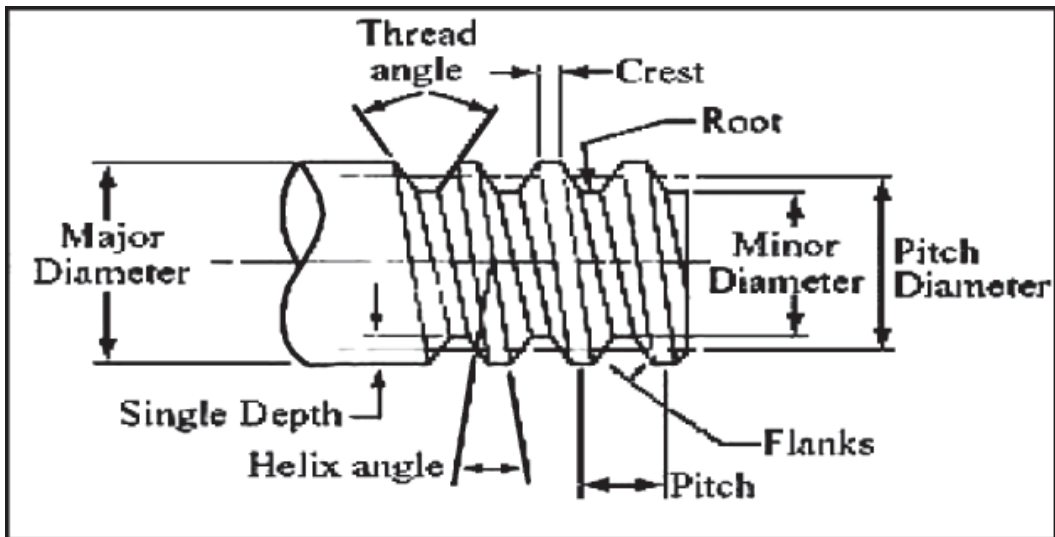


Penentuan pahat, perhitungan elemen pemesinan, dan penentuan langkah kerja/jalannya pahat untuk pembuatan benda kerja tirus sama dengan perencanaan proses bubut lurus. Perbedaannya ada pada perhitungan waktu pemesinan untuk pembuatan tirus dengan cara menggeser sudut eretan atas. Hal ini terjadi karena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

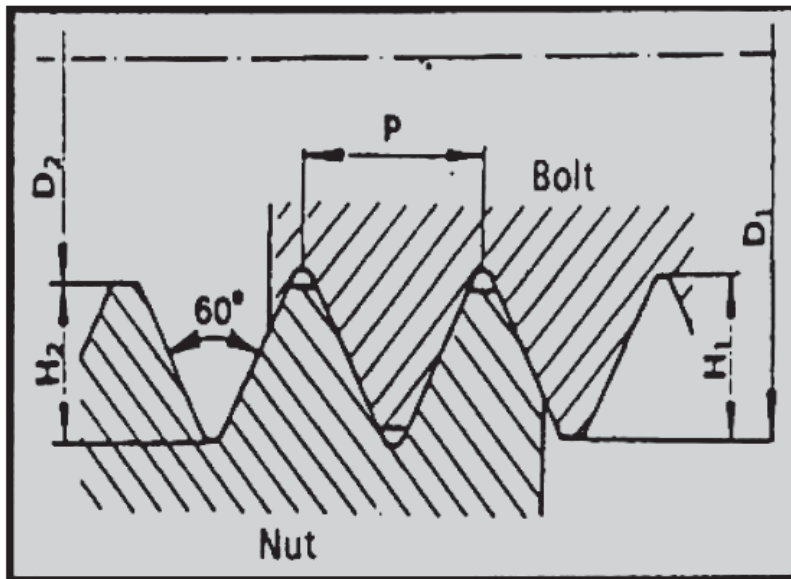
## 7. Perencanaan Proses Membubut Ulir

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 6.27**.



Gambar 6.27 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  $60^\circ$ , sedangkan ulir *whitworth* sudut ulir  $55^\circ$ . Identifikasi ulir biasanya ditentukan berdasarkan diameter mayor dan kisar ulir (Tabel 6.6). Misalnya ulir  $M5 \times 0,8$  berarti ulir metris dengan diameter mayor 5 mm dan kisar (*pitch*) 0,8 mm.



Tabel 6.6 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

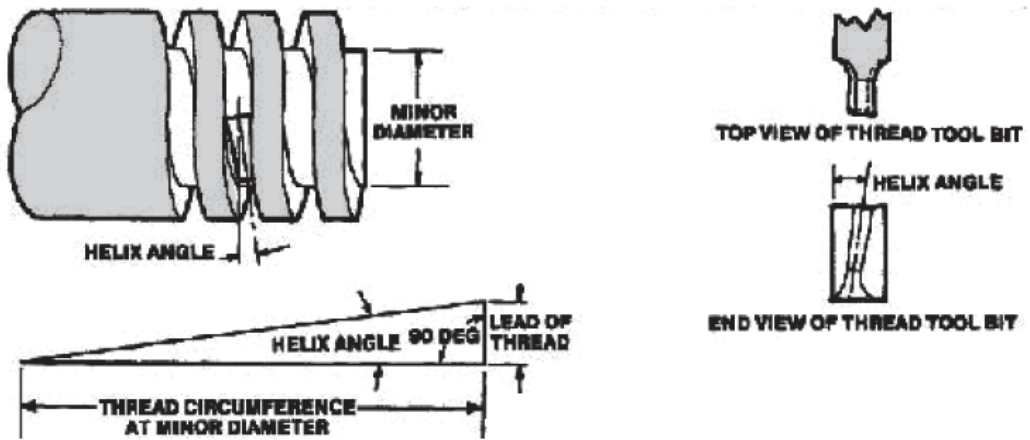
Selain ulir Metris pada mesin bubut bisa juga dibuat ulir *whitworth* (sudut ulir 55°). Identifikasi ulir ini ditentukan oleh diameter mayor ulir dan jumlah ulir tiap inchi (Tabel 6.7). Misalnya untuk ulir Whitwoth 3/8" jumlah ulir tiap inchi adalah 16 (kisarnya 0,0625"). Ulir ini biasanya digunakan untuk membuat ulir pada pipa (mencegah kebocoran fluida).

