rata (t_m) dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Waktu pemesinan pengefraisan rata } (t_m) = \frac{\text{Panjang pengefraisan } (L) \text{ mm}}{\text{Kecepatan Pemakanan } (F) \text{ mm/menit}} \text{ Menit.}$$

$$t_m = \frac{L}{F} \text{ menit.}$$

$$L = \ell + \ell_a + \ell_u$$

$$F = f \cdot t \cdot n$$

Keterangan:

t = jumlah mata sayat alat potong

f = pemakanan tiap mata potong

n = *Rpm*

L = jarak tempuh pemakanan keseluruhan

ℓ = panjang benda kerja

ℓ_a = kelebihan awal

ℓ_u = kelebihan akhir

F = pemakanan setiap menit

Contoh soal 1:

Sebuah benda kerja akan dilakukan proses pengefraisan sepanjang 250 mm dengan pisau jari. Data parameter pemesinannya ditetapkan sebagai berikut: Putaran mesin frais (n)= 400 putaran/menit, pemakanan dalam satu putaran (f)= 0,13 mm/putaran, jarak start awal (la)= 20 mm, jarak akhir (Lu)= 20 mm dan mata sayatnya pisau jari (t)= 6 mata.

Pertanyaannya adalah: Berapa waktu yang diperlukan untuk melakukan pengefraisan sesuai data diatas, apabila pemakanan dilakukan satu kali pemakanan/proses ?.

Jawaban soal 1:

- $F = f \cdot t \cdot n$
 $= 0,13 \cdot 4 \cdot 400$
 $= 208 \text{ mm/ menit}$
- $L = \ell + \ell_a + \ell_u = 250 + 20 + 20 = 290 \text{ mm}$
- $tm = \frac{L}{F} = \frac{290}{208} = 1,394 \text{ menit}$

Jadi waktu yang dibutuhkan untuk proses pengefraisan sesuai data diatas adalah selama 1,394 menit.

Contoh soal 2:

Sebuah benda kerja akan dilakukan proses pengefraisan sepanjang 350 mm dengan pisau shell endmil berdiameter 40 mm. Data parameter pemesinannya ditetapkan sebagai berikut: Kecepatan pemakanan (Cs)= 25 meter/menit, pemakanan dalam satu putaran (f)= 0,23 mm/putaran, jarak start awal (la)= 25 mm, jarak akhir (Lu)= 25 mm dan mata sayatnya pisau jari (t)= 8 mata.

Pertanyaannya adalah: Berapa waktu yang diperlukan untuk melakukan pengefraisan sesuai data diatas, apabila pemakanan dilakukan satu kali pemakanan/proses ?.

Jawaban soal 2:

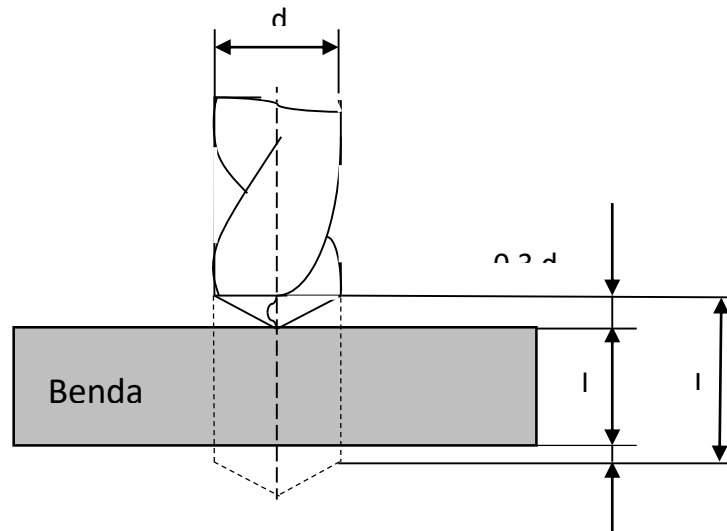
- $n = \frac{1000.Cs}{\pi.d}$
 $= \frac{1000.25}{3,14.40}$
 $= 199,05 \approx 199 \text{ Rpm}$
- $F = f . t . n$
 $= 0,23 . 8 . 199$
 $= 366,16 \text{ mm/ menit}$
- $L = \ell + \ell_a + \ell_u = 250 + 30 + 30 = 334,32 \text{ mm}$
- $tm = \frac{L}{F} = \frac{366,16}{445,76} = 0,822 \text{ menit}$

Jadi waktu yang dibutuhkan untuk proses pengefraisan sesuai data diatas adalah selama 0,822 menit.

2) Waktu Pengeboran Pada Mesin Frais

Perhitungan waktu pengeboran pada mesin frais, pada prinsipnya sama dengan menghitung waktu pemesinan pengefraisan rata. Perbedaannya hanya terletak pada jarak star ujung mata bornya. Pada gambar dibawah menunjukkan bahwa, panjang total pengeboran (L) adalah panjang pengeboran (ℓ) ditambah star awal mata bor ($\ell_a = 0,3 d$), sehingga: $L = \ell + 0,3d$ (mm). Untuk nilai kecepatan pemakanan (F) mengacu pada uraian sebelumnya $F = f.n$ (mm/putaran)

Gambar 3. 25 Proses pengeboran pada mesin frais



Berdasarkan prinsip-prinsip yang telah diuraikan diatas, maka perhitungan waktu pengeboran (t_m) dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Waktu pengeboran}(t_m) = \frac{\text{Panjang pengeboran}(L) \text{ mm}}{\text{Feed}(F) \text{ mm/menit}} \text{ Menit}$$

- $t_m = \frac{L}{F}$ (menit)
- $L = \ell + 0,3d$ (mm).
- $F = f \cdot n$ (mm/putaran)

Keterangan:

ℓ = panjang pengeboran

L = panjang total pengeboran

d = diameter mata bor

n = putaran mata bor (Rpm)

f = pemakanan (mm/putaran)

Contoh soal 1:

Sebuah benda kerja akan dilakukan pengeboran pada mesin frais sepanjang 38 mm dengan mata bor berdiameter 12 mm. Data parameter pemesisannya

ditetapkan sebagai berikut: Putaran mesin frais (n)= 800 putaran/menit, dan pemakanan dalam satu putaran (f)= 0,04 mm/putaran.

Pertanyaannya adalah: Berapa waktu yang diperlukan untuk melakukan pengeboran pada mesin frais sesuai data diatas, apabila pemakanan dilakukan satu kali pemakanan/proses ?.

Jawab soal 1 :

- $L = \ell + 0,3 d = 38 + (0,3.12) = 41,6 \text{ mm}$
- $F = f.n = 0,04 \times 800 = 32 \text{ mm/menit}$
- $t_m = \frac{L}{F} \text{ menit}$

$$= \frac{41,6}{32} = 1,3 \text{ menit}$$

Jadi waktu yang dibutuhkan untuk pengeboran sesuai data diatas adalah selama 1,3 menit.

Contoh soal 2:

Sebuah benda kerja akan dilakukan pengeboran pada mesin frais sepanjang 30 mm dengan mata bor berdiameter 10 mm. Data parameter pemesisannya ditetapkan sebagai berikut: Kecepatan potong (Cs)= 25 meter/menit, dan pemakanan dalam satu putaran (f)= 0,04 mm/putaran.

Pertanyaannya adalah: Berapa waktu yang diperlukan untuk melakukan pengeboran pada mesin bubut sesuai data diatas, apabila pemakanan dilakukan satu kali pemakanan/proses ?.

Jawab soal 2 :

- $n = \frac{1000.Cs}{\pi.d}$

$$= \frac{1000.25}{3,14.10}$$

$$= 796,178 \approx 796 \text{ Rpm}$$
- $L = \ell + 0,3 d = 30 + (0,3.10) = 33 \text{ mm}$
- $F = f.n = 0,04 \times 796 = 31,84 \text{ mm/menit}$

- $t_m = \frac{L}{F} \text{ menit}$

$$= \frac{33}{31,84} = 1,036 \text{ menit}$$

Jadi waktu yang dibutuhkan untuk pengeboran sesuai data diatas adalah selama 1,036 menit.

TEKNIK PENGEFRAISAN

Yang dimaksud teknik pemngefraisan adalah, bagaimana cara melakukan berbagai macam proses pengefraisan yang dilakukan dengan menggunakan prosedur dan tata cara yang dibenarkan oleh dasar-dasar teori pendukung yang disertai penerapan kesehatan, keselamatan kerja dan lingkungan (K3L). Pada saat melaksanakan proses pengefarisan, banyak teknik-teknik pengfraisan yang harus diterapkan diantaranya, bagaimana teknik pemotongan benda kerja dan teknik-teknik pengefraisan lainnya.

d. Teknik Pengefraisan

Dalam melakukan proses pengefarisan, banyak teknik-teknik yang harus dikuasai agar dapat menghasilkan produk sesuai tuntutan pekerjaan. Berikut akan dijelaskan beberapa teknik pengefraisan yang umum dilakukan untuk menghasilkan produk tertentu.

1) Pengefraisan Rata Sejajar dan Siku Arah Mendatar (*Horizontal*)

Dalam melakukan pemotongan mendatar, jenis mesin yang digunakan yaitu mesin frais horizontal. Pisau yang digunakan yaitu jenis pisau frais mantel. Berikut ini langkah-langkah pengefraisan rata dengan posisi mendatar:

a) Persiapan Mesin

Persiapan mesin sebelum melakukan pemasangan pisau frais adalah menyiapkan perlengkapan pemegang pisau frais meliputi, arbor dan satu set kollar (*ringarbor*) dengan diameter lubang sama dengan diameter lubang pisau frais yang akan digunakan. Selanjutnya persiapkan mesin berikut kelengkapan

lainnya dengan tahapan sebagai berikut:

- Geser lengan mesin (Gambar 3.26), dan lepaskan pendukung (*support*) arbornya (Gambar 3.27).
- Bersihkan arbor dan lubang spindel pada bagian tirusnya (Gambar 3.28).
- Pasang arbor pada spindle mesin dan ikat arbor dengan mengencangkan kepala baut pengikat yang terletak dibelakang bodi mesin (Gambar 3.29).

Gambar 3. 26 Menggeser lengan mesin



Gambar 3. 27 Melepas pendukung arbor



Gambar 3. 28 Membersihkan arbor dan lubang spindel pada bagian tirusnya



Gambar 3. 29. Mengencangkan arbor



b) Pemasangan pisau (*cutter*) dan ring arbor (*collar*) pada arbor

Pemasangan pisau (*cutter*) dan ring arbor (*kollar*) pada arbor dengan posisi pengikatan yang benar (gambar kiri) dan dengan posisi pengikatan yang salah apabila pisau pisau yang digunakan mantel helik kanan (Gambar 3.30)

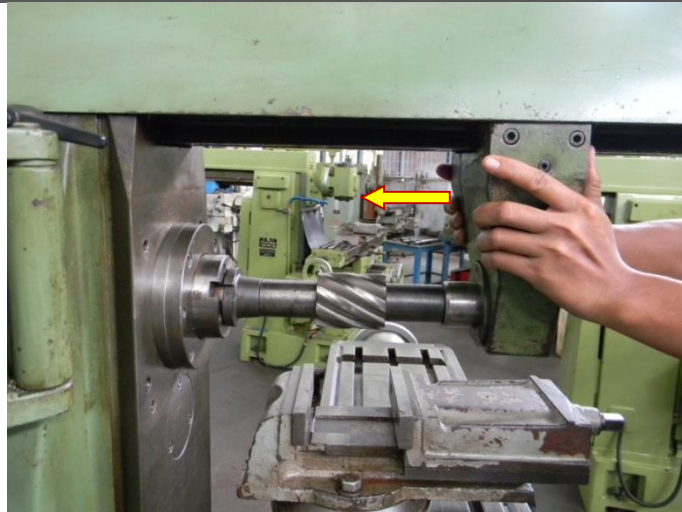
Gambar 3. 30 Pemasangan cutter dan kollar (ring arbor)



c) Pemasangan pendukung arbor (*support*)

Pasang pendukung arbor (*support*) pada lengan mesin dengan posisi tidak jauh dari pisau dan ikat dengan kuat (Gambar 3.31).

Gambar 3. 31 Pemasangan pendukung arbor



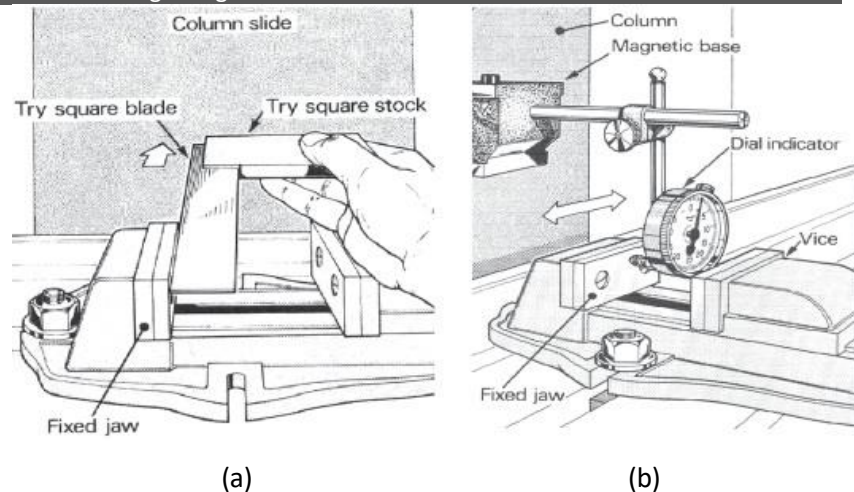
d) Pemasangan Ragum

Pemasangan ragum pada meja mesin fairs tahapan sebagaiberikut:

- Pasang ragum pada meja mesin frais pada posisi kurang lebih di tengah-tengah meja mesin agar mendapatkan area kerja yang maksimal.
- Lakukan pengecekan kesejajaran ragum. Apabila jenis pekerjaannya tidak

dituntut hasil kesejajaran dengan kepresisian yang tinggi pengecekan kesejajaran ragum dapat dilakukan dengan penyiku (Gambar 3.32a). Apabila hasil kesejajarannya dituntut dengan kepresisian yang tinggi pengecekan kesejajaran ragum harus dilakukan dengan dial indicator (Gambar 3.32b).

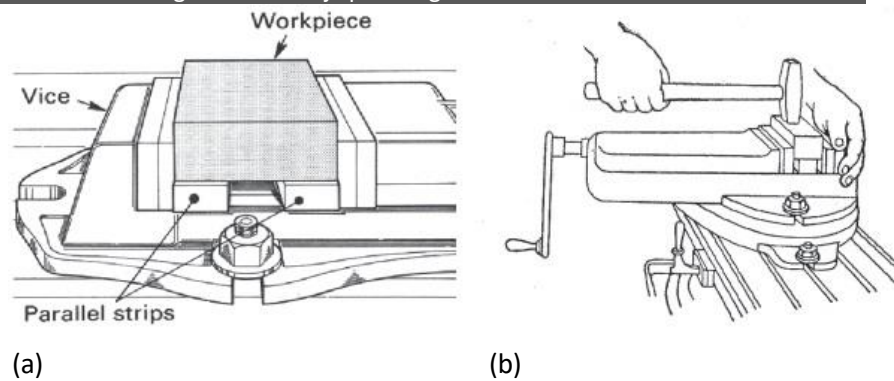
Gambar 3. 32 Pemasangan ragum



e) Pemasangan benda kerja pada ragum

Pemasangan benda kerja pada ragum dengan diganjal parallel pad di bawahnya (Gambar 3.33a), dan untuk mendapatkan pemasangan benda kerja agar dapat duduk pada parallel dengan baik sebelum ragum dikencangkan dengan kuat pukul benda dengan keras secara pelan-pelan dengan palu lunak (Gambar 3.33b).

