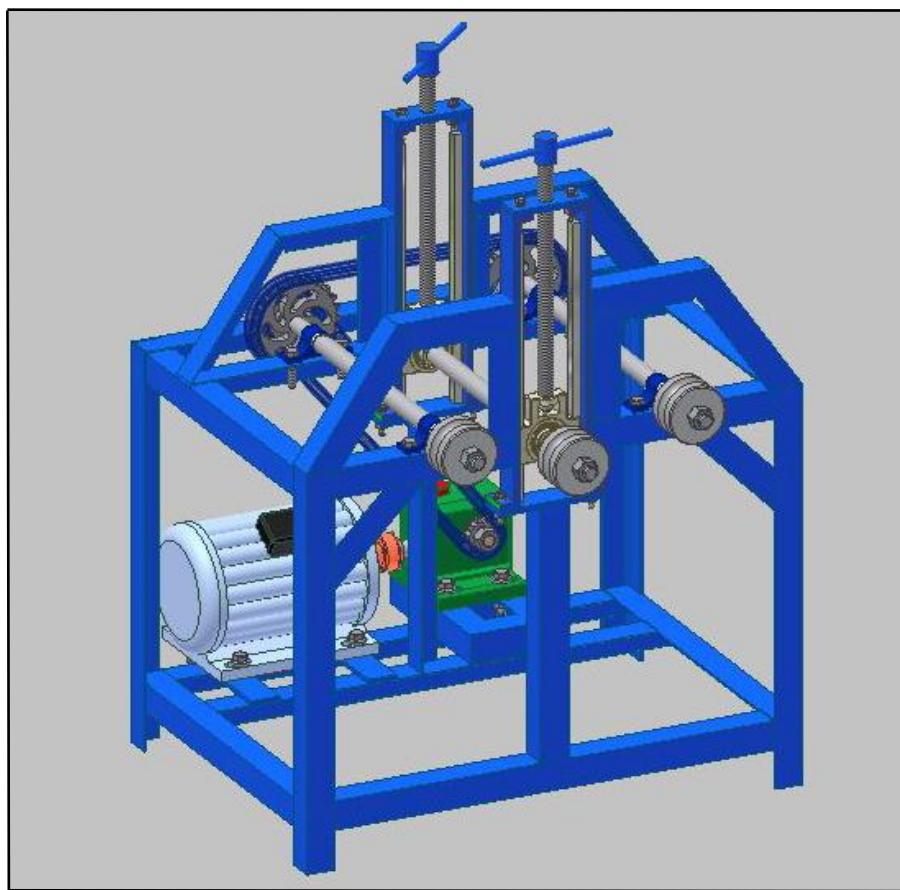


BAB II

PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

A. Identifikasi Gambar Kerja

Dalam pembuatan poros tetap, poros geser dan *roller* pada alat/mesin penggeroll pipa, gambar kerja sangat dibutuhkan dan berperan penting untuk mendapatkan hasil pekerjaan dengan kualitas baik. Gambar kerja pada alat/mesin penggeroll pipa dapat diidentifikasi seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Mesin penggeroll pipa

Gambar kerja merupakan bagian yang tidak terpisahkan dalam proses pekerjaan pemesinan. Itu yang dibuat oleh perancang digunakan sebagai acuan untuk membuat poros tetap, poros geser dan *roller* pada alat/mesin penggeroll pipa. Untuk itu dalam proses pembuatan poros tetap, poros geser dan *roller* pada alat/mesin penggeroll pipa harus mencermati hal-hal berikut:

1. Ukuran benda kerja atau bahan yang akan dikerjakan

Sebelum penggeraan benda kerja dilakukan, periksa bahan benda kerja dahulu apakah jenis serta ukuran sudah sesuai dengan yang telah direncanakan. Gambar kerja di sini memiliki peranan penting dalam pemeriksaan benda kerja yang akan dibuat, dan gambar kerja harus menunjukkan secara jelas ukuran-ukuran serta jenis bahan yang akan dibutuhkan.