**Tabel 6.7** Dimensi Ulir *Whitworth*

Thread designation	Turns per inch	Pitch P	Bolt		Nut	
			Nominal diameter D <sub>1</sub>	Thread height H <sub>1</sub>	Core diameter D <sub>2</sub>	Thread height H <sub>2</sub>
.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) <sub>s</sub>	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

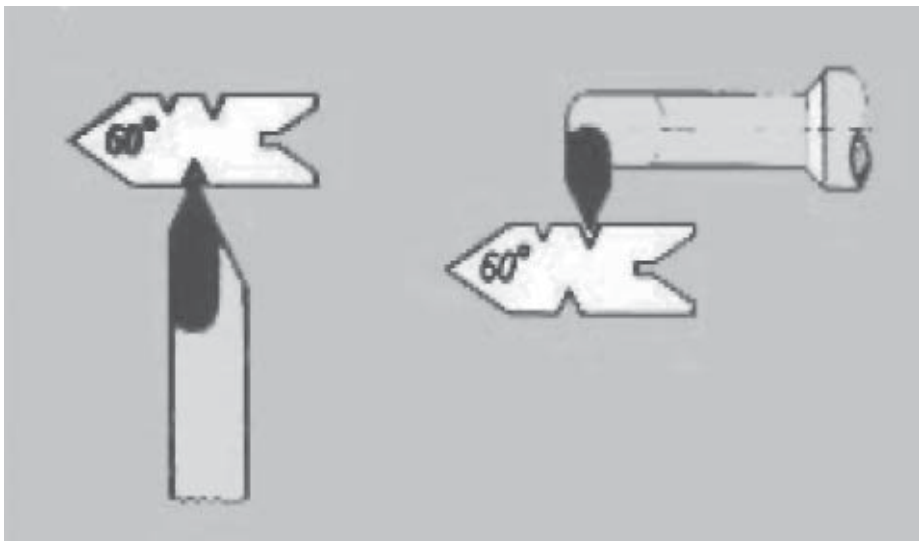
Selain ulir segitiga, pada mesin bubut bisa juga dibuat ulir segi empat (**Gambar 6.28**). Ulir segi empat ini biasanya digunakan untuk ulir daya. Dimensi utama dari ulir segi empat pada dasarnya sama dengan ulir segi tiga yaitu: diameter mayor, diameter minor, kisar (*pitch*), dan sudut helix. Pahat yang digunakan untuk membuat ulir segi empat adalah pahat yang dibentuk (diasah) menyesuaikan bentuk alur ulir segi empat dengan pertimbangan sudut helix ulir. Pahat ini biasanya dibuat dari HSS atau pahat sisipan dari bahan karbida.



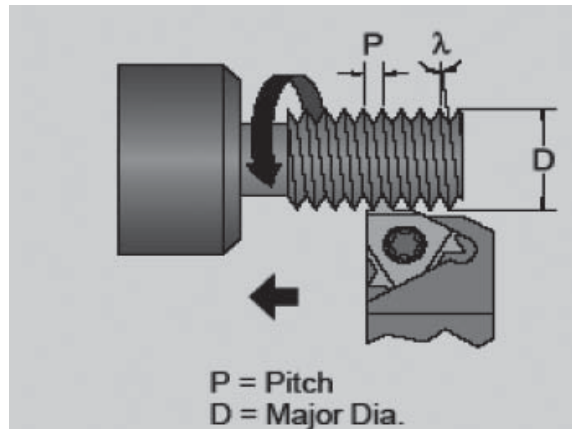
Gambar 6.28 Ulir segi empat

a. Pahat Ulir

Pada proses pembuatan ulir dengan menggunakan mesin bubut manual pertama-tama yang harus diperhatikan adalah sudut pahat. Pada **Gambar 6.29**. ditunjukkan bentuk pahat ulir metris dan alat untuk mengecek besarnya sudut tersebut ( $60^\circ$ ). 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 6.30**).

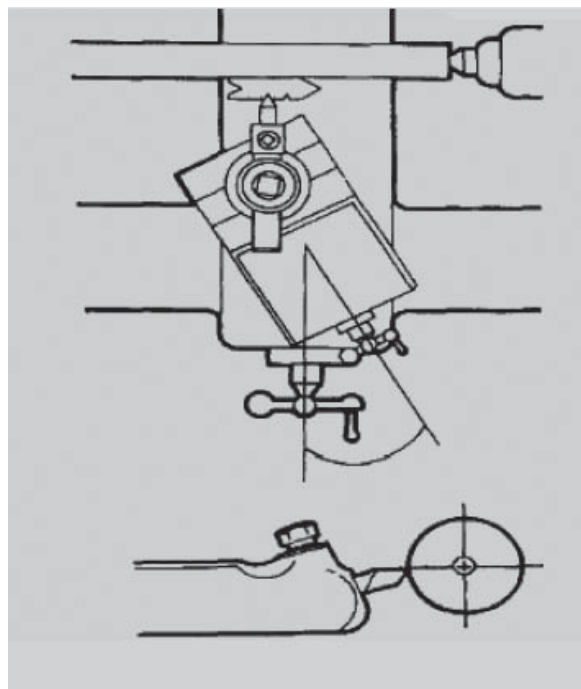


Gambar 6.29 Pahat ulir metris dan mal ulir untuk ulir luar dan ulir dalam



**Gambar 6.30** Proses pembuatan ulir luar dengan pahat sisipan

Setelah pahat dipilih, kemudian dilakukan *setting* posisi pahat terhadap benda kerja. *Setting* ini dilakukan terutama untuk mengecek posisi ujung pahat bubut terhadap sumbu.