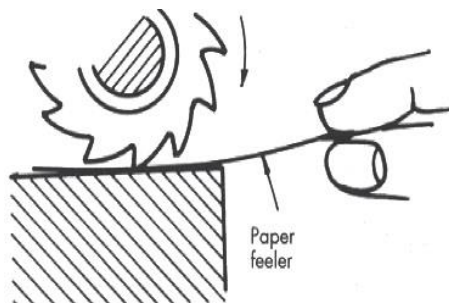
Gambar 3. 33 Pemasangan benda kerja pada ragum



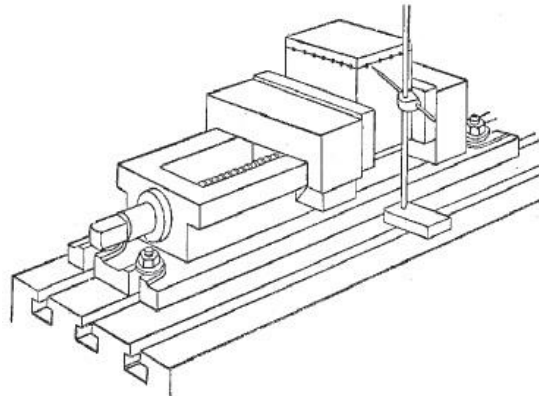
f) Setting Pemakanan

Setting lakukan *setting* nol untuk persiapan melakukan pemakanan dengan cara menggunakan kertas (Gambar 3.34). Untuk jenis pekerjaan yang tidak dituntut hasil dengan kepresisian tinggi batas kedalaman pemakanan dapat diberi tanda dengan balok penggores (Gambar 3.35).

Gambar 3. 34 *Setting* nol diatas permukaan kerja dengan kertas

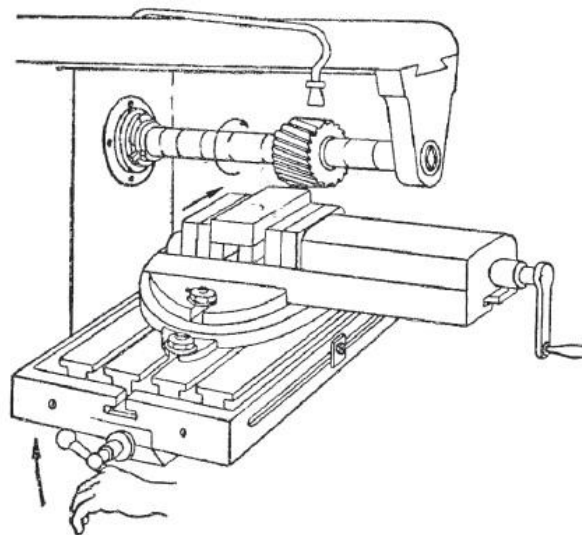


Gambar 3. 35 Penandaan kedalaman pemakanan



- Atur putaran dan *feeding* mesin sesuai dengan perhitungan atau melihat table kecepatan potong mesin frais.
- Selanjutnya lakukan pemakanan dengan arah putaran searah jarum jam bila pisau yang digunakan arah mata sayatnya helik kiri (Gambar 3.36). Pemakanannya dapat dilakukan secara manual maupun otomatis.

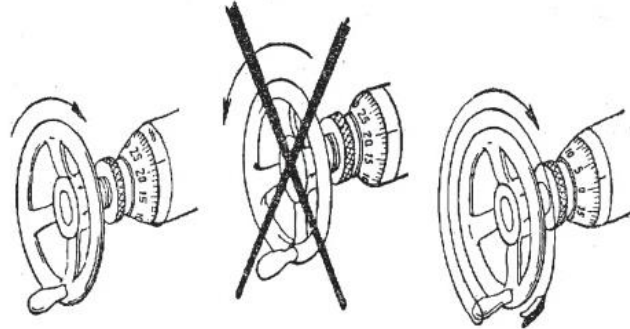
Gambar 3. 36 Proses pemotongan benda kerja



Dalam menggunakan nonius ketelitian yang terletak pada handel mesin pemutaran roda handel arahnya tidak boleh berlawanan arah dari *setting*

awal karena akan menimbulkan kesalahan *setting* yang akan mengakibatkan hasil tidak presisi (Gambar 3.37).

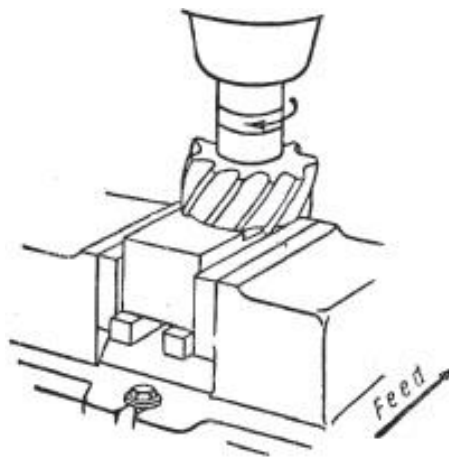
Gambar 3. 37 Pemutaran handel pemakanan



2) Pemotongan Rata Sejajar dan Siku Arah Tegak (*Vertical*)

Untuk mengefrais bidang rata dapat digunakan *shell end mill cutter* (Gambar 3.38), dengan cara yang sama tetapi menggunakan mesin frais tegak. Namun untuk mesin frais *universal* dapat juga digunakan untuk mengefrais rata pada sisi benda kerja yaitu stub arbor dipasang langsung pada sepindel mesin.

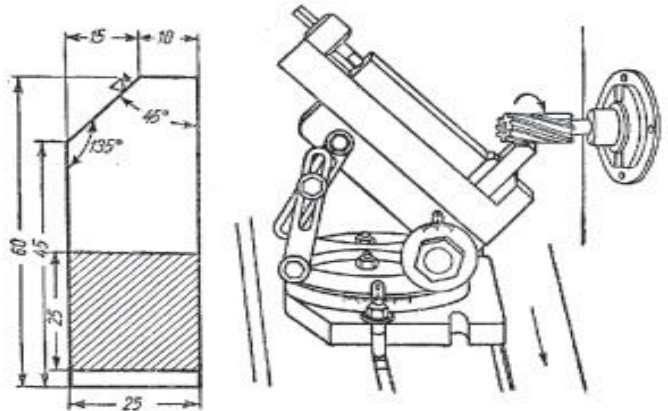
Gambar 3. 38 Proses pengefraisan bidang rata dengan *shell end mill cutter*



3) Pengefraisan Bidang Miring

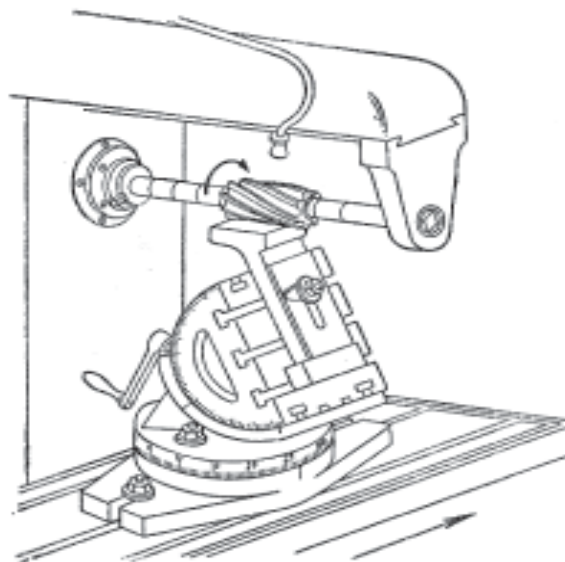
Bidang miring dapat dikerjakan dengan memiringkan benda kerja pada ragum *universal* (Gambar 3.39).

Gambar 3. 39 Pengefraisan bidang permukaan miring



Apabila bidang permukaannya lebih lebar diperlukan memasang *cutter* pada arbor yang panjang dengan pendukung (Gambar 3.40).

Gambar 3. 40 Pengefraisan bidang miring yang lebar



e. Pengoperasian Mesin frais.

Pengoperasian mesin frais pada dasarnya sama dengan pengoperasian mesin

perkakas lainnya. Mesin frais digunakan untuk membuat benda-benda kerja dengan berbagai bentuk tertentu dengan jalan penyayatan. Dari berbagai mesin perkakas yang ada, mesin frais adalah salah satu yang mampu digunakan untuk membuat berbagai macam bentuk komponen. Oleh sebab itu diperlukan langkah-langkah sistematis yang perlu dipertimbangkan sebelum mengoperasikan mesin frais. Langkah-langkah tersebut antara lain:

- Mempelajari gambar kerja untuk menentukan langkah kerja yang efektif dan efisien
- Memahami karakteristik bahan yang akan dikerjakan untuk menentukan jenis cutter putaran mesin feeding dan media pendingin yang akan digunakan.
- Menetapkan kualitas hasil penyayatan yang diinginkan.
- Menentukan geometri cutter yang digunakan
- Menentukan alat bantu yang dibutuhkan didalam proses.
- Menentukan parameter-parameter pemotongan yang berpengaruh dalam proses pengerjaan (kecepatan potong, kecepatan sayat, kedalaman pemakanan, waktu pemotongan dan lain-lain).

D. Aktivitas Pembelajaran

Soal Praktek 1:

a. Latihan mengefrais rata, sejajar dan siku

1. Peralatan:
 - Mesin frais dan perlengkapannya
 - Shell endmill cutter berikut holdernya
 - Paralel pad
 - Palu lunak
 - Mistar sorong
 - Kikir halus
 - Penyiku
2. Bahan:

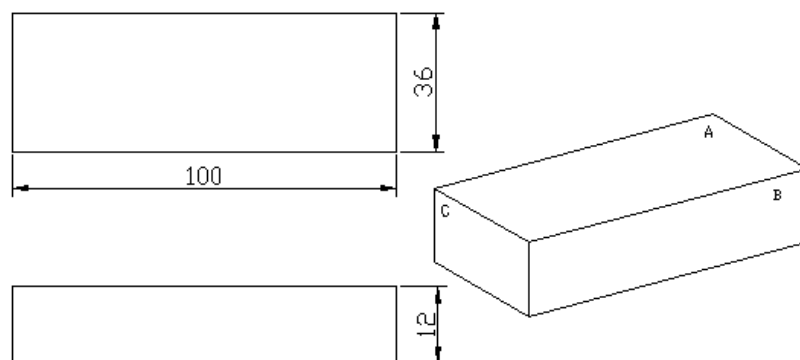
Baja lunak MS 104 x 40 x 24 mm

3. Keselamatan Kerja

- Periksa alat-alat sebelum digunakan
- Simpan peralatan pada tempat yang aman dan rapih selama dan sesudah digunakan
- Gunakan alat-alat keselamatan kerja pada sat praktikum
- Operasikan mesin sesuai SOP
- Pelajari gambar kerja, sbelum melaksanakan praktikum
- Laksanakan pengecekan ukuran secara berulang sebelum benda kerja dinilai

Gambar Kerja 1:

N7 /



UKURAN NOMINAL		0.5 S.D 3	DIATA S 3 S.D 6	DIATA S 6 S.D 30	DIATAS 30 S.D 120	DIATAS 120S.D315	DIATAS 315 S.D 1000
TOLERANSI YANG DIIZINKAN	HALUS	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3
	SEDAN G	±0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8
	KASAR		± 0,2	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2

Jumlah			Nama Bagian	No.Ba g	Bahan	Ukuran	Keteranga n	
I	II	III	Perubahan			Pengganti dari		
						Diganti dengan		
			LATIHAN MENGEFRAIS RATA, SIKU DAN SEJAJAR (BALOK)	Skala	Digamb ar	15.11. 13	Odi	
					Diperiks a		Dede n	
					Dilihat			
					Disetuju i		Hadi M	
			PPPPTK BMTI - BANDUNG					

Lembar Penilaian Proses 1:

Tahapan	Uraian Kegiatan	Hasil Penilaian		Keterangan
		Ya	Tidak	
Persiapan	Memahami SOP			
	Menyiapkan alat keselamatan kerja			
	Menyiapkan gambar kerja			
	Menyiapkan mesin dan kelengkapannya			
	Menyiapkan alat potong sesuai kebutuhan kerja			
	Mengkondisikan lingkungan kerja			

Proses	Menerapkan SOP			
	Menerapkan prinsip-prinsip K3			
	Membaca dan memahami gambar kerja			
	Menyimpan perlengkapan mesin sesuai SOP			
	Menyimpan alat potong sesuai SOP			
	Menyimpan alat ukur sesuai SOP			
	Memasang dan menggunakan perlengkapan mesin sesuai SOP			
	Menggunakan alat potong sesuai SOP			
	Menggunakan alat ukur sesuai SOP			
	Menggunakan putaran mesin sesuai SOP			
	Menggunakan feding mesin sesuai SOP			
	Mengopersikan mesin sesuai SOP			
Akhir Kegiatan	Membersihkan dan merawat alat ukur			
	Membersihkan mesin dan perlengkapannya			
	Membersihkan dan merawat alat potong			
	Membersihkan lingkungan kerja dan sekitarnya			
	Memberi pelumas pada bagian mesin sesuai SOP			
SISWA:		GURU PEMBIMBING:		
Nama :		Nama :		
Tanda Tangan :		Tanda Tangan :		

Lembar Penilaian Hasil Produk 1:

LEMBAR PENILAIAN MENGEFRAIS RATA, SEJAJAR DAN SIKU			Kode :	
			Mulai tgl :	
			Waktu	Dicapai :
				Standard :
SUB KOMPONEN	Nilai		Keterangan	
	Maks.	Yang dicapai		
UKURAN:				
Panjang 100	14			
Lebar 36	14			
Tebal 12	14			
Kesejajaran bidang A1-A2	8			
Kesejajaran bidang B1-B2	8			
Kesejajaran bidang C1-C2	8			
Kesikuan C-A	8			
Kesikuan B-A	8			
Kesikuan C-B	8			

Sub total	90			
TAMPILAN:				
Kehalusan permukaan N7 (6 bidang)	6			
Penyelesaian/finising	4			
Sub total	10			
TOTAL	100		Nilai hasil persentase:	Nilai akhir:
SISWA:			GURU PEMBIMBING:	
Nama :			Nama :	
Tanda Tangan :			Tanda Tangan :	

Soal Praktek 2:

b. Latihan mengefraisi miring, mengebor alur dan chmammer.

