



MODUL PROSES PRODUKSI 1

UNIVERSITAS HARAPAN MEDAN
Fakultas Teknik dan Komputer
2021

KATA PENGANTAR

Kita panjatkan syukur kehadiran tuhan yang maha esa ,kepada Allah Subhanahu Wataala atas tersusunnya Modul ajar Proses Produksi 1 ini.

Ijinkanlah saya menulis dalam menyusun Modul ini ialah dalam rangka penerapan *Tridharma Perguruan Tinggi*. Tulisan ini ditujukan sebagai diktat dalam memberikan kuliah pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik & Komputer Universitas Harapan Medan. Modul ini kami maksudkan agar para mahasiswa mendapat kemudahan dalam mengikuti kuliah karena dapat menghemat waktu untuk menyalin dan mempelajarinya baik dikampus maupun dirumahnya masing masing. Modul bahan ajar Proses Produksi 1 ini berisikan Screen shoot Power poin dasar-dasar mesin Perkakas dan tulisan perhitungan pahat potong ,yang kami kutip selain dari buku referensi yang dianjurkan sesuai aturan *Garis Garis Besar Program Pengajaran (GBPP)* dan *Satuan Acara Pengajaran (SAP)* dan juga berisikan pelaksanaan pratikum di laboratorium Proses Produksi di Laboratorium Medan. Untuk lebih mendalami para pembaca perlu mempelajari lagi buku lainnya tentang pengetahuan yang berhubungan dengan pahat potong pada mesin bubut, seperti rancangan perkakas (Tool Design), elemen elemen mesin dan lain lain. Kepada pembaca yang ahli ,penulis mengharapkan bantuan koreksi dan bahan masukan supaya isi Modul ini berguna bagi pembangunan dalam bidang pendidikan khususnya dan pembangunan nasional umumnya .

Mungkin berlebihan kalau ditandakan bahwa Modul ini tidak hanya dimaksudkan untuk dipakai dalam pelajaran teori. Menurut hemat kami buku ini juga berfungsi sebagai tugas .

Kepada semua pihak yang turut menuntun kami untuk pembuatan buku bahan ajar ini ,sehingga dapat terselesaikan ,dan ucapkan ribuan terima kasih yang sebesar-besarnya .

Medan,20 Agustus 2014

Penulis

(Ir.Junaidi,MT)

(NIDN: 0103036301)

DAFTAR ISI

BAB 1. DASAR-DASAR PERANCANGAN MESIN PERKAKAS

BAB.II.RUMUS-RUMUS ANALISA PERHITUNGAN PAHAT POTONG

BAB.III. PROSES BUBUT(*TURNING*)

BAB IV.GEOMETRI PAHAT BUBUT

BAB.V.PERENCANAAN PERHITUNGAN PAHAT BUBUT

DAFTAR PUSTAK

BAB 1. Dasar-dasar Perancangan Mesin Perkakas

Pendahuluan

Perkembangan Perkakas

Cara Kerja Mesin Perkakas

Klasifikasi Mesin Perkakas

PERKEMBANGAN PERKAKAS [1]

- > Pada 1860 dengan sebuah mesin bubut biasa dengan ukuran menengah dapat memotong bahan sebanyak 5 kg/jam Volume chip.
- > Pada 1920 dengan mesin yang serupa tapi meningkat dalam tool material dengan memakai HSS tool, dapat memotong bahan (chip) 40 kg/jam.
- > Pada 1938 dengan tool material yang lebih ditingkatkan yaitu dengan memakai pahat logam keras, dapat memotong bahan 100 kg/jam.

Mesin Perkakas telah dikenal sejak Abad XVIII, disaat masyarakat Industri Eropa memerlukan mesin-mesin Produksi cepat dan ketelitian tepat. Tetapi, sejarah mesin Perkakas sebenarnya telah mulai semenjak zaman batu (lebih 5000 tahun yang lalu), ketika perkakas hanyalah Perkakas-perkakas tangan yang terbuat dari kayu, tulang binatang, atau batu.

CARA KERJA MESIN PERKAKAS [2]:

Mesin perkakas diciptakan untuk memotong logam dalam bentuk, ukuran dan kualitas permukaan yang direncanakan Bentuk yang dihasilkan oleh pemotongan logam tergantung pada:

*Bentuk pahat (tool shape).

*Arah gerak relatif antara pahat dg benda kerja (work piece). Gerak relatif antara pahat pahat dan benda kerja diantaranya adalah :

>Gerak rotasi, menghasilkan bidang lengkung.

>Gerak linier, menghasilkan bidang rata. Kualitas permukaan potong tinggi dengan (feed) dan depth of cut yang menghasilkan permukaan yang halus (finishing).

PROSES PEMOTONGAN LOGAM DIBAGI ATAS 4 KELOMPOK TERGANTUNG KEPADA [3]:

>Bentuk bidang potong yang dihasilkan.

>Bentuk pahat potong (tool shape), tunggal / ganda.

>Sifat gerakan relatif yang diterapkan >Kualitas permukaan .

Menurut rancangan (Design) dan pemakaiannya, mesin perkakas diklasifikasikan dalam 3 kelas yaitu :

- Mesin perkakas Universal.
- Mesin perkakas produksi.
- Mesin perkakas khusus

Mesin perkakas Universal, yaitu mesin perkakas yang dapat melakukan berbagai ragam pekerjaan sesuai dengan jenis mesin perkakasnya. Sebagai contoh misalnya sebuah mesin bubut Universal dapat melakukan sebagai

berikut:

- *Membubut bulat panjang (selindris).
- *Mengulir.
- *Membuat konis.
- *Membubut rata.
- *Menggurdi.
- *Mengebor

MESIN PERKAKAS PRODUKSI,YAITU MESIN PERKAKAS YANG DIRANCANG UNTUK BERPRODUKSI DENGAN PRODUKTIVITAS YANG TINGGI SERTA EKONOMIS.

Yang termasuk dalam kelas ini :

- Mesin bubut dengan pahat berganda (multiple tool lathes).
- Mesin gurdi berkepala ganda (multiple head drilling machines)
- Mesin bubut revolver dan kapstan (turret and capstan lathes)
- Mesin pengulir otomatis (automatic screw machine).
- Mesin bubut semi otomatis dan mesin bubut produksi (semi automatic and production lathe.
- *Mesin fres produksi (production milling machine).

Mesin perkakas khusus,dirancangkan untuk produksi yang sangat besar ,seperti mesin bubut roda kereta api ,mesin poros nok (cam shaft lathe), mesin kloter batang torak dan lain-lain.Dengan sistim produksi yang kontinu (berulang-ulang),ongkos produksi menjadi rendah sekali.

PADA DASARNYA RANCANGAN MESIN UNIVERSAL,MESIN PRODUKSI MAUPUN MESIN KHUSUS ADALAH SAMA.SERING PERANCANG MESIN UNIVERSAL TIDAK AKAN SULIT UNTUK MERANCANG BAIK MESIN PRODUKSI MAUPUN MESIN KHUSUS.

Yang termasuk dalam kelas ini adalah :

- *Mesin bubut center (Centre lathe).
- *Mesin Gurdi (drilling machine).
- *Mesin koter (boring machine).
- *Mesin fres (miling machine).
- *Mesin ketam (planer).
- *Mesin skrap (shaper machine).
- *Mesin slot (slotting machine).
- *Mesin gerinda (Grinding machine).
- *Mesin broc (broaching machine)

Mesin yang mempunyai permukaan selindris yaitu :

- 1.Mesin bubut.
 - 2.Mesin koter/bor.
 - 3.Mesin gerinda selindris.
 - 4.Mesin gerinda tanpa penyenter (ceterless grinding machine).
- Mesin yang menghasilkan permukaan yang rata yaitu:

- 1.Mesin dengan gerak potong liner
- 2.Mesin dengan gerakan potong rotasi.
- 3.Mesin pembuat lobang dan pelebar lobang
- 4.Mesin untuk pembuat gigi.

5. Mesin untuk Pembuat Ulir Mesin dengan gerak potong liner :

- a. Mesin skrap
- b. Mesin ketam
- c. Mesin Slot.
- d. Mesin broc

Mesin dengan gerakan potong rotasi :

- a. Mesin fres.
- b. Mesin gerinda
- c. Mesin bubut.

Mesin pembuat lobang dan pelebar lobang :

- a. Mesin gurdi/gerak.
- b. Mesin bubut.
- c. Mesin koter/bor.
- d. Mesin hob.
- e. Mesin broc

Mesin untuk pembuat gigi :

- a. Mesin fres.
- b. Mesin skrap
- c. Mesin hob.
- d. Dan lain lain

Mesin Untuk Pembuat Ulir

- a. Mesin bubut.
- b. Mesin bubut ulir.
- c. Mesin tap.
- d. Mesin fres ulir.
- e. Mesin gerinda Ulir.
- d. Mesin rol ulir

BAB.II.RUMUS-RUMUS ANALISA PERHITUNGAN PAHAT POTONG[4]

$$P_c = \frac{F_c \times V_c}{4500}$$

Dimana :

- P_c = Daya Potong (Hp)
- F_c = Gaya Potong (Kg)
- V_c = Kecepatan Potong (m/detik)

$$P_g = \frac{P_c}{\eta mk} + P_{idd}$$

Dimana :

- P_g = Daya Elektromotor (Hp)
- P_{idd} = Gaya Potong (Hp)
- ηmk = Hasil Guna Mekanis (%)

$$\tan \theta = \frac{rc \times \cos \delta}{1 - rc \sin \delta}$$

Dimana :

- rc = Cutting Ratio 0,3
- δ = Didapat dari tool signature.

$$\theta + \beta - \delta = 45^0$$

Gaya Tangensial (F_t) $F_t = F_c \tan (\beta - \delta)$ (Kg)

Gaya Gunting (F_s) $F_s = F_c \cos \theta - F_t \sin \theta$ (Kg)

Gaya normal pada bidang gunting (F_{ns}) $F_{ns} = F_c \tan (\beta - \delta + \theta) = F_c \tan 45^0$ (Kg)

Gaya Resultan (F_v) $F_v = F_s \cdot \sin \beta$ (Kg)

$$\cos (\beta - \delta + \theta) \cos 45^0$$

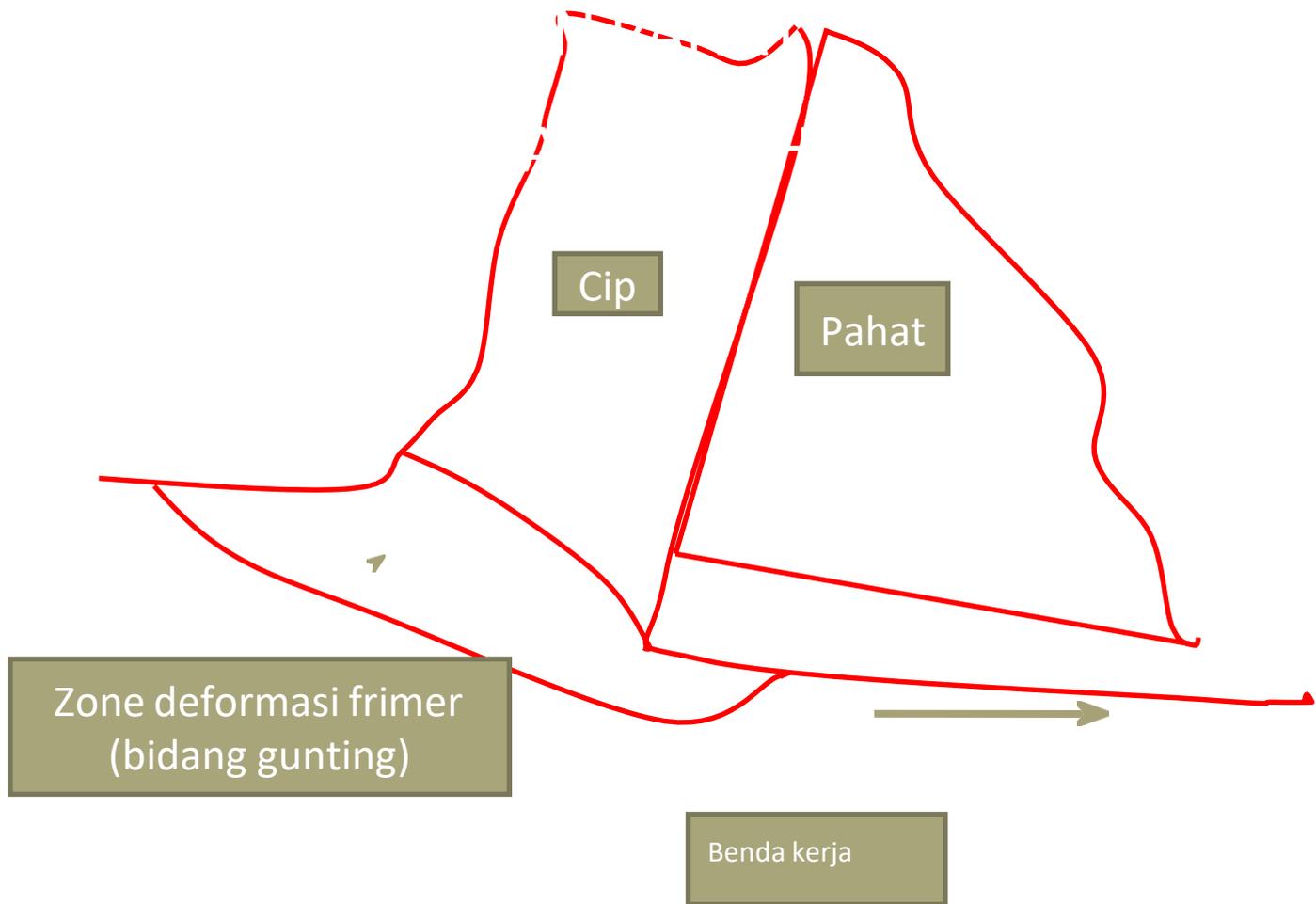
Gaya gesek (F_f) $F_f = F_v \sin \beta$ (Kg)

Gaya normal (F_n) $F_n = F_f \tan \beta$

Faktor gesek (η) =>

$$\eta = \tan \beta$$

PERHITUNGAN KEKUATAN PAHAT



Gambar

Pembentukan Chip yang berkesinambungan Model bidang gunting

Panas yang timbul selama pemotongan logam adalah sebagai akibat perlu pertukaran Energi mekanik menjadi Energi panas.

Energi Panas Akibat Pemotongan Logam (Pm)

$$**Pm = Fc x Vc (Kkal/det)**$$

Dimana :

Fc = Gaya Potong (Newton)

V = Kecepatan Potong (m/det)

Panas yang timbul karena gesekan pahat Chip (Pf)

$$**Pf = Ff x V0 (Kkal/ det)**$$

Dimana :

Ff = Gaya Gesek (Newton)

V0 = Kecepatan Chip = Vx . rc
rc = Cutting ratio.

Panas yang timbul akibat gaya gunting(Ps)

$$**Ps = Pm - Pf = Fc x Vo - Ff x V.rc**$$

$$**Ps = (Fc - Ff.rc) V (Kcal/det)**$$

Kenaikan Temperatur pada Zone I (Θs)

$$**\Theta_s = \frac{1 - \gamma}{\rho . Cp . V . ap . B}**$$

Dimana :

B = Lebar Pemotongan (ft)

ap = Dept of Cut (mm)

Cp = Spesifik Heat. (Joule / Kg⁰C)

γ = Bagian dari Panas

γ = Dari Grafik dengan terlebih dahulu dicari harga R tan Θ

$$R = \frac{(\rho \times C_p \times V \times a_c)}{K}$$

Dimana :

- ρ = Berat Jenis Bahan (Kg/m³)
- R = Thermal Number
- C_p = Spesifik Heat. (Joule / Kg⁰C)
- V = Kecepatan Potong (m/det)
- a_p = Dept of Cut (mm)
- K = Konduktifitas Panas

Kenaikan Temperatur pada Zone II(Θ_f)

$$\Theta_f = \frac{P_f}{\rho \times C_p \times V \times a_c \times B}$$

Dimana :

- ρ = Berat Jenis Bahan (Kg/m³)
- C_p = Spesifik Heat. (Joule / Kg⁰C)
- V = Kecepatan Potong (m/det)
- a_p = Dept of Cut (mm)
- B = Lebar Pematangan. (ft)



Temperatur Maximum (θ_{max})

$$\theta_{max} = \theta_m + \theta_s + \theta_0$$

Dimana :

θ_m = Kenaikan Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)

θ_m = Didapat dengan mengetahui l_f/l_0 dan ω_0

l_0 = Panjang Sumber Panas

$$l_0 = \frac{l_f}{l_0} = \frac{l_f \times r_c}{ac} \implies a_0 = ac/r_c$$

ω_0 = Konstanta

θ_0 = Temperatur kamar (27 s/d 30) $^{\circ}\text{C}$

Contoh Soal :

1. Dalam melakukan Pratikum Proses Produksi I, Mahasiswa telah melaksanakan Pengujian dengan menggunakan Mesin Bubut, dimana dalam pengujian tersebut menggunakan bahan benda kerja, S 45 C untuk Standar (JIS), Sedangkan untuk Standar Amerika AISI 1045 atau Steel, SAE 1045 C.D. Pahat potong yg digunakan adalah Material HSS -18-4-1. Waktu pelaksanaannya 8 jam.

Tentukanlah :

analisa kondisi pemotongan dengan mengetahui Cast Iron yang diperlukan pada gambar 10.1 untuk tahanan potong Spesifik k_s vs Mekanis S. Serta tentukanlah Gaya potong dengan menggunakan gambar 10.2 komponen gaya potong FZ vs Penampang potong $a \times s$ dan kecepatan potong pada gambar 10.5. Cutting ratio = 0,3

Dari hasil diatas hitunglah :

- Daya Potong
- Daya Elektro motor dengan $\eta_{mk} = 80\%$ $P_{idd} = 0,25$ Hp
- Komponen gaya – gaya (gunakan Tabel 3.4 Hubungan Antara Kecepatan potong dan umur pahat untuk beberapa jenis bahan dan kondisi pahat

2. Dari data – data hasil pada soal nomor 1. dimana diketahui lagi Cutting ratio = 0,3 ,

Dimana gaya gesek = 674 Newton, berat jenis bahan = 7800 kg/m³

konduktivitas = 43 joule/m $^{\circ}\text{C}$, Spesifik Heat = 0,473 Kj/kg $^{\circ}\text{C}$,

Lebar pemotong = 2,5 mm, $L_f = 7,5$ mm, $\omega_0 = 0,24$, temperature kamar = 28 $^{\circ}\text{C}$

Tentukanlah :

Energi yang diperlukan .

Panas yang timbul karena gesekan.

Panas yang timbul karena gaya gunting.