2. Keterangan mesin dan alat yang akan digunakan

Pemberian keterangan pada gambar kerja dan cara pembuatan komponen sangatlah dianjurkan. Operator dapat menentukan mesin apa yang akan digunakan dan peralatan apa saja yang harus disiapkan sehingga mempermudah proses penggeraan komponen tersebut.

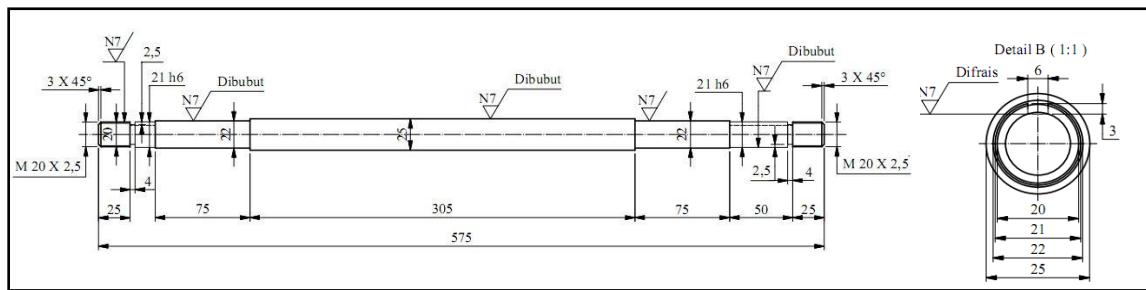
3. Toleransi ukuran dan nilai kekasaran

Toleransi ukuran menunjukkan besarnya ketelitian pada saat penggeraan komponen, nilai kekasaran pada benda kerja juga perlu dicantumkan dalam gambar kerja apabila komponen tersebut memang memerlukan nilai kekasaran khusus.

Mutu produk juga merupakan hal penting dalam ketelitian pembuatan komponen yang memerlukan pengendalian dimensi secara ketat, sehingga akan dapat dihasilkan produk yang awet. Oleh sebab itu pemberian toleransi nilai kekasaran sangat diperlukan, agar kendali dimensi berjalan dengan baik.

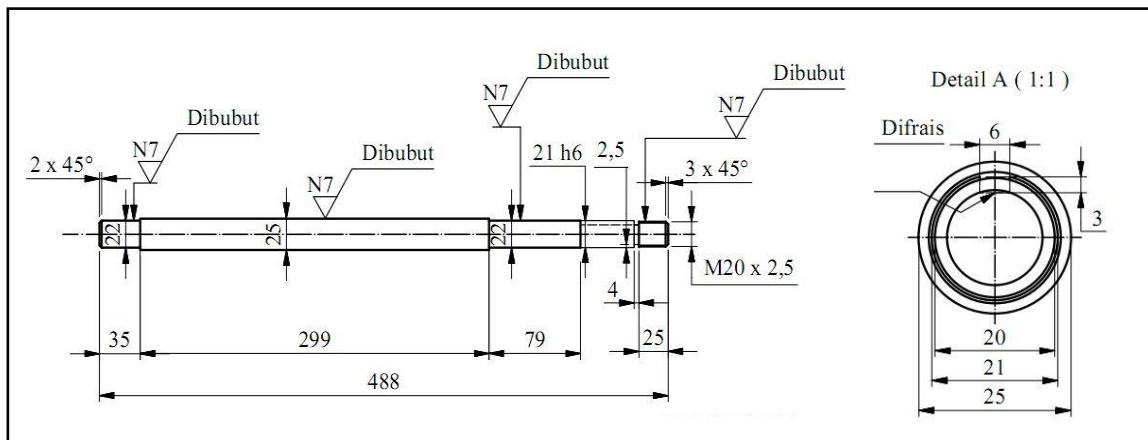
Identifikasi gambar kerja dari proses pembuatan poros tetap, poros geser dan *roller* pada alat/mesin penggeroll pipa dapat dilihat pada Gambar 2, Gambar 3 dan Gambar 4.