1. Peralatan:

- Mesin frais dan perlengkapannya
- Mat bor $\varnothing$ 10,3 berikut cekam bornya
- Endmill cutter $\varnothing$ 20 mm berikut koletny
- Kontersingg $\varnothing$ 25 mm, sudut 90°
- Paralel pad
- Palu lunak
- Mistar sorong
- Kikir halus
- Penyiku

2. Bahan:

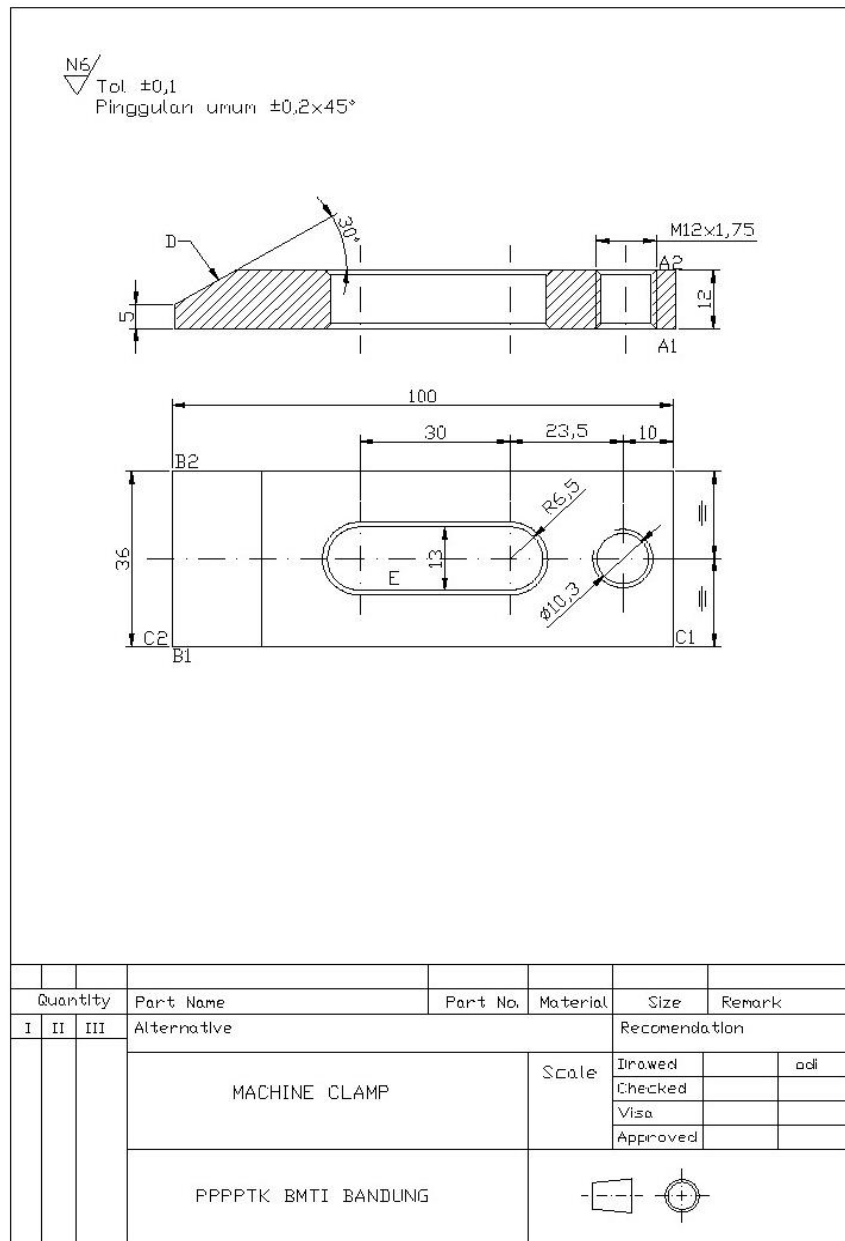
Baja lunak MS 100 x 36 x 20mm

3. Keselamatan Kerja

- Periksa alat-alat sebelum digunakan

- Simpan peralatan pada tempat yang aman dan rapih selama dan sesudah digunakan
- Gunakan alat-alat keselamatan kerja pada sat praktikum
- Operasikan mesin sesuai SOP
- Pelajari gambar kerja, sbelum melaksanakan praktikum
- Laksanakan pengecekan ukuran secara berulang sebelum benda kerja dinilai

Gambar Kerja 2:



Lembar Penilaian Proses 2:

Tahapan	Uraian Kegiatan	Hasil Penilaian		Keterangan
		Ya	Tidak	
Persiapan	Memahami SOP			
	Menyiapkan alat keselamatan kerja			

	Menyiapkan gambar kerja			
	Menyiapkan mesin dan kelengkapannya			
	Menyiapkan alat potong sesuai kebutuhan kerja			
	Mengkondisikan lingkungan kerja			
Proses	Menerapkan SOP			
	Menerapkan prinsip-prinsip K3			
	Membaca dan memahami gambar kerja			
	Menyimpan perlengkapan mesin sesuai SOP			
	Menyimpan alat potong sesuai SOP			
	Menyimpan alat ukur sesuai SOP			
	Memasang dan menggunakan perlengkapan mesin sesuai SOP			
	Menggunakan alat potong sesuai SOP			
	Menggunakan alat ukur sesuai SOP			
	Menggunakan putaran mesin sesuai SOP			
	Menggunakan feding mesin sesuai SOP			
	Mengopersikan mesin sesuai SOP			
Akhir Kegiatan	Membersihkan dan merawat alat ukur			
	Membersihkan mesin dan perlengkapannya			
	Membersihkan dan merawat alat potong			
	Membersihkan lingkungan kerja dan sekitarnya			
	Memberi pelumas pada bagian mesin			

	sesuai SOP			
SISWA:		GURU PEMBIMBING:		
Nama :		Nama :		
Tanda Tangan :		Tanda Tangan :		

Lembar Hasil Produk 2:

LEMBAR PENILAIAN MNGEFRAIS ALUR, CHAMPER, MIRING DAN MENGEBOR			Kode :	
			Mulai tgl :	
			Waktu	Dicapai :
				Standard :
SUB KOMPONEN	Nilai		Keterangan	
	Maks	Yang dicapai		
UKURAN:				
Jarak 10	12			
Jarak 23,5	12			
Jarak 30	12			
Lebar 13	4			
Tebal 5	10			
Sudut 30°	6			
Lubang ulir 10,3	4			
Ulir M12x1,75	4			
Champer ulir (2 bidang)	4			
Champer alur (2 bidang)	4			
Kesimetrisan alur terhadap bidang B1 dan B2	6			

Kesimetrisan lubang ulir terhadap bidang B1 dan B2	6			
Ketegaklurusan ulir terhadap bidang A	6			
Sub total	90			
TAMPILAN:				
Kehalusan permukaan N7 bidang D	3			
Kehalusan permukaan N7 bidang alur	3			
Kehalusan permukaan N7 bidang champer	2			
Penyelesaian/finising	2			
Sub total	10			
TOTAL	100		Nilai hasil persentase:	Nilai akhir:
SISWA:		GURU PEMBIMBING:		
Nama :		Nama :		
Tanda Tangan :		Tanda Tangan :		

E. Rangkuman

Mesin frais adalah salah satu mesin perkakas dapat digunakan untuk mengerjakan/suatu bentuk benda kerja dengan mempergunakan pisau frais sebagai alat potongnya. Dan secara garis besar mesin frais terdiri dari, mesin frais vertical, mesin frais mendatar dan mesin frais universal.

Arah gerakan meja mesin frais dapat dilakukan ke arah memanjang, melintang dan naik/turun. Dengan berbagai kemungkinan gerakan tadi, mesin frais dapat digunakan untuk, membentuk bidang-bidang diantaranya: 1) Bidang-bidang rata datar, 2) bidang-bidang rata miring menyudut, 3) bidang-bidang siku, 4) bidang-bidang sejajar, 5) alur lurus atau melingkar, dan 6) segi-segi beraturan atau tidak beraturan. Selain itu dengan bantuan meja putar atau kepala pembagi mesin frais dapat juga digunakan untuk membuat diantaranya: 1) Roda gigi lurus, 2) Roda gigi helik, 3) Roda gigi payung, 4) Roda gigi cacing, 5) Nok/eksentrik, dan 6) Ulir scolor (ulir pada bidang datar).

Ukuran suatu mesin frais ditentukan oleh beberapa faktor diantaranya: 1) panjang langkah meja mesin frais arah memanjang, 2) jarak spindel sampai permukaan meja pada kedudukan paling bawah. dan 3) Jarak tempuh ke arah melintang maximum yang dapat dicapai oleh meja mesin terhadap kolomnya

Banyak macam-macam nama bentuk pisau frais yang diperuntukan sesuai dengan profil atau bentuk yang akan di frais. Maka dari itu pada saat memilih pisau frais harus cermat baik nama maupun bentuknya, sehingga hasil pengefraisan dapat maksimal.

Macam-macam pisau frais diantaranya: 1) Pisau frais mantel (Plane milling cutter), 2) Pisau frais sudut (Angle milling cutter), 3) Pisau frais ekor burung (Dove tail milling cutter,) 4) Pisau sisi dan muka (Side and face cutter), 5) Pisau frais alur melingkar (Woodruff keyseat cutter), 6) Pisau Frais sisi gigi silang (Staggered tooth side and face cutter), 7) Pisau frais radius (bentuk) (Form cutter) 8) Pisau frais alur T (T Slot cutter), 9) Pisau Frais Jari (Endmill cutter), 10) pisau frais roda gigi (Gear cutter), 11) Pisau frais muka (Face mill cutter), 12) Pisau frais sisi dan muka (Shell endmil cutter), 13) Pisau frais bentuk (Form Cutter) 14) Pisau frais gergaji (*Slitting saw*).

Menghitung putaran mesin Frais:

Rumus untuk menentukan putaran mesin frais adalah:

$$n = \frac{1000 \cdot Cs}{\pi \cdot d}$$

Menghitung kecepatan pemakanan/feeding= F (mm/menit):

$$F \text{ (mm/menit)} = f \text{ (mm/putaran)} \times n \text{ (put/menit)}$$

Dimana, f adalah bergesernya pahat (mm) dalam satu putaran

Waktu Pemesinan frais:

$$\text{Waktu pemesinan (tm)} = \frac{\text{jarak tempuh meja kerja}}{\text{rata-rata pemakanan}} \cdot \frac{\text{mm}}{\text{mm/menit}}$$

$$tm = \frac{L}{F} \text{ menit}$$

$$L = \ell + \ell_a + \ell_u$$

$$F = f \cdot t \cdot n$$

Keterangan:

t = jumlah mata sayat alat potong

f = pemakanan tiap mata potong

n = *Rpm*

L = jarak tempuh pemakanan keseluruhan

ℓ = panjang benda kerja

ℓ_a = kelebihan awal

ℓ_u = kelebihan akhir

F = pemakanan setiap menit

Waktu Pemesinan Bor:

waktu pengeboran (tm) dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Waktu pengeboran (tm)} = \frac{\text{Panjang pengeboran (L) mm}}{\text{Feed (F) mm/menit}} \text{ Menit}$$

- $tm = \frac{L}{F}$ (menit)
- $L = \ell + 0,3d$ (mm).
- $F = f \cdot n$ (mm/putaran)

Keterangan:

ℓ = panjang pengeboran

L = panjang total pengeboran

d = diameter mata bor

n = putaran mata bor (Rpm)

f = pemakanan (mm/putaran)

F. Tes Formatif

1. Jelaskan fungsi mesin frais standar minimal enam buah.
2. Secara garis besar mesin frais ada tiga, sebutkan dan jelaskan cirri-cirinya!.
3. Sebutkan bagian-bagian utama mesin frais minimal enam buah.
4. Ukuran mesin frais ditentukan oleh beberapa faktor, sebutkan!.

G. Kunci Jawaban

1. Meratakan permukaan benda kerja ,
2. Universal,
3. Spindle, ..
4. Jarak spindle ...

Kegiatan Pembelajaran 4 Teknik Dasar Pengelasan

A. Tujuan

Setelah mempelajari materi ini, peserta didik dapat:

- a. Menjelaskan teknik dasar pengelasan dengan las oksi asetilin
- b. Menerapkan teknik dasar pengelasan dengan las oksi asetilin
- c. Menjelaskan teknik dasar pengelasan dengan las busur manual
- d. Menerapkan teknik dasar pengelasan dengan las busur manual

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Indikator pencapaian kompetensi, peserta mampu:

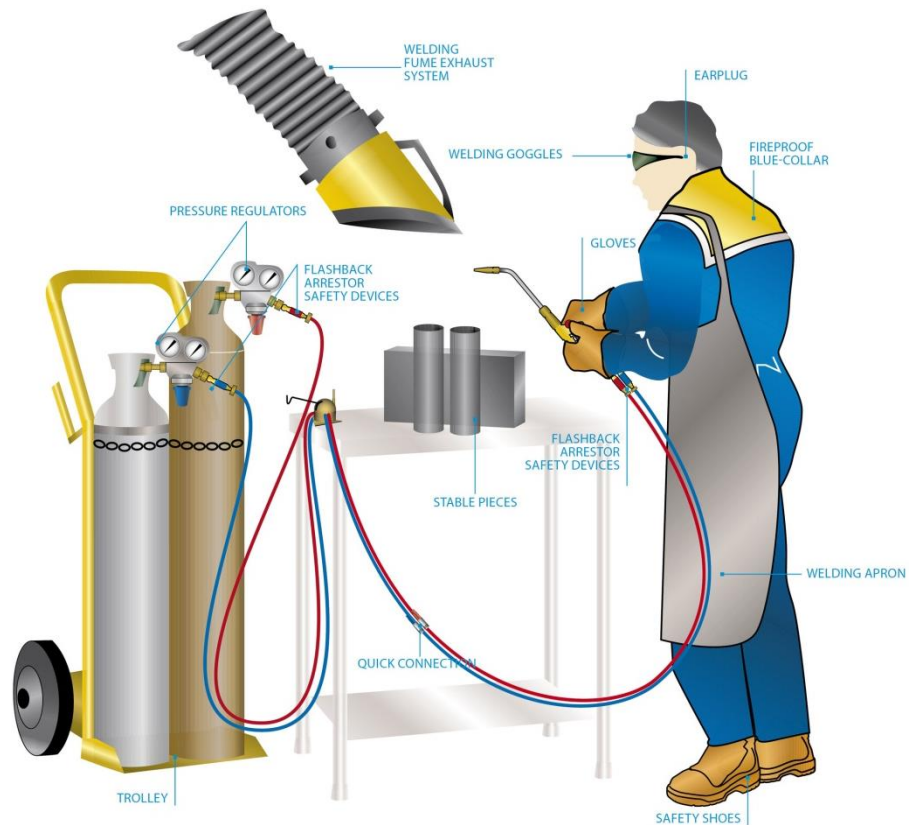
- a. Mengoperasikan pengelasan dengan las oksi asetilin
- b. Mengoperasikan pengelasan dengan las busur manual

C. Uraian Materi

a. Teknik Dasar Pengelasan Dengan Las Oksi Asetilin

Proses pengelasan dengan las oksi asetilin (*OAW - Oxy Acetylene Welding*) adalah, salah satu cara pengelasan dengan memanfaatkan gas asetilin dan oksigen yang ditampung pada tabung silinder dengan tekanan tertentu, kemudian tekanannya dikeluarkan dengan mengatur regulator (asetilin dan oksigen) dengan menggunakan dua buah slang kemudian dipadukan/dicampurkan melalui alat pembakar las (*burner*). Dengan pengaturan tekanan antara gas asetilin dan oksigen sesuai ketentuan, akan menghasilkan nyala api yang dapat digunakan untuk melakukan pengelasan.

Gambar 4. 1 Ruang las oksi asetilin dan peralatannya



1) Peralatan Utama Las Oksi Asetilin

Terdapat beberapa peralatan utama pada proses pengelasan dengan las oksi asetilin, diantaranya:

a) Silinder Gas

Silinder gas adalah tabung/botol baja yang dapat digunakan untuk menyimpan atau menampung gas. Isi gas didalam silinder bermacam-macam mulai dari : 3500 liter, 5000 liter, 6000 liter, 7000 liter, dan seterusnya. Terdapat dua jenis silinder gas yaitu, silinder gas oksigen dan asetilin

- Silinder gas oksigen (*Oxygen Cylinder*)

Selinder atau tabung oksigen dibuat sesuai dengan ketentuan, yaitu menyimpan oksigen dengan tekan maksimum 150 kg/cm^2 (2200 psi). Silinder ini dilengkapi dengan alat pengaman berupa keping yang terdapat pada katup silinder. Isi oksingen didalam silinder dapat dihitung dengan mengalikan volume silinder dengan tekanan didalamnya. Misalnya volume silinder 40 liter dan tekanan didalam 150 kg/cm^2 , maka isi oksigennya adalah sebesar: $40 \times 150 = 6000 \text{ liter}$

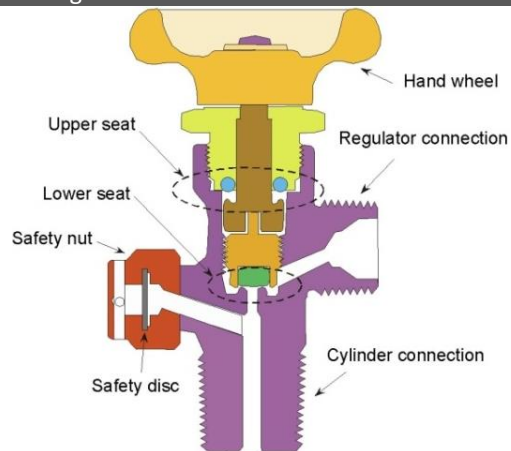
Pada keran/katup silinder terdapat ulir penghubung antara silinder dengan regulator. Cara menghubungkannya ialah dengan memasukkan baut penghubung regulator pada katup silinder, kemudian diputar kearah kanan atau searah jarum karena ulirnya adalah ulir kanan.