Kenaikan temperature pada zone I
 Kenaikan temperature pada zone II

PENYELESAIAN :

Diketahui : Bahan Kerja S 45 C untuk JIS (Standar jepang) AISI 1045 atau Steel SAE 1045 CD (Standar Amerika). Pahat potong HSS 18-4-1 (Standar Amerika) T = 4 Jam

Ditanya :

- a) Daya Potong (Pc)
- b) Daya Elektro motor (Pg) dengan $\eta_{mk} = 80 \% P_{idd} = 0,25 H_{pc}$
- c)Komponen gaya gaya.

Dari tabel 1.1 hal.3 buku Elemen mesin oleh Ir.Sularso MSME . Didapat $\sigma_b = 58 \text{ kg/mm}^2$

TABEL 1.1 Baja karbon untuk kontruksi mesin dan baja batangyang difinis dingin untuk poros.

Standardanmacam	Lambang	Perlakuan Panas	Kekuatan tarik (Kg/mm ²)	Keterangan
Baja karbon kontruksi mesin (JIS G 4501)	S30C	Penormalan	48	
	S35C	„	52	
	S40C	„	55	
	S45C	„	58	
	S50C	„	62	
	S55C	„	66	
Batang baja yang difinis dingin	S 35 C-D		55	Ditarik dingin, digerinda,di-bubut,atau ga bungan antara hal-hal tersebut
	S 45 C-D		60	
	S 55 C-D		72	

Dari tabel 3.1 Koefisien potong K dengan $\sigma_b = 58 \text{ kg/mm}^2$, didapat antara 50-60 maka $K = 157 \text{ Kg/mm}^2$

Bahan benda kerja	σ_b (Kg/cm ²)	K	Bahan benda kerja	BHN	K
Baja	30-40	132	Besi tuang	140-160	81
	40-50	145		160-180	86
	50-60	157		180-200	92
	60-70	170		200-220	98
	70-80	191		220-240	104
	80-90	200		240-260	108
	90-100	225			
	100-110	240			
	110-120	260			

Dari tabel 3. Hubungan Antara Kecepatan potong dan umur pahat untuk beberapa jenis

Bahan dan kondisi pahat. Signaturenya = 8,14,6,6,6,15,3/64

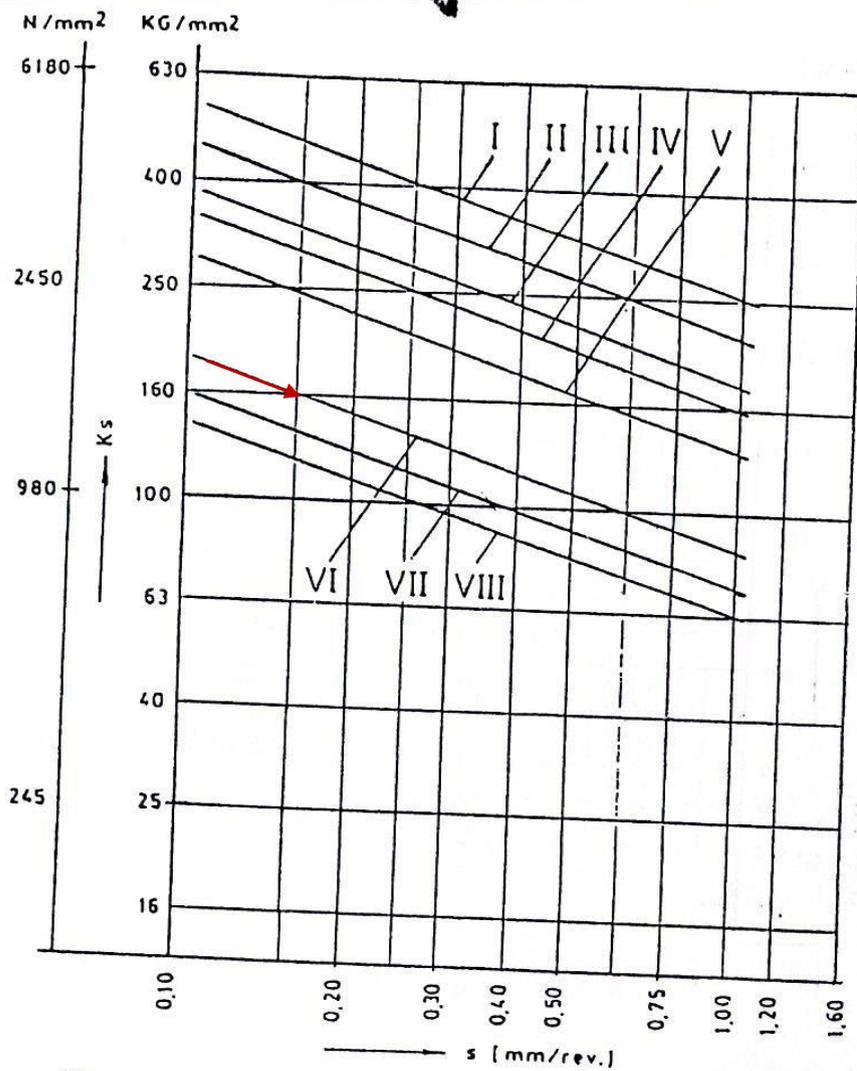
$a_p = 0,100$ inchi = 2,54mm

$a_p \times S = 0,82 \text{ mm}^2$

$S = 0,0127$ Inchi = 0,32258 mm

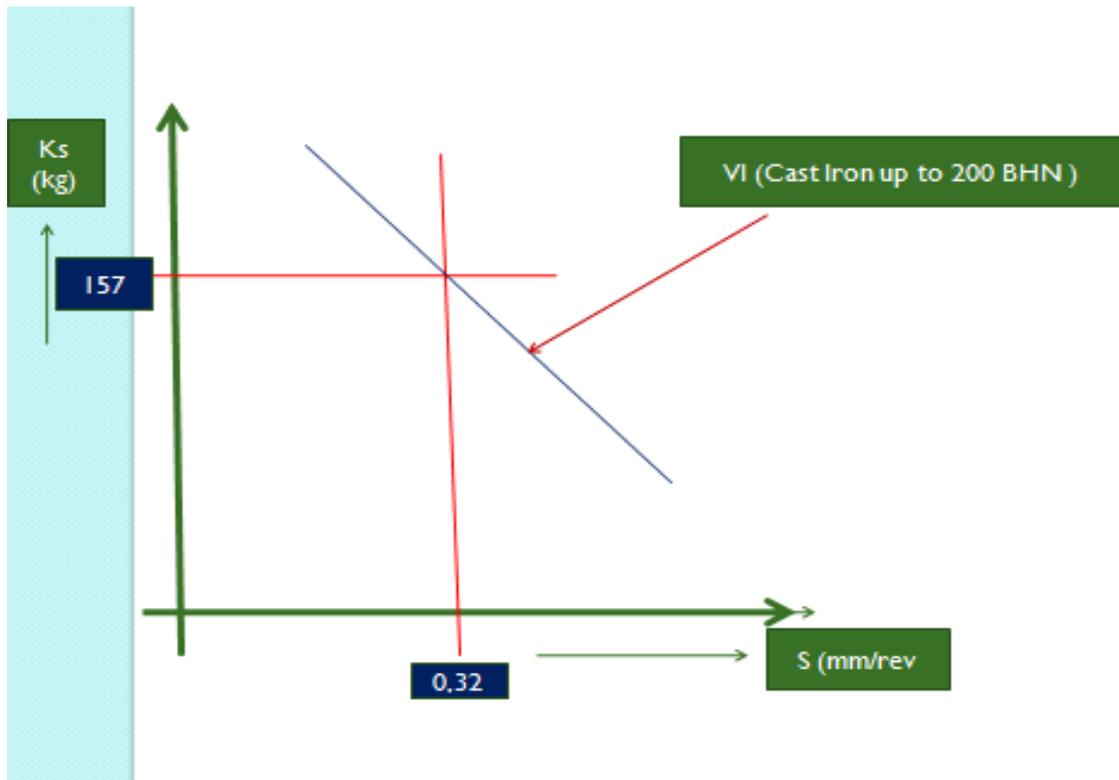
Tabel.3 Hubungan Antara Kecepatan Potong dan Umur Pahat Untuk Beberapa jenis Bahan dan kondisi Pahat.

No.	Pahat		Bahan benda kerja	Kondisi potong		Potong fluida	VY* = C	
	Material	Shape		Depth	Feed		n	C
1	High Carbon steel	8, 14, 6, 6, 6, 15, 3/64	Yellow brass (0.60 Cu,	0.050	0.0255	Dry	0.081	242
2			0.40 Zn, 0.85 Ni, 0.006 Pb)	0.100	0.0127	Dry	0.096	299
3	High carbon steel	8, 14, 6, 6, 6, 15, 3/64	Bronze (0.90 Cu, 0.10 Sn)	0.050	0.0255	Dry	0.086	190
4				0.100	0.0127	Dry	0.111	232
5	HSS-18-4-1	8, 14, 6, 6, 6, 15, 3/64	Cast iron 160 Bhn	0.050	0.0255	Dry	0.101	172
6			Cast iron, Nickel, 164 Bhn	0.050	0.0255	Dry	0.111	186
7			Cast iron, Ni-Cr, 207 Bhn	0.050	0.0255	Dry	0.088	102
8	HSS-18-4-1	8, 14, 6, 6, 6, 0, 0	Steel, SAE B1113 C.D.	0.050	0.0127	Dry	0.08	260
9			Steel, SAE B1117 C.D.	0.050	0.0127	Dry	0.105	225
10			Steel, SAE B1120 C.D.	0.050	0.0127	Dry	0.100	270
11			Steel, SAE B1120+Pb C.D.	0.050	0.0127	Dry	0.060	290
12			Steel, SAE 1035 C.D.	0.050	0.0127	Dry	0.110	130
13			Steel, SAE 1035+Pb C.D.	0.050	0.0127	Dry	0.110	147
14	HSS-18-4-1	8, 14, 6, 6, 6, 15, 3/64	Steel, SAE 1045 C.D.	0.100	0.0127	Dry	0.110	192
15			Steel, SAE 2340 185 Bhn	0.100	0.0125	Dry	0.147	143
16			Steel, SAE 2345 198 Bhn	0.050	0.0255	Dry	0.105	126
17			Steel, SAE 3140 190 Bhn	0.100	0.0125	Dry	0.160	178
18	HSS-18-4-1	8, 14, 6, 6, 6, 15, 3/64	Steel, SAE 4350 363 Bhn	0.0125	0.0127	Dry	0.080	181
19			Steel, SAE 4350 363 Bhn	0.0125	0.0255	Dry	0.125	146
20			Steel, SAE 4350 363 Bhn	0.0250	0.0255	Dry	0.125	95
21			Steel, SAE 4350 363 Bhn	0.100	0.0127	Dry	0.110	78
22			Steel, SAE 4350 363 Bhn	0.100	0.0255	Dry	0.110	46
23	HSS-18-4-1	8, 14, 6, 6, 6, 15, 3/64	Steel, SAE 4140 230 Bhn	0.050	0.0127	Dry	0.180	190
24			steel, SAE 4140 271 Bhn	0.050	0.0127	Dry	0.180	159
25			Steel, SAE 6140 240 Bhn	0.050	0.0127	Dry	0.150	197
26	HSS-18-4-1	8, 22, 6, 6, 6, 15, 3/64	Monel metal 215 Bhn	0.100	0.0127	Dry	0.080	170
27				0.150	0.0255	Dry	0.074	127
28				0.100	0.0127	Em	0.080	185
29				0.100	0.0127	SMD	0.105	189
30	Stellite 2400	0, 0, 6, 6, 6, 0, 3/32	Steel, SAE 3240 annealed	0.187	0.031	Dry	0.190	215
31				0.125	0.031	Dry	0.190	240
32				0.062	0.031	Dry	0.190	270
33				0.031	0.031	Dry	0.190	310
34	Stellite No. 3	0, 0, 6, 6, 6, 0, 3/32	Cast iron 200 Bhn	0.062	0.031	Dry	0.150	205
35	Carbide (T 64)	6, 12, 5, 5, 10, 45	Steel, SAE 1040 annealed	0.062	0.025	Dry	0.156	800
36			Steel, SAE 1060 annealed	0.125	0.025	Dry	0.167	660
37			Steel, SAE 1060 annealed	0.187	0.025	Dry	0.167	615
38			Steel, SAE 1060 annealed	0.250	0.025	Dry	0.167	560
39			Steel, SAE 1060 annealed	0.062	0.021	Dry	0.167	880
40			Steel, SAE 1060 annealed	0.062	0.042	Dry	0.164	510
41			Steel, SAE 1060 annealed	0.062	0.062	Dry	0.162	400
42			Steel, SAE 3240 annealed	0.062	0.025	Dry	0.162	630

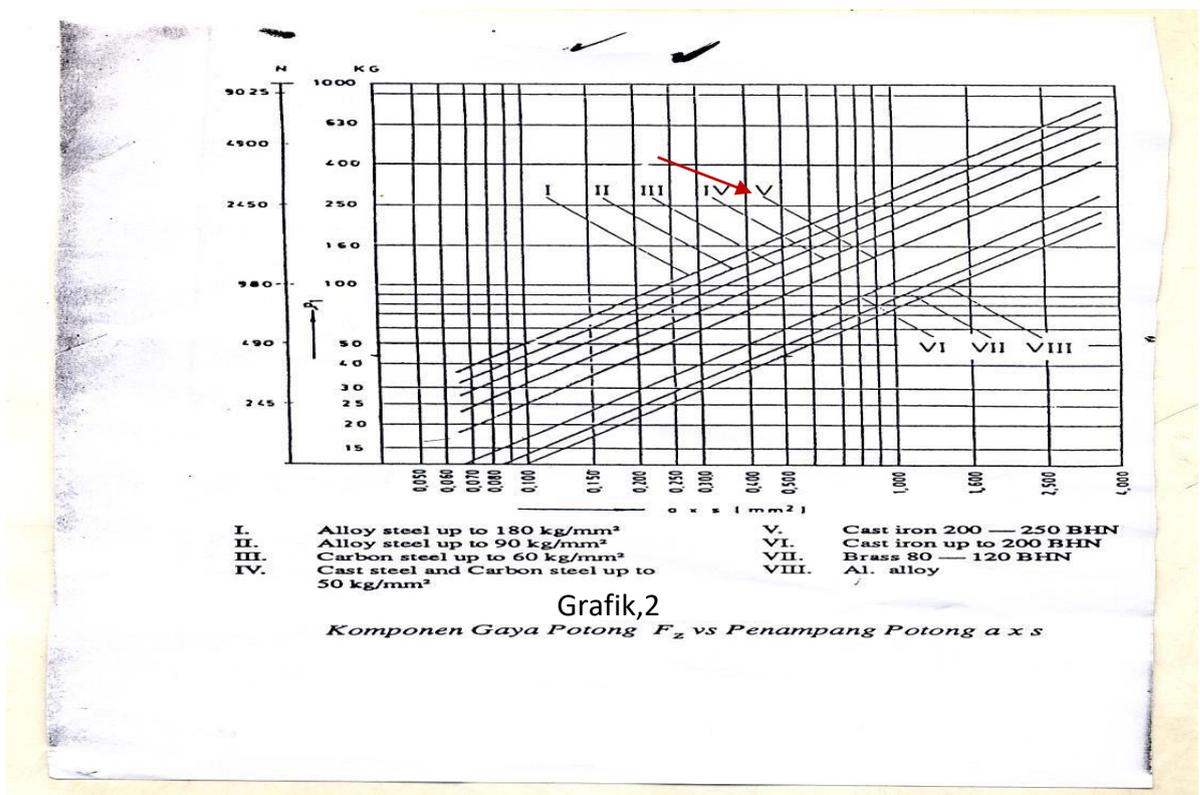


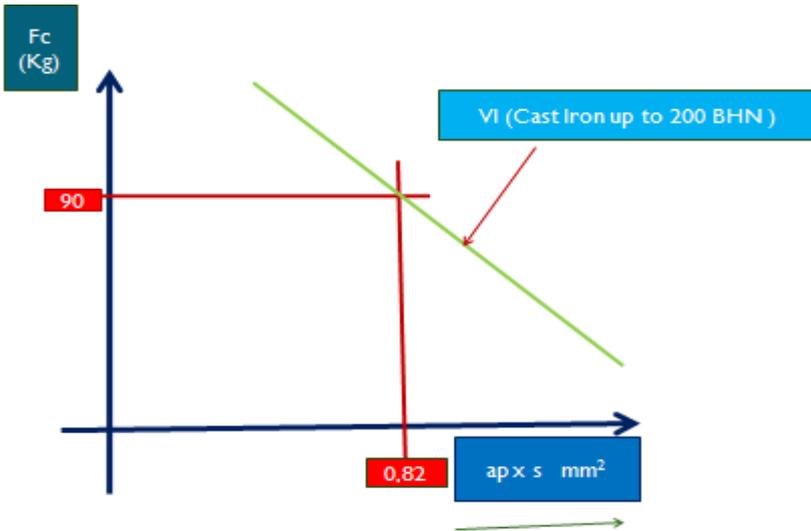
- | | | | |
|------|---|-------|-------------------------|
| I. | Alloy steel up to 180 kg/mm ² | V. | Cast iron 200 — 250 BHN |
| II. | Alloy steel up to 90 kg/mm ² | VI. | Cast iron up to 200 BHN |
| III. | Carbon steel up to 60 kg/mm ² | VII. | Brass 80 — 120 BHN |
| IV. | Cast steel and Carbon steel up to 50 kg/mm ² | VIII. | Al. alloy |

GAMBAR 10:1.
Tahanan Potong Spesifik k_s v s. Makan s

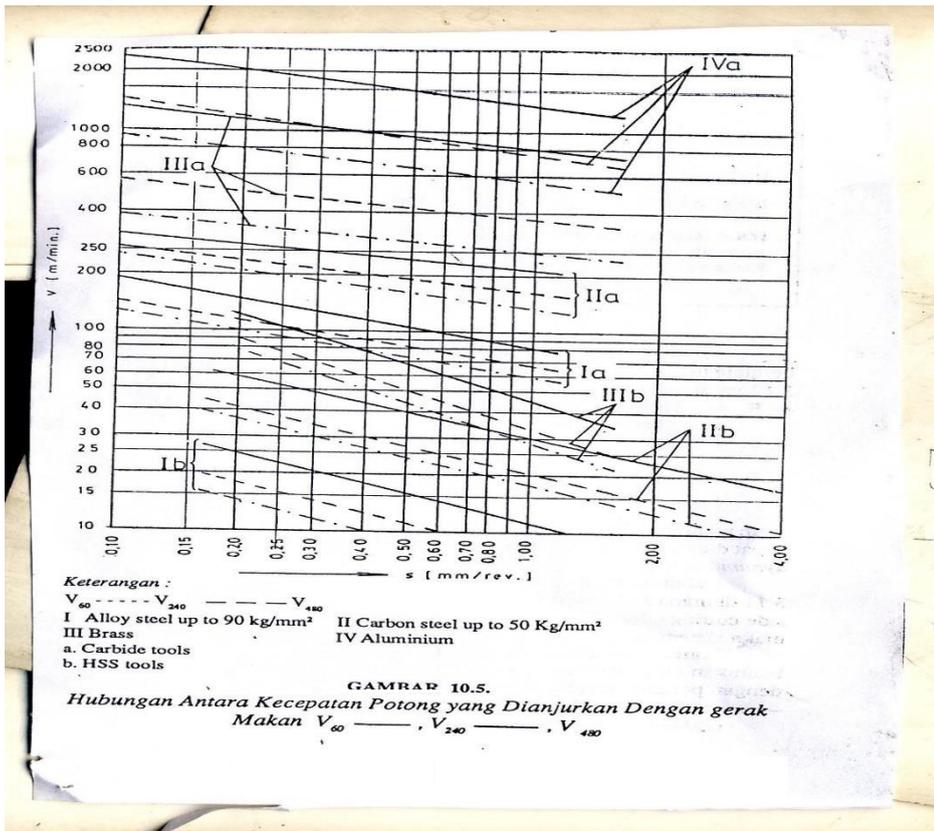


Untuk mencari gaya potong (F_c) dapat diketahui dari grafik.2 Komponen gaya potong F_c vs penampang potong $a \times s$