1. Poros tetap pada alat/mesin penggerol pipa (lihat Gambar 2)



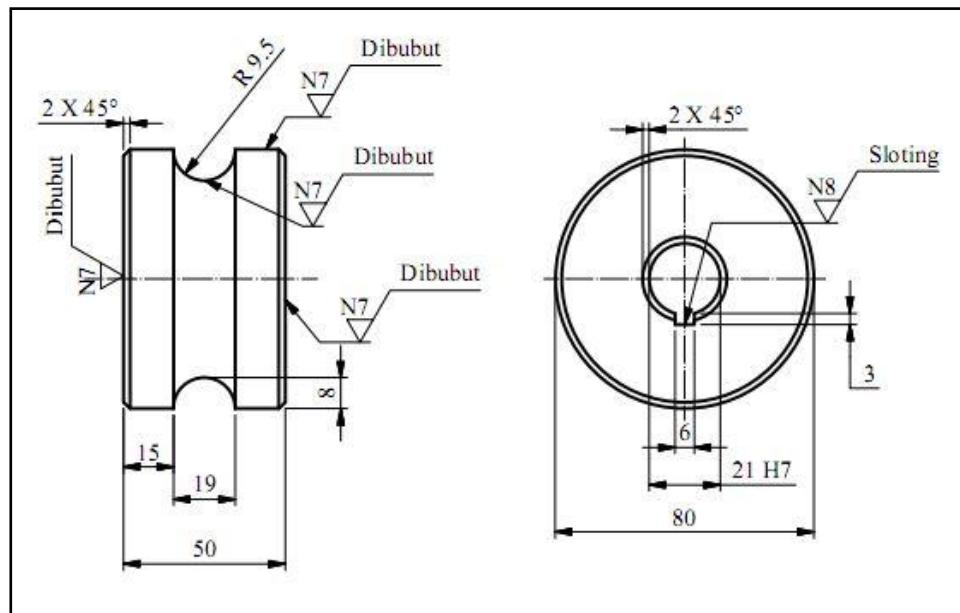
Gambar 2. Poros tetap pada alat/mesin penggeroll pipa

2. Poros geser pada alat/mesin penggeroll pipa (lihat Gambar 3)



Gambar 3. Poros geser pada alat/mesin penggeroll pipa

3. *Roller* pada alat/mesin pengeroll pipa (lihat Gambar 4)



Gambar 4. *Roller* pada alat/mesin pengeroll pipa

B. Identifikasi Mesin dan Alat yang Digunakan

Proses permesinan dilakukan dengan cara memotong bagian benda kerja yang tidak digunakan menggunakan alat potong sehingga terbentuk permukaan benda kerja yang dikehendaki. Alat potong yang digunakan dipasang pada mesin perkakas dengan gerakan relatif tertentu seperti berputar dan bergeser disesuaikan dengan bentuk benda kerja yang akan dibuat.

Perancangan suatu mesin terdapat beberapa hal yang harus dipahami terlebih dahulu yaitu pemilihan komponen-komponen mesin yang bersangkutan. Jika mempergunakan dan menempatkan suatu komponen mesin tidak sesuai fungsi mesin yang direncanakan maka hasil yang didapat tidak sesuai dengan apa yang diharapkan, sehingga diharapkan perencanaan yang matang dalam pemilihan bahan, perhitungan, dan langkah-langkah proses

pembuatan dan pengerjaan komponen-komponen bersangkutan. Komponen yang bersangkutan saling terkait dan mendukung fungsi masing-masing.

Proses pembuatan yang akan dijelaskan dalam laporan proyek akhir ini adalah proses pembuatan poros tetap, poros geser dan *roller* pada alat/mesin penggeroll pipa. Proses pembuatan komponen ini memerlukan mesin ataupun alat bantu untuk membantu dalam proses pembuatan mengingat kesulitan pengerjaan dan keterbatasan alat yang tersedia. Pemilihan mesin dan alat juga berpengaruh terhadap hasil, efisiensi kerja serta biaya yang dikeluarkan dalam proses pembuatan poros tetap, poros geser dan *roller* pada alat/mesin penggeroll pipa.