Gambar 4. 2 Silinder gas oksigen



Pada bagian atas silinder gas oksigen terdapat keran atau katup untuk mengisi dan mengeluarkan gas (Gambar 4.3).

Gambar 4. 3 Katup gas oksigen



- **Silinder Asetilin (*Acetylene Cylinder*)**

Silinder atau abung asetilin didalamnya berisi bahan berpori (misalnya asbes, kapas, dan sutra). Bahan berpori ini berfungsi menyerap aseton dan aseton digunakan untuk menyimpan gas asetilin.

Aseton adalah suatu zat dimana asetilin dapat larut dengan baik dibawah pengaruh tekanan asetilin pada silinder sebesar 17.5 kg/cm^2 (250 psi). Silinder asetilin dilengkapi dengan sumbat pengaman yang terdapat pada temperatur lebih kurang 100°C . Apabila karena suatu sebab silinder menjadi panas, sumbat pengaman akan melebur dan akan memberikan jalan keluar bagi gas asetilin.

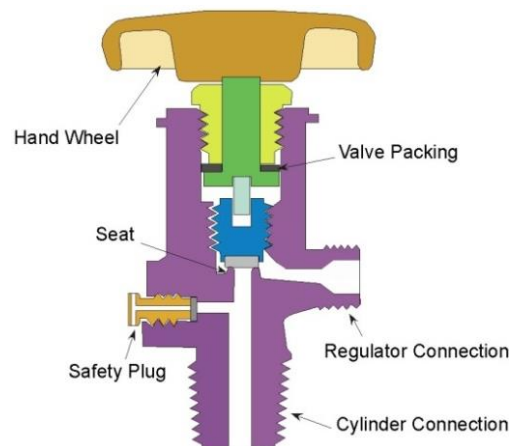
Silinder asetilin harus di simpan berdiri tegak, baik berisi maupun kosong; dalam keadaan tidur cairan aseton adalah silinder akan dapat menyumbat lubang-lubang pada kutub silinder. Jika ada kebocoran pada keran silinder maka keran tersebut dapat dikeraskan dengan menggunakan kunci yang ukurannya sesuai; kalau masih bocor bawalah keluar ruangan dan pada tempat terbuka. Pada kutup atau keran silinder terdapat mur untuk menghubungkan dengan regulator. Ulir pada silinder asetilin ini adalah ulir kiri. Untuk mengeraskannya diputar kekiri atau berlawanan arah jarum jam.

Gambar 4. 4 Silinder gas asetilin



Pada bagian atas silinder gas asetilin terdapat keran atau katup untuk mengisi dan mengeluarkan gas (Gambar 4.5).

Gambar 4. 5 Katup gas asetilin



Jika silinder sedang tidak digunakan, hendaknya katup ditutup dengan tutup baja, dengan cara memasukkan pada katup kemudian diputar ke kanan. Hal ini dimaksudkan agar katup tersebut tetap bersih dan aman. Pada dinding silinder biasanya terdapat label

yang menyatakan jenis gas, tanggal pengisian dan tahun pemeriksaan. Didalam peralatan las oksi asetilin terdapat dua silinder, yaitu silinder oksigen dan silinder asetilin .

Menghitung isi asetilin dalam silinder:

Jumlah aseton yang terdapat di dalam silinder adalah 40 % dari isi silinder dan setiap 1 liter aseton pada tekanan minimal 15 kg/cm² dan dapat menyimpan asetilin sebanyak 360 liter. Misal isi silinder asetilin 50 liter, maka jumlah gas asetilin di dalam silinder tersebut adalah $= \frac{40}{100} \cdot 50 \cdot 360 = 7200$

b) Regulator

Regulator adalah salah satu peralatan pengatur tekanan las oksi asetilin yang berfungsi untuk :

- Mengetahui tekanan isi silinder,
- Menurunkan tekanan isi menjadi tekanan kerja
- Mengetahui tekanan kerja.
- Menjaga tekanan kerja agar tetap (konstan) meskipun tekanan isi berubah-ubah.

Pada pengelasan dengan las oksi asetilin terdapat dua jenis regulator, yaitu regulator asetilin (Gambar 4.6) dan oksigen (Gambar 4.7)

Gambar 4. 6 Regulator Gas Asetilin



Gambar 4. 7 Regulator Gas Asetilin



Pada regulator terdapat dua buah alat penunjuk tekanan yang terdapat pada tabung yang disebut monometer, yaitu: monometer tekanan isi silinder dan monometer tekanan kerja dan monometer tekanan isi mempunyai skala lebih besar bila dibandingkan dengan monometer tekanan kerja (Gambar 4.8)

Gambar 4. 8 Manometer



Perbedaan antara regulator asetilin dan oksigen yang paling utama adalah :

- Regulator asetilin berulir kiri .
- Pada waktu mengikat, putar ulirnya ke arah kiri atau berlawanan dengan arah jarum, sedangkan untuk membuka diputar ke arah kanan atau searah dengan jarum jam.
- Reguator oksingen berulir kanan, pada waktu mengikat putaran ulirnya ke arah kanan atau searah dengan jarum jam, sedangkan untuk membuka diputar ke arah kiri atau berlawanan dengan arah jarum jam.
- Perbedaan lainnya adalah :
 - Tekanan pada manometer
 - › Regulator asetilin
 - Tekanan isi botol 20 s.d. 35 kg/cm² atau yang senilai
 - Tekanan kerja 2 s.d. 3,5 kg/cm² atau yang senilai
 - › Regulator oksigen
 - Tekanan kerja 200 s.d 350 kg/cm²
 - Tekanan kerja 20 s.d. 30 kg/cm² atau yang senilai
 - Warna bak manometer (tidak mutlak)
 - › Reguler oksigen: terdapat tulisan oksigen warna bak biru/hitam/abu-abu

- › Regulator asetilin: terdapat tulisan asetilin warna bak merah.

- Macam regulator
 - Regulator satu tingkat.
 - Regulator dua tingkat

c) Slang Las (*Oxygen - Acetylene Hose*)

Fungsi slang las adalah untuk mengalirkan gas dari silinder ke pembakaran. Slang las dibuat dari karet yang berlapis-lapis dan diperkuat oleh serat-serat bahan tahan panas dan harus memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

- Kuat
 - Slang asetilin harus tahan tekanan 10 kg/cm²
 - Slang oksigen harus tahan terhadap tekanan 20 kg/cm²
- Tahan api atau panas
- Tidak kaku atau fleksibel
- Berwarna
 - Slang oksigen mempunyai warna hitam/biru/hijau
 - Slang asetilin mempunyai warna merah.

Gambar 4. 9 Slang las



Besarnya diameter dalam slang las bermacam-macam dan ukuran yang paling banyak digunakan adalah 3/16 inci dan 5/16 inci. Dalam perdagangan antara slang

oksigen dan asetilin ada yang berdiri sendiri dan ada pula yang kedua slang itu diikat menjadi satu (*twin hose*). Slang las yang kedua ini lebih enak dipakai karena mudah digulung dan tidak terpuntir.

Dalam penggunaannya slang las tidak dibenarkan dipertukarkan. Untuk menyalurkan gas oksigen pakailah slang yang berwarna merah. Dengan perbedaan warna ini dapat dihindarkan kekeliruan pada waktu pemasangan slang.

Sedangkan bentuk alat penyambung slang dibedakan sebagai berikut:

- Nipel (alat penyambung) pada kedua ujung slang dibuat berlainan. Nipel oksigen berbentuk setengah bulat, sedangkan nipel asetilin berbentuk tirus.
- Mur pengikat untuk oksigen mempunyai ulir kanan, sedangkan untuk asetilin ulir kiri.
- Mur pengikat untuk oksigen berbentuk segi enam rata dan mur pengikat asetilin berbentuk segi enam ditakik.

Gambar 4. 10 Nipel dan mur pengikat (oksigen dan asetilin).



d) Pembakar Las (*Welding Torch*)

Fungsi pembakar las pada las oksi asetilen adalah :

- Mencampur gas oksigen dan gas asetilin
- Mengatur pengeluaran gas
- Menghasilkan nyala api

Pembakar las jika dilihat dari cara pencampuran gas dibagi menjadi 2 (dua) jenis, yaitu :

- Pembakar las tekanan rata (*mixer type*)
- Pembakar las tekanan rendah (*injector type*)

Gambar 4. 11 Pembakar las tekanan rata.



Gambar 4. 12 Pembakar las tekanan rendah



Pembakar tekanan rendah:

Pada pembakar tipe ini tekanan kerja oksigen lebih besar dari pada tekanan kerja asetilin misalnya :

- Tekanan kerja oksigen 1,5 kg/cm² s.d. 2,5 kg/cm²
- Tekanan kerja asetilin 0,3 kg/cm² s.d. 0,5 kg/cm²

Maka oksigen yang masuk ke dalam pembakar dengan tekanan yang lebih besar dan menarik gas asetilin ke dalam pipa pencampur yang kemudian keduanya bercampur dan siap dibakar. Pembakaran tipe ini biasanya digunakan untuk gas asetilin dari generator.

Pembakar tekanan rata:

Pembakar tekanan rata digunakan untuk pengelasan dengan konsumsi gas tekanan tinggi atau sedang. Pada pembakar tipe ini tekanan oksigen dan asetilin sama besarnya yaitu antara 0,5 s.d. 0.7 kg/cm² atau 50 s.d 70 kpa. Kedua gas tersebut masuk kedalam pemcampur dan bercampur, kemudian keluar melalui pipa pemcampur dan menuju ke mulut pembakar. Pembakar las tipe ini biasanya digunakan untuk gas asetilin dari silinder.

Perbedaan antara pembakar tekanan rendah dan pembakar tekanan rata dapat dilihat pada:

Tabel 4. 1 Perbedaan pembakar tekanan rendah & tekanan rata

Pembakar Tekanan Rendah	Pembakar Tekanan Rata
• Digunakan untuk gas asetilin dari generator • Tertera nomor mulut, kapasitas dan tekanan kerja oksigen	• Digunakan untuk gas asetilin dari silinder • Hanya tertera nomor mulut

2) Proses Pengelasan Dengan Las Oksi Asetilin

a) Mengatur Tekanan Kerja

Dalam menetapkan besarnya tekanan kerja untuk melakukan pengelasan dengan las oksi asetilin, tergantung dari type pembakaran yang digunakan dan ketebalan pelat yang akan dilas.

Sebelum membahas masalah besarnya tekanan, terlebih dahulu akan dibahas tentang konversi diantara beberapa satuan tekanan yang banyak digunakan pada regulator las oksi asetilin. Satuan-satuan tekanan yang banyak dipakai adalah : kg/cm². bar (atm). Psi dan kpa.

Adapun konversi satuan tekanan tersebut di atas secara kasar adalah:

$$1 \text{ kg/cm}^2 = 0,97 \text{ bar}$$

1 bar	=	1,03kg/ cm ²
1 bar	=	1 atm
1 atm	=	14,7 psi
1 psi	=	6,8 kpa
1 bar	=	10 kpa

Besarnya tekanan kerja pada pembakar antara pembakar injector dan pembakar mixer sangat berbeda, berikut ini besarnya tekanan untuk masing-masing tipe :

- Pembakar tipe injektor (tekanan rendah) diatur sebagai berikut :
 - › Oksigen, besarnya tekanan kerja oksigen dapat dilihat pada mulut pembakar; pada umumnya 2,5 atm.
 - › Asetilin, besarnya tekanan kerja asetilin antara 0,3-0,5 atm.
- Pembakar tipe mixer besar tekanan kerja untuk oksigen maupun asetilin adalah sama yaitu : antara 50 sampai 70 kpa.

Apabila satuan tekanan pada regulator anda tidak sesuai dengan petunjuk diatas, maka konversi lebih dahulu sehingga harga/nilainya sama.

Prosedur mengatur tekanan kerja:

Prosedur mengatur tekanan kerja tidak dibenarkan menggunakan tangan atau alat-alat yang mengandung minyak/oli/gemuk. Adapun prosedur pengaturannya adalah sebagai berikut :

- Memeriksa dengan teliti apakah katup pada regulator sudah ditutup. Apabila belum hendaknya ditutup terlebih dahulu, yaitu: untuk katup pembakaran baik katup oksigen maupun katup asetilin diputar searah jarum jam sampai habis. Untuk katup regulator diputar berlawanan arah jarum jam sampai pemutaran terasa ringan.
- Membuka katup silinder oksigen dengan kunci pembuka katup berlawanan searah jarum jam sehingga terbuka penuh.
- Membuka katup silinder asetilin dengan kunci pembuka katup berlawanan arah jarum jam sebesar ½ sampai ¾ putaran; biarkan kunci pembuka katup menempel pada katup silinder asetilin.

- Buka katup regulator oksigen dengan memutar baut pengatur searah jarum jam sampai jarum pada monometer tekanan kerja menunjuk pada angka yang dikehendaki (lihat besarnya tekanan kerja).
- Lakukan seperti pada langkah sebelumnya, untuk regulator asetilin, yang perlu diingat adalah tekanan kerja asetilin belum tentu sama dengan tekanan kerja oksigen
- Tekanan yang ditunjukkan oleh pengaturan sebelumnya, adalah tekanan monometer. Untuk mendapatkan tekanan kerja anda harus membuka katup oksigen pembakar. Pada waktu membuka katup tersebut jarum monometer tekanan kerja ada kemungkinan turun. Apabila turun, naik kan dengan memutar baut pengatur regulator searah jarum jam sehingga jarum monometer menunjukkan angka yang dikehendaki. Jadi besarnya tekanan kerja adalah angka yang ditunjukkan oleh jarum monometer tekanan kerja pada waktu katup oksigen pembakar dibuka.
- Untuk mendapatkan tekanan kerja asetilin, lakukan dengan cara yang sama sebagaimana mengatur tekanan kerja oksigen.

Prosedur Mengembalikan Tekanan Kerja:

Untuk mengembalikan tekanan kerja menjadi nol dengan prosedur sebagai berikut :

- Menutup semua katup selinder
- Membuang sisa-sisa gas melalui katup-katup pembakar
- Setelah jarum pada monometer menunjuk pada angka nol, kemudian tutuplah katup regulator dengan memutar baut pengatur regulator berlawanan arah jarum jam.

3) Menyalakan dan mengatur Nyala Api

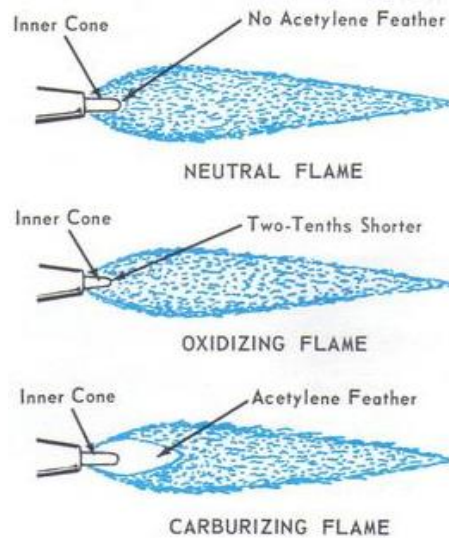
Macam-macam nyala api pada las oksi asetilin

- Nyala api asetilin dengan udara luar
- Nyala api karburasi
- Nyala api netral

- Nyala api oksidasi.