Untuk mencari Kecepatan potong (V_c) dapat diketahui dari grafik 3. Hubungan Antara Kecepatan potong yang dianjurkan dengan gerak makan V_{60} , V_{240} , V_{480} . dan Bahan yang diambil dari tabel 3.1. koefisien potong k dimana diambil $\sigma_b = 50-60$ dengan $K = 157 \text{ kg/mm}^2$. Dari grafik 3 didapat II. Carbon Steel up to 50 kg/mm^2 . Dengan pahat potong HSS 18-4-1 didapat dari no b. HSS tools



a. Daya Potong (Pc)

$$P_c = \frac{F_c \times V_c}{4500} = \frac{90 \text{ Kg} \times 33 \text{ m/det}}{4500} = 0,66 \text{ Hp}$$

b. Daya Elektromotor (Pg)

$$P_g = \frac{P_c}{\eta_{mk}} + P_{idd} = \frac{0,66 \text{ Hp}}{0,8} + 0,25 \text{ Hp} = 1,075 \text{ Hp}$$

c. Komponen gaya – gaya (Ft, Fs, Fns, Fv, Ff, Fn, η)

$$\tan \theta = \frac{rc \times \cos \delta}{1 - rc \sin \delta} = \frac{0,3 \times \cos 8}{1 - 0,3 \sin 8} = 0,31 \implies \theta = 17,22^\circ$$

$$\theta + \beta - \delta = 45 \implies 17,22 + \beta - 8 = 45 \implies$$

$$\beta = 45 - 17,22 + 8 = 35,78$$

1. Gaya Tangensial (Ft)

$$F_t = F_c \tan(\beta - \delta) = 90 \text{ Kg} \tan(35,78 - 8) = 47,41 \text{ Kg}$$

2. Gaya Gunting (Fs)

$$F_s = F_c \sin \theta - F_t \cos \theta = 90 \text{ Kg} \sin 17,22 - 47,41 \text{ Kg} \cos 17,22 = 85,96 \text{ Kg} - 44,12 \text{ Kg} = 41,84 \text{ Kg}$$

3. Gaya Normal Pada Bidang Gunting (Fns)

$$F_{ns} = F_c \tan(\beta - \delta + \theta) = F_c \tan 45 = 90 \text{ Kg} \times 1 = 90 \text{ Kg}$$

4. Gaya Resultan (Fv)

$$F_v = \frac{F_s}{\cos(\beta - \delta + \theta)} = \frac{F_s}{\cos 45} = \frac{41,84 \text{ Kg}}{0,7071} = 59,18 \text{ Kg}$$

5. Gaya Gesek (Ff)

$$F_f = F_v \sin \beta = 101,6 \text{ Kg} \times \sin 35,78 = 59,4 \text{ Kg}$$

6. Gaya Gesek (Fn)

$$F_n = \frac{F_f}{\tan \beta} = \frac{59,4 \text{ Kg}}{\tan 35,78} = \frac{59,4 \text{ Kg}}{0,72} = 82,5 \text{ Kg}$$

7. Faktor Gesek (η)

$$\eta = \tan \beta = \tan 35,78 = 0,72$$

2. Diketahui seperti data-data no. 1, diketahui lagi $r_c = 0,3$, $F_f = 674 \text{ N}$, $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$, $K = 43 \text{ J/m}^0\text{C}$, $C_p = 0,473 \text{ kJ/kg}^0\text{C}$, $B = 2,5 \text{ mm}$, $L_f = 7,5 \text{ mm}$, $\omega_0 = 0,24$, $\theta_0 = 28^0\text{C}$

Tentukanlah :

- a) P_m b) P_f c) P_s d) θ_s e) θ_f f) Θ_{\max}

Penyelesaian :

a. Energi yang diperlukan (P_m)

Dari hasil no 1 V_c didapat $33 \text{ m/menit} = 0,55 \text{ m/menit}$, $F_c = 90 \text{ Kg} = 882,6 \text{ Newton}$

Maka :

$$\begin{aligned} P_m &= F_c \times V_c = 882,6 \text{ Newton} \times 0,55 \frac{\text{m}}{\text{detik}} = 485,43 \frac{\text{Nm}}{\text{detik}} = 485,43 \frac{\text{j}}{\text{detik}} \\ &= 116 \frac{\text{Kal}}{\text{detik}} = 0,116 \frac{\text{Kkal}}{\text{detik}} \end{aligned}$$

b. Panas yang timbul Karena gesekan (P_f)

$$P_f = F_f \times V_c = F_f \times V_{oxrc}$$

$$P_f = 674 \text{ N} \times 55 \text{ m/det} \times 0,3 = 111,21 \text{ Nm/det} = 111,21 \text{ j/det} = 26,58 \text{ kal/det}$$

$$P_f = 26,58 \text{ kal/det} =$$

c. Panas yang timbul Karena gaya gunting (Ps)

$$P_s = P_m - P_f = 0,116 \text{ kkal/det} - 0,026 \text{ kkal/det} = 0,09 \text{ Kkal/det}$$

d. Kenaikan temperature pada zone I (θs)

$$R = \frac{(\rho \times C_p \times V \times a_c)}{K}$$

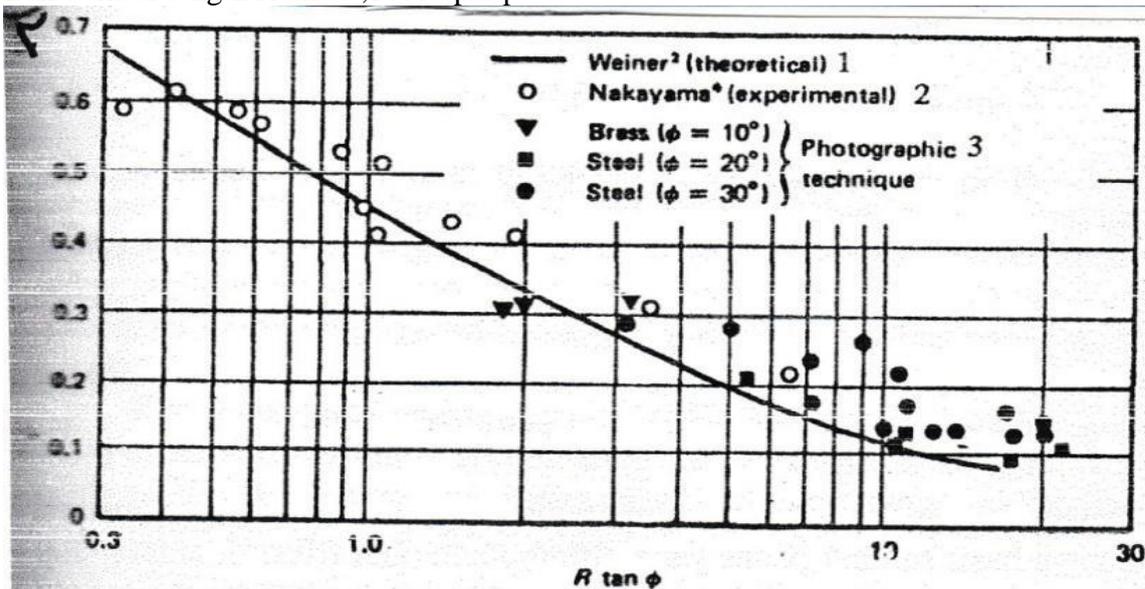
$$R = \frac{\left(7800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 473 \frac{\text{J}}{\text{kgC}} \times 0,55 \text{ m/det} \times 0,00254 \text{ m} \right)}{43 \text{ J/mC}}$$

$$R = 119,86$$

$$\tan \theta = \tan 17,22 = 0,3$$

$$R \tan \theta = 119,86 \times 0,3 = 37,14$$

Dari Gambar dengan $R \tan \theta = 37,14$ didapat $r = 0$



GAMBAR 6.8

*Efek dari $R \tan \phi$ Pada Bagian Gunting,
Padanya Sebagian dari Panas Pada Zone Gunting
Dikonduksikan Pada Benda Kerja (After Boothroyd)*

Legenda:

- Teoritis
- Pengalaman
- Teknik fotografi

$$\theta_f = \frac{Pf}{\rho \times c_p \times V \times a_c \times B} = \frac{0,026 \text{ kkal/det}}{7800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 473 \frac{\text{J}}{\text{kgC}} \times 0,00254 \times 0,05 \frac{\text{m}}{\text{det}} \times 0,05 \text{ m}}$$

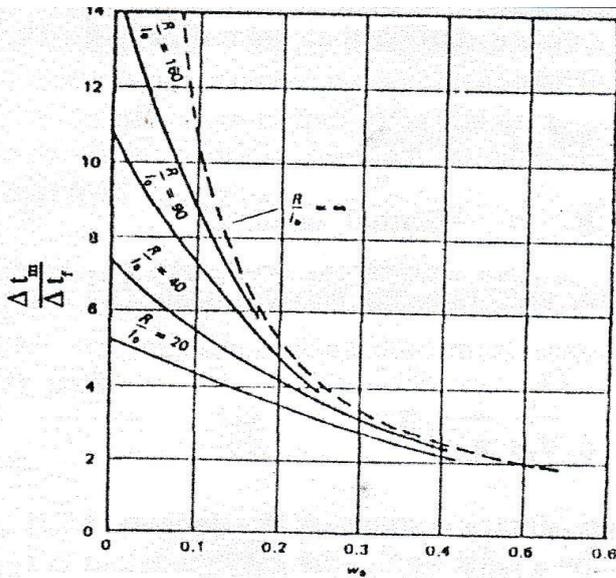
$$= 63,5^\circ\text{C}$$

d. Temperatur Maximum (θ_{Max})

$$\theta_{\text{max}} = \theta_m + \theta_s + \theta_0$$

$$\omega_0 = \frac{l_f}{l_0} \implies 0,24 = \frac{7,5 \text{ mm}}{l_0} \implies l_0 = 7,5 \text{ mm} / 0,24 = 31,25 \text{ mm}$$

$$\frac{R}{l_0} = \frac{119,86 \text{ mm}}{31,25 \text{ mm}} = 38,84 \implies \frac{R}{l_0} = 40$$



GAMBAR 6.10.

Efek dari Lebar Zona Deformasi Ke-II Pada Suhu Chip (After Boothroyd). l_0 = Panjang kontak pahat-cip, w_0 = lebar zona deformasi ke II

$$\frac{\theta_m}{\theta_f} = \frac{R}{l_0} \implies \frac{\theta_m}{63,5} = 40 \rightarrow \theta_m = 63,5^\circ\text{C} \times 40 = 254^\circ\text{C}$$

Selanjutnya :

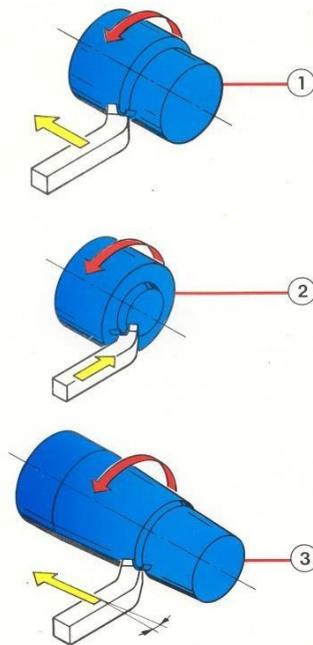
$$\theta_{max} = 254 + 219,2 + 28 = 501,82$$

BAB.III. PROSES BUBUT(TURNING)[5]

Proses bubut adalah proses pemesinan untuk menghasilkan bagian-bagian mesin berbentuk silindris yang dikerjakan dengan menggunakan Mesin Bubut. Bentuk dasarnya dapat didefinisikan sebagai proses pemesinan permukaan luar benda silindris atau bubut rata :

- Dengan benda kerja yang berputar
- Dengan satu pahat bermata potong tunggal (*with a single-point cutting tool*)
- Dengan gerakan pahat sejajar terhadap sumbu benda kerja pada jarak tertentu sehingga akan membuang permukaan luar benda kerja (lihat Gambar 2.1 no. 1)

Proses bubut permukaan/*surface turning* (Gambar 2.1 no.2) adalah proses bubut



Gambar 1.1. Proses bubut rata, bubut permukaan, dan bubut tirus

(sumber : <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files>)

yang identik dengan proses bubut rata ,tetapi arah gerakan pemakanan tegak lurus terhadap sumbu benda kerja. Proses bubut tirus/*taper turning* (Gambar 1.1 no. 3) sebenarnya identik dengan proses bubut rata di atas, hanya jalannya pahat membentuk sudut tertentu terhadap sumbu benda kerja. Demikian juga proses bubut kontur, dilakukan dengan cara memvariasi kedalaman potong sehingga menghasilkan bentuk yang diinginkan.

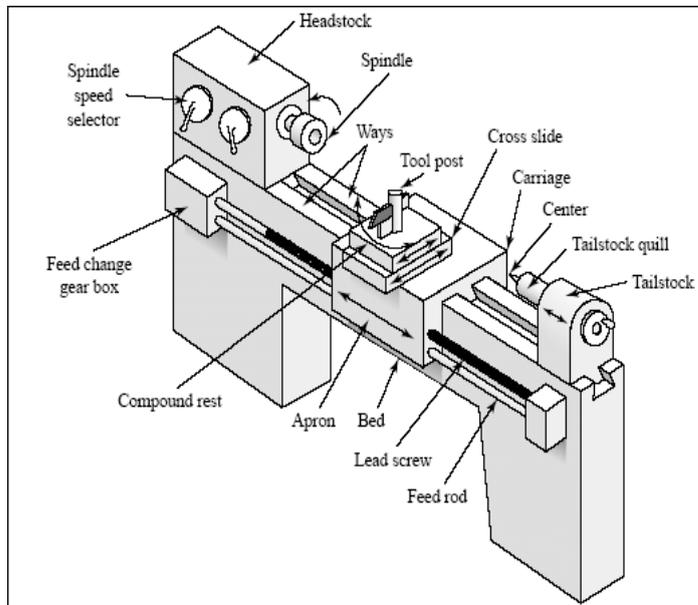
Walaupun proses bubut secara khusus menggunakan pahat bermata potong tunggal, tetapi proses bubut bermata potong jamak tetap termasuk proses bubut juga, karena pada

dasarnya setiap pahat bekerja sendiri-sendiri. Selain itu proses pengaturannya (*setting*) pahatnya tetap dilakukan satu persatu. Gambar skematis mesin bubut dan bagian-bagiannya dijelaskan pada Gambar 1.2.

A. Parameter yang dapat diatur pada proses bubut

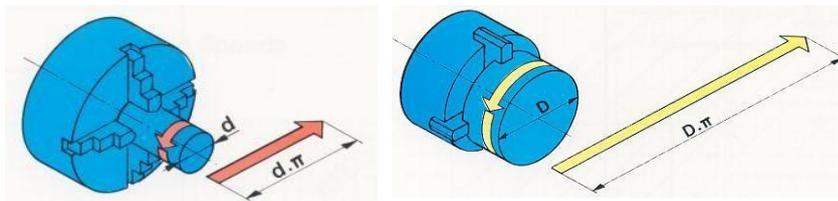
Tiga parameter utama pada setiap proses bubut adalah kecepatan putar spindle (*speed*), gerak makan (*feed*) dan kedalaman potong (*depth of cut*). Faktor yang lain seperti bahan benda kerja dan jenis pahat sebenarnya juga memiliki pengaruh yang cukup besar, tetapi tiga parameter di atas adalah bagian yang bisa diatur oleh operator langsung pada mesin bubut.

Kecepatan putar n (*speed*) selalu dihubungkan dengan spindle (sumbu utama) dan



Gambar 1.2. Gambar skematis Mesin Bubut dan nama bagian-bagiannya. Sumber : (<http://staff.uny.ac.id/sites/default/files>)

benda kerja. Karena kecepatan putar diekspresikan sebagai putaran per menit (*revolutions per minute*, rpm), hal ini menggambarkan kecepatan putarannya. Akan tetapi yang diutamakan dalam proses bubut adalah kecepatan potong (*Cutting speed* atau V) atau kecepatan benda kerja dilalui oleh pahat/ keliling benda kerja (lihat Gambar 1.3). Secara sederhana kecepatan potong dapat digambarkan sebagai keliling benda kerja dikalikan dengan kecepatan putar atau :



Gambar 1.3 Panjang permukaan benda kerja yang dilalui pahat setiap putaran.

Sumber : (<http://staff.uny.ac.id/sites/default/files>)

$$\text{Dimana : } V = \frac{\pi dn}{1000} \quad (2.1)$$

$$1000$$

V = kecepatan potong; m/menit

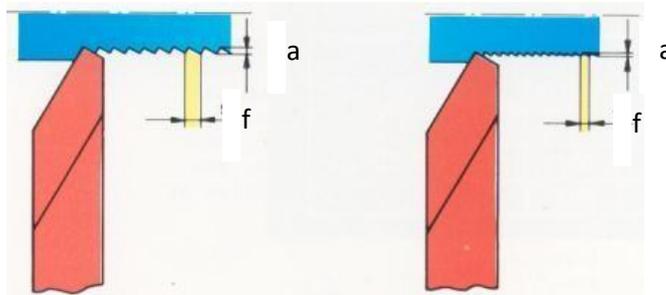
d = diameter benda kerja ;mm

n = putaran benda kerja; putaran/menit

Dengan demikian kecepatan potong ditentukan oleh diameter benda kerja. Selain kecepatan potong ditentukan oleh diameter benda kerja faktor bahan benda kerja dan bahan pahat sangat menentukan harga kecepatan potong. Pada dasarnya pada waktu proses bubut kecepatan potong ditentukan berdasarkan bahan benda kerja dan pahat. Harga kecepatan potong sudah tertentu, misalnya untuk benda kerja *Mild Steel* dengan pahat dari HSS, kecepatan potongnya antara 20 sampai 30 m/menit.