**Gambar 6.31** *Setting* pahat bubut untuk proses pembuatan ulir luar

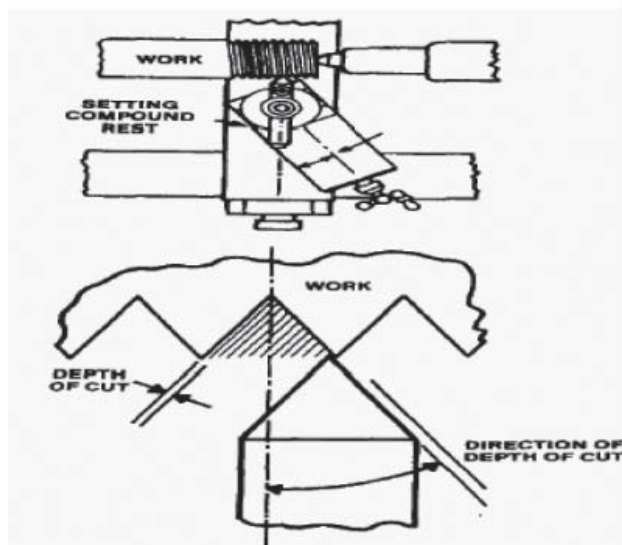
Setelah itu dicek posisi pahat terhadap permukaan benda kerja, supaya diperoleh sudut ulir yang simetris terhadap sumbu yang tegak lurus terhadap sumbu benda kerja (**Gambar 6.31**).

Parameter pemesinan untuk proses bubut ulir berbeda dengan bubut rata. Hal tersebut terjadi karena pada proses pembuatan ulir harga 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 ulit (*threading*) dapat dilihat pada Tabel 6.8.

**Tabel 6.8** 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	4.6–6.1
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	80–80	18.3–24.4	20–25	6.1–7.6

### b. Langkah Penyayatan Ulir

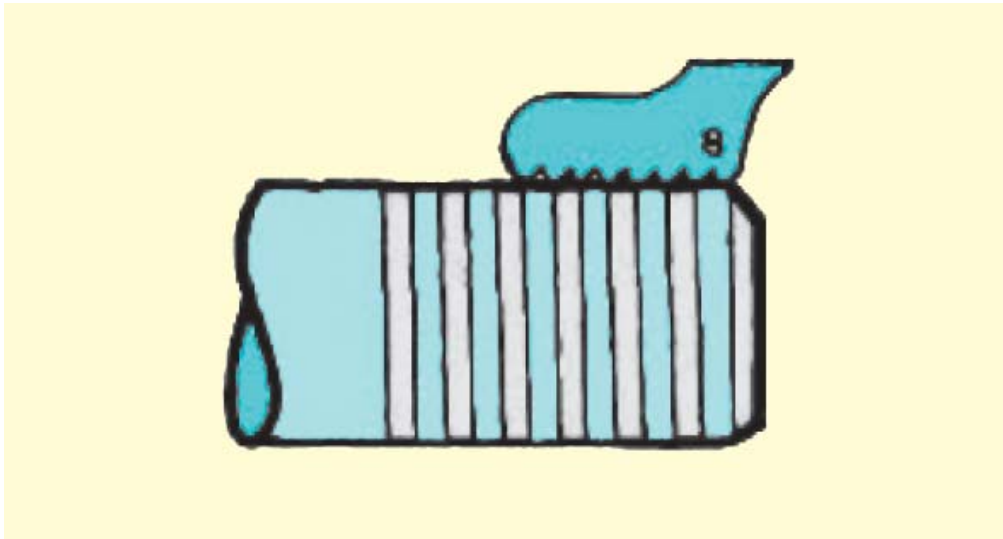


**Gambar 6.32** Eretan atas diatur menyudut terhadap sumbu tegak lurus benda kerja dan arah pemakanan pahat bubut

Supaya dihasilkan ulir yang halus permukaannya perlu dihindari kedalaman potong yang relatif besar. Walaupun kedalaman ulir kecil (misalnya untuk ulir M10 × 1,5, dalamnya ulir 0,934 mm), proses penyayat tidak dilakukan sekali potong, biasanya dilakukan penyayat antara 5 sampai 10 kali penyayat ditambah sekitar 3 kali penyayat kosong (penyayat pada diameter terdalam). Hal tersebut karena pahat ulir melakukan penyayat 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 6.32**) untuk ulir metris. Untuk ulir acme dan ulir cacing dengan sudut 29°, eretan atas dimiringkan 14,5°. Proses penambahan kedalaman potong (*dept of cut*) dilakukan oleh eretan atas.

Langkah-langkah proses bubut ulir dengan menggunakan mesin konvensional dilakukan dengan cara-cara berikut.

- 1) Memajukan pahat pada diameter luar ulir.
- 2) *Setting* ukuran pada *handle* ukuran eretan atas menjadi 0 mm.
- 3) Tarik pahat ke luar benda kerja, sehingga pahat di luar benda kerja dengan jarak bebas sekitar 10 mm di sebelah kanan benda kerja.
- 4) Atur pengatur kisar menurut tabel kisar yang ada di mesin bubut, geser *handle* gerakan eretan bawah untuk pembuatan ulir.
- 5) Masukkan pahat dengan kedalaman potong sekitar 0,1 mm.
- 6) Putar spindel mesin (kecepatan potong mengacu Tabel 6.8) sampai panjang ulir yang dibuat terdapat goresan pahat, kemudian hentikan mesin dan tarik pahat keluar.
- 7) Periksa kisar ulir yang dibuat (**Gambar 6.33**) dengan menggunakan kaliber ulir (*screw pitch gage*). Apabila sudah sesuai maka proses pembuatan ulir dilanjutkan. Kalau kisar belum sesuai periksa posisi *handle* pengatur 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 lurus pada **Gambar 6.21**).
- 9) Majukan pahat untuk kedalaman potong berikutnya dengan memajukan eretan atas.
- 10) Langkah dilanjutkan seperti No. 7) sampai kedalaman ulir maksimal tercapai.