Dari keempat nyala api tersebut di atas, ada tiga macam nyala api yang digunakan pada las oksidasi asetilin, yaitu nyala api netral, nyala api karburasi, dan nyala api oksidasi (Gambar 4.13).

Gambar 4. 13 Tiga jenis nyala busur api



b. Teknik Dasar Pengelasan Dengan Las Busur Manual

Las busur manual (*Shielded Metal Arc Welding - SMAW*) adalah salah satu proses pengelasan yang panasnya diperoleh dari nyala busur listrik dengan menggunakan elektroda yang berselaput. Elektroda berselaput ini berfungsi sebagai bahan pengisi dan memberi perlindungan terhadap kontaminasi udara luar (atmosfir). Operator las memegang tang las (*holder*) yang berisolasi dan menarik busur pada posisi dimana sambungan dibuat. Tang las menjepit ujung elektroda yang tidak berselaput untuk mengalirkan arus listrik. Elektroda mencairkan logam dasar dan membentuk terak las pada waktu yang bersamaan; ujung elektroda mencair dan bercampur dengan bahan yang di las.

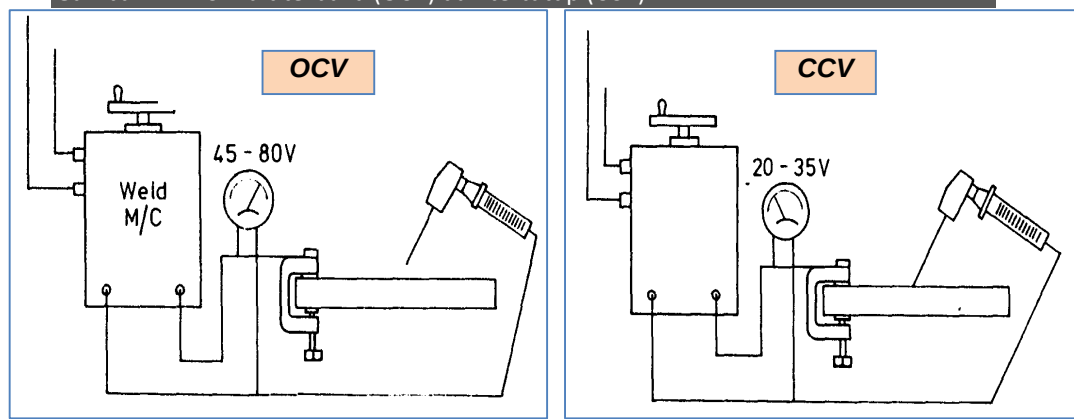
Arus listrik yang dibutuhkan untuk menghasilkan busur las antara elektroda dan benda kerja adalah untuk mencairkan permukaan benda kerja dan ujung elektroda. Untuk itu, sangat penting menjaga kestabilan arus listrik selama elektrode menghasilkan busur listrik.

Jika elektroda terlalu jauh, maka arus yang mengalir akan terhenti sehingga berakibat terhenti pula pembentukan busur las. Sebaliknya, jika terlalu dekat atau menyentuh/menekan benda kerja, maka busur yang terjadi terlalu pendek/ tidak ada jarak, sehingga

elektroda akan menempel pada benda kerja, dan jika hal ini agak berlangsung lama, maka keseluruhan batang elektroda akan mencair.

Pada saat belum terjadinya busur las disebut “sirkuit terbuka” (*open circuit voltage - OCV*) mesin las akan menghasilkan tegangan sebesar 45 – 80 Volt, sedangkan pada saat terjadinya busur las, disebut “sirkuit tertutup” (*close circuit voltage - CCV*) tegangan akan turun menjadi 20 – 35 Volt.

Gambar 4. 14 Sirkuit terbuka (OCV) dan tertutup (CCV)



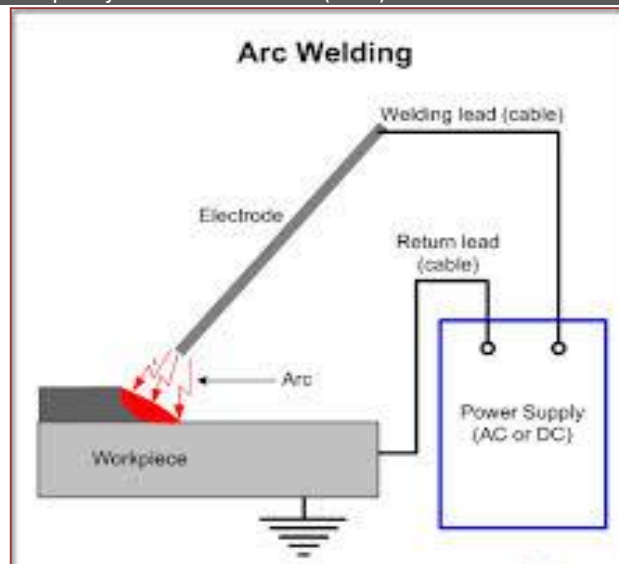
Untuk memperbesar busur las adalah dengan cara menambah atau mempertinggi arus yang dapat diatur pada mesin las. Pada saat busur las terbentuk, temperatur pada tempat terjadinya busur las tersebut akan naik menjadi sekitar 6000° C, yaitu pada ujung elektroda dan pada titik pengelasan.

Bahan mencair membentuk kawah las yang kecil dan ujung elektroda mencair membentuk butir-butir cairan logam yang kemudian melebur bersama-sama ke dalam kawah las pada benda kerja.

Dalam waktu yang sama salutan (*flux*) juga mencair, memberikan gas pelindung di sekeliling busur dan membentuk terak yang melindungi cairan logam dari kontaminasi udara luar. Kecepatan mencair dari elektroda ditentukan oleh arus listrik yang digunakan, sehingga besarnya arus listrik berbanding lurus dengan panas yang dihasilkan.

Sebagai ilustrasi awal dalam memahami proses las busur manual perhatikan . Dari gambar di bawah, diperlihatkan salah satu bentuk konstruksi sambungan las dan bagaimana posisi benda kerja terhadap elektroda dan hasil lasil las.

Gambar 4. 15 Prinsip kerja las busur manual (LBM)



1. Mesin Las Busur Manual

a) Jenis dan Pengkutuban Mesin Las Busur Manual

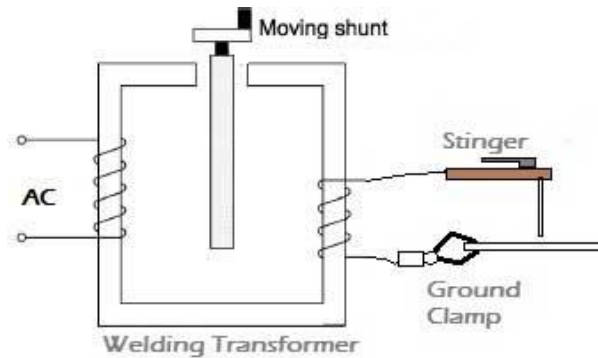
Mesin las busur manual secara umum dibagi dalam 2 golongan, yaitu: mesin las arus bolak balik (*Alternating Current/ AC Welding Machine*) dan mesin las arus searah (*Direct Current/ DC Welding Machine*).

Mesin las AC sebenarnya adalah transformator penurun tegangan. Transformator (trafo mesin las) adalah alat yang dapat merubah tegangan yang keluar dari mesin las, yakni dari 110 Volt, 220 Volt, atau 380 Volt menjadi berkisar antara 45 – 80 Volt dengan arus (Amper) yang tinggi.

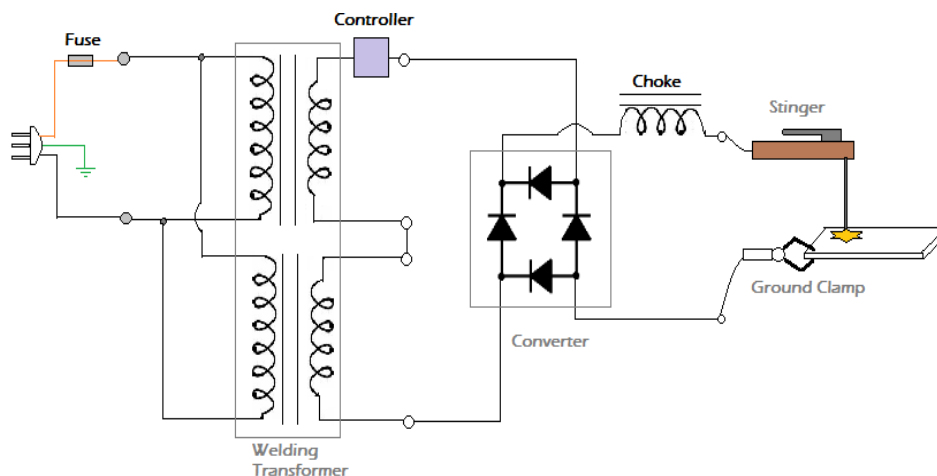
Mesin las DC mendapatkan sumber tenaga listrik dari trafo las (AC) yang kemudian diubah menjadi arus searah atau dari generator arus searah yang digerakkan oleh motor bensin atau motor diesel sehingga cocok untuk pekerjaan lapangan atau untuk bengkel-bengkel kecil yang tidak mempunyai jaringan listrik. Sesuai dengan perkembangan teknologi, dewasa ini juga sudah ada mesin las dengan teknologi "inverter" yang lebih

simpel, dimana pengubah arusnya menggunakan rangkaian elektronik (tidak berbasis transformator) dan tidak membutuhkan sumber listrik yang besar (lebih efisien).

Gambar 4. 16 Sirkuit mesin las AC (berbasis transformator)



Gambar 4. 17 Sirkuit mesin las DC (berbasis transformator)



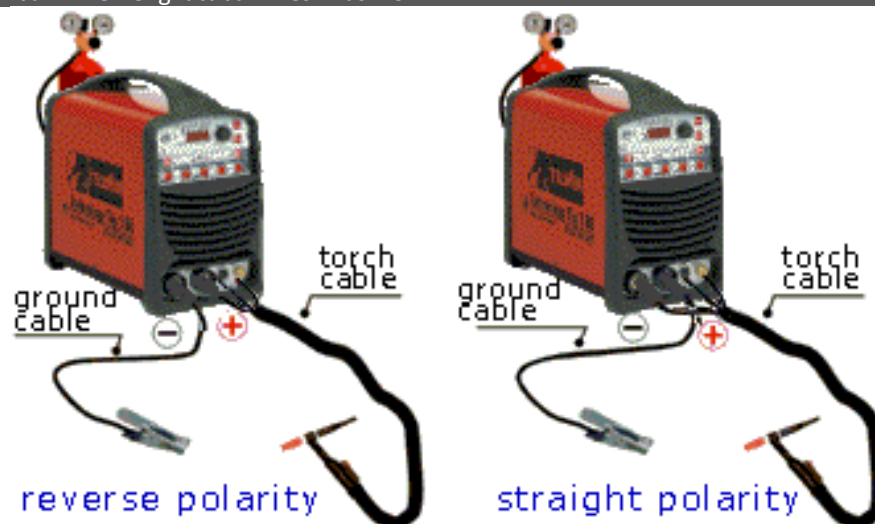
Kedua jenis mesin las tersebut mempunyai karakteristik yang berbeda, sehingga dalam penggunaannya harus benar-benar diperhatikan agar sesuai dengan bahan yang dilas ataupun teknik-teknik pengelasannya.

Khusus pada mesin las arus searah (AC) dapat diatur/ dibolak-balik sesuai dengan keperluan pengelasan, dengan cara :

- Pengkutuban langsung (*Direct Current Straight Polarity/DCSP/ DCEN*)
- Pengkutuban terbalik (*Direct Current Reverse Polarity/ DCRP/DCEP*)

Pengkutuban langsung (*DCSP/DCEN*), berarti kutub positif (+) mesin las dihubungkan dengan benda kerja dan kutub negatif (-) dihubungkan dengan kabel elektroda. Dengan hubungan seperti ini panas pengelasan yang terjadi 1/3 bagian panas memanaskan elektroda sedangkan 2/3 bagian memanaskan benda kerja. Adapun pada pengkutuban terbalik (*DCRP/DCEP*), maka kutub negatif (-) mesin las dihubungkan dengan benda kerja, dan kutub positif (+) dihubungkan dengan elektroda. Pada hubungan semacam ini panas pengelasan yang terjadi 1/3 bagian panas memanaskan benda kerja dan 2/3 bagian memanaskan elektroda.

Gambar 4. 18 Pengkutuban mesin las DC



b) Kabel Las (*Welding Cable*)

Pada mesin las terdapat kabel lisrik utama (*primary power cable*) dan kabel sekunder atau kabel las (*welding cable*).

Kabel primer adalah, kabel yang menghubungkan antara sumber tenaga dengan mesin las (Gambar 4.19). Jumlah kawat inti pada kabel primer disesuaikan dengan jumlah *phasa* mesin las ditambah satu kawat sebagai hubungan masa tanah dari mesin las.

Gambar 4. 19 Kabel skunder



Kabel sekunder adalah, kabel-kabel yang dipakai untuk keperluan mengelas, terdiri dari dua buah kabel yang masing-masing dihubungkan dengan penjepit (tang) elektroda dan penjepit (*holder*) benda kerja (Gambar 4.20). Inti kabel terdiri dari kawat-kawat yang halus dan banyak jumlahnya serta dilengkapi dengan isolasi. Kabel-kabel sekunder ini tidak boleh kaku, harus mudah ditekuk/ digulung.

Gambar 4. 20 Kabel skunder



Penggunaan kabel pada mesin las hendaknya disesuaikan dengan kapasitas arus maksimum dari pada mesin las. Makin kecil diameter kabel atau makin panjang ukuran kabel, maka tahanan/hambatan kabel akan naik, sebaliknya makin besar diameter kabel dan makin pendek maka hambatan akan rendah.

Pada bagian ujung-ujung kabel las sesuai bentuk pasangannya, dipasang sebuah alat penghubung untuk mengikat kabel pada terminal mesin las, tangkai penjepit elektroda dan penjepit masa/arde berupa: sepatu/pengikat kabel las (*welding cable lugs*), atau alat penghubung kabel (*welding cable connector*).

Gambar 4. 21 Beberapa contoh sepatu/pengikat Kabel las (*Welding cable lugs*)



Gambar 4. 22 Beberapa contoh alat penghubung kabel las (*Welding cable connectors*)



c) Tangkai Pemegang Elektroda/Tang Las (*Welding Electrode Holder*)

Pada saat melakukan pengelasan dengan las busur manual, elektroda dijepit dengan tangkai pemegang yang bahannya dibuat dari kuningan atau tembaga dan dibungkus dengan bahan yang berisolasi yang tahan terhadap panas dan arus listrik, seperti ebonit. Mulut penjepit hendaknya selalu bersih dan kencang ikatannya agar hambatan arus yang terjadi sekecil mungkin.

Gambar 4. 23 Tangkai pemegang elektroda



d) Klem Masa (*Gruond Clamp*)

Untuk menghubungkan kabel masa ke benda kerja atau meja kerja dipergunakan penjepit (klem) masa. Bahan penjepit kabel masa sebaiknya sama dengan bahan penjepit elektroda (logam penghantar arus yang baik). Penjepit masa dijepitkan pada benda kerja dan pada tempat yang bersih dan kencang pemasangannya.