Gerak makan, f (*feed*) , adalah jarak yang ditempuh oleh pahat setiap benda kerja berputar satu kali , sehingga satuan f adalah mm/putaran. Gerak makan ditentukan berdasarkan kekuatan mesin, material benda kerja, material pahat, bentuk pahat, dan terutamanya kehalusan permukaan yang diinginkan. Gerak makan biasanya ditentukan dalam hubungannya dengan kedalaman potong a . Gerak makan tersebut berharga sekitar $1/3$ sampai $1/20$ a , atau sesuai dengan kehalusan permukaan yang dikehendaki.

Kedalaman potong a (*depth of cut*), adalah tebal bagian benda kerja yang dibuang dari benda kerja, atau jarak antara permukaan yang dipotong terhadap permukaan yang belum

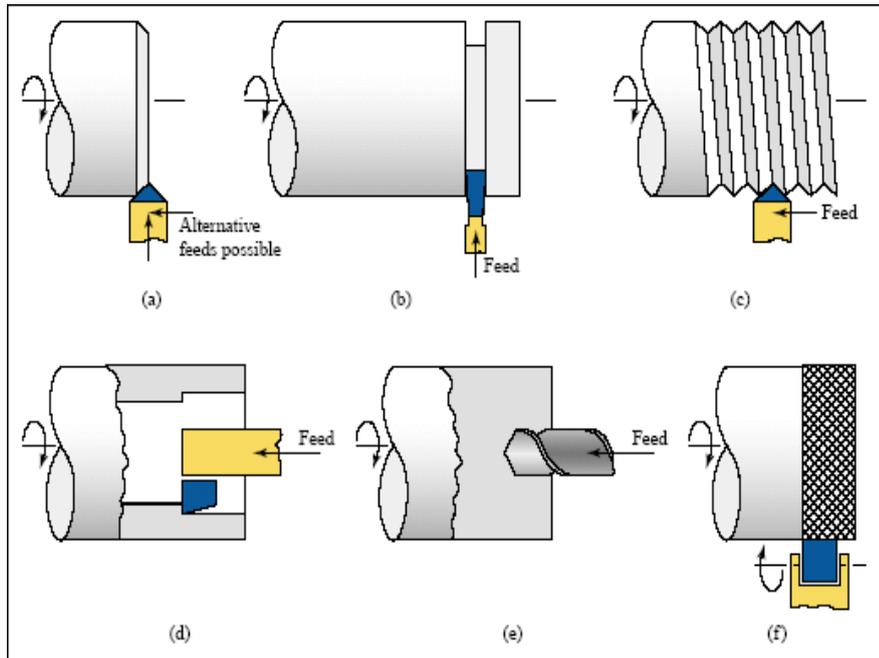


Gambar 1.4. Gerak makan (f) dan kedalaman.

Sumber : (<http://staff.uny.ac.id/sites/default/files>)

terpotong (lihat Gambar 1.4). Ketika pahat memotong sedalam a , maka diameter benda kerja akan berkurang $2a$, karena bagian permukaan benda kerja yang dipotong ada di dua sisi, akibat dari benda kerja yang berputar.

Beberapa proses pemesinan selain proses bubut pada Gambar 1.1 dapat dilakukan juga di



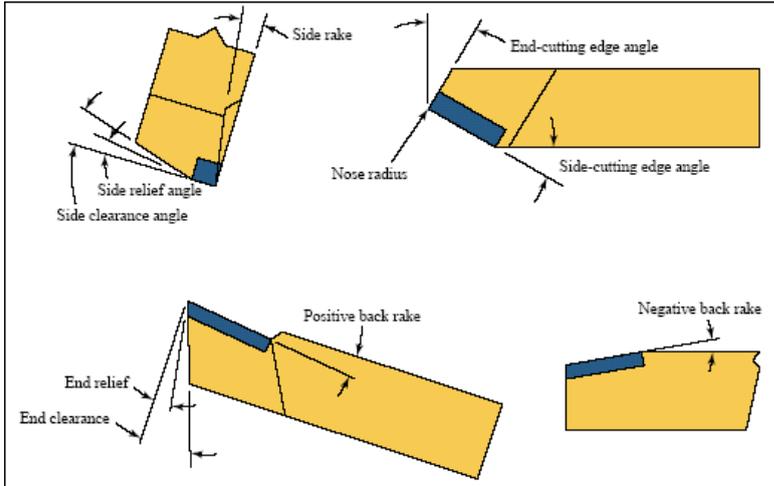
Gambar 1.5. Proses pemesinan yang dapat dilakukan pada mesin bubut : (a) pembubutan champer (chamfering), (b) pembubutan alur (parting-off), (c) pembubutan ulir (threading), (d) pembubutan lubang (boring), (e) pembuatan lubang (drilling), (f) pembuatan kartel (knurling).

Sumber : (<http://staff.uny.ac.id/sites/default/files>)

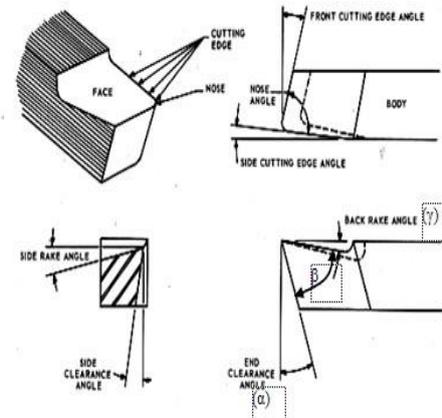
mesin bubut proses pemesinan yang lain, yaitu bubut dalam (*internal turning*), proses pembuatan lubang dengan mata bor (*drilling*), proses memperbesar lubang (*boring*), pembuatan ulir (*thread cutting*), dan pembuatan alur (*grooving/ parting-off*). Proses tersebut dilakukan di mesin bubut dengan bantuan peralatan bantu agar proses pemesinan bisa dilakukan .

BAB IV.GEOMETRI PAHAT BUBUT[6]

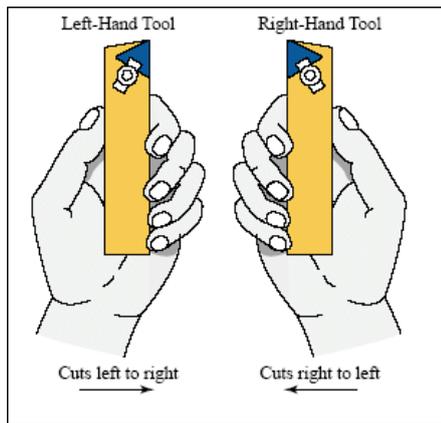
Geometri pahat bubut terutama tergantung pada material benda kerja dan material pahat. Terminologi standar ditunjukkan pada Gambar 1.6. Untuk pahat bubut bermata potong tunggal, sudut pahat yang paling pokok adalah sudut beram (*rake angle*), sudut bebas (*clearance angle*), dan sudut sisi potong (*cutting edge angle*). Sudut-sudut pahat HSS yang diasah dengan menggunakan mesin gerinda pahat (*Tool Grinder Machine*). Sedangkan bila pahat tersebut adalah pahat sisipan yang dipasang pada tempat pahatnya, geometri pahat dapat dilihat pada Gambar 1.7. Selain geometri pahat tersebut pahat bubut bisa juga diidentifikasi berdasarkan letak sisi potong (*cutting edge*) yaitu pahat tangan kanan (*Right-hand tools*) dan pahat tangan kiri (*Left-hand tools*), lihat Gambar 1.8.



Gambar 1.7. Geometri pahat bubut sisipan (*insert*) . Sumber : <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files>

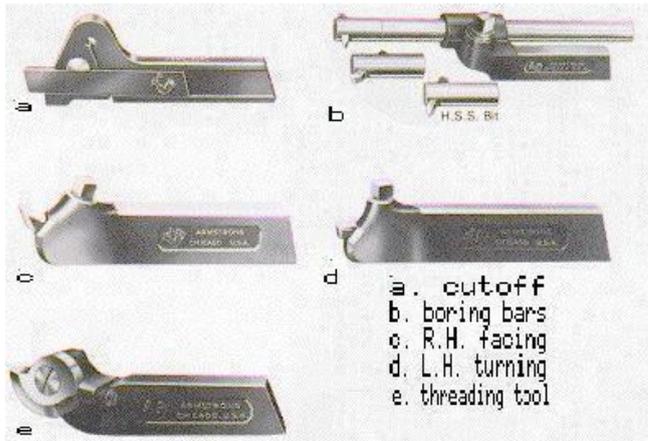


Gambar 2.6. Geometri pahat bubut HSS (Pahat diasah)

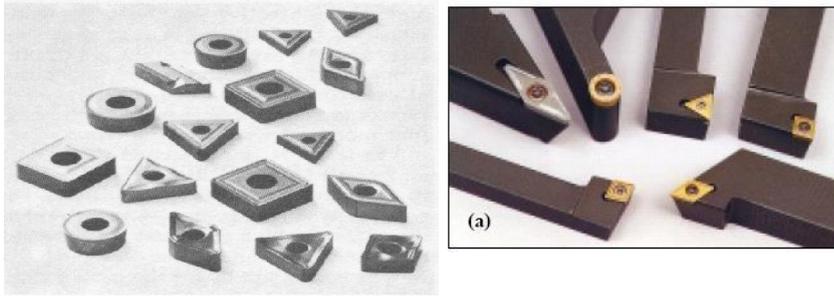


Gambar 1.8. Pahat tangan kanan dan pahat tangan kiri. Sumber : <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files>

Pahat bubut di atas apabila digunakan untuk proses membubut biasanya dipasang pada pemegang pahat (*Tool holder*). Pemegang pahat tersebut digunakan untuk memegang pahat dari HSS dengan ujung pahat diasahkan sependek mungkin agar tidak terjadi getaran pada waktu digunakan untuk membubut (lihat Gambar 1.9). Selain bentuk pahat seperti di Gambar 15, ada juga pahat yang berbentuk sisipan/*inserts*



Gambar 1.9. Pemegang pahat HSS : (a) pahat alur, (b) pahat
 . Sumber : <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files>



Gambar 1.10. Pahat bubut sisipan (*inserts*), dan pahat sisipan yang dipasang pada pemegang pahat (*tool holders*)

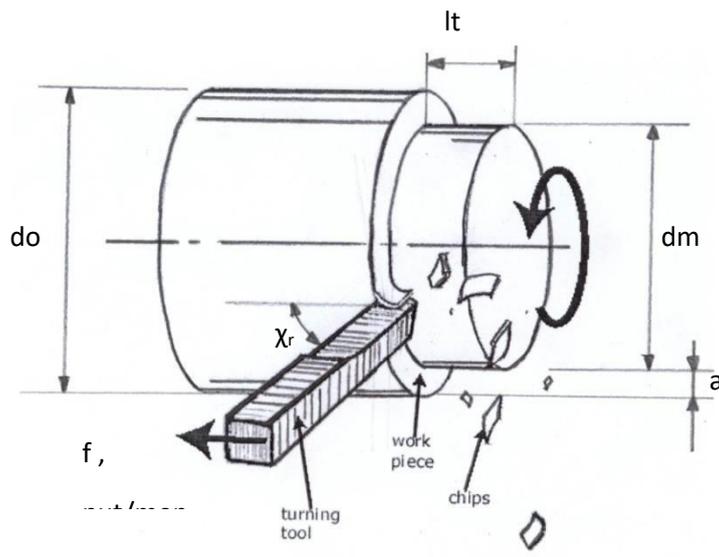
Sumber :

<http://staff.uny.ac.id/sites/default/files>

Pahat berbentuk sisipan tersebut harus dipasang pada pemegang pahat yang sesuai. Bentuk pahat sisipan sudah distandarkan oleh ISO (lihat Gambar 2.11). Standar ISO untuk pemegang pahat dapat dilihat pada Lampiran.

BAB.V.PERENCANAAN PERHITUNGAN PAHAT BUBUT[7]

Elemen dasar proses bubut dapat dihitung dengan menggunakan rumus-rumus dan Gambar 1.12 berikut :



Gambar 1.12. Proses bubut . Sumber : (<http://staff.uny.ac.id/sites/default/files>)

Keterangan :

Benda kerja :

- d_o = diameter mula ; mm
- d_m = diameter akhir; mm
- l_t = panjang pemotongan; mm

Pahat :

- χ_r = sudut potong utama

Mesin Bubut :

- a = kedalaman potong, mm
- f = gerak makan; mm/putaran
- n = putaran poros utama; putaran/menit

1) Kecepatan potong :

$$v = \frac{\pi d}{n}; m / menit \dots \dots \dots (2.2)$$

1000

d = diameter rata-rata benda kerja ($(d_o+d_m)/2$; mm

n = putaran poros utama ; put/menit

$\pi = 3,14$

2) Kecepatan makan

$$v_f = f \cdot n; mm/ menit \dots\dots\dots (2.3)$$

3) Waktu pemotongan

$$t_c = \frac{l_t}{v \cdot f}; \text{menit} \dots \dots \dots (2.4)$$

4) Kecepatan penghasilan beram

$$Z = A \cdot v; \text{cm}^3 / \text{menit} \dots \dots \dots (2.5)$$

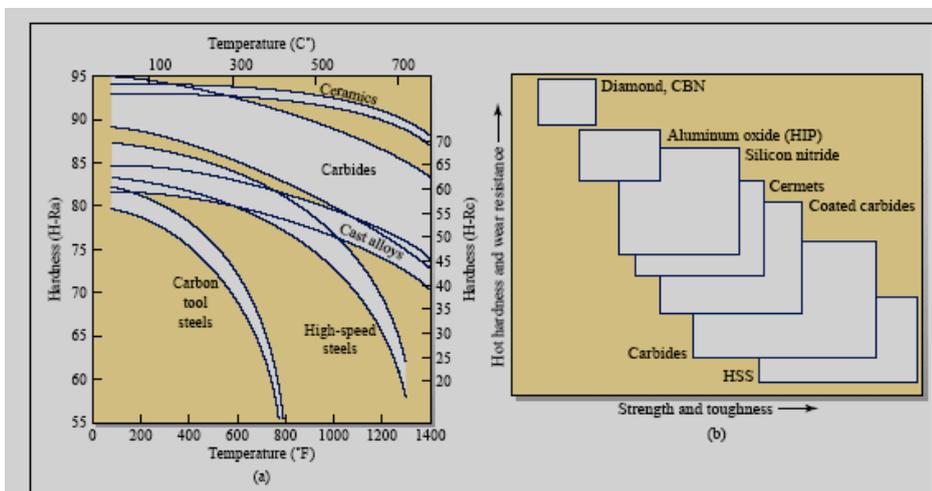
di mana : $A = a \cdot f \text{ mm}^2$

Perencanaan proses bubut tidak hanya menghitung elemen dasar proses bubut, tetapi juga meliputi penentuan/pemilihan material pahat berdasarkan material benda kerja, pemilihan mesin, penentuan cara pencekaman, penentuan langkah kerja/ langkah penyayatan dari awal benda kerja sampai terbentuk benda kerja jadi, penentuan cara pengukuran dan alat ukur yang digunakan.

1. Material pahat

Pahat yang baik harus memiliki sifat-sifat tertentu, sehingga nantinya dapat menghasilkan produk yang berkualitas baik dan ekonomis. Kekerasan dan kekuatan dari pahat harus tetap ada pada temperatur tinggi, sifat ini dinamakan *Hot Hardness*. Ketangguhan (*Toughness*) dari pahat diperlukan, sehingga pahat tidak akan pecah atau retak terutama pada saat melakukan pemotongan dengan beban kejut. Ketahanan aus sangat dibutuhkan yaitu ketahanan pahat melakukan pemotongan tanda terjadi keausan yang cepat.

Penentuan material pahat didasarkan pada jenis material benda kerja dan kondisi



pemotongan (pengasaran, adanya beban kejut, penghalusan). Material pahat yang ada ialah baja karbon sampai dengan keramik dan intan. Sifat dari beberapa material pahat ditunjukkan pada Gambar 1.13 .

Gambar 1.13. (a) Kekerasan dari beberapa macam material pahat sebagai fungsi dari temperatur, (b) jangkauan sifat material pahat.

Sumber : (<http://staff.uny.ac.id/sites/default/files>)

Material pahat dari baja karbon (baja dengan kandungan karbon 1,05%) pada saat ini sudah jarang digunakan untuk proses pemesinan, karena bahan ini tidak tahan panas (melunak pada suhu 300- 500 F). Baja karbon ini sekarang hanya digunakan untuk kikir, bilah gergaji, dan pahat tangan.

Material pahat dari HSS (*High Speed Steel*) dapat dipilih jenis M atau T. Jenis M berarti pahat HSS yang mengandung unsur *Molibdenum*, dan jenis T berarti pahat HSS yang mengandung unsur *Tungsten*. Beberapa jenis HSS dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Jenis Pahat HSS

Jenis HSS	Standart AISI
HSS Konvensional	
• <i>Molibdenum</i> HSS	M1, M2, M7, M10
• <i>Tungsten</i> HSS	T1, T2
HSS Spesial	
• <i>Cobald added</i> HSS	M33, M36, T4, T5, T6
• <i>High Vanadium</i> HSS	M3-1, M3-2, M4, T15
• <i>High Hardness Co</i> HSS	M41, M42, M43, M44, M45, M46
• <i>Cast</i> HSS	
• <i>Powdered</i> HSS	
• <i>Coated</i> HSS	

.Sumber : (<http://staff.uny.ac.id/sites/default/files>)

Pahat dari HSS biasanya dipilih jika pada proses pemesinan sering terjadi beban kejut, atau proses pemesinan yang sering dilakukan interupsi (terputus-putus). Hal tersebut misalnya membubut benda segi empat menjadi silinder, membubut bahan benda kerja hasil proses penuangan, membubut eksentris (proses pengasarannya).