1. Mesin-mesin yang digunakan

Berikut ini adalah beberapa mesin beserta alat pendukung yang digunakan dalam proses pembuatan poros tetap, poros geser dan *roller* pada alat/mesin penggeroll pipa antara lain:

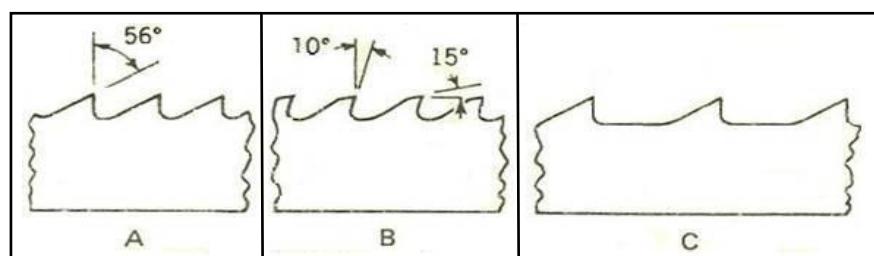
a. Mesin gergaji (lihat Gambar 5)



Gambar 5. Mesin gergaji

Mesin gergaji adalah mesin yang digunakan untuk memotong benda kerja dengan menggunakan motor listrik sebagai penggerak utamanya. Mesin gergaji ini digunakan untuk memotong bahan dalam proses pembuatan poros tetap, poros geser dan *roller* pada alat/mesin penggeroll pipa. Hal ini dikarenakan kemungkinan benda kerja yang akan di kerjakan pada mesin bubut masih terlalu panjang, sehingga akan lebih efisien jika dipotong dengan gergaji mesin terlebih dahulu. Pada waktu pemotongan benda kerja dicekam dengan kuat, hal ini dilakukan supaya pada waktu proses pemotongan, benda kerja tidak goyang atau lepas. Jangan lupa memberi cairan pendingin agar pisau gergaji tidak cepat aus karena gesekan yang ditimbulkan pisau gergaji dengan benda kerja.

Pisau gergaji daya terbuat dari baja kecepatan tinggi (*high speed steel*), panjangnya bervariasi dari 300 mm sampai 900 mm, dengan ketebalan dari 1,3 sampai 3,1 mm. Jarak bagi gergaji daya agak kasar dari gergaji tangan berkisar 1,8 mm sampai 10 mm. Desain gigi umumnya lurus dan mempunyai garukan nol. Konstruksi gigi untuk pisau gergaji daya diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Konstruksi gigi untuk pisau gergaji logam. A. Gigi lurus. B. Gigi pemotongan bawah. C. Gigi loncat

Gigi pemotong bawah digunakan sebagai pisau yang lebih besar. Pisau gergaji dengan:

- 1) Jarak bagi sekasar mungkin digunakan untuk pemotongan besi coran baja, karena dapat memberikan ruang serpihan yang luas diantara gigi dengan syarat dua gigi atau lebih harus selalu menyinggung material yang dipotong.
- 2) Jarak bagi menengah digunakan untuk memotong baja karbon dan baja paduan.
- 3) Jarak bagi halus digunakan untuk memotong logam tipis, pipa dan kuningan.

Dalam proses pemotongan benda kerja, tebal bahan yang akan dipotong, lebar daun mata gergaji dan jarak puncak gigi-gigi pemotong juga harus diperhatikan. Menurut Sumantri (1989:223) hubungan antara tebal bahan, lebar daun, dan jarak puncak gigi gergaji dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hubungan tebal bahan, lebar daun, dan jarak puncak gigi gergaji

Tebal bahan yang akan dipotong	Lebar daun mata gergaji	Jarak puncak gigi-gigi pemotong
Sampai 16 mm	25 mm	2,5 mm
16-25 mm	25 mm	3 mm
25-100 mm	25 mm	4 mm
100-250 mm	25-32 mm	6 mm
250-500 mm	32-50 mm	8 mm

Kecepatan atau langkah pemotongan per menitnya pada mesin gergaji dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kecepatan potong pada mesin gergaji