Gambar 4. 24 Klem masa

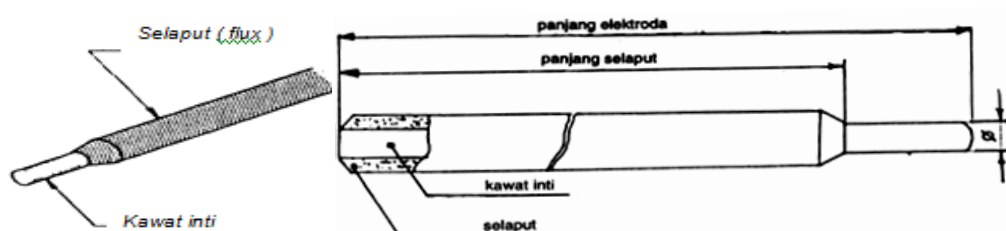


2. Elektroda Las Busur Manual

a) Fungsi Elektroda

Elektroda las busur manual adalah salah satu jenis elektroda berselaput/bersalutan (*shielded*), terdiri dari kawat inti dan salutan (*flux*) elektroda.

Gambar 4. 25 Bagian-bagian elektroda las busur manual



b) Kode dan Penggunaan Elektroda

Kode elektroda digunakan untuk mengelompokkan elektroda dari perbedaan pabrik pembuatnya terhadap kesamaan jenis dan pemakaiannya. Kode elektroda ini biasanya dituliskan pada salutan elektroda dan pada kemasan/ bungkusnya.

Menurut *American Welding Society* (AWS) kode elektroda dinyatakan dengan E diikuti dengan 4 atau lima digit (E XXX).

Dalam klasifikasi elektroda las busur manual yang mengacu pada *American Welding Society* (AWS) *Specification*, yakni Spesifikasi A5.1 untuk *mild steel* dan A5.5 untuk *low-alloy steel* dijelaskan lebih lanjut tentang macam-macam jenis salutan serta penggunaan tiap-tiap elektroda sebagaimana (Tabel 4.2).

Tabel 4. 2 Tipe salutan dan arus las

Klasifikasi	Tipe Salutan	Arus	Penggunaan secara Umum
E XX10	Cellulose	DC Positif	- Pengelasan akar (<i>root</i>) - Pengelasan pipa
E XX11		AC/DC Positif	
E XX12	Rutile	AC/DC Negatif	Penggunaan umum
E XX13		AC/DC	
E XX14	Rutile, serbuk besi $\pm 30\%$	AC/DC	Penggunaan umum
E XX15	Low hydrogen	DC Positif	Untuk penyambungan yang kuat dan kualitas tinggi
E XX16		AC/DC Positif	
E XX18	Low hydrogen, serbuk besi $\pm 25\%$	AC/DC Positif	

E XX20	Oksida Besi Kadar Tinggi (<i>High Iron Oxide</i>)	AC/DC	Untuk pengelasan akar (<i>root</i>) pada sambungan tumpul posisi di bawah tangan dan sambungan sudut posisi horizontal.
E XX24	Rutile, serbuk besi $\pm 50\%$	AC/DC	Untuk pengisian jumlah banyak/cepat pada posisi di bawah tangan.
E XX27	Mineral, serbuk besi $\pm 50\%$	AC/DC	
E XX28	Low hydrogen, serbuk besi 50%	AC/DC Positif	Untuk pengisian jumlah banyak/cepat dan sambungan yang kuat.

Contoh pembacaan kode elektroda las busur manual:

E 6013

E = elektroda.

60 = kekuatan tarik minimum = 60 x 1000 psi = 60.000 psi

1 = elektroda dapat dipakai untuk semua posisi

3 = tipe salutan adalah *rutile* dan arus AC atau DC.

c) Pemilihan Elektroda

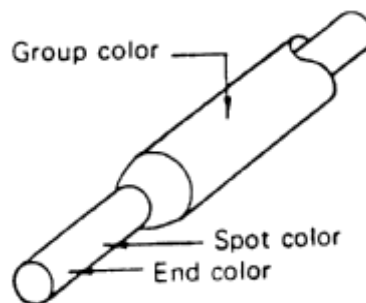
Banyak hal yang dijadikan dasar dalam menentukan tipe elektroda yang akan digunakan pada suatu pengelasan. Namun secara umum penetapan penggunaan elektroda didasarkan atas hal-hal berikut ini :

- Bentuk/ jenis pekerjaan yang akan dibuat, yaitu : disain, jenis bahan, tebal bahan.
- Tipe mesin las yang akan digunakan.
- Karakteristik pengelasan, meliputi: banyaknya pengisian, kekuatan, kedalaman, penetrasi, kemudahan penyalaan, level percikan, volume terak dan kemudahan dalam membersihkannya dan emisi asap

Disamping hal-hal yang tersebut di atas, seorang teknisi las juga perlu memahami dan mengenali fisik elektroda secara baik, baik ukuran panjang, diameter serta warna tiap-tiap jenis elektroda, agar tidak terjadi kesalahan dalam penggunaannya.

Khusus untuk warna elektroda, menurut AWS dibedakan atas warna salutan (*group color*), warna kawat inti (*spot color*) dan warna ujung kawat inti (*end color*).

Gambar 4. 26 Penjelasan warna elektroda



Adapun untuk menentukan ukuran (diameter) elektroda terkait dengan besaran arus las. Untuk itu, teknisi/ operator las dapat menentukan dengan mudah sesuai dengan pengalamannya, namun tabel berikut ini dapat digunakan acuan dasar dalam menentukan besar arus las yang sesuai dengan diameter elektroda.

Tabel 4. 3 Diameter elektroda

DIAMETER ELEKTRODA		BESAR ARUS
1/16 Inchi	1,5 mm	20 – 40 Amper
5/64 Inchi	2,0 mm	30 – 60 Amper
3/32 Inchi	2,5 mm	40 – 80 Amper
1/8 Inchi	3,2 mm	70 – 120 Amper
5/32 Inchi	4,0 mm	120 – 170 Amper
3/16 Inchi	4,8 mm	140 – 240 Amper
1/4 Inchi	6,4 mm	200 – 350 Amper

3. Teknik Pengelasan Dengan Las Busur Manual

Teknik mengelas yang diterapkan dalam proses pengelasan dengan las busur manual dapat dilakukan dengan mengikuti aturan atau ketentuan yang umum berlaku pada pengelasan. Skema proses pengelasan memperlihatkan bahwa beberapa parameter untuk pengelasan yang dilakukan pada posisi dibawah tangan meliputi:

a) Arah pengelasan

Yang dimaksud arah pengelasan adalah arah pergerakan elektroda pada saat memulai proses pengelasan. Arah pengelasan ini sangat tergantung pada juru las dan konstruksi sambungan las. Arah pengelasan ini dapat dilakukan dengan beberapa cara yakni: arah pengelasan dari kiri ke kanan, hal ini digunakan untuk juru las yang dominan menggunakan tangan kanan (seperti orang menulis), sedangkan yang menggunakan tangan kiri secara dominan maka arah pengelasannya dapat di balik dari kanan kekiri.

b) Gerakan elektroda yang digunakan

Gerakan elektroda berupa ayunan elektroda pada saat mengelas, dimana ayunan elektroda ini dapat digerakkan secara lurus, setengah lingkaran, zig-zag, lingkaran penuh, segitiga, ayunan angka delapan, dan segi empat. Ayunan elektroda ini akan terlihat pada manik-manik logam lasan yang terbentuk

c) Sudut antara elektroda dengan benda kerja arah memanjang

Sudut elektroda yang terbentuk pada arah gerakan elektroda membentuk sudut dengan kisaran 70° - 80° . Sewaktu terjadinya proses pengelasan sudut, pengelasan ini harus dijaga tetap konstan

d) Sudut antara elektroda dengan benda kerja arah melintang

Sudut antara elektroda dan benda kerja yang di las pada arah melintang ini membentuk sudut 90° . Pembentukan sudut ini juga harus dijaga tetap konstan

e) Jarak elektroda ke benda kerja

Jarak elektroda ke benda kerja yang baik mendekati besarnya diameter elektroda yang digunakan. Misalnya digunakan elektroda dengan besarnya diameter intinya adalah 3,2 mm, maka jarak elektroda ke bahan dasar logam lasan mendekati 3,2 mm. Pada proses pengelasan ini diharapkan jarak elektroda ke benda kerja ini relatif konstan

f) Jarak/gap antara benda kerja yang akan disambung

Jarak antara benda kerja yang baik adalah sebesar diameter kawat las yang digunakan. Alasan memberikan celah atau jarak ini bertujuan untuk menghasilkan penetrasi pengelasan yang lebih baik sampai mencapai pada sisi bagian dalam logam yang dilakukan pengelasan

g) Kecepatan pengelasan

Kecepatan pengelasan merupakan parameter yang sangat penting dalam menghasilkan kualitas sambungan yang memenuhi standar pengelasan. Kecepatan pengelasan harus konstan mulai dari saat pengelasan sampai pada penyelesaian pengelasan. Jika pengelasan dilakukan secara otomatis atau dengan robot, maka kecepatan pengelasan ini dapat diatur dengan mudah. Namun jika konstruksi pengelasan menggunakan las busur nyala listrik dengan menggunakan elektroda terbungkus sebagai bahan tambahannya maka proses ini tidak dapat dilakukan pengelasan secara otomatis.

Pengelasan secara manual ini membutuhkan latihan yang terus menerus, sehingga seorang juru las harus dapat mensinergikan antara kecepatan pengelasan dengan pencairan elektroda yang terjadi. Pencairan elektroda ini menyebabkan elektroda lama-kelamaan menjadi habis atau bertambah pendek, maka juru las harus dapat menyesuaikan antara kecepatan jalanya elektroda mengikuti kampuh pengelasan dengan turunnya pergerakan tang elektroda. Dipastikan pada proses ini jarak antara elektroda ke logam lasan juga tetap konstan atau stabil

h) Penetrasi pengelasan

Penetrasi adalah penembusan logam lasan mencapai kedalaman pada bahan dasar logam yang di las. Penetrasi ini juga merupakan pencairan antara elektroda dengan bahan dasar dari tepi bagian atas sampai menembus pelat pada kedalaman tertentu. Penetrasi yang memenuhi standar harus dapat mencapai pada seluruh ketebalan plat yang di las. Untuk juru las tingkat dasar hal ini sulit dicapai tetapi apabila dilatih secara terus menerus maka standar penetrasi ini akan dapat dicapai

4. Prosedur Umum Pengelasan

Dalam melaksanakan pengelasan dengan las busur manual harus mengikuti prosedur atau aturan yang telah ditetapkan, diantaranya:

- Pastikan anda menggunakan perlengkapan keselamatan kesehatan kerja seperti: pakaian kerja, apron kulit penutup dada, sepatu kerja, sarung tangan kulit, helm las.
- Tandai pada benda kerja bagian yang akan di las.
- Siapkan kampuh sambungan yang akan di las.
- Pastikan tebal benda kerja dengan mengukur ketebalannya secara langsung.
- Hidupkan mesin las dengan menekan posisi on pada mesin las.
- Atur arus dan pengkutuban pengelasan sesuai dengan tebal bahan dan elektroda yang digunakan.
- Hubungkan tang masa ke benda kerja yang di las.
- Atur posisi kampuh sambungan benda kerja pada meja las

- Lakukan proses pengelasan sesuai dengan gambar atau WPS yang diinginkan/ditentukan.

D. Aktivitas Pembelajaran

Pengamatan:

Silahkan anda mengamati kegiatan proses pengelasan dengan las oksi asetilin las busur dan manual sebagaimana terlihat pada (Gambar 4.1) atau objek lain sejenis disekitar anda. Untuk dapat melakukan proses pengelasan sesuai ketentuan yang berlaku, tentunya perlu menguasai berbagai macam teknik dasar pengelasan dengan las oksi asetilin dan las busur manual. Tugas anda adalah menyebutkan beberapa alat keselamatan kerja yang digunakan pada saat melakukan pengelasan dengan las oksi asetilin dan las busur manual dan perlengkapan apa saja yang diperlukan.

Menanya:

Apabila anda mengalami kesulitan dalam memahami tugas-tugas diatas, bertanyalah/berdiskusi atau berkomentar kepada sasama teman atau guru yang sedang membimbing anda.

Mengekplorasi:

Kumpulkan data secara individu atau kelompok, terkait beberapa teknik dasar pengelasan dengan las oksi asetilin dan las busur manual, melalui: benda konkrit, dokumen, buku sumber, atau hasil eksperimen.

Mengasosiasi:

Setelah anda memiliki data dan menemukan jawabannya, selanjutnya jelaskan bagaimana cara menerapkan teknik dasar pengelasan dengan las oksi asetilin dan las busur manual.

Mengkomunikasikan:

Presentasikan hasil pengumpulan data-data anda, terkait teknik dasar pengelasan dengan las oksasi asetilin dan las busur manual, dan selanjutnya buat laporannya

E. Rangkuman

Teknik Dasar Pengelasan Dengan Las Oksi Asetilin:

Proses pengelasan dengan las oksasi asetilin (Oxy Acetylene Welding - OAW) adalah, salah satu cara pengelasan dengan memanfaatkan gas asetilin dan oksigen yang ditampung pada tabung silinder dengan tekanan tertentu, kemudian tekanannya dikeluarkan dengan mengatur regulator (asetilin dan oksigen) menggunakan dua buah slang kemudian dipadukan/dicampurkan melalui alat pembakar las (burner).

- Peralatan Utama Las Oksi Asetilin

Terdapat beberapa peralatan utama pada proses pengelasan dengan las oksasi asetilin, diantaranya: silinder gas (oksigen dan asetilin), regulator, slang las (terdiri dari selang, nipple dan mur penyambung), pembakar las (burner), economiser gas, jarum pembersih nosel (nozel tip cleaner), korek api las, peralatan bantu (tang penjepit dan sikat baja).

- Proses Pengelasan Dengan Las Oksi Asetilin:

Dalam menetapkan besarnya tekan kerja untuk melakukan pengelasan dengan las oksasi asetilin, tergantung dari type pembakaran yang digunakan dan ketebalan pelat yang akan dilas. Prosedur mengatur tekanan kerja tidak dibenarkan menggunakan tangan atau alat-alat yang mengandung minyak/oli/gemuk.

- Menyalakan dan mengatur Nyala Api

Macam-macam nyala api pada las oksasi asetilin diantaranya: nyala api asetilin dengan udara luar, nyala api karburasi, nyala api netral dan nyala api oksidasi. Dari keempat nyala api tersebut di atas, ada tiga macam nyala api yang digunakan pada las oksasi asetilin, yaitu nyala api netral, nyala api karburasi, dan nyala api oksidasi.

Teknik Dasar Pengelasan Dengan Las Busur Manual:

Las busur manual atau Shielded Metal Arc Welding (SMAW) adalah salah satu proses pengelasan yang panasnya diperoleh dari nyala busur listrik dengan menggunakan elektroda yang berselaput.

F. Tes Formatif

Soal materi teknik dasar pengelasan dengan las oksi asetilin:

- a. Sebutkan minimal delapan komponen yang termasuk dalam kelompok peralatan utama Las Oksi Asetilin.
- b. Sebutkan minimal empat fungsi regulator las oksi asetilin
- c. Jelaskan perbedaan antara regulator oksigen dan regulator asetilin.
- d. Sebutkan minimal lima nama alat keselamatan dan kesehatan kerja yang perlu digunakan pada pekerjaan pengelasan dengan las oksi asetilin.
- e. Sebutkan minimal tiga alasan memilih ukuran mulut pembakar/tip.
- f. Jelaskan dengan singkat fungsi ekonomiser.
- g. Sebutkan jenis nyala api yang digunakan pada las oksi asetilin
- h. Jelaskan dengan singkat langkah mengatur tekanan kerja pada regulator oksigen dan asetilin.