Pahat dari karbida dibagi dalam dua kelompok tergantung penggunaannya. Bila digunakan untuk benda kerja besi tuang yang tidak liat dinamakan *cast iron cutting grade* . Pahat jenis ini diberi kode huruf K dan kode warna merah. Apabila digunakan untuk menyayat baja yang liat dinamakan *steel cutting grade*. Pahat jenis ini diberi kode huruf P dan kode warna biru. Selain kedua jenis tersebut ada pahat karbida yang diberi kode huruf M, dan kode warna kuning. Pahat karbida ini digunakan untuk menyayat berbagai jenis baja, besi tuang dan non ferro yang mempunyai sifat ketemesinan yang baik. Contoh pahatkarbida untuk menyayat berbagai bahan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Contoh penggolongan pahat jenis karbida dan penggunaannya

GENERAL TURNING		Cutting data										
Cutting speed recommendations												
The recommendations are valid for use with cutting fluid.												
ISO	CNC No.	Material	Specific cutting force K_{sc} , N/mm^2	Hardness Drivell	Tool WEAR RESISTANCE							
					CB7005	CB7015	CB1425					
					f_{max} , inch/rev	f_{max} , inch/rev	f_{max} , $\text{mm}^3/\text{rev} \cdot \text{in}^2$ lead angle					
					.002-.004-.006	.002-.004-.006	.002-.004-.006					
					Cutting speed v_c , ft/min							
P	01.1 01.2 01.3	Unalloyed steel C = 0.1-0.25 % C = 0.25-0.55 % C = 0.55-0.80 %	288,500 326,000 317,000	125 150 170	2400-4950-1600	2150-1800-1450	1550-1500-8250					
					2150-1750-1250	1600-1550-8250	1600-1200-1100					
					-	1650-1400-1100	1400-1200-660					
	02.1 02.12 02.2 02.2	Low-alloy steel (alloying elements $\leq 5\%$) Non-hardened Ball bearing steel Hardened and tempered Hardened and tempered	324,000 326,500 371,500 419,500	160 210 275 350	1750-1450-1150	1550-1300-1050	1250-1050-620					
					-	620-770-610	650-540-485					
					-	230-160-150	520-425-250					
					1300-1 050-820	365-220-250	940-710-570					
					640-520-420	165-165-130	465-270-260					
					280,000	160	650-700-570	350-215-175	740-600-470			
	05.11 05.21	High-alloy steel (alloying elements $> 5\%$) Austenitic Hardened tool steel	361,500 550,500	200 225	1300-1 050-820	365-220-250	940-710-570					
					640-520-420	165-165-130	465-270-260					
					280,000	160	650-700-570	350-215-175	740-600-470			
					302,500	200	660-730-550	270-225-170	580-470-345			
06.1 06.2 06.3	Steel castings Unalloyed Low-alloy (alloying elements $\leq 5\%$) High-alloy (alloying elements $> 5\%$)	280,000 360,000	125 225	650-550-410	200-165-125	490-365-280						
				-	-	-						
M	M	Material	Specific cutting force K_{sc} , N/mm^2	Hardness Drivell	Tool WEAR RESISTANCE							
					CB4525	CB4005	CB1405					
										f_{max} , inch/rev	f_{max} , inch/rev	f_{max} , $\text{mm}^3/\text{rev} \cdot \text{in}^2$ lead angle
										.004-.006	.004-.006-.012	.004-.006-.012
										Cutting speed v_c , ft/min		
					05.11 05.12 05.13	Ferritic/martensitic Bare forged Non-hardened P.H-hardened Hardened	324,500 514,500 414,000	200 220 220	950-790	1250-960-800	1250-960-800	
									500-490	1150-910-740	1150-910-740	
									560-490	760-620-510	760-620-510	
					05.21 05.22 05.23	Austenitic Bare forged P.H-hardened Super austenitic	327,000 517,500 423,000	160 220 200	720-540	1250-1050-670	1350-1050-670	
									630-590	730-560-470	730-560-470	
									485-430	910-640-520	910-640-520	
					05.51 05.52	Austenitic-Ferritic (Duplex) Bare forged Non-weldable $\geq 0.05\% \text{C}$ Weldable $< 0.05\% \text{C}$	372,500 445,500	220 260	-	1050-820-670	1050-820-670	
									-	620-740-600	620-740-600	
									-	-	-	
					15.11 15.12 15.13 15.21 15.22 15.23	Ferritic/martensitic Cast Non-hardened P.H-hardened Hardened Austenitic Cast Austenitic P.H-hardened Super austenitic	304,500 453,500 395,000 316,500 456,000 390,000	200 220 220 160 220 200	-	-	-	
									-	-	-	
									-	-	-	
									-	-	-	
									-	-	-	
									-	-	-	
									-	-	-	
-	-	-										
-	-	-										
15.51 15.52	Austenitic-Ferritic (Duplex) Cast Non-weldable $\geq 0.05\% \text{C}$ Weldable $< 0.05\% \text{C}$	329,500 401,000	220 250	-	-	-						
				-	-	-						
				-	-	-						
H	H	Material	Specific cutting force K_{sc} , N/mm^2	Hardness Drivell	Tool WEAR RESISTANCE							
					CB7050/CB50	CB4000	CB1400					
										f_{max} , inch/rev	f_{max} , inch/rev	f_{max} , $\text{mm}^3/\text{rev} \cdot \text{in}^2$ lead angle
										.004-.010-.016	.004-.010-.016	.004-.010-.016
										Cutting speed v_c , ft/min		
					07.1 07.2	Mild steel cast iron Ferritic (short chipping) Pearlitic (long chipping)	126,500 150,000	130 220	-	2600-2300-1950	2600-2300-1950	
									-	2300-1950-1650	2300-1650-1600	
					08.1 08.2	Gray cast iron Low tensile strength High tensile strength Nodular 90 iron	158,500 164,500	160 220	5650-4550-3950	2650-2300-1950	2650-2300-1950	
									4800-4000-3450	2500-2100-1750	2500-2100-1750	
					06.1 06.2 06.3	Ferritic Pearlitic Martensitic	152,000 232,000 390,500	160 250 360	-	-	2000-1600-1450	
									-	-	1650-1450-1150	
									-	-	1150-1000-660	

Sumber : (<http://staff.uny.ac.id/sites/default/files>)

2. Pemilihan mesin

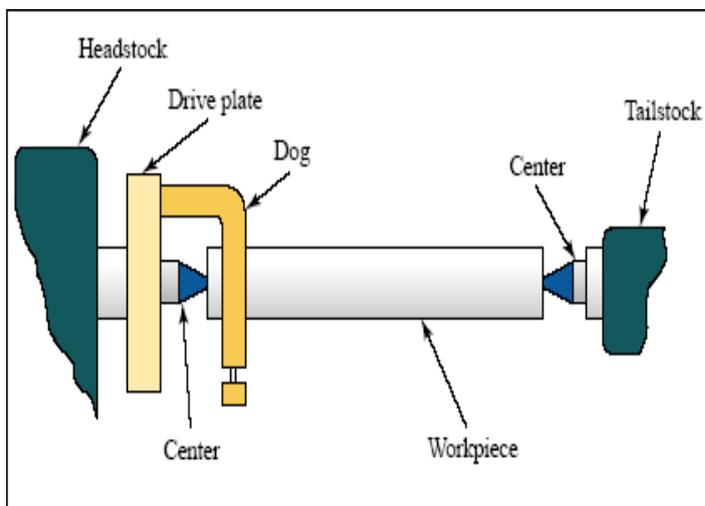
Pertimbangan pemilihan mesin pada proses bubut adalah berdasarkan dimensi benda kerja yang akan dikerjakan. Ketika memilih mesin perlu dipertimbangkan kapasitas kerja mesin yang meliputi diameter maksimal benda kerja yang bisa dikerjakan oleh mesin, dan panjang benda kerja yang bisa dikerjakan. Ukuran mesin bubut diketahui dari diameter benda kerja maksimal yang bisa dikerjakan (*Swing over the bed*), dan panjang meja mesin bubut (*Length of the bed*). Panjang meja mesin bubut bukan berarti panjang maksimal benda kerja yang dikerjakan diantara dua senter. Panjang maksimal benda kerja maksimal adalah panjang meja dikurangi jarak yang digunakan kepala tetap dan kepala lepas.

Beberapa jenis mesin bubut dari mesin bubut manual dengan satu pahat sampai dengan mesin bubut CNC dapat dipilih untuk proses pemesinan (Lihat Lampiran 1). Pemilihan mesin bubut yang digunakan untuk proses pemesinan bisa juga dilakukan dengan cara memilih mesin yang ada di bengkel (*workshop*). Dengan pertimbangan awal diameter maksimal benda kerja yang bisa dikerjakan oleh mesin yang ada.

Setelah langkah pemilihan mesin tersebut di atas, dipilih juga alat dan cara pencekaman/pemasangan benda kerja (Lihat Gambar 1.15). Pencekaman/pemegangan benda kerja pada mesin bubut bisa digunakan beberapa cara. Cara yang pertama adalah benda kerja tidak dicekam, yaitu menggunakan dua senter dan pembawa. Dalam hal ini, benda kerja harus ada lubang senternya di kedua sisi (Gambar 1.14). Cara kedua yaitu dengan menggunakan alat pencekam (Gambar 1.15). Alat pencekam yang bisa digunakan adalah :

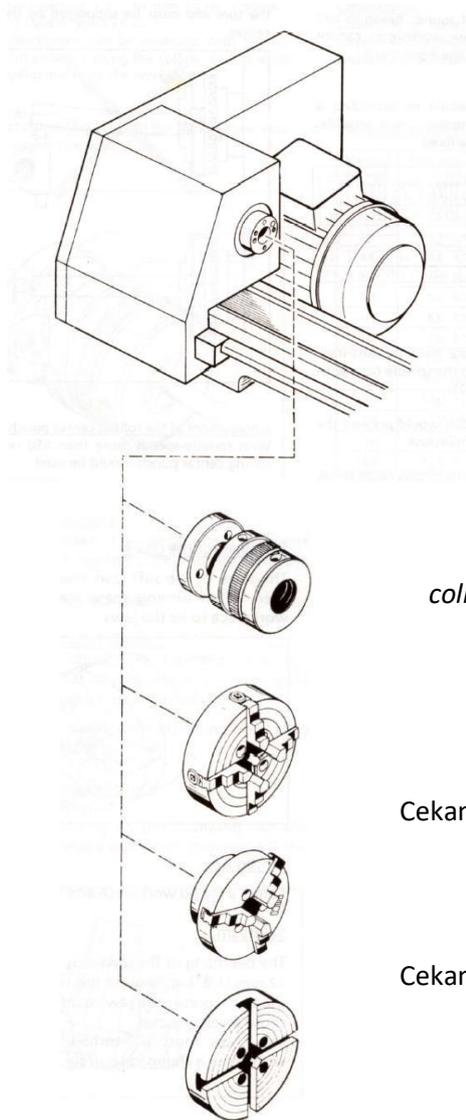
- a. **collet**, digunakan untuk mencekam benda kerja berbentuk silindris dengan ukuran sesuai diameter collet. Pencekaman dengan cara ini tidak akan meninggalkan bekas pada permukaan benda kerja.
- b. **cekam rahang empat** (untuk benda kerja tidak silindris) . Alat pencekam ini masing-masing rahangnya bisa diatur sendiri-sendiri, sehingga mudah dalam mencekam benda kerja yang tidak silindris.
- c. **cekam rahang tiga** (untuk benda silindris). Alat pencekam ini tiga buah rahangnya bergerak bersama-sama menuju sumbu cekam apabila salah satu rahangnya digerakkan.
- d. **Face Plate**, digunakan untuk menjepit benda kerja pada suatu permukaan plat dengan baut pengikat yang dipasang pada alur T.

Pemilihan cara pencekaman tersebut di atas, sangat menentukan hasil proses bubut. Pemilihan alat pencekam yang tepat akan menghasilkan produk yang sesuai dengan kualitas geometris yang dituntut oleh gambar kerja. Misalnya apabila memilih cekam rahang tiga ntuk mencekam benda kerja silindris yang relatif panjang, hendaknya digunakan juga senter jalan yang dipasang pada kepala lepas, agar benda kerja tidak tertekan (Gambar 2.16).



Gambar 1.14. Benda kerja dipasang diantara dua senter

Sumber : (<http://staff.uny.ac.id/sites/default/files>)



Spindel mesin bubut

collet

Cekam rahang empat

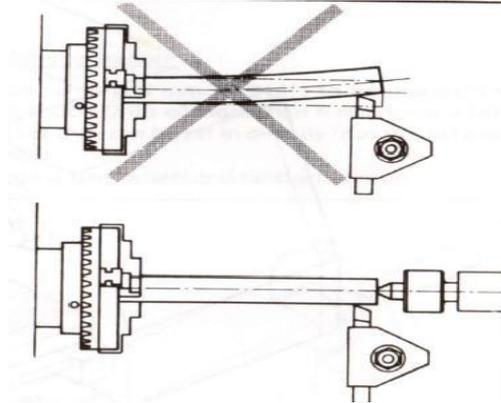
Cekam rahang tiga

Face plate

Gambar 1.15. Alat pencekam benda kerja.

Sumber : (<http://staff.uny.ac.id/sites/default/files>)

cekam rahang tiga dan didukung oleh center putar



Gambar 1.16. Benda kerja yang relatif panjang dipegang oleh
Sumber : (<http://staff.uny.ac.id/sites/default/files>)

Penggunaan cekam rahang tiga atau cekam rahang empat, apabila kurang hati-hati, akan menyebabkan permukaan benda kerja terluka. Hal tersebut terjadi misalnya pada waktu proses bubut dengan kedalaman potong yang besar, karena gaya pencekaman tidak mampu menahan beban yang tinggi, sehingga benda kerja tergelincir atau selip. Hal ini perlu diperhatikan terutama pada waktu proses finishing, proses pemotongan ulir, dan proses pembuatan alur. Beberapa contoh proses bubut, dengan cara pencekaman yang berbeda-beda dapat dilihat pada Gambar 1.17.

2. Penentuan langkah kerja

Langkah kerja dalam proses bubut meliputi persiapan bahan benda kerja, setting mesin, pemasangan pahat, penentuan jenis pemotongan (bubut lurus, permukaan, profil, alur, ulir), penentuan kondisi pemotongan, perhitungan waktu pemotongan, dan pemeriksaan hasil berdasarkan gambar kerja. Hal tersebut dikerjakan untuk setiap tahap (jenis pahat tertentu).



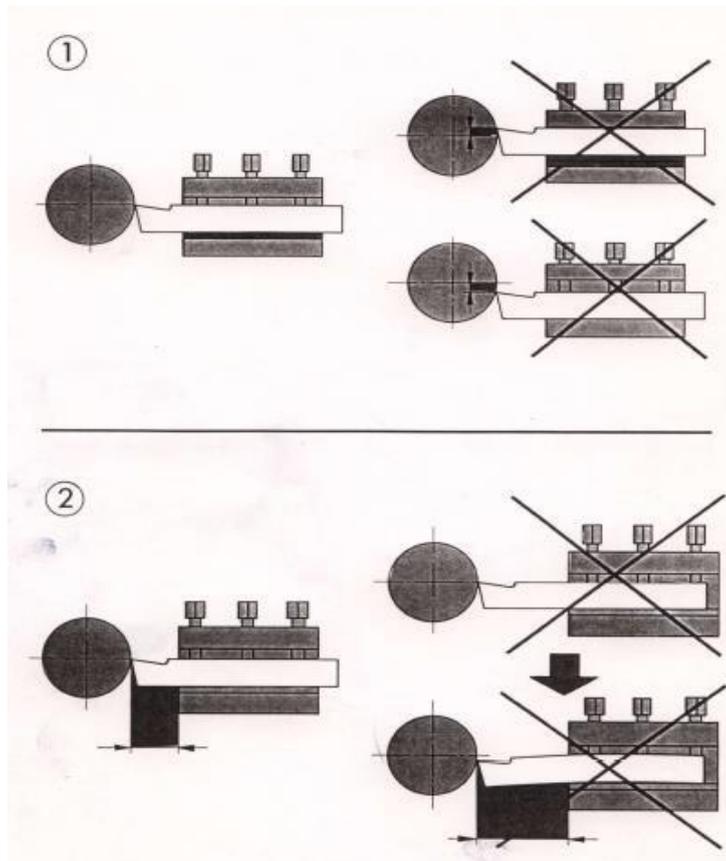
Gambar 1.17. Beberapa contoh proses bubut dengan cara pencekaman/pemegangan benda kerja yang berbeda-beda.

Sumber : (<http://staff.uny.ac.id/sites/default/files>)

Bahan benda kerja yang dipilih biasanya sudah ditentukan pada gambar kerja baik material maupun dimensi awal benda kerja. Setting/ penyiapan mesin dilakukan dengan cara memeriksa semua eretan mesin, putaran spindel, posisi kepala lepas, alat pencekam benda kerja, pemegangan pahat, dan posisi kepala lepas. Usahakan posisi sumbu kerja kepala tetap (spindel) dengan kepala lepas pada satu garis untuk pembubutan lurus, sehingga hasil pembubutan tidak tirus.

Pemasangan pahat dilakukan dengan cara menjepit pahat pada rumah pahat (*tool post*). Usahakan bagian pahat yang menonjol tidak terlalu panjang, supaya tidak terjadingetaran pada pahat ketika proses pemotongan dilakukan. Posisi ujung pahat harus padasumbu kerja mesin bubut, atau pada sumbu benda kerja yang dikerjakan. Posisi ujung pahat yang terlalu rendah tidak direkomendasi, karena menyebabkan benda kerja terangkat, dan proses pemotongan tidak

efektif (lihat Gambar 1.18)

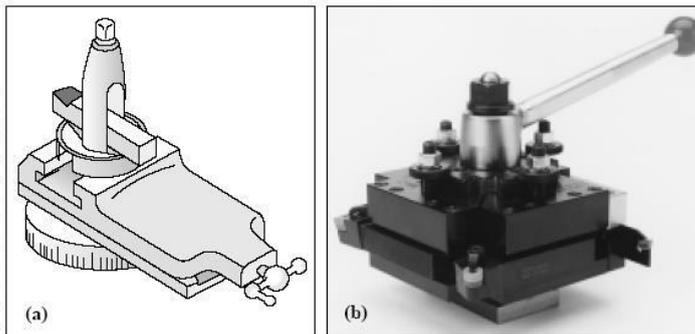


Gambar 1.18. Cara pemasangan pahat bubut : 1) Posisi ujung pahat pada sumbu benda kerja, 2) panjang pahat diusahakan sependek mungkin.

Sumber :

(<http://staff.uny.ac.id/sites/default/files>)

Pahat bubut bisa dipasang pada tempat pahat tunggal, atau pada tempat pahat yang berisi empat buah pahat (*Quick change indexing square turret*) . Apabila pengerjaan pembubutan hanya memerlukan satu macam pahat lebih baik digunakan tempat pahat tunggal. Apabila pahat yang digunakan dalam proses pemesinan lebih dari satu, misalnya pahat rata, pahat alur, pahat ulir, maka sebaiknya digunakan tempat pahat yang bisa dipasang sampai empat pahat. Pengaturannya sekaligus sebelum proses pembubutan, sehingga proses pengantian pahat bisa dilakukan dengan cepat (*quick change*).