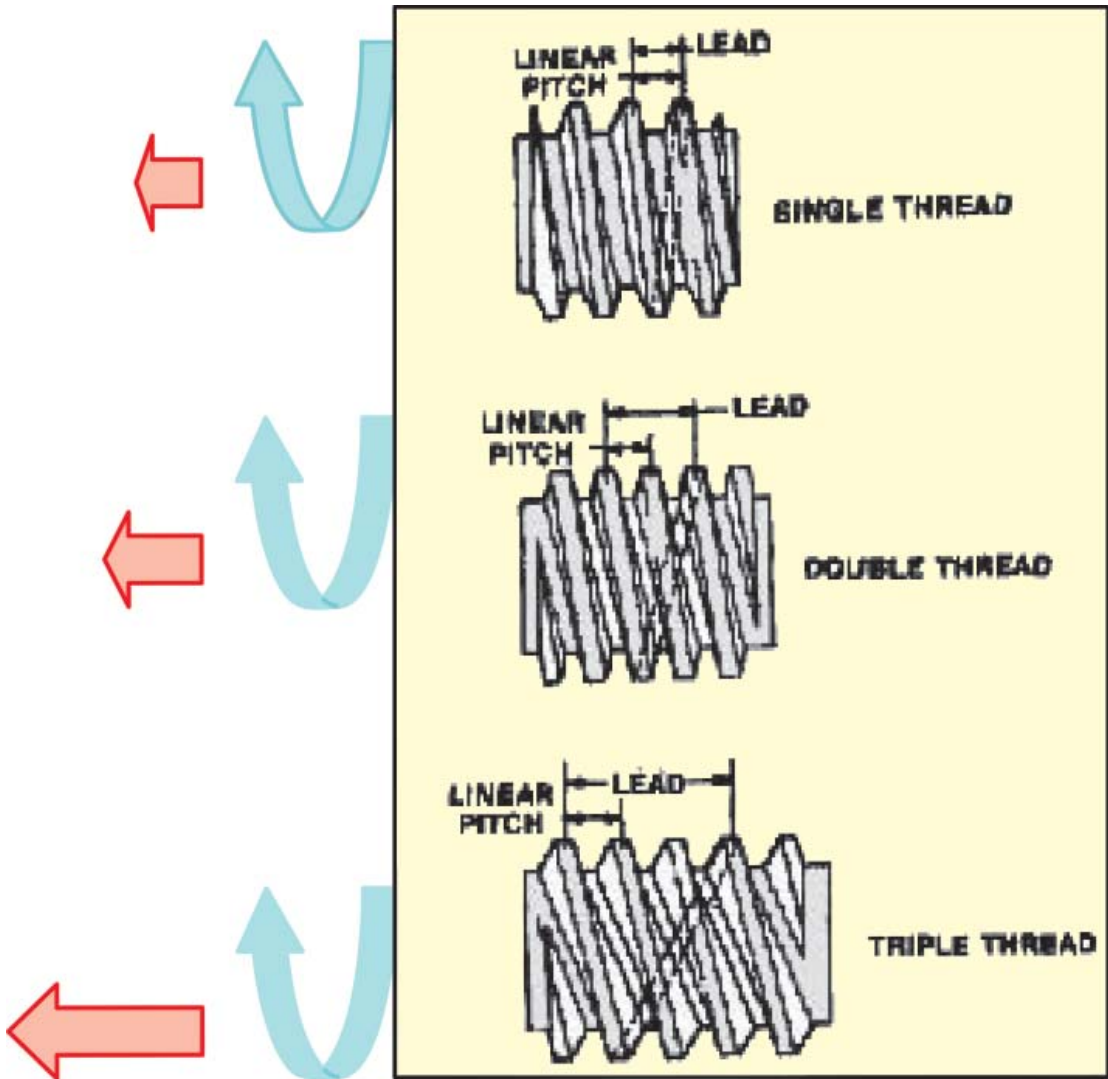
**Gambar 6.33** Pengecekan kisar ulir dengan kaliber ulir

- 11) Pada kedalaman ulir maksimal proses penyayatan perlu dilakukan berulang-ulang agar beram yang tersisa terpotong semuanya.
- 12) Setelah selesai proses pembuatan ulir, hasil yang diperoleh dicek ukurannya (diameter mayor, kisar, diameter minor, dan sudut ulir).

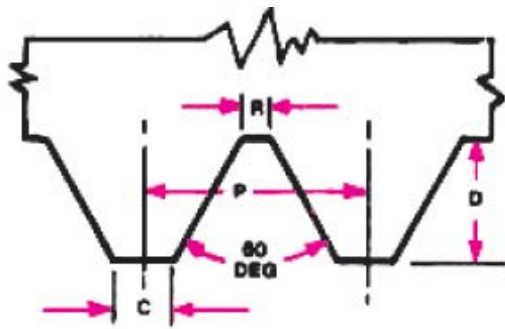
### c. Pembuatan Ulir Ganda

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 6.34**). Pada ulir tunggal *pitch* dan kisar (*lead*) sama. Pengertian kisar adalah jarak memanjang sejajar sumbu yang ditempuh batang berulir (baut) bila diputar  $360^\circ$  (satu putaran). Pengertian *pitch* adalah jarak dua puncak profil ulir. Pada ulir kanan tunggal bila sebuah baut diputar satu putaran searah jarum jam, maka baut akan bergerak ke kiri sejauh kisar (**Gambar 6.34**). Apabila baut tersebut memiliki ulir kanan ganda dua, maka bila baut tersebut diputar satu putaran akan bergerak ke kiri sejauh kisar (dua kali *pitch*).

Bentuk-bentuk profil ulir yang telah distandarkan ada banyak. Proses pembuatannya pada prinsipnya sama dengan yang telah diuraikan di atas **Gambar 6.35 – 6.37** berikut ditunjukkan gambar bentuk profil ulir dan dimensinya.



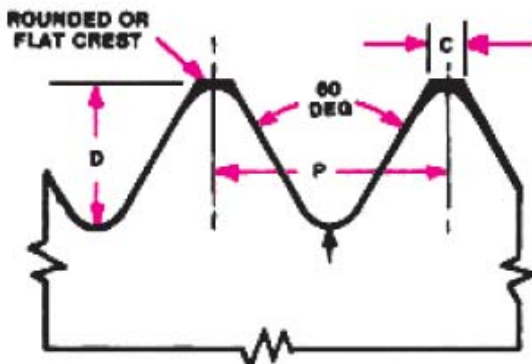
**Gambar 6.34** *Single thread, double thread dan triple thread*