Soal materi teknik dasar pengelasan dengan las busur manual:

- a. Jelaskan dengan singkat pengertian dari las busur manual (Shielded Metal Arc Welding (SMAW))
- b. Jelaskan dengan singkat, langkah-langkah untuk menghindari terjadinya kecelakaan pada saat mengelas dengan las busur manual
- c. Terdapat beberapa peralatan las busur manual, sebutkan dan jelaskan fungsinya.
- d. Terdapat beberapa peralatan bantu las busur manual, sebutkan dan jelaskan fungsinya
- e. Jelaskan dengan singkat fungsi salutan pada elektroda
- f. Type elektroda ada beberapa macam, sebutkan dan jelaskan kegunaannya
- g. Jelaskan pengkodean elektroda las busur manual E 6012
- h. Dalam menentukan jenis elektroda las busur manual, harus mempertimbangkan beberapa aspek. Sebutkan dan jelaskan alasannya
- i. Sebutkan minimal enam persyaratan dalam menyimpan elektroda
- j. Terdapat beberapa teknik pengelasan dengan las busur manual.

Sebutkan dan jelaskan secara singkat langkah-langkahnya?.

G. Kunci Jawaban

- a. Silinder gas- silinder asetelin, regulator, slang las
- b. Mengetahui tekanan isi silinder, menurunkan tekanan isi menjadi tekanan kerja,
- c. Regulator asetelin berulir kiri, regulator oksigen berulir kanan, ...
- d. Pakaian kerja, Jaket las kulit,
- e. ...
- f.
-

- a. Proses pengelasan yang panasnya diperoleh dari nyala busur listrik dengan menggunakan elektroda yang berselaput.
- b.
- c.
-

BAB III

PENUTUP

UJI KOMPETENSI

1. Sebuah baja lunak berdiameter ($\varnothing$) 35 mm, akan dibubut dengan kecepatan potong (C_s) 22 meter/menit. Pertanyaannya adalah: Berapa besar putaran mesinnya ?.
2. Sebuah benda kerja akan dibubut dengan putaran mesinnya (n) 700 putaran/menit dan besar pemakanan (f) 0,25 mm/putaran. Pertanyaannya adalah: Berapa besar kecepatan pemakanannya ?.
3. Sebuah benda kerja dengan diameter terbesar (D)= 48 mm akan dibubut rata menjadi (d)= 42 mm sepanjang (l)= 55, dengan jarak star pahat (l_a)= 4 mm. Data-data parameter pemesinannya ditetapkan sebagai berikut: Putaran mesin (n)= 600 putaran/menit, dan pemakanan mesin dalam satu putaran (f)= 0,05 mm/putaran. Pertanyaannya adalah: Berapa waktu yang diperlukan untuk melakukan proses pembubutan rata sesuai data diatas, apabila pemakanan dilakukan satu kali pemakanan/proses?.
4. Sebuah benda kerja dengan diameter terbesar (D)= 52 mm akan dibubut muka dengan jarak star pahat (l_a)= 3 mm. Data parameter pemesinannya ditetapkan sebagai berikut: Putaran mesin (n)= 600 putaran/menit, dan pemakanan dalam satu putaran (f)= 0,2 mm/putaran. Pertanyaannya adalah: Berapa waktu yang diperlukan untuk melakukan pengeboran pada mesin bubut sesuai data diatas, apabila pemakanan dilakukan satu kali pemakanan/proses?.
5. Sebuah benda kerja akan dilakukan pengeboran sepanjang 28 mm dengan mata bor berdiameter 14 mm. Data parameter pemesinannya ditetapkan sebagai berikut: Putaran mesin (n)= 800 putaran/menit, dan pemakanan dalam satu putaran (f)= 0,04 mm/putaran.

Pilihan Ganda:

Jawablah soal dibawah ini dengan memilih salah satu jawaban yang dianggap paling benar dengan memberi tanda **(X)**.

1. Kecepatan putaran mesin bubut dapat dihitung dengan rumus ...

a. $n = \frac{1000C_s}{\pi.D}$ Langkah/menit

b. $n = \frac{1000C_s}{\pi.D}$ Rpm

c. $n = \frac{1000C_s}{\pi.D}$ m/menit

d. $n = \frac{1000C_s}{\pi.D}$ m/detik

2. Membubut benda kerja berdiameter 108 mm dengan kecepatan potong 25 m/menit. Putaran mesinnya adalah ...

b. 73,72 Rpm

c. 83,72 Rpm

d. 93,72 Rpm

e. 103, 72 Rpm

3. Mengebor sebuah benda kerja pada mesin bubut, dengan diameter mata bor (d): 18 mm dengan kecepatan potong 20 m/menit. Putaran mesinnya adalah ...

a. 153, 86 Rpm

b. 253, 86 Rpm

c. 353,86 Rpm

d. 453,86 Rpm

4. Besarnya kecepatan pemakanan pembubutan, bila diketahui besar pemakanan (f): 0,15 mm/putaran dan putaran mesin: 400 Rpm adalah...

a. 60 mm/putaran

b. 60 mm/detik

c. 60 mm/menit

d. 60 m/menit

5. Membubut luar diameter (D): 60 mm menjadi diameter (d): 50 mm dilakukan 1 kali proses pemakan, panjang yang dibubut (l): 65 mm, star awal pahat (la): 2 mm, putaran mesin ditetapkan 450 Rpm dan besarnya pemakanan (s): 0,04 mm/putaran. Maka proses pemesinannya memerlukan waktu selama.....
- 7,44 detik
 - 7,44 menit
 - 3,72 detik
 - 3,72 menit
6. Membubut luar diameter (D): 50 mm menjadi diameter (d): 40 mm dilakukan 2 kali proses pemakan, panjang yang dibubut (l): 35 mm, star awal pahat (la): 4 mm, *cutting speed* (Cs) nya ditetapkan 30 meter/menit dan besarnya pemakanan (s): 0,03 mm/putaran. Maka proses pemesinannya memerlukan waktu selama.....
- 6,80 menit
 - 6.80detik
 - 13,60 menit
 - 13,60 detik
7. Membubut permukaan (*facing*) diameter (D): 50 mm, dilakukan 1 kali proses pemakanan, star awal pahat (la): 2 mm, putaran mesinnya ditetapkan 600 Rpm dan besarnya pemakanan (s): 0,04 mm/putaran. Maka proses pemesinannya memerlukan waktu selama.....
- 1,125 detik
 - 1,125 menit
 - 2,25 detik
 - 2,25 menit
8. Membubut permukaan (*facing*) diameter (D): 40 mm, dilakukan 1 kali proses pemakan, star awal pahat (la): 3 mm, *cutting speed* ditetapkan 30 meter/menit dan besarnya pemakanan (s): 0,04 mm/putaran. Maka proses pemesinannya memerlukan waktu selama.....
- 4,80 detik
 - 4,80 menit

- c. 2,40 detik
 - d. 2,40 menit
9. Proses pengeboran dilakukan pada mesin bubut dengan kedalaman (l): 30 mm, diameter bor (d): 12 mm, pemakanannya (s) 0,03 mm/putaran dan putaran mesin ditetapkan 500 Rpm. Maka proses pengeborannya memerlukan waktu selama.....
- a. 4,48menit
 - b. 4,48detik
 - c. 2,24 menit
 - d. 2,24 detik
10. Proses pengeboran dilakukan pada mesin bubut dengan kedalaman (l): 28 mm, diameter bor (d): 14 mm, pemakanannya (s) 0,04 mm/putaran dan *cutting speed* (Cs) ditetapkan 20 meter/menit. Maka proses pengeborannya memerlukan waktu selama.....
- a. 1,77 menit
 - b. 1,77 detik
 - c. 3,54 menit
 - d. 3,54 detik

DAFTAR PUSTAKA

- Widarto, (2088), *Teknik Pemesinan Juilid 1*, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. Direktirat Jendral Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- Wirawan Sumbodo dkk, (2008). *Teknik Produksi Mesin Industri jilid II*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. Direktirat Jendral Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- BM. Surbakty, Kasman Barus (1983). *Membubut*
- C.Van Terheijden, Harun (1985). *Alat-alat Perkakas 2*.
- Daryanto (1987). *Mesin Pengerjaan Logam*, Bandung : Tarsito
- Jhon Gain,(1996). *Engenering Whorkshop Practice*. An International Thomson Publishing Company. National Library of Australia
-(1975). *Machining in a chuck or with a faceplate 3-5*, Canberra : Department of Labour and Immigration.
-(1975). *Turning Between Centres, 3-3*, Canberra : Department of Labour and Immigration.
-(1975). *Thread Cutting 3-6*, Canberra : Department of Labour and Immigration.
- Abdul Rachman (1984). *Penambatan Frais*, Jakarta : Bratasa Karya Aksara.
- C.Van Terheijden, Harun . *Alat-alat Perkakas 3*.
- Daryanto (1987). *Mesin Pengerjaan Logam*, Bandung : Tarsito.
- *Fitting and Machining Volume 2* : Education Department Victoria
- Hadi Mursidi, SST; M.Pd (2013), *Dasar-dasar energi terbarukan*, Bandung, PPPPTK BMTI

GLOSARIUM

<i>Head stock</i>	: Kepala tetap yang terdapat spindel mesin dan gear box transmisi berikut tuas-tuas pengatur putaran dan pemakanan mesin bubut
<i>Steady rest</i>	: Penyangga benda kerja pada mesin bubut yang posisinya diam terpasang pada meja mesin
<i>Follow rest</i>	: Penyangga benda kerja pada mesin bubut yang posisinya mengikuti gerakan eretan memanjang, terpasang pada eretan memanjang
<i>Nonius</i>	: Skala garis ukur yang memiliki ketelitian tertentu, untuk mengatur besarnya dan kedalaman pemakanan
<i>Adjustable tool post</i>	: Pemegang pahat bubut yang dapat disetel/diatur ketinggiannya
<i>Self centering chuck</i>	: Cekam pada mesin bubut yang gerak rahangnya sepusat (apabila salah satu rahang digerakkan, rahang yang lain ikut bergerak)
<i>Independent chuck</i>	: Cekam pada mesin bubut yang gerak rahangnya tidak sepusat (rahang harus digerakkan satu-persatu)
<i>Collet Chuck</i>	: Kelengkapan mesin bubut yang berfungsi untuk menjepit/mencekam benda kerja yang memiliki permukaan relatif halus dan berukuran kecil
<i>Indexing Crank</i>	: Engkol pembagi berfungsi untuk memutar batang ulir cacing
<i>Direct indexing</i>	: Sistem pembagian secara langsung
<i>Simple indexing</i>	: Sistem pembagian sederhana
<i>Angle indexing</i>	: Sistem pembagian sudut
<i>Differential indexing</i>	: Sistem pembagian diferensial

LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel ulir metris

TABEL ULIR METRIS

Ulir Metris	Diametre Nominal (mm)	Diameter Dasar Ulir (mm)	Kisar (mm)
M3	3	2,29	0,5
M4	4	3,14	0,7
M5	5	4,02	0,8
M6	6	4,77	1
M8	8	6,47	1,25
M10	10	8,16	1,5
M12	12	9,85	1,75
M16	16	13,55	2
M20	20	16,93	2,5
M24	24	20,32	3
M30	30	25,71	3,5
M36	36	31,09	4
M42	42	36,48	4,5
M48	48	41,87	5
M56	56	49,52	5,5
M60	60	65,31	6
M64	64	56,61	6
M68	68	59,61	6

(Drs. Daryanto “Bagian-bagian Mesin” Halaman 19)

Lampiran 2 Tabel Kecepatan Pemakanan Pahat Bubut HSS

TABEL KECEPATAN PEMAKANAN PAHAT BUBUT HSS.

PEMAKANAN YANG DISARANKAN UNTUK PAHAT BUBUT HSS				
Material	Pekerjaan Kasar		Pekerjaan Finising	
	Milimeter/ putaran	Inch/ putaran	Milimeter/ putaran	Inch/ putaran
Baja lunak	0,25-0,50	0,010-0,020	0,07-0,25	0,003-0,010
Baja perkakas	0,25-0,50	0,010-0,020	0,07-0,25	0,003-0,010
Besi tuang	0,40-0,65	0,015-0,025	0,13-0,30	0,005-0,012
Perunggu	0,40-0,65	0,015-0,025	0,07-0,25	0,003-0,010
Aluminium	0,40-0,75	0,015-0,030	0,13-0,25	0,005-0,010

(
S

umbodo Dkk, "Teknik Produksi Mesin Industri". Halaman 293)

TABEL KECEPATAN PEMAKANAN UNTUK PROSES BOR

Kecepatan Pemakanan (mm/putaran)	Diameter Mata Bor (mm)
0,02 ÷ 0,05	< 3
0,05 ÷ 0,1	3 ÷ 6
0,1 ÷ 0,2	6 ÷ 12
0,2 ÷ 0,4	12 ÷ 25

(Education Departemen Of Victoria, 1979, 132)

Lampiran 3 Tabel Relationship Speed to Feed

TABLE RELATIONSHIP SPEED TO FEED

DEPTH OF CUT mm	FEED	CUTTING SPEED m/min
0,8	0,2	85
	0,4	65
1,5	0,2	67
	0,4	53
	0,8	36
3,2	0,2	54
	0,4	42
	0,8	30
	1,6	21
4,8	0,2	48
	0,4	36
	0,8	27
	1,6	18
6,5	0,2	45
	0,4	33
	0,8	24
	1,6	15

(Education Department Of Victoria, 1979, halaman 133)

TABLE FEEDS FOR MILLING

APPROXIMATE MAXIMUM FEED PER TOOTH VARIOUS CUTTERS										
WORK MATERIAL AND APPROXIMATE MAXIMUM BRINELL HARDNESS										
Type of cutter	Alumi-nium	Brass 110	Bronze 130	Steel Mild 150	Steel Med 180	Steel Tough 200	Steel Alloy 250	Cast Iron 150	Cast Iron 200	Cast Iron 250
Face	0,55	0,45	0,45	0,28	0,23	0,20	0,18	0,45	0,38	0,33
Slab	0,43	0,35	0,35	0,23	0,18	0,15	0,13	0,35	0,30	0,25
Slot S & F	0,33	0,28	0,28	0,18	0,15	0,13	0,10	0,28	0,23	0,20
End	0,28	0,28	0,23	0,13	0,13	0,10	0,10	0,23	0,20	0,15
Form	0,15	0,13	0,13	0,10	0,07	0,07	0,05	0,13	0,13	0,10
Saw	0,15	0,10	0,10	0,07	0,07	0,05	0,05	0,10	0,10	0,07

(Education Department Of Victoria, 1981, Halaman 288)

B. JABARAN KOMPETENSI GURU PAKET KEAHLIAN

1. Guru Paket Keahlian Teknik Energi Biomassa

Kompetensi Inti Guru		
20. Menguasai materi, struktur, konsep dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu		
No	Kompetensi Guru Paket Keahlian	Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK)
20.1	Membangun gambar konstruksi geometris berdasarkan bentuk konstruksi sesuai fungsi dan prosedur penggunaan peralatan gambar, garis gambar dan simbol kelengkapan informasi gambar.	20.1.1 Menyeleksi peralatan serta kelengkapan gambar teknik untuk media gambar teknik sesuai fungsi dan cara penggunaan. 20.1.2 Mengevaluasi jenis garis gambar teknik berdasarkan bentuk dan fungsi garis 20.1.3 Menilai huruf dan angka gambar sesuai prosedur dan aturan kelengkapan informasi gambar teknik. 20.1.4 Memprediksi gambar konstruksi garis, sudut, lingkaran dan gambar bidang berdasarkan bentuk konstruksi geometris sesuai prosedur. 20.1.5 Mengkombinasikan peralatan serta kelengkapan gambar teknik untuk media gambar teknik sesuai fungsi dan cara penggunaan. 20.1.6 Menyajikan jenis garis gambar teknik berdasarkan bentuk dan fungsi garis