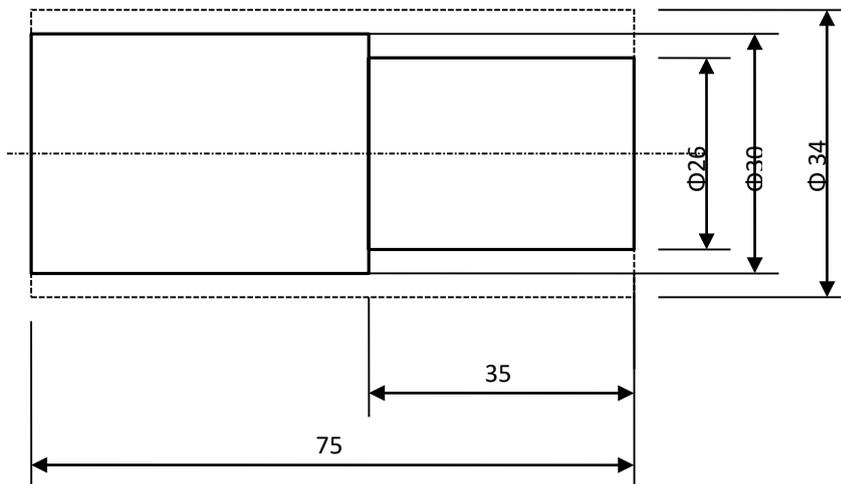
Gambar 1.19. Tempat pahat (*tool post*) : (a) untuk pahat tunggal, (b) untuk empat pahat

3. Perencanaan Proses membubut lurus

Proses membubut lurus adalah menyayat benda kerja dengan gerak pahat sejajardengan sumbu benda kerja. Perencanaan proses penyayatan benda kerja dilakukan dengan cara menentukan arah gerakan pahat , kemudian menghitung elemen dasar proses bubut sesuai dengan rumus 2.2 sampai dengan rumus 2.5.

Contoh :

Akan dibuat benda kerja dari bahan Mild Steel (ST37) seperti Gambar 1.20 berikut.



Gambar 1.20. Gambar benda kerja yang akan dibuat. Sumber : (<http://staff.uny.ac.id/sites/default/files>)

Perencanaan proses bubut :

- Material benda kerja : *Mild Steel* (ST 37), diameter 34 mm x 75 mm
- Material Pahat : HSS atau Pahat Karbida jenis P10 , pahat kanan. Dengan geometri pahat dan kondisi pemotongan dipilih dari Tabel 6. (Tabel yang direkomendasikan oleh produsen mesin bubut) :

- a. $\alpha = 8^\circ, \gamma = 14^\circ, v = 34$ m/menit (HSS)
 b. $\alpha = 5^\circ, \gamma = 0^\circ, v = 170$ m/menit (Pahat karbida sisipan)
 c. Mesin yang digunakan: Mesin Bubut dengan Kapasitas diameter lebih dari 1 inci
 d. Pencekam benda kerja : Cekam rahang tiga. Benda kerja dikerjakan Bagian I terlebih dulu, kemudian dibalik untuk mengerjakan Bagian II (Gambar 1.21)

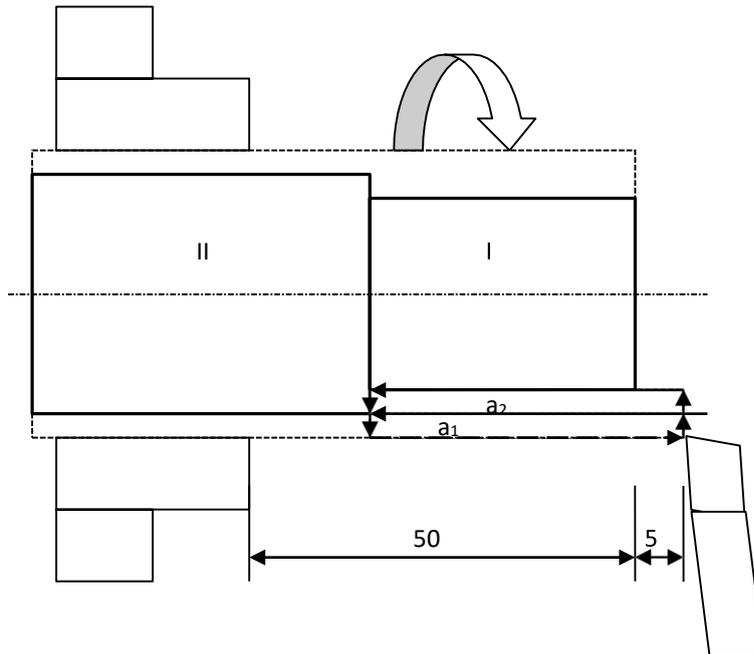
Tabel 6. Penentuan jenis pahat, geometri pahat, v, dan f (EMCO)

Workpiece material	Tensile strength in kp/mm ²	1) Tool	Cutting angle clearance/top 		Feed in mm/rev.				Coolant and Lubricant	
					0,1	0,2	0,4	0,8	Roughing	Finishing
					cutting speed v m/min					
Steel St 34, St 37, St 42	up to 50.	SS S ₁	8 5	14 10	280	60 236	45 200	34 170	E	E or P
St 50, St 60	50...70	SS S ₁	8 5	14 10	240	44 205	32 175	24 145	E	E or P
St 70	70...85	SS S ₁	8 5	14 10	200	32 170	24 132	18 106	E	E or P
Cast steel	50...70	SS S ₁	8 5	10 6	118	34 100	25 85	19 71	E	dry
Alloyed steel	85...100	SS S ₁	8 5	10 6	150	24 118	17 95	12 75	E	E or P
Mn-Steel, Cr-Ni-steel, Cr-Mo-steel	100...140	SS S ₁	8 5	6 6	95	16 75	11 60	8 50	E	E or P
other alloyed steels	140...180	SS S ₁	8 5	6 6	60	9,5 48	6 38	32	E	E or P
Tool steel	150...180	SS S ₁	8 5	6 6	50	40 32	32 27	27	E	Colza oil or P
C. I. 20, C. I. 25	hardness Brinell 200...250	SS H ₁	8 5	0 0	106	32 90	18 75	13 63	dry or E	dry
Copper alloys	hardness Brinell 80...120	SS G ₁	8 5	0 6	600	125 530	85 450	56 400	dry, E or L	dry
Cast bronze		SS G ₁	8 5	0 6	355	63 280	53 236	43 200	E or L	dry
Light alloys aluminium		SS G ₁	12 12	30 30	400 1320	300 1120	200 950	118 850	E or P soap spi-rit	E or P soap spi-rit
Aluminium alloys (11...13%Si)		SS G ₁	12 12	18 18	100 224	67 190	45 160	30 140	E	Oil S II or P
Magnesium alloys*		SS G ₁	8 5	6 6	1000 1800	900 1500	800 1250	750 1060	dry or with non-combustible oil	dry or with non-combustible oil
Platics and hard rubber		SS G ₁	12 12	10 10	300	280	250	224	dry	dry
Bakelite, Novotext, Pertinax hard plastic		SS G ₁	12 12	14 14	280	212	170	132	dry	dry

Sumber : (<http://staff.uny.ac.id/sites/default/files>)

- e. Pemasangan pahat : menggunakan *tool post* (tempat pahat tunggal) yang tersedia di mesin, panjang ujung pahat dari *tool post* sekitar 10 sampai dengan 15 mm, $\chi_r = 93^\circ$.
 f. Data untuk elemen dasar :
 1) untuk pahat HSS : $v = 34$ m/menit; $f = 0,1$ mm/putaran, $a = 2$ mm.
 2) untuk pahat karbida : $v = 170$ m/menit; $f = 0,1$ mm/putaran; $a = 2$ mm.
 g. Bahan benda kerja telah disiapkan (panjang bahan sudah sesuai dengan gambar), kedua permukaan telah dihaluskan.

- h. Perhitungan elemen dasar berdasarkan rumus 2.2 – 2.5 dan gambar rencana jalannya pahat adalah sebagai berikut (perhitungan dilakukan dengan *software spreadsheet*) :

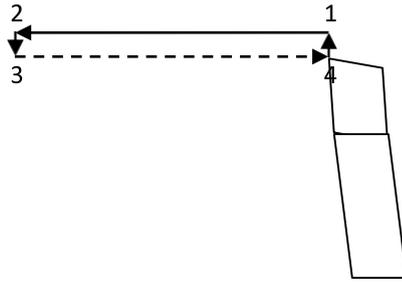


Gambar 1.21. Gambar rencana pencekaman, penya-yatan, dan lintasan pahat. .

Sumber : (<http://staff.uny.ac.id/sites/default/files>)

Keterangan :

- 1) Benda kerja dicekam pada Bagian II, sehingga bagian yang menonjol sekitar 50 mm.
 - 2) Penyayatan dilakukan 2 kali dengan kedalaman potong $a_1 = 2$ mm dan $a_2 = 2$ mm. Pemotongan pertama sebagai pemotongan pengasaran (*roughing*) dan pemotongan kedua sebagai pemotongan *finishing*.
 - 3) Panjang pemotongan total adalah panjang benda kerja yang dipotong ditambah panjang awalan (sekitar 5 mm) dan panjang lintasan keluar pahat (sama dengan kedalaman potong) . Gerakan pahat dijelaskan seperti Gambar 1. 22 :
- a) Gerakan pahat dari titik 4 ke titik 1 adalah gerak maju dengan cepat (*rapid*)
 - b) Gerakan pahat dari titik 1 ke titik 2 adalah gerakan penyayatan dengan $f = 0,1$ mm/putaran
 - c) Gerakan pahat dari titik 2 ke titik 3 adalah gerakan penyayatan dengan $f = 0,1$ mm/putaran
 - d) Gerakan pahat dari titik 3 ke titik 4 adalah gerakan cepat (dikerjakan dengan memutar eretan memanjang)



Gambar 1.22. Gambar rencana gerakan dan lintasan pahat. .

Sumber : (<http://staff.uny.ac.id/sites/default/files>)

Setelah rencana jalannya pahat tersebut di atas kemudian dilakukan perhitungan elemen dasar pemesinannya. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil perhitungan elemen dasar pemesinan Bagian I
a. Perhitungan elemen dasar proses bubut (untuk pahat HSS)

$v=$	34	mm/menit
$f=$	0,1	mm/putaran
$a=$	4	mm
$a_1=$	2	mm
$a_2=$	2	mm
$a_3=$..	mm
$d_o=$	34	mm
$d_{m1}=$	30	mm
$d_{m2}=$	26	mm
$l_t=$	42	mm

Proses	n (rpm)	V_f (mm/menit)	t_c (menit)	Z(cm ³ /menit)
Bubut rata a1	338,38	33,84	1,24	6,80
Bubut rata a2	386,72	38,67	1,09	6,80

b. Perhitungan elemen dasar proses bubut (untuk pahat Karbida P10)

$v = 170$ mm/menit

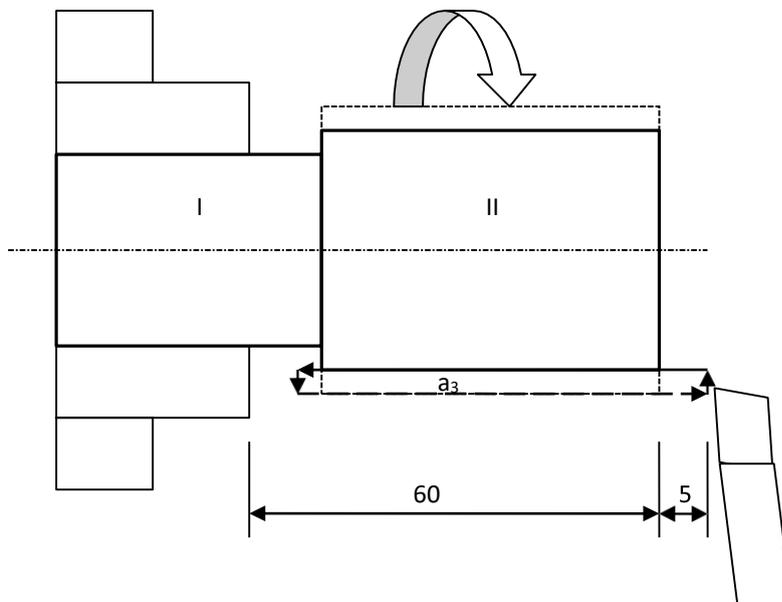
$f = 0,1$ mm/putaran

$a = 4 \text{ mm}$
 $a_1 = 2 \text{ mm}$
 $a_2 = 2 \text{ mm}$
 $a_3 = \dots \text{ mm}$
 $d_o = 34 \text{ mm}$
 $d_{m1} = 30 \text{ mm}$
 $d_{m2} = 26 \text{ mm}$
 $l_t = 42 \text{ mm}$

Proses	n (rpm)	V_f (mm/menit)	t_c (menit)	Z(cm ³ /menit)
Bubut rata a1	1691,88	169,19	0,25	34,00
Bubut rata a2	1933,58	193,36	0,22	34,00

Bagian II :

Benda kerja dibalik, sehingga bagian I menjadi bagian yang dicekam seperti terlihat pada Gambar 1.23. Lintasan pahat sama dengan lintasan pahat pada Gambar 1.22 hanya panjang penyayatan-nya berbeda, yaitu (50+5+2) mm.



Gambar 1.23. Gambar rencana pencekaman, penyayatan, dan lintasan pahat

Hasil perhitungan elemen dasar pemesinan dapat dilihat pada Tabel 6 di bawah :

**Tabel 6. Hasil perhitungan elemen dasar pemesinan Bagian II
Perhitungan elemen dasar proses bubut (untuk pahat HSS)**

v= 34 mm/menit
 f= 0,1 mm/putaran
 a= 2 mm
 a1= .. mm
 a2= .. mm
 a3= 2 mm
 d_o= 34 mm
 d_{m1}= 30 mm
 d_{m2}= .. mm
 l_t= 57 mm

Proses	n (rpm)	V _f (mm/menit)	t _c (menit)	Z(cm ³ /menit)
Bubut rata a3	338,38	33,84	1,68	6,80

Perhitungan elemen dasar proses bubut (untuk pahat Karbida)

v= 170 mm/menit
 f= 0,1 mm/putaran

a= 2 mm

a1= .. mm

a2= .. mm

a3= 2 mm

do= 34 mm

$d_{m1} = 30 \text{ mm}$
 $d_{m2} = \dots \text{ mm}$
 $l_t = 57 \text{ mm}$

Proses	n (rpm)	V_f (mm/menit)	t_c (menit)	Z (cm ³ /menit)
Bubut rata a3	1691,88	169,19	0,34	34,00

Catatan :

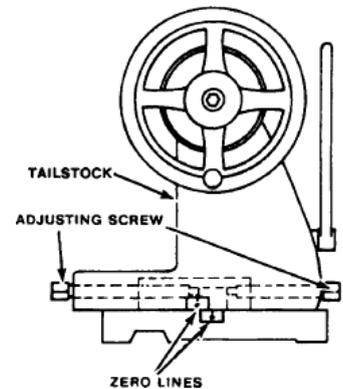
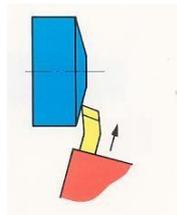
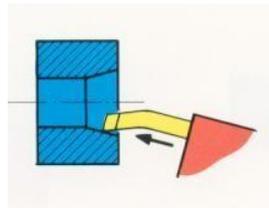
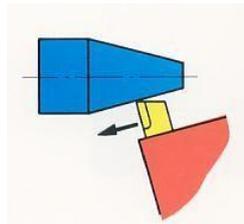
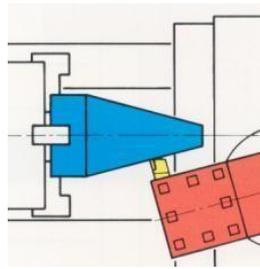
- 1) Pada prakteknya parameter pemotongan terutama putaran spindel (n) dipilih dari putaran spindel yang tersedia di mesin bubut tidak seperti hasil perhitungan dengan rumus di atas. Kalau putaran spindel hasil perhitungan tidak ada yang sama (hampir sama) dengan tabel putaran spindel di mesin sebaiknya dipilih putaran spindel di bawah putaran spindel hasil perhitungan.
- 2) Apabila parameter pemotongan n diubah, maka elemen dasar pemesinan yang lain berubah juga.
- 3) Waktu yang diperlukan untuk membuat benda kerja jadi bukanlah jumlah waktu pemotongan (t_c) keseluruhan dari tabel perhitungan di atas (Tabel 5 dan Tabel 6). Waktu pembuatan benda kerja harus ditambah waktu non produktif yaitu :
 - a) waktu penyiapan mesin/ pahat
 - b) waktu penyiapan bahan benda kerja (dengan mesin gergaji, dan mesin bubut yang disetel khusus untuk membuat bahan benda kerja)
 - c) waktu pemasangan benda kerja
 - d) waktu pengecekan ukuran benda kerja
 - e) waktu yang diperlukan pahat untuk mundur (*retract*)
 - f) waktu yang diperlukan untuk melepas benda kerja
 - g) waktu yang diperlukan untuk mengantarkan benda kerja (dari bagian penyiapan benda kerja ke mesin).
- 4) Tidak ada rumus baku untuk menentukan waktu non produktif. Waktu non produktif diperoleh dengan mencatat waktu yang diperlukan untuk masing-masing waktu non produktif tersebut.
- 5) Untuk benda kerja tunggal waktu penyelesaian suatu benda kerja lebih banyak dari pada pembuatan massal (ukuran benda kerja sama dalam jumlah banyak), karena waktu penyiapan mesin tidak dilakukan untuk setiap benda kerja yang dikerjakan.
- 6) Untuk proses bubut rata dalam, perhitungan elemen dasar pada prinsipnya sama dengan bubut luar, tetapi pada bubut dalam diameter awal (d_o) lebih kecil dari pada diameter akhir (d_m).

- 7) Apabila diinginkan pencekaman hanya sekali tanpa membalik benda kerja, maka bahan benda kerja dibuat lebih panjang sekitar 30 mm. Akan tetapi hal tersebut akan menyebabkan pemborosan bahan benda kerja jika membuat benda kerja dalam jumlah banyak.
- 8) Apabila benda kerja dikerjakan dengan dua senter (seting seperti Gambar 2.14), maka benda kerja harus diberi lubang senter pada kedua ujungnya. Dengan demikian waktu ditambah dengan waktu pembuatan lubang senter.
- 9) Pahat karbida lebih produktif dari pada pahat HSS.