$$D = \text{DEPTH} = 0.54127 \times \text{PITCH}$$

$$C = \text{CREST} = \text{PITCH} + 4$$

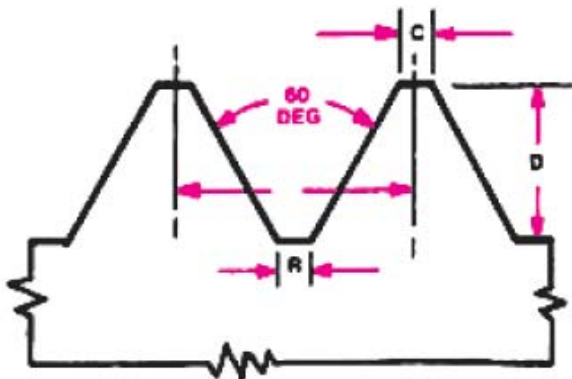
**UNIFIED SCREW THREAD  
(INTERNAL THREAD)**



$$D = \text{DEPTH} = 0.51344 \times \text{PITCH}$$

$$C = \text{CREST} = \text{PITCH} + 8$$

**UNIFIED SCREW THREAD  
(EXTERNAL THREAD)**



$$D = \text{DEPTH} = 0.54952 \times \text{PITCH}$$

$$C = \text{CREST} = \text{PITCH} + 8$$

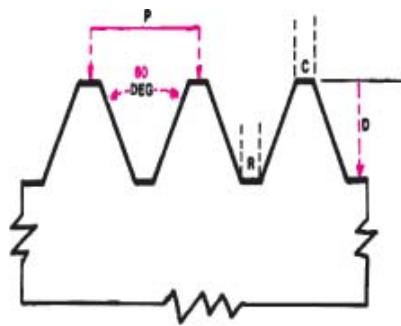
$$D = \text{DEPTH} = 0.54952 \times \text{PITCH}$$

$$C = \text{CREST} = \text{PITCH} + 8$$

**AMERICAN NATIONAL STANDARD THREAD**

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

Gambar 6.35 Beberapa jenis bentuk profil ulir (1)

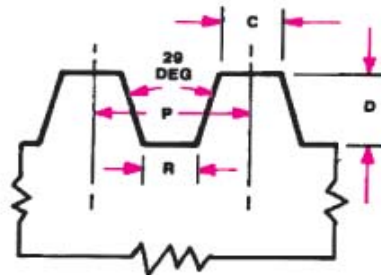


$$D = \text{DEPTH} = 0.7085 \times P \text{ (max)}$$

$$= 0.6855 \times P \text{ (min)}$$

$$C = \text{CREST} = \text{ROOT} = P/8$$

**INTERNATIONAL METRIC THREAD  
(SPARK PLUG THREAD)**

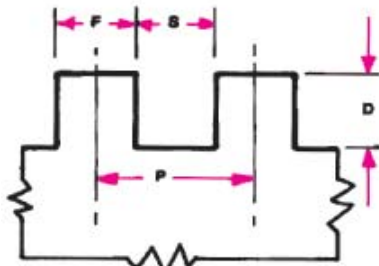


$$D = \text{DEPTH} = 1/2 \text{ PITCH} + 0.01 \text{ INCH}$$

$$C = \text{CREST} = 0.03707 \times \text{PITCH}$$

$$R = \text{ROOT} = \text{CREST} - 0.0052 \text{ INCH}$$

**ACME SCREW THREAD**



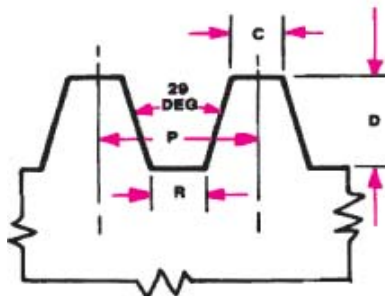
$$D = \text{DEPTH} = 1/2 \text{ PITCH}$$

$$F = \text{FLAT} = 1/2 \text{ PITCH}$$

$$S = \text{SPACE}$$

FOR SCREW : 1/2 PITCH  
FOR NUT : 1/2 PITCH + 0.001  
TO 0.002 INCH  
CLEARANCE

**SQUARE SCREW THREAD**



$$D = \text{DEPTH} = 0.6666 \times \text{PITCH}$$

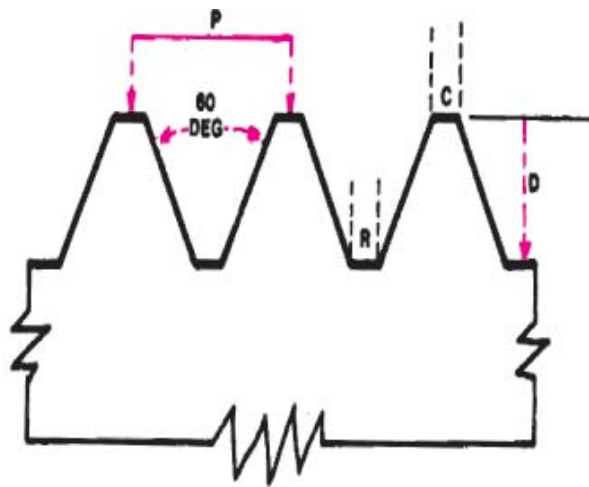
$$C = \text{CREST} = 0.335 \times \text{PITCH}$$

$$R = \text{ROOT} = 0.310 \times \text{PITCH}$$

**29-DEG WORM SCREW THREAD  
(BROWN AND SHARPE)**

FOR ABOVE THREAD FORMS, P=PITCH-I=THREADS PER INCH

Gambar 6.36 Beberapa jenis bentuk profil ulir (2)