		20.1.7 Mengkonstruksi huruf dan angka gambar sesuai prosedur dan aturan kelengkapan informasi gambar teknik. 20.1.8 Memodifikasi gambar konstruksi garis, sudut, lingkaran dan gambar bidang berdasarkan bentuk konstruksi geometris sesuai prosedur
20.2	Menyajikan gambar benda secara gambar sketsa dan gambar rapi, berdasarkan aturan proyeksi piktorial (3D), proyeksi <i>orthogonal</i> (2D) dan gambar potongan.	20.2.1 Menyeleksi persyaratan penyajian gambar proyeksi berdasarkan aturan gambar proyeksi piktorial (3D). 20.2.2 Menyeleksi persyaratan penyajian gambar proyeksi sudut pertama dan sudut ketiga berdasarkan aturan gambar proyeksi orthogonal (2D) 20.2.3 Melengkapi gambar hasil potongan sesuai konsep dan prosedur gambar potongan. 20.2.4 Menyajikan gambar proyeksi secara sketsa dan menggunakan alat berdasarkan aturan gambar proyeksi piktorial (3D). 20.2.5 Menyajikan gambar proyeksi sudut pertama dan sudut ketiga secara sketsa dan menggunakan alat berdasarkan aturan gambar proyeksi orthogonal (2D) 20.2.6 Menentukan gambar hasil potongan sesuai konsep dan prosedur gambar potongan
20.3	Mengelola komponen ukuran, pada gambar teknik berdasarkan sistem	20.3.1 Melengkapi garis, batas, angka dan simbol ukuran, sesuai aturan tanda ukuran dan

	pemberian ukuran sesuai posisi, referensi dan kebutuhan ukuran langkah pengerjaan benda.	peletakan ukuran gambar teknik. 20.3.2 Merancang sistem pemberian ukuran gambar berdasarkan posisi, referensi dan kebutuhan ukuran langkah pengerjaan benda. 20.3.3 Mendesain garis, batas, angka dan simbol ukuran, sesuai aturan tanda ukuran dan peletakan ukuran gambar teknik. 20.3.4 Mengelola sistem pemberian ukuran gambar berdasarkan posisi, referensi dan kebutuhan ukuran langkah pengerjaan benda.
20.4	Mengelola informasi digital	20.4.1 Mengolah data dan informasi digital melalui pemanfaatan perangkat lunak pengolah kata, aplikasi lembar sebar, dan aplikasi presentasi 20.4.2 Menggunakan komunikasi <i>online</i> secara sinkron dan asinkron 20.4.3 Membuat kelas pembelajaran melalui kelas maya.
20.5	Membuat visualisasi konsep dalam bentuk simulasi, video presentasi dan buku digital	20.5.1. Merancang visualisasi konsep sesuai dengan ide dan gagasan 20.5.2. Membuat visualisasi konsep ke dalam bentuk presentasi video 20.5.3. Membuat visualisasi konsep ke dalam bentuk simulasi visual 20.5.4. Membuat buku digital yang berisi teks, gambar, audio, video dan simulasi

20.6	Menganalisis konversi energi air, surya, angin dan biomassa kedalam bentuk energi listrik/mekanik/ panas.	20.6.1 Menyelidiki konversi energi air dan angin menjadi energi mekanik dan listrik. 20.6.2 Menyelidiki energi surya menjadi energi panas dan listrik. 20.6.3 Menyelidiki energi biomassa menjadi energi panas dan listrik.
20.7	Menerapkan prinsip-prinsip konservasi energi pada bangunan gedung.	20.7.1 Menerapkan prinsip-prinsip konservasi energi pada desain bangunan gedung. 20.7.2 Menerapkan prinsip-prinsip konservasi energi pada bangunan gedung.
20.8	Menganalisis dasar-dasar Pemesinan.	20.8.1 Menganalisis cara kerja mesin bubut dan peralatan pembantu sesuai SOP. 20.8.2 Menganalisis cara kerja mesin <i>frais</i> dan peralatan pembantu sesuai SOP.
20.9	Menerapkan praktek pemesinan sesuai SOP.	20.9.1 Mengoperasikan mesin bubut sesuai SOP. 20.9.2 Mengoperasikan mesin <i>frais</i> sesuai SOP. 20.9.3 Menyajikan hasil praktek pemesinan perkakas dasar. 20.9.4 Menyajikan hasil praktek pemesinan konstruksi dasar.
20.10	Menganalisis dasar-dasar survei dan konstruksi bangunan.	20.10.1 Menganalisis fungsi, spesifikasi dan cara kerja total station sesuai SOP. 20.10.2 Menganalisis konstruksi beton bangunan.
20.11	Melaksanakan kegiatan survei dan konstruksi bangunan	20.11.1 Mengoperasikan total station untuk pekerjaan

	sesuai SOP.	pemetaan. 20.11.2 Merencanakan konstruksi beton bangunan. 20.11.3 Menyajikan hasil praktek survey dan pemetaan dasar. 20.11.4 Menyajikan hasil praktek dasar konstruksi batu beton dan pemipaan.
20.12	Menganalisis dasar-dasar kelistrikan dan elektronika.	20.12.1 Menganalisis jenis dan prinsip kerja generator. 20.12.2 Menganalisis sistem kontrol dan komponen elektronika.
20.13	Membuat rangkaian kelistrikan dan elektronika sesuai SOP.	20.13.1 Merangkai jaringan kelistrikan, generator dan beban. 20.13.2 Membuat rangkaian kontrol kelistrikan. 20.13.3 Menyajikan hasil praktek dasar kelistrikan untuk kontrol pembangkit listrik. 20.13.4 Menyajikan hasil praktek dasar elektronika untuk instrumen kontrol pembangkit listrik.
20.14	Mengevaluasi karakteristik ekonomi, lingkungan, sosial dan budaya di dalam pengembangan energi terbarukan.	20.14.1. Mengevaluasi aspek aspek ekonomi dan lingkungan di dalam perencanaan pembangunan energi terbarukan. 20.14.2. Mengevaluasi aspek aspek social dan budaya di dalam perencanaan pembangunan energi terbarukan.
20.15	Menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural dan metakognitif	20.15.1 Menganalisis potensi bahan baku biogas dalam skala lab, rumah tangga dan komunal. 20.15.2 Menganalisis pemanfaatan biogas dan slurry

	tentang studi kelayakan biogas dalam skala lab, rumah tangga dan komunal.	biogas dalam skala lab, rumah tangga dan komunal.
20.16	Menalar konsep dan pengujian karakteristik studi kelayakan biogas yang dilakukan secara mandiri, efektif dan kreatif di bawah pengawasan langsung.	20.16.1 Menentukan potensi bahan baku biogas dalam skala lab, rumah tangga dan komunal. 20.16.2 Menentukan pemanfaatan biogas dan slurry biogas dalam skala lab, rumah tangga dan komunal.
20.17	Menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural dan metakognitif tentang teknologi biogas dalam skala lab, rumah tangga dan komunal secara interdispliner dan multidispliner untuk kepentingan masyarakat dan negara.	20.17.1 Menganalisis proses pembuatan biogas skala lab, rumah tangga dan komunal secara interdispliner dan multidispliner untuk kepentingan masyarakat dan negara. 20.17.2 Menganalisis bahan baku dan jenis mikroorganisme gas metan.
20.18	Menalar proses dan hasil pengoperasian dan pemeliharaan reaktor biogas skala rumah tangga dan komunal untuk macam-macam bahan baku yang dilakukan secara mandiri, efektif dan kreatif sesuai K3 dan di bawah pengawasan	20.18.1 Menentukan konstruksi dan bahan reaktor biogas skala rumah tangga dan komunal untuk macam-macam bahan baku. 20.18.2 Mendesain SOP pengoperasian dan pemeliharaan reaktor biogas skala rumah tangga dan komunal untuk macam-macam bahan baku. 20.18.3 Merancang alat penyaring gas metan yang menghasilkan gas metan murni sebagai bahan bakar mesin/engine.

	langsung.	
20.19	Menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural dan metakognitif <i>slurry</i> (hasil sampingan biogas) sebagai pupuk organik berkualitas tinggi.	20.19.1 Menganalisis proses pemanfaatan <i>slurry</i> sebagai pupuk padat dan cair. 20.19.2 Menganalisis pengemasan dan pemasaran <i>slurry</i> sebagai pupuk padat dan cair. 20.19.3 Membuat pupuk cairk berkualitas tinggi.
20.20	Menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural dan metakognitif tentang PLTU dari limbah padat biomassa.	20.20.1 Menganalisis proses PLTU berbasis macam-macam limbah padat berdasarkan kinerja PLTU. 20.20.2 Menganalisis pengujian bahan baku dan hasil proses PLTU berbasis macam-macam limbah padat berdasarkan kinerja PLTU.
20.21	Menalar PLTU berbasis macam-macam limbah padat biomassa yang dilakukan secara mandiri, efektif dan kreatif sesuai K3 dan di bawah pengawasan langsung.	20.21.1 Menentukan peralatan/komponen PLTU berbasis macam-macam limbah padat berdasarkan kinerja PLTU. 20.21.2 Mendesain SOP pengoperasian dan pemeliharaan PLTU berbasis macam-macam limbah padat berdasarkan kinerja PLTU.
20.22	Menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural dan metakognitif berkenaan PLT Biogas berbasis POME.	20.22.1 Menganalisis proses PLT Biogas berbasis POME. 20.22.2 Menganalisis pengujian bahan baku dan hasil proses PLT Biogas.
20.23	Menalar PLT Biogas berbasis POME yang dilakukan secara mandiri, efektif dan kreatif sesuai K3 dan di bawah	20.23.1 Menentukan peralatan/komponen PLT Biogas berbasis POME berdasarkan kinerja PLT Biogas. 20.23.2 Mendesain SOP pengoperasian dan

	pengawasan langsung.	pemeliharaan PLT Biogas berbasis POME.
20.24	Menalar PLT Biomassa yang dilakukan secara mandiri, efektif dan kreatif sesuai K3 dan di bawah pengawasan langsung.	20.24.1 Menganalisis proses PLT Biomassa skala mikro. 20.24.2 Menentukan peralatan/komponen PLT Biomassa berdasarkan kinerja PLT Biomassa.
20.25	Menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural dan metakognitif pembuatan bioetanol skala mikro dan kecil.	20.25.1 Menganalisis proses pembuatan bioethanol skala mikro dan kecil. 20.25.2 Menganalisis pengujian hasil bioetanol. 20.25.3 Menganalisis pemanfaatan bioetanol dan limbah produksi.
20.26	Menalar proses bioetanol skala lab dan usaha mikro dan kecil yang dilakukan secara mandiri, efektif dan kreatif sesuai K3 dan di bawah pengawasan langsung.	20.26.1 Menentukan jenis dan besaran bahan baku bioetanol. 20.26.2 Mengelola proses pembuatan bioethanol skala mikro dan kecil. 20.26.3 Menentukan hasil pengujian bahan dan hasil bioetanol.
20.27	Menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural dan metakognitif dalam perakitan, pemeliharaan dan perbaikan instalasi pembuatan bioetanol skala mikro dan kecil.	20.27.1 Menganalisis peralatan proses pembuatan bioetanol skala mikro dan kecil. 20.27.2 Menganalisis peralatan uji bahan dan hasil bioetanol.
20.28	Menalar instalasi pembuatan bioetanol skala mikro dan kecil	20.28.1 Membuat alat proses bioethanol skala UKM. 20.28.2 Mendesain SOP pengoperasian peralatan proses

	yang dilakukan secara mandiri, efektif dan kreatif sesuai K3 dan di bawah pengawasan langsung.	pembuatan bioethanol skala mikro dan kecil. 20.28.3 Mendesain SOP pemeliharaan peralatan uji bahan dan hasil biodiesel.
20.29	Menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural dan metakognitif pembuatan biodiesel skala mikro dan kecil.	20.29.1 Menganalisis peralatan proses pembuatan biodiesel skala mikro dan kecil. 20.29.2 Menganalisis peralatan uji bahan dan hasil biodiesel.
20.30	Menalar proses pembuatan biodiesel skala lab dan usaha mikro dan kecil yang dilakukan secara mandiri, efektif dan kreatif sesuai K3 dan di bawah pengawasan langsung.	20.30.1 Menentukan peralatan proses pembuatan biodiesel skala mikro dan kecil. 20.30.2 Menentukan peralatan uji bahan dan hasil biodiesel. 20.30.3 Menguji hasil proses bioethanol berdasarkan standar bioethanol bahan bakar mesin.
20.31	Menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural dan metakognitif dalam proses pembuatan minyak mentah (<i>crued oil</i>) dalam skala lab dan UKM.	20.31.1 Menganalisis peralatan proses pembuatan minyak mentah (<i>crued oil</i>) skala lab dan UKM. 20.31.2 Menganalisis peralatan uji bahan dan hasil minyak mentah (<i>crued oil</i>).
20.32	Membuat minyak mentah (<i>crued oil</i>) dari tanaman biodisel dalam skala lab dan usaha mikro dan kecil yang dilakukan secara mandiri, efektif dan kreatif sesuai K3 dan di bawah pengawasan	20.32.1 Menentukan peralatan persiapan proses pembuatan minyak mentah (<i>crued oil</i>) skala lab dan usaha mikro. 20.32.2 Menentukan peralatan proses pembuatan minyak mentah (<i>crued oil</i>). 20.32.3 Menentukan peralatan uji bahan dan hasil

	langsung.	minyak mentah (<i>cruded oil</i>).
20.33	Menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural dan metakognitif dalam perakitan, pemeliharaan dan perbaikan instalasi pembuatan biodiesel skala mikro dan kecil.	20.33.1 Menganalisis peralatan proses pembuatan biodiesel skala mikro dan kecil. 20.33.2 Menganalisis peralatan uji bahan dan hasil biodiesel.
20.34	Menalar instalasi pembuatan biodiesel skala mikro dan kecil yang dilakukan secara mandiri, efektif dan kreatif sesuai K3 dan di bawah pengawasan langsung.	20.34.1 Memperbaiki alat proses pembuatan biodiesel skala UKM. 20.34.2 Mendesain SOP pengoperasian peralatan proses pembuatan biodiesel skala mikro dan kecil. 20.34.3 Mendesain SOP pemeliharaan peralatan uji bahan dan hasil biodiesel.
20.35	Menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural dan metakognitif pembuatan biobriket dan asap cair.	20.35.1 Menganalisis proses pembuatan biobriket dan asap cair dari bahan biomassa. 20.35.2 Menganalisis uji bahan dan hasil biobriket dari bahan biomassa.
20.36	Menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural dan metakognitif tentang teknologi tungku/ reaktor dan penggerak mula (<i>prime mover</i>) pembangkit listrik tenaga gasifikasi secara	20.36.1 Menganalisis proses gasifikasi pada tungku penggerak mula PLT gasifikasi. 20.36.2 Menganalisis system kerja peralatan gasifikasi pada tungku penggerak mula PLT gasifikasi.

	interdisipliner dan multidisipliner untuk meningkatkan kinerja pembangkit.	
20.37	Menalar proses pembuatan biobriket yang dilakukan secara mandiri, efektif dan kreatif sesuai K3 dan di bawah pengawasan langsung.	20.37.1 Menentukan peralatan proses pembuatan biobriket tempurung kelapa 20.37.2 Menentukan peralatan uji bahan dan hasil biobriket tempurung kelapa