4. Perencanaan Proses membubut tirus

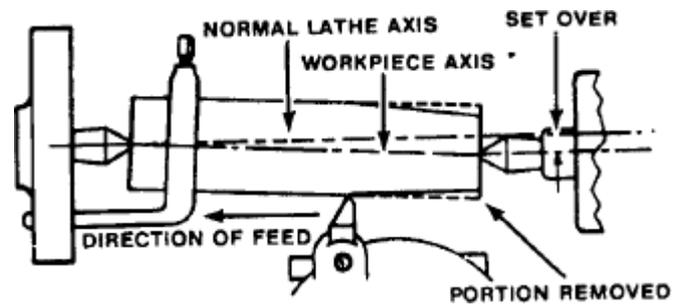
Benda kerja berbentuk tirus (*taper*) dihasilkan pada proses bubut apabila gerakan pahat membentuk sudut tertentu terhadap sumbu benda kerja. Cara membuat benda tirus ada beberapa macam :

- a. Dengan memiringkan eretan atas pada sudut tertentu (Gambar 1.24), gerakan pahat (pemakanan) dilakukan secara manual (memutar handel eretan atas). Pengerjaan dengan cara ini memakan waktu cukup lama, karena gerakan pahat kembali relatif lama (ulir eretan atas kisarnya lebih kecil dari pada ulir transportir).
- b. Dengan alat bantu tirus (*taper attachment*), pembuatan tirus dengan alat ini adalah untuk benda yang memiliki sudut tirus relatif kecil (sudut sampai dengan $\pm 9^\circ$). Pembuatan tirus lebih cepat karena gerakan pemakanan (*feeding*) bisa dilakukan otomatis (Gambar 1.25).



Gambar 1.24. Proses membubut tirus luar dan tirus dalam dengan memiringkan eretan atas, gerakan penyayatan ditunjukkan oleh anak panah.

Sumber : (<http://staff.uny.ac.id/sites/default/files>)



Gambar 1.25. Proses membubut tirus luar dengan bantuan alat bantu

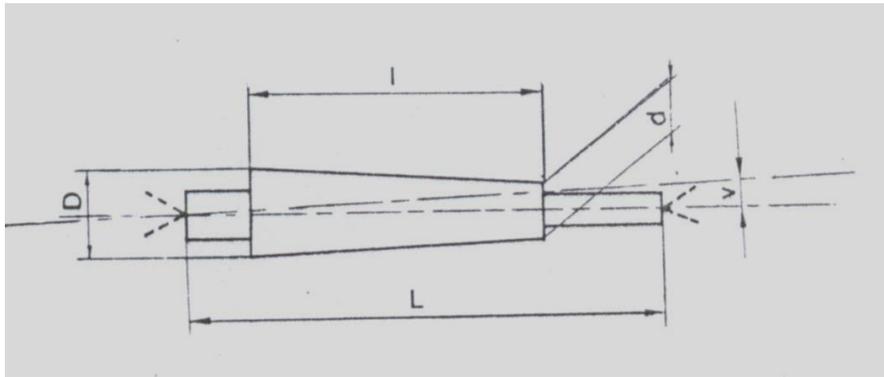
tirus (*Taper attachment*)

Gambar 1.26. Bagian kepala lepas yang bisa digeser, dan pembu

tirus dengan kepala lepas yang digeser

- c. Dengan menggeser kepala lepas (*tail stock*), dengan cara ini proses pembubutan tirus dilakukan sama dengan proses membubut lurus dengan bantuan dua senter. Benda kerja tirus terbentuk karena sumbu kepala lepas tidak sejajar dengan sumbu kepala tetap (Gambar 1.26). Untuk cara ini sebaiknya hanya untuk sudut tirus yang sangat kecil, karena apabila sudut tirus besar bisa merusak senter jalan yang dipasang pada kepala lepas.

Perhitungan pergeseran kepala lepas pada pembubutan tirus dijelaskan dengan gambar dan rumus berikut.



Gambar 1.27. Gambar benda kerja tirus dan notasi yang digunakan .

Sumber : (<http://staff.uny.ac.id/sites/default/files>)

Pergeseran kepala lepas (v) pada Gambar 1.27 di atas dapat dihitung

dengan rumus :

$$v = \frac{D - d}{2l} \times L \dots \dots \dots (2.6)$$

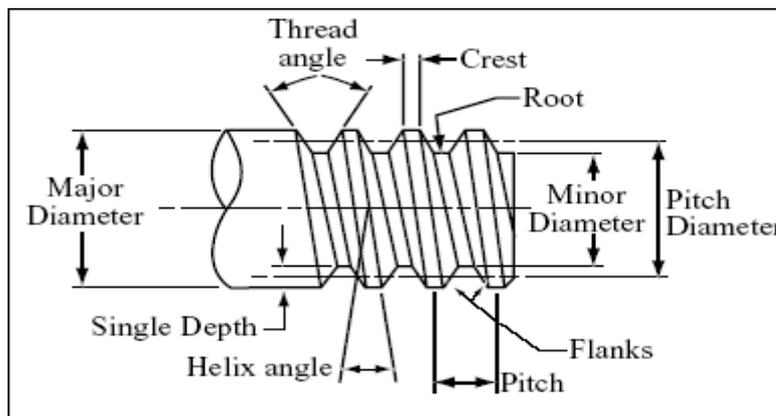
Dimana :

- D = diameter mayor (terbesar) ; mm
- d = diameter minor (terkecil); mm
- l = panjang bagian tirus ; mm
- L = panjang benda kerja seluruhnya; mm

Penentuan pahat, perhitungan elemen pemesinan, dan penentuan langkahkerja/jalannya pahat untuk pembuatan benda kerja tirus analog dengan perencanaan proses bubut lurus. Perbedaannya ada pada perhitungan waktu pemesinan untuk pembuatan tirus dengan cara menggeser sudut eretan atas. Hal ini terjadi karena gerakan pahat dilakukan secara manual sehingga rumus waktu pemesinan (t_c) tidak dapat digunakan.

5. Perencanaan Proses membubut ulir

Proses pembuatan ulir bisa dilakukan pada mesin bubut. Pada mesin bubut

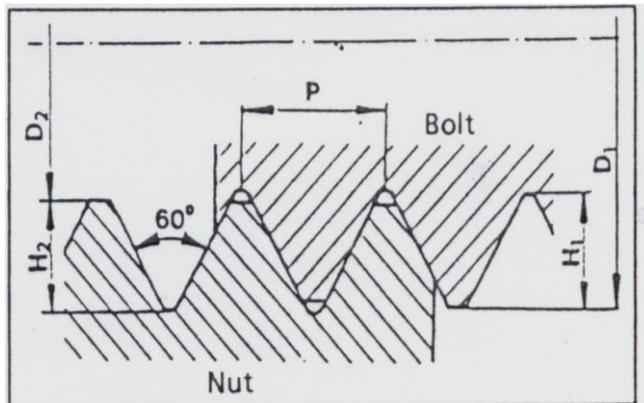


konvensional (manual) proses pembuatan ulir kurang efisien, karena pengulangan pemotongan harus dikendalikan secara manual, sehingga proses pembubutan lama dan hasilnya kurang presisi. Dengan mesin bubut yang dikendalikan CNC proses pembubutan ulir menjadi sangat efisien dan efektif, karena sangat memungkinkan membuat ulir dengan kisar (*pitch*) yang sangat bervariasi dalam waktu relatif cepat dan hasilnya presisi. Nama-nama bagian ulir segi tiga dapat dilihat pada Gambar 2.28.

Gambar 1.28. Nama-nama bagian ulir

Ulir segi tiga tersebut bisa berupa ulir tunggal atau ulir ganda. Pahat yang digunakan untuk membuat ulir segi tiga ini adalah pahat ulir yang sudut ujung pahatnya sama dengan sudut ulir atau setengah sudut ulir. Untuk ulir metris sudut ulir adalah 60° , sedangkan ulir Whitworth sudut ulir 55° . Identifikasi ulir biasanya ditentukan berdasarkan diameter mayor dan kisar ulir (Tabel 2.6). Misalnya ulir M5x0,8 berarti ulir metris dengan diameter mayor 5mm dan kisar (*pitch*) 0,8 mm.

Tabel 7. Dimensi ulir Metris



Thread designation	Pitch P	Bolt		Nut	
		Nominal diameter D_1	Thread height H_1	Core diameter D_2	Thread height H_2
M3	0,5	3,00	0,337	2,459	0,285
M3,5	0,6	3,50	0,416	2,850	0,355
M4	0,7	4,00	0,490	3,242	0,414
M4,5	0,75	4,50	0,529	3,688	0,448
M5	0,8	5,00	0,551	4,134	0,479
M6	1,0	6,00	0,717	4,917	0,609
M8	1,25	8,00	0,907	6,647	0,771
M10	1,5	10,00	1,100	8,376	0,934
M12	1,75	12,00	1,285	10,106	1,098
M14	2,0			11,835	1,257
M16	2,0			13,835	1,257

* M.. stands for metric standard threads

Sumber : (<http://staff.uny.ac.id/sites/default/files>)

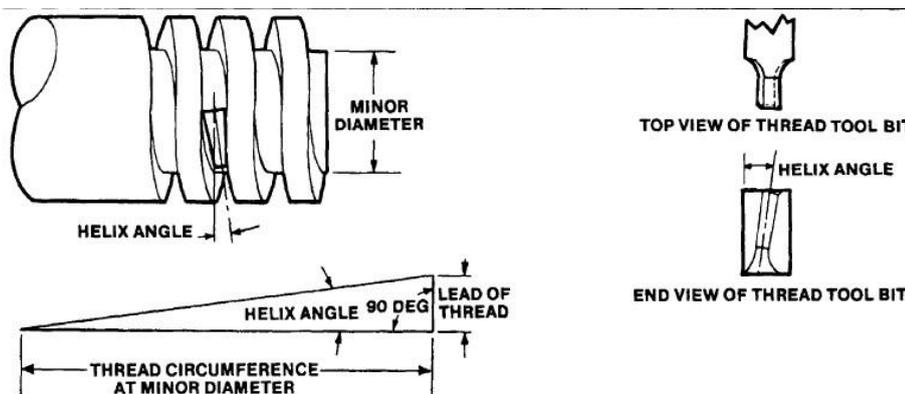
Selain ulir metris pada mesin bubut bisa juga dibuat ulir *Whitworth* (sudut ulir 55°). Identifikasi ulir ini ditentukan oleh diameter mayor ulir dan jumlah ulir tiap inchi (Tabel 2.7). Misalnya untuk ulir *Whitworth* $3/8''$ jumlah ulir tiap inchi adalah 16 (kisarnya $0,0625''$). Ulir ini biasanya digunakan untuk membuat ulir pada pipa (mencegah kebocoran fluida).

Thread designation	Turns per inch	Pitch P	Bolt		Nut	
			Nominal diameter D_1	Thread height H_1	Core diameter D_2	Thread height H_2
.112 (4)	40	0,0250	0,1120	0,0174	0,0813	0,0147
.125 (5)	40	0,0250	0,1250	0,0174	0,0943	0,0147
.138 (6)	32	0,0313	0,1380	0,0243	0,0997	0,0188
.164 (8)	32	0,0313	0,1640	0,0243	0,1257	0,0188
.190 (10)	24	0,0417	0,1900	0,0330	0,1389	0,0252
.216 (12)	24	0,0417	0,2160	0,0330	0,1649	0,0252
1/4	20	0,0500	0,2500	0,0386	0,1887	0,0309
5/16	18	0,0556	0,3125	0,0447	0,2443	0,0346
3/8	16	0,0625	0,3750	0,0502	0,2983	0,0391
7/16	14	0,0714	0,4375	0,0577	0,3499	0,0449
1/2	13	0,0769			0,4056	0,0485
9/16	12	0,0833			0,4603	0,0526
5/8	11	0,0909			0,5135	0,0576

1" = 25,4 mm

Tabel 8. Dimensi ulir *Whitworth*

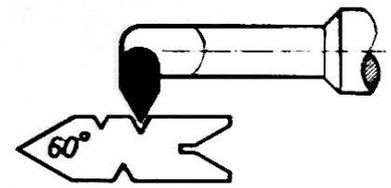
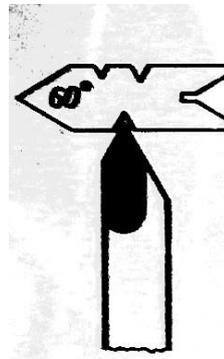
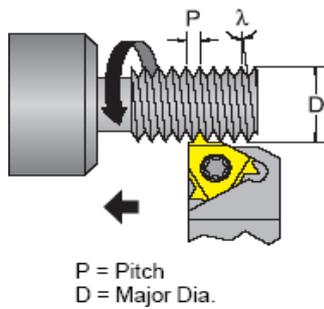
Selain ulir segi tiga, pada mesin bubut bisa juga dibuat ulir segi empat (Gambar 1.29). Ulir segi empat ini biasanya digunakan untuk ulir daya. Dimensi utama dari ulir segi empat pada dasarnya sama dengan ulir segi tiga yaitu : diameter mayor, diameter minor, kisar (*pitch*), dan sudut helix (Gambar 1.29). Pahat yang digunakan untuk membuat ulir segi empat adalah pahat yang dibentuk (diasah) menyesuaikan bentuk alur ulir segi empat dengan pertimbangan sudut helix ulir (Gambar 1.29). Pahat ini biasanya dibuat dari HSS atau pahat sisipan dari bahan karbida.



Gambar 2.29. Ulir segi empat

a. Pahat ulir

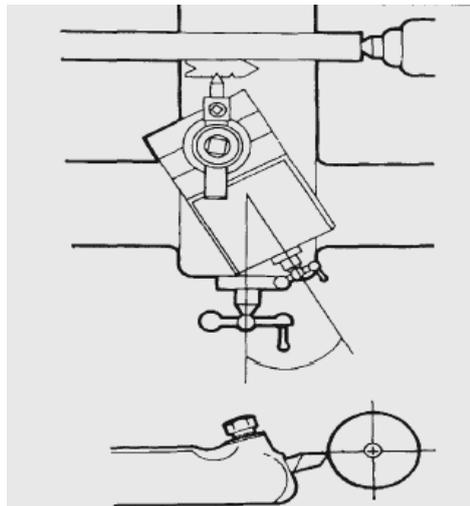
Pada proses pembuatan ulir dengan menggunakan mesin bubut manual pertama-tama yang harus diperhatikan adalah sudut pahat. Gambar 1.30 ditunjukkan bentuk pahat ulir metris dan alat untuk mengecek besarnya sudut tersebut (60°). Pahat ulir pada gambar tersebut adalah pahat ulir luar dan pahat ulir dalam. Selain pahat terbuat dari HSS pahat ulir yang berupa sisipan ada yang terbuat dari bahan karbida (Gambar 1.31).



Gambar 1.31. Proses pembuatan ulir luar dengan pahat sisipan

Gambar 1.30. Pahat ulir metris untuk ulir luar dan ulir dalam

Setelah pahat dipilih, kemudian dilakukan setting posisi pahat terhadap benda kerja. Setting ini dilakukan terutama untuk mengecek posisi ujung pahat bubut terhadap sumbu mesin bubut/ sumbu benda kerja. Setelah itu dicek posisi pahat terhadap permukaan benda kerja, supaya diperoleh sudut ulir yang simetris terhadap sumbu yang tegak lurus terhadap sumbu benda kerja (Gambar 1.32).



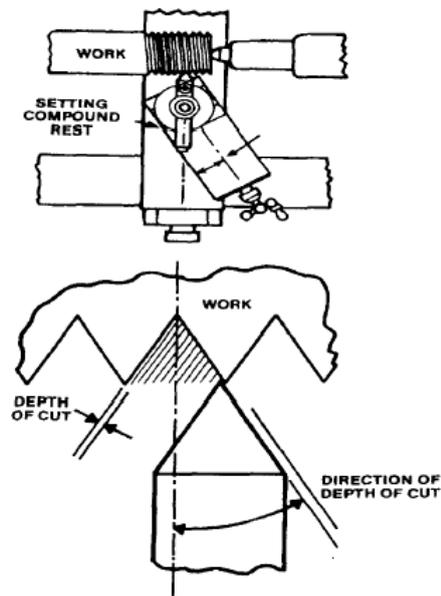
Gambar 1.32. Setting pahat bubut untuk proses pembuatan ulir

Parameter pemesinan untuk proses bubut ulir berbeda dengan bubut rata. Hal tersebut terjadi karena pada proses pembuatan ulir gerak makan (f) adalah kisar (*pitch*) ulir tersebut, sehingga putaran spindel tidak terlalu tinggi (secara kasar sekitar setengah dari putaran spindel untuk proses bubut rata). Perbandingan harga kecepatan potong untuk proses bubut rata (*Stright turning*) dan proses bubut ulir (*threading*) dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 9. Kecepatan potong proses bubut rata dan proses bubut ulir untuk pahat HSS

MATERIAL	STRAIGHT TURNING SPEED		THREADING SPEED	
	FEET PER MINUTE	METERS PER MINUTE	FEET PER MINUTE	METERS PER MINUTE
LOW-CARBON STEEL	80-100	24.4-30.5	35-40	10.7-12.2
MEDIUM-CARBON STEEL	60-80	18.3-24.4	25-30	7.6-9.1
HIGH-CARBON STEEL	35-40	10.7-12.2	15-20	4.6-6.1
STAINLESS STEEL	40-50	12.2-15.2	15-20	4.6-6.1
ALUMINUM AND ITS ALLOYS	200-300	61.0-91.4	50-60	15.2-18.3
ORDINARY BRASS AND BRONZE	100-200	30.5-61.0	40-50	12.2-15.2
HIGH-TENSILE BRONZE	40-60	12.2-18.3	20-25	6.1-7.6
CAST IRON	50-80	15.2-24.4	20-25	6.1-7.6
COPPER	60-80	18.3-24.4	20-25	6.1-7.6

NOTE: Speeds for carbide-tipped bits can be 2 to 3 times the speed recommended for high-speed steel



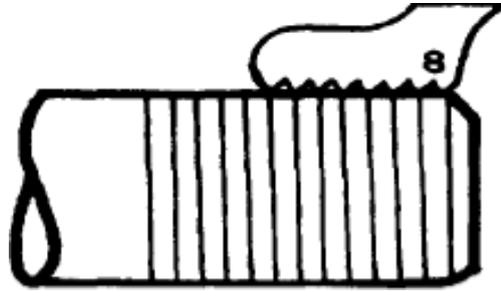
Gambar 1.33. Eretan atas diatur menyudut terhadap sumbu tegak lurus benda kerja dan arah pemakanan pahat bubut

Supaya dihasilkan ulir yang halus permukaannya perlu dihindari kedalaman potong yang relatif besar. Walaupun kedalaman ulir kecil (misalnya untuk ulir M10x1,5 , dalamnya ulir 0,934 mm) proses penyayatan tidak dilakukan sekali potong, biasanya dilakukan penyayatan antara 5 sampai 10 kali penyayatan ditambah sekitar 3 kali penyayatan kosong (penyayatan pada diameter terdalam). Hal tersebut karena pahat ulir melakukan penyayatan berbentuk V. Agar diperoleh hasil yang presisi dengan proses yang tidak membahayakan operator mesin, maka sebaiknya pahat hanya menyayat pada satu sisi saja (sisi potong pahat sebelah kiri untuk ulir kanan, atau sisi potong pahat sebelah kanan untuk ulir kiri) . Proses tersebut dilakukan dengan cara memiringkan eretan atas dengan sudut 29° (Gambar 1.33) untuk ulir metris. Sedang untuk ulir Acme dan ulir cacing dengan sudut 29° , eretan atas dimiringkan $14,5^{\circ}$. Proses penambahan kedalaman potong (*dept of cut*) dilakukan oleh eretan atas .