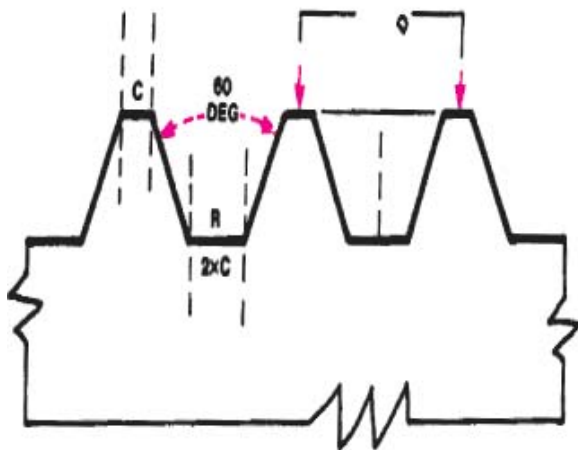


$$D = \text{DEPTH} = 0.7035 \times P \text{ (max)}$$

$$= 0.6855 \times P \text{ (min)}$$

$$C = \text{CREST} = \text{ROOT} = P/8$$

**INTERNATIONAL METRIC THREAD  
(SPARK PLUG THREAD)**



$$D = \text{DEPTH} = 0.54127 \times P$$

$$C = \text{CREST} = P/8$$

$$R = \text{ROOT} = P/4$$

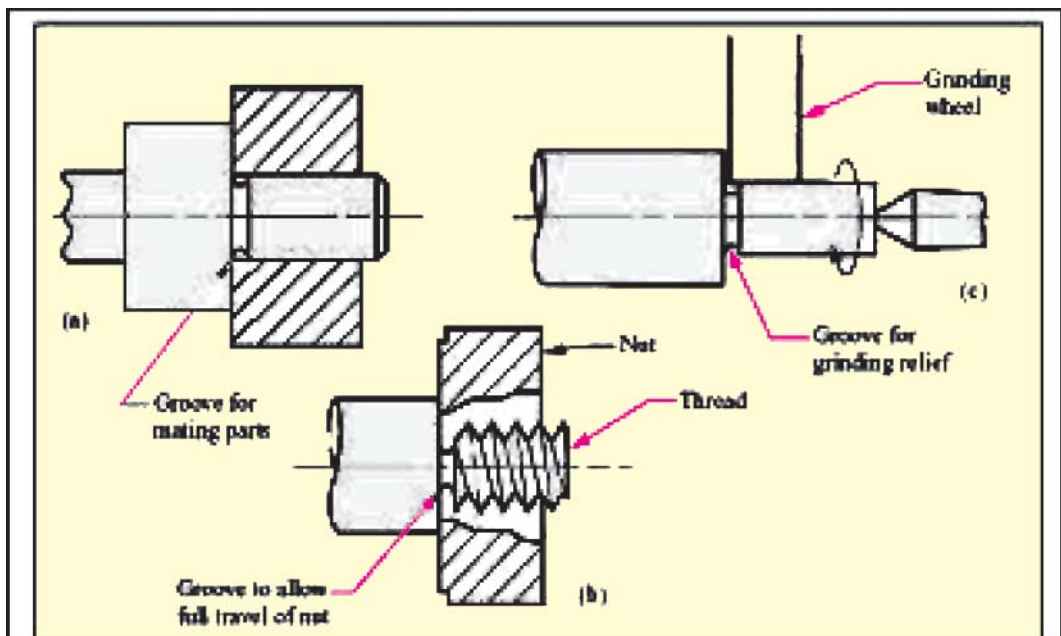
**ISO METRIC THREAD STANDARD**

**Gambar 6.37** Beberapa jenis bentuk profil ulir (3)

## 8. Perencanaan Proses Membubut Alur

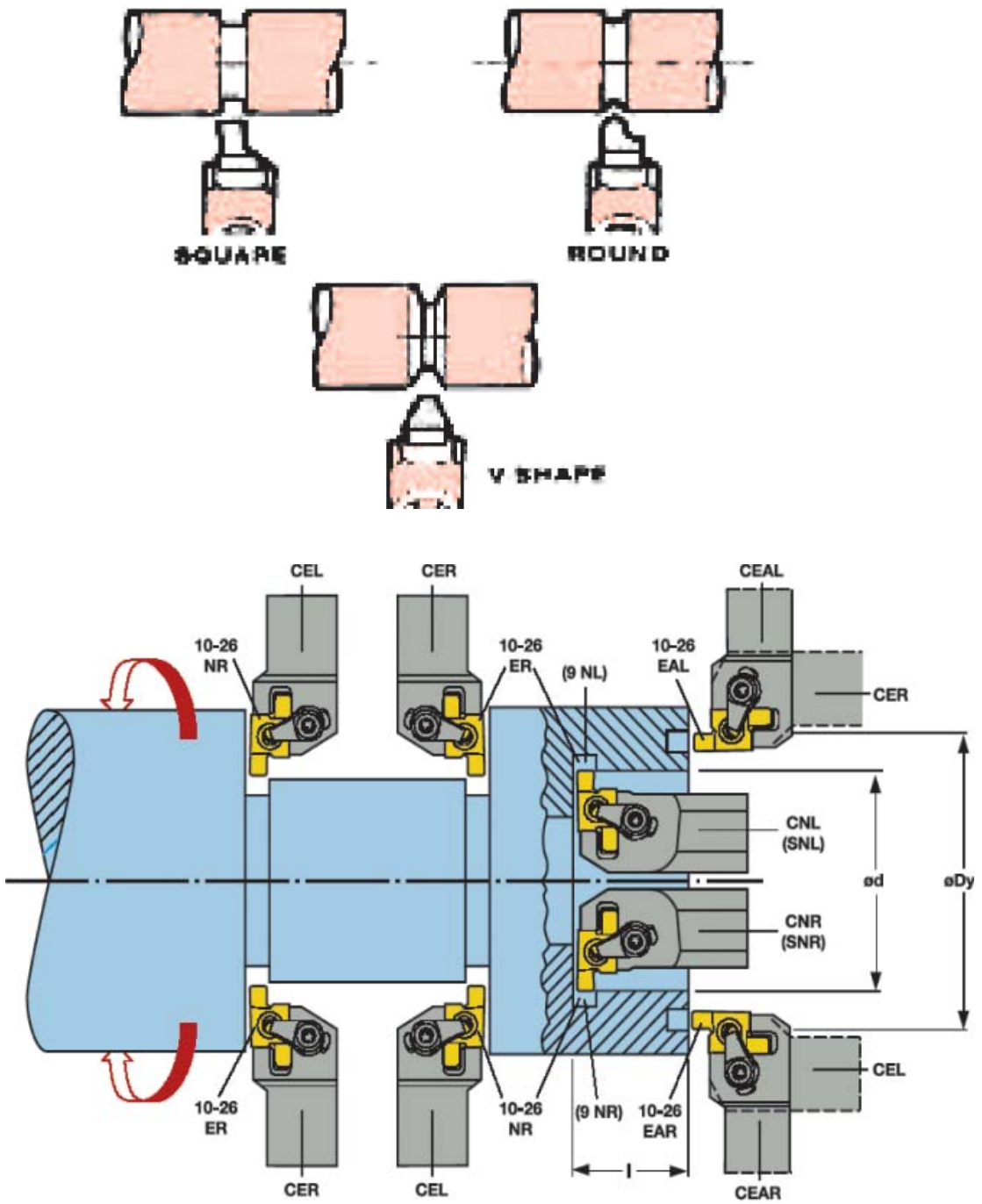
Alur (*grooving*) pada benda kerja dibuat untuk memberi kelonggaran ketika memasang dua buah elemen mesin, membuat baut dapat bergerak penuh, dan memberi jarak bebas pada proses gerinda terhadap suatu poros, (**Gambar 6.38**). Dimensi alur ditentukan berdasarkan dimensi benda kerja dan fungsi dari alur tersebut.

Bentuk alur ada tiga macam yaitu kotak, melingkar, dan V (**Gambar 6.39**). Untuk bentuk-bentuk alur tersebut 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. Alur bisa dibuat pada beberapa bagian benda kerja baik di bidang memanjang maupun pada bidang melintangnya, dengan menggunakan pahat kanan maupun pahat kiri (**Gambar 6.40**)

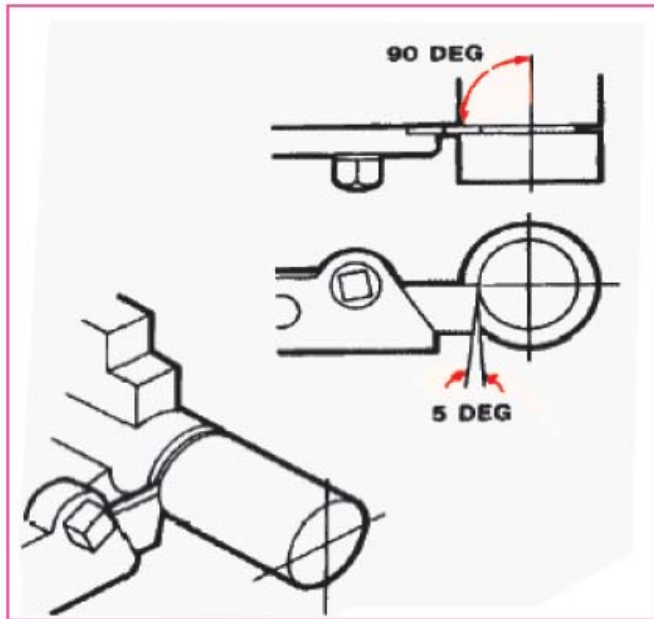


**Gambar 6.38** Alur untuk: (a) pasangan poros dan lubang, (b) pergerakan baut agar penuh, (c) jarak bebas proses penggerindaan poros

Proses yang identik dengan pembuatan alur adalah proses pemotongan benda kerja (*parting*). Proses pemotongan ini dilakukan ketika benda kerja selesai dikerjakan dengan bahan asal benda kerja yang relatif panjang (**Gambar 6.41**).



Gambar 6.39 Alur bisa dibuat pada bidang memanjang atau melintang



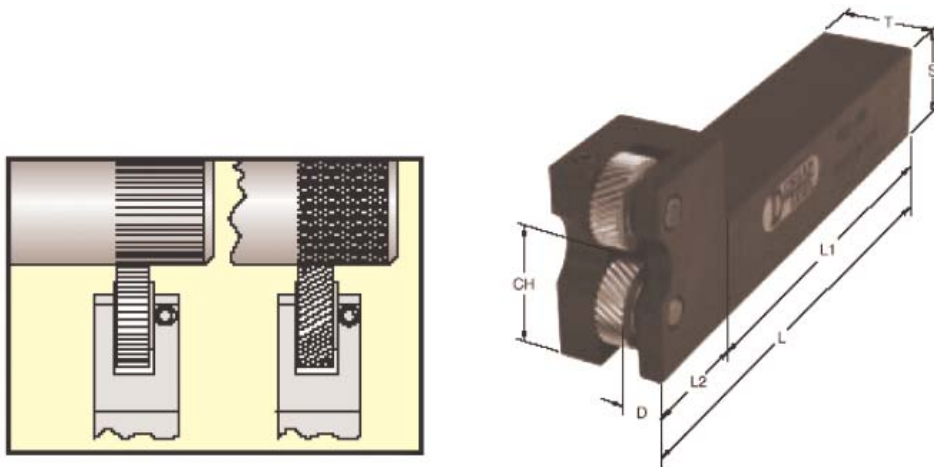
**Gambar 6.40** Proses pemotongan benda kerja (*parting*)

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

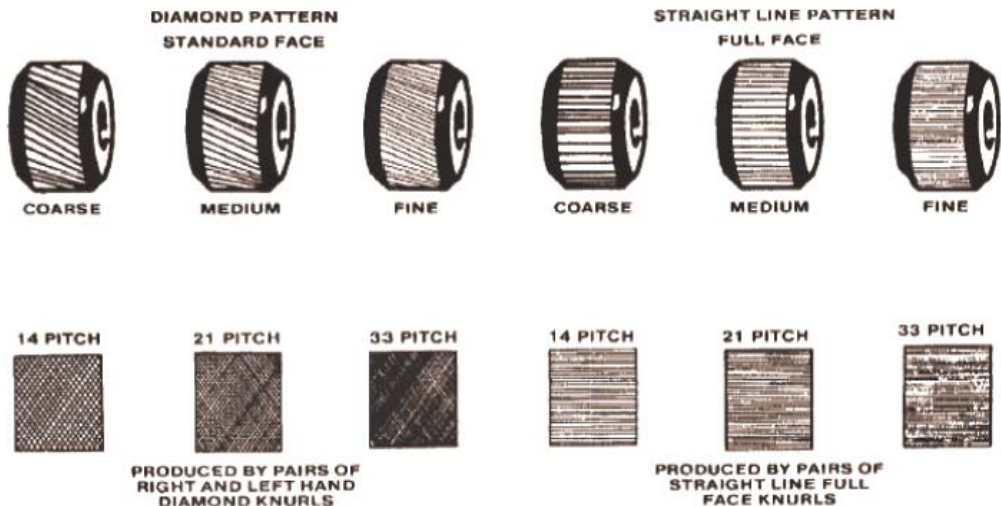
- Cairan pendingin diberikan sebanyak mungkin
- Ujung pahat diatur pada sumbu benda kerja
- Posisi pahat atau pemegang pahat tepat  $90^\circ$  terhadap sumbu benda kerja (**Gambar 6.41**)
- Panjang pemegang pahat atau pahat yang menonjol ke arah benda kerja sependek mungkin agar pahat atau benda kerja tidak bergetar
- Dipilih batang pahat yang terbesar
- Kecepatan potong dikurangi (50% dari kecepatan potong bubut rata)
- Gerak makan dikurangi (20% dari gerak makan bubut rata)
- Untuk alur aksial, penyayatan pertama dimulai dari diameter terbesar untuk mencegah berhentinya pembuangan beram.