Proses bubut ulir dilakukan dengan cara :

- 1) Memajukan pahat pada diameter luar ulir
- 2) Setting ukuran pada eretan atas menjadi 0 mm.
- 3) Tarik pahat ke luar benda kerja, sehingga pahat di luar benda kerja dengan jarak bebas sekitar 10 mm
- 4) Atur handel kasar menurut tabel kasar yang ada di mesin bubut, geser handel gerakan eretan bawah untuk pembuatan ulir
- 5) Masukkan pahat dengan kedalaman potong sekitar 0,1 mm
- 6) Jalankan mesin sampai panjang ulir yang dibuat terdapat goresan pahat, kemudian hentikan mesin dan tarik pahat keluar

- 7) Periksa kisar ulir yang dibuat (Gambar 1.34) dengan menggunakan kaliber ulir (*screw pitch gage*). Apabila sudah sesuai maka proses pembuatan ulir dilanjutkan. Kalau kisar belum sesuai periksa posisi handel pilihan kisar pada mesin bubut.
- 8) Gerakkan pahat mundur dengan cara memutar spindel arah kebalikan, hentikan setelah posisi pahat di depan benda kerja (Gerakan seperti gerakan pahat untuk membuat poros



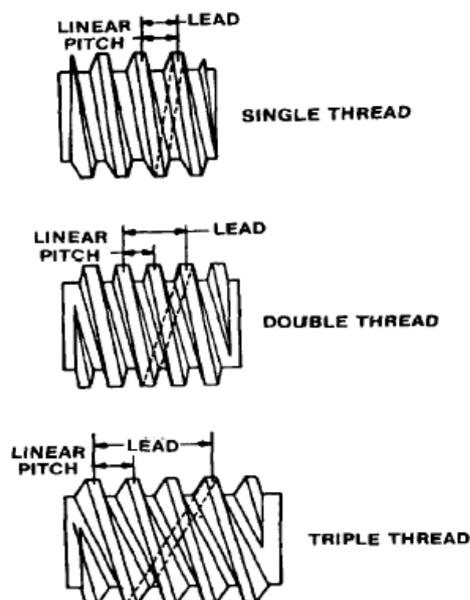
Gambar 1.34. Pengecekan kisar ulir dengan kaliber ulir

lurus pada Gambar 1.22).

- 9) Majukan pahat untuk kedalaman potong berikutnya dengan memajukan eretan atas.
- 10) Langkah dilanjutkan seperti no 7) sampai kedalam ulir maksimal tercapai.
- 11) Pada kedalaman ulir maksimal proses penyayatn perlu dilakukan berulang-ulang agar beram yang tersisa terpotong semuanya.
- 12) Setelah selesai proses pembuatan ulir, hasil yang diperoleh dicek ukuranya (Diameter mayor, kisar, diameter minor, sudut).

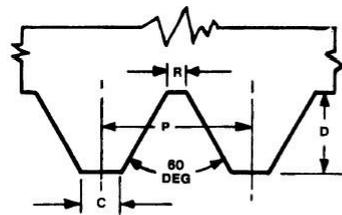
b. Pembuatan ulir ganda

Pembuatan ulir di atas adalah untuk ulir tunggal. Selain ulir tunggal ada tipe ulir ganda (ganda dua dan ganda tiga). Pada dasarnya ulir ganda dan ulir tunggal dimensinya sama, perbedaannya ada pada *pitch* dan kisar (Gambar 1.35). Pada ulir tunggal *pitch* dan kisar (*lead*) sama. Pengertian kisar adalah jarak memanjang sejajar sumbu yang ditempuh batang berulir (baut) bila diputar 360° (satu putaran). Pengertian *pitch* adalah jarak dua puncak profil



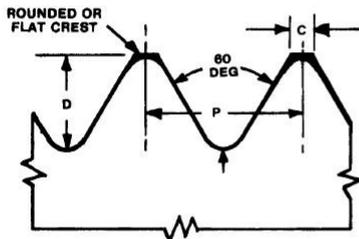
Gambar 1.35. Ulir tunggal, ulir ganda dua dan ulir ganda tiga

ulir. Pada ulir kanan tunggal bila sebuah baut diputar satu putaran maka baut akan bergerak ke kiri sejauh kisar (Gambar 1.35). Apabila baut tersebut memiliki ulir kanan ganda dua, maka bila baut tersebut diputar satu putaran akan bergerak ke kiri sejauh kisar (dua kali *pitch*).



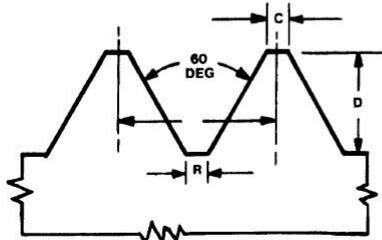
$D = \text{DEPTH} = 0.54127 \times \text{PITCH}$
 $C = \text{CREST} = \text{PITCH} - 4$

UNIFIED SCREW THREAD (INTERNAL THREAD)



$D = \text{DEPTH} = 0.61344 \times \text{PITCH}$
 $C = \text{CREST} = \text{PITCH} - 8$

UNIFIED SCREW THREAD (EXTERNAL THREAD)



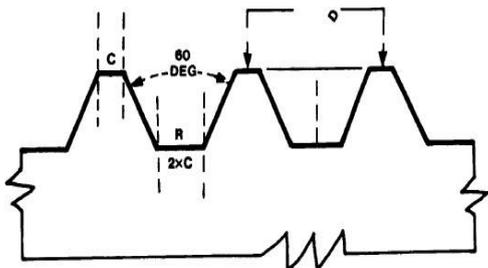
$D = \text{DEPTH} = 0.64952 \times \text{PITCH}$
 $C = \text{CREST} = \text{PITCH} + 8$
 $D = \text{DEPTH} = 0.64952 \times \text{PITCH}$
 $C = \text{CREST} = \text{PITCH} + 8$

AMERICAN NATIONAL STANDARD THREAD

FOR ABOVE THREAD FORMS, $P = \text{PITCH} = 1 - \text{THREADS PER INCH}$, AND $R = \text{ROOT} = \text{PITCH} - 8$

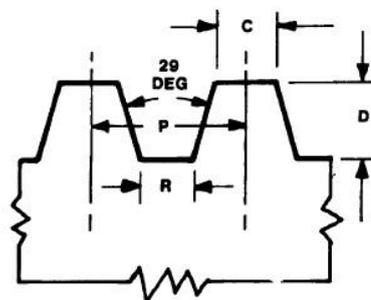
Gambar 1.36. Beberapa jenis bentuk profil ulir

Bentuk-bentuk profil ulir yang telah distandarkan ada banyak. Proses pembuatannya pada prinsipnya sama dengan yang telah diuraikan di atas. Gambar 1.36 berikut ditunjukkan gambar bentuk profil ulir dan dimensinya.



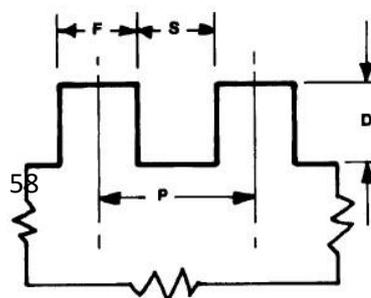
ISO METRIC THREAD STANDARD

$D = \text{DEPTH} = 0.541$
 $C = \text{CREST} = P - 8$
 $R = \text{ROOT} = P - 4$



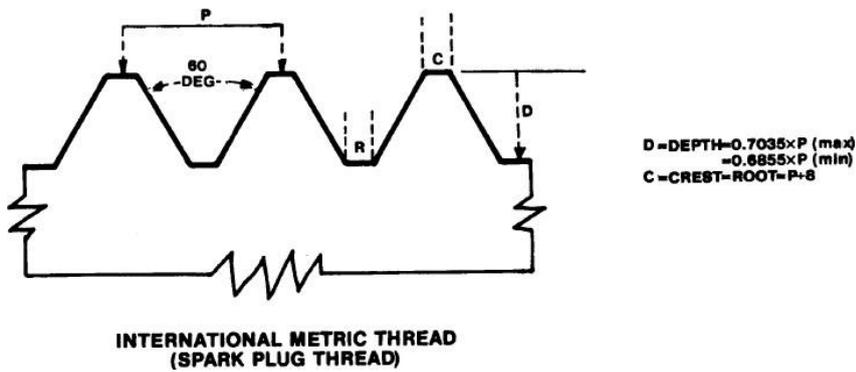
ACME SCREW THREAD

$D = \text{DEPTH} = 1/2 \text{ PITCH} + 0.01 \text{ INCH}$
 $C = \text{CREST} = 0.03707 \times \text{PITCH}$
 $R = \text{ROOT} = \text{CREST} - 0.0052 \text{ INCH}$



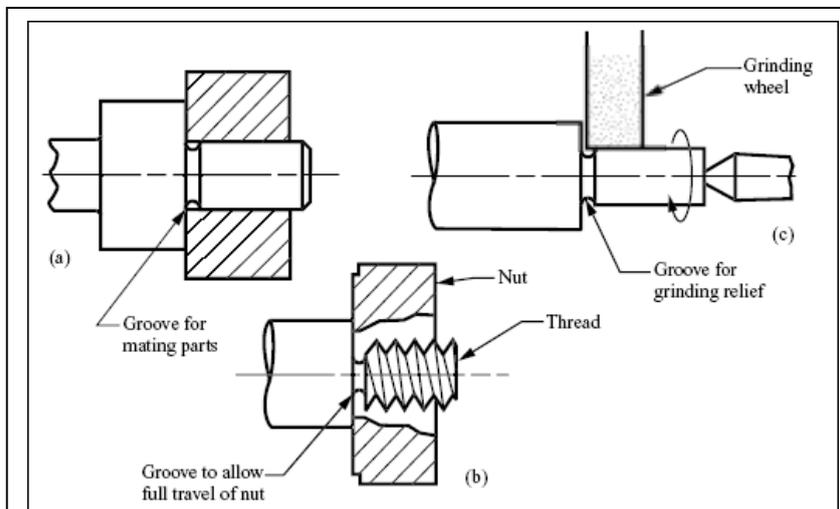
SQUARE SCREW THREAD

$D = \text{DEPTH} = 1/2 \text{ PITCH}$
 $F = \text{FLAT} = 1/2 \text{ PITCH}$
 $S = \text{SPACE} =$
 FOR SCREW : $1/2 \text{ PITCH}$
 FOR NUT : $1/2 \text{ PITCH} + 0.001$
 TO 0.002 INCH CLEARANCE



i. Membubut Alur

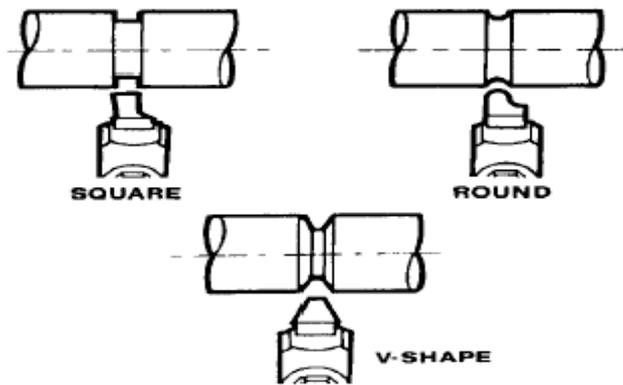
Alur (*grooving*) pada benda kerja dibuat dengan tujuan untuk memberi kelonggaran ketika memasang dua buah elemen mesin, membuat baut dapat bergerak penuh, dan memberi jarak bebas pada proses gerinda terhadap suatu poros (Gambar 1.37). Dimensi alur ditentukan berdasarkan dimensi benda kerja dan fungsi dari alur tersebut. Bentuk alur ada tiga macam yaitu kotak, melingkar, dan V (Gambar 2.38). Untuk bentuk-bentuk alur tersebut



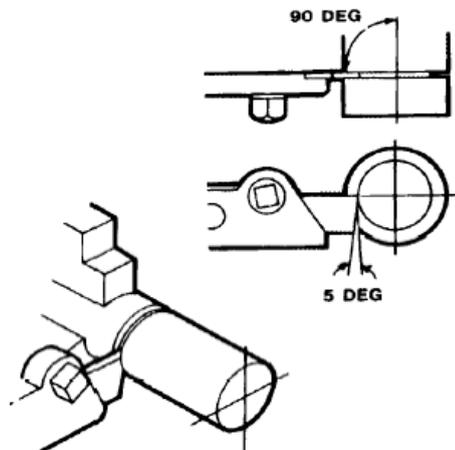
Gambar 1.37. Alur untuk : (a) pasangan poros dan lubang, (b) pergerakan baut agar penuh, (c) jarak bebas proses penggerindaan poros

pahat yang digunakan diasah dengan mesin gerinda disesuaikan dengan bentuk alur yang akan dibuat. Kecepatan potong yang digunakan ketika membuat alur sebaiknya setengah dari kecepatan potong bubut rata. Hal tersebut dilakukan karena bidang potong proses pengaluran relatif lebar.

Proses yang identik dengan pembuatan alur adalah proses pemotongan benda kerja (*parting*). Proses pemotongan ini dilakukan ketika benda kerja selesai dikerjakan dengan bahan benda kerja yang relatif panjang (Gambar 1.39).



Gambar 1.38. Bentuk alur kotak, melingkar, dan V



Gambar 1.39. Proses pemotongan benda kerja

Beberapa petunjuk penting yang harus diperhatikan ketika melakukan pembuatan alur atau proses pemotongan benda kerja adalah :

- 1) Cairan pendingin diberikan sebanyak mungkin.
- 2) Ujung pahat diatur pada sumbu benda kerja
- 3) Posisi pahat atau pemegang pahat tepat 90° terhadap sumbu benda kerja
- 4) Panjang pemegang pahat atau pahat yang menonjol ke arah benda kerja sependek mungkin agar pahat atau benda kerja tidak bergetar
- 5) Dipilih batang pahat yang terbesar
- 6) Kecepatan potong dikurangi (50% dari kecepatan potong bubut rata)
- 7) Gerak makan dikurangi (20% dari gerak makan bubut rata)
- 8) Untuk alur aksial, penyayatan pertama dimulai dari diameter terbesar untuk mencegah berhentinya pembuangan beram.

j. Membubut/ Membuat Kartel

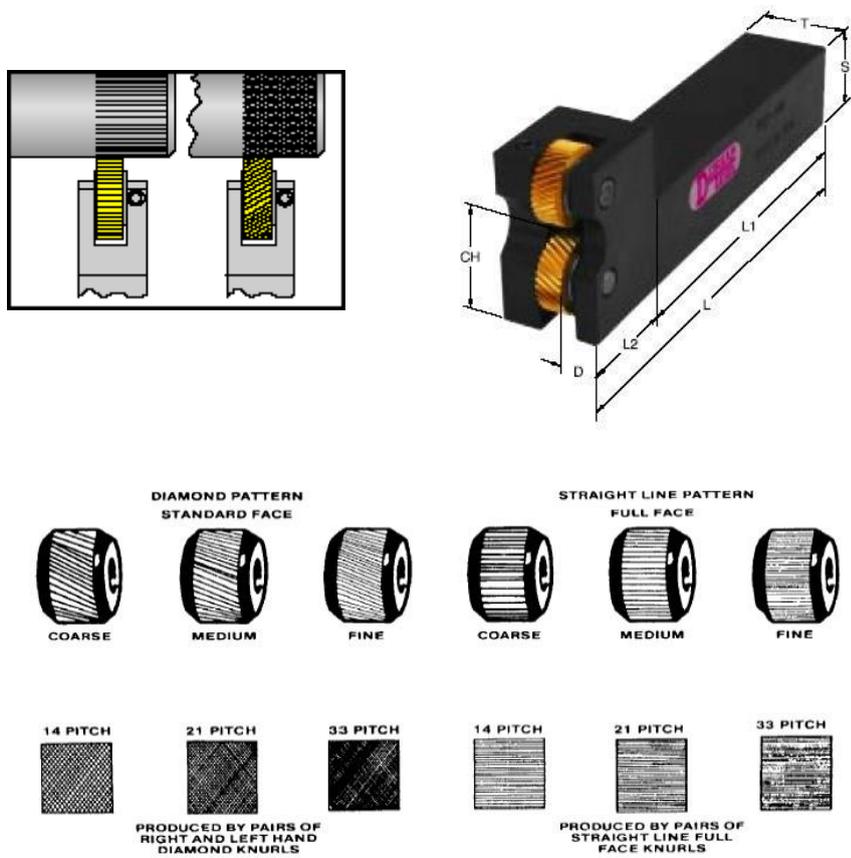


Figure 7-91. Knurling patterns and pitches.

Sumber : (<http://staff.uny.ac.id/sites/default/files>)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Junaidi, S. Hestukoro, A. Yanie, J. Jumadi, and E. Eddy, "IMPLEMENTATION ANALYSIS of CUTTING TOOL CARBIDE with CAST IRON MATERIAL S45 C on UNIVERSAL LATHE," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2017, vol. 930, no. 1. doi: 10.1088/1742-6596/930/1/012044.
- [2] S. Hestukoro, I. Roza, and D. Morfi Nst, "Process Analysis of High Speed Steel Cutting Calculation (HSS) with S45 C Material on Universal Machine Tool," *Int. J. Innov. Sci. Res. Technol.*, vol. 3, no. 1, 2018, [Online]. Available: www.ijisrt.com447
- [3] JUNAIDI, "ANALISA PERHITUNGAN GAYA POTONG PADA PROSES PEMBUBUTAN TERHADAP MATERIAL DENGAN PAHAT CARBIDE MENGGUNAKAN KARAKTERISTIK," in *SEMNASTEK UISU 2019*, 2019, pp. 226–232.
- [4] Agus Syahabuddin, "ANALISIS PERAWATAN MESIN BUBUT CY-L1640G DENGAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) DI PT. POLYMINDO PERMATA," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 2, pp. 2620 – 5793.
- [5] FAHIM BAROK AL AZIB, "PENGARUH VARIASI KECEPATAN POTONG, GERAK MAKAN, DAN KEDALAMAN POTONG PADA MESIN BUBUT TERHADAP TINGKAT KEAUSAN PAHAT HSS," *J. Rekayasa Mesin*, pp. 1–10, 2017.
- [6] JUNAIDI, "Karakteristik Material Baja St.37 dengan Temperatur dan Waktu Pada Uji Heat Treatment menggunakan Furnace," *J. UHAMZAH*, vol. 08, no. 15, pp. 43–49.
- [7] J. J, "Working process of TU 3a CNC frais machine using software system," *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 9, no. 3, p. 658, Aug. 2020, doi: 10.14419/ijet.v9i3.29682.