## 9. Perencanaan Proses Membubut/Membuat Kartel

Kartel (*knurling*) adalah proses membuat injakan ke permukaan benda kerja berbentuk berlian (*diamond*) atau garis lurus beraturan untuk memperbaiki penampilan atau memudahkan dalam pemegangan (**Gambar 6.42**). Bentuk injakan kartel (**Gambar 6.43**) ada dalam berbagai ukuran yaitu kasar (14 *pitch*), medium (21 *pitch*), dan halus (33 *pitch*).



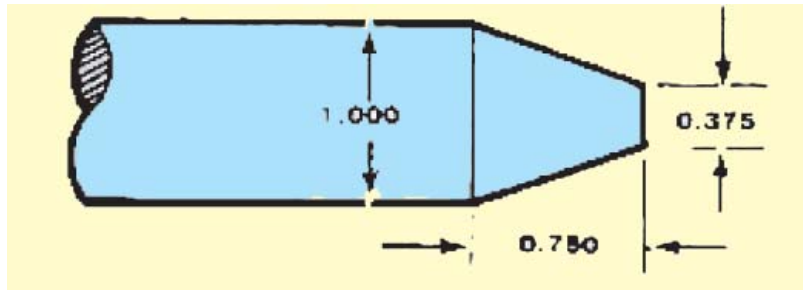
**Gambar 6.41** Proses pembuatan kartel bentuk lurus, berlian, dan alat pahat kartel



**Gambar 6.42** Bentuk dan kisar injakan kartel

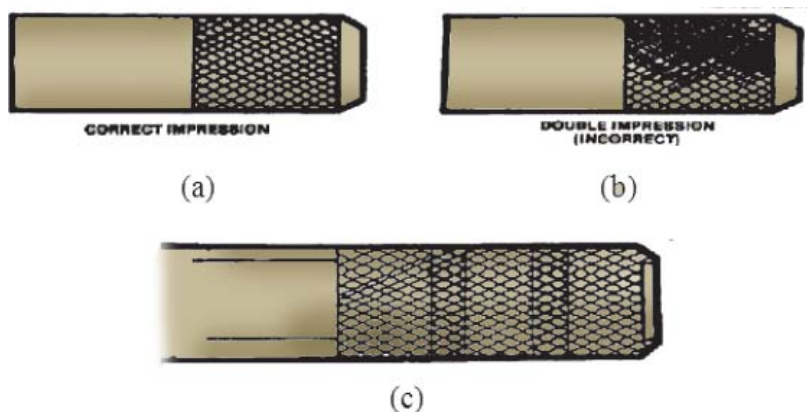
Pembuatan injakan kartel dimulai dengan mengidentifikasi lokasi dan panjang bagian yang akan dikartel, kemudian mengatur mesin untuk proses kartel. Putaran spindel diatur pada kecepatan rendah (antara 60-80 rpm) dan gerak makan medium (sebaiknya 0,2 sampai 0,4 mm per putaran spindel). Pahat kartel harus dipasang pada tempat pahat dengan sumbu dari kepalanya setinggi sumbu mesin bubut, dan permukaannya paralel dengan permukaan benda kerja. Harus dijaga bahwa rol pahat kartel dapat bergerak bebas dan pada kondisi pemotongan yang bagus, kemudian pada roda pahat yang kontak dengan benda kerja harus diberi pelumas.

Agar supaya tekanan awal pada pahat kartel menjadi kecil, sebaiknya ujung benda kerja dibuat pinggul (*chamfer*), lihat **Gambar 6.44** dan kontak awal untuk penyetulan hanya setengah dari lebar pahat kartel. Dengan cara demikian awal penyayatan menjadi lembut. Kemudian pahat ditarik mundur dan dibawa ke luar benda kerja.



**Gambar 6.43** Benda kerja dibuat menyudut pada ujungnya agar tekanan pada pahat kartel menjadi kecil dan penyayatannya lembut

Setelah semua diatur, maka spindel mesin bubut kemudian diputar, dan pahat kartel didekatkan ke benda kerja menyentuh benda sekitar 2 mm, kemudian gerak makan dijalankan otomatis. Setelah benda kerja berputar beberapa kali (misalnya 20 kali), kemudian mesin bubut dihentikan. Hasil proses kartel dicek apakah hasilnya bagus atau ada bekas injakan yang ganda (**Gambar 6.45**). Apabila hasilnya sudah bagus, maka mesin dijalankan lagi. Apabila hasilnya masih ada bekas injakan ganda, maka sebaiknya benda kerja dibubut rata lagi, kemudian diatur untuk membuat kartel lagi. Selama proses penyayatan kartel, gerak makan pahat tidak boleh dihentikan jika spindel masih berputar, karena di permukaan benda kerja akan muncul ring/cincin (**Gambar 6.45c**). Apabila ingin menghentikan proses, misalnya untuk memeriksa hasil, maka mesin dihentikan dengan menginjak rem.



**Gambar 6.44** (a) Injakan kartel yang benar, (b) injakan kartel ganda (salah), dan (c) cincin yang ada pada benda kerja karena berhentinya gerakan pahat kartel sementara benda kerja tetap berputar