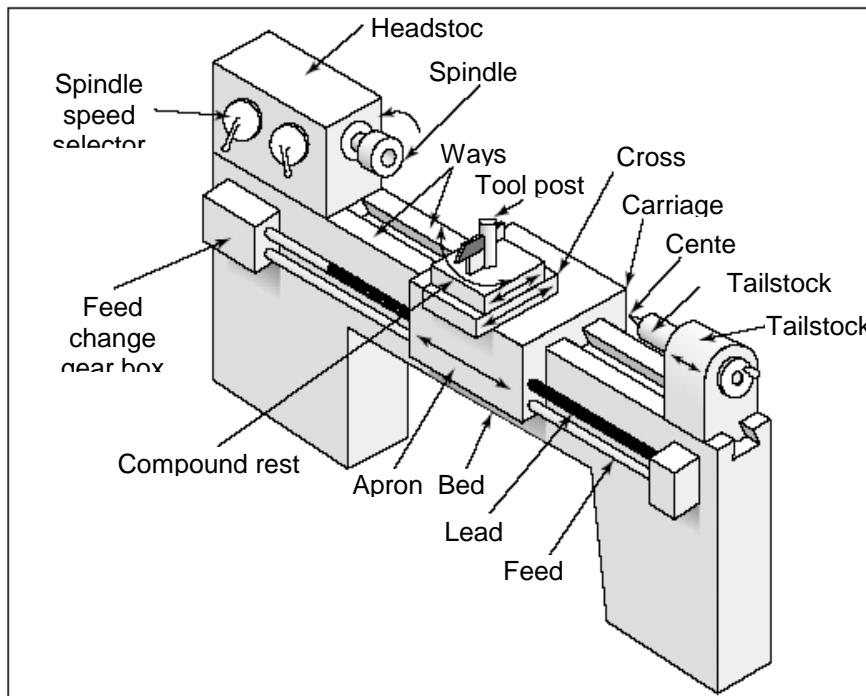
No	Jenis material	Langkah per menit	
		Dengan cairan	Tanpa cairan
1.	Baja karbon rendah	100 – 140	70 – 100
2.	Baja karbon menengah	100 – 140	70
3.	Baja karbon tinggi	100	70
4.	Baja HSS	100	70
5.	Baja campuran	100	70
6.	Besi tuang	-	70 – 100
7.	Alumunium	140	100
8.	Kuningan	100 – 140	70
9.	Perunggu	100	70

b. Mesin Bubut

Mesin bubut (*turning machine*) adalah suatu jenis mesin perkakas yang kerja utamanya bergerak memutar benda kerja dan melakukan penyayatan pada benda kerja dengan menggunakan alat potong yang disebut dengan pahat (*tools*). Mesin bubut digunakan untuk mengerjakan benda-benda putar atau bidang silindris. Benda-benda putar ini disebut benda kerja atau produk memperoleh gerak utama putar yang beraturan (Harun, 1983:60).

Proses yang biasa dilakukan dengan mesin bubut diantaranya membubut lurus, membubut bertingkat, pembubutan profil, *facing*, pembubutan tirus, pembubutan ulir, mengkartel, *drilling*, *boring* dan *reaming*. Bagian utama mesin bubut adalah kepala tetap, kepala lepas,

gear box, bed mesin dan eretan mesin. Gambaran skematis mesin bubut dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Skematis mesin bubut dan nama bagian-bagiannya

Berikut ini adalah contoh spesifikasi mesin bubut sherlite 4000(4100):

Tabel 3. Spesifikasi mesin bubut sherlite 4000(4100)

Feature	4000(4100)
Swing over bed	3.5" (90 mm)
Swing over carriage	1.75" (45 mm)
Distance between centers	8.00" (200 mm)
Hole through spindle	405" (10 mm)
Spindle nose thread	3/4"-16 T.P.I.
Spindle nose taper	#1 Morse
Effective crosslide travel*	3.25" (83 mm)
Protractor graduations	0° to 45° by 5°
Length overall	24" (610 mm)
Width overall	7.5" (190 mm)
Height overall	6" (150 mm)
Shipping weight	24 lb. (10.9 kg)
Motor/Speed Control	90 Volts DC with electronic speed control that accepts any incoming current from 100VAC to 240 VAC, 50 Hz or 60 Hz.

Berikut ini adalah bagian-bagian pada mesin bubut:

1) Meja Mesin (*Bed*)

Bed atau meja mesin adalah kerangka utama mesin bubut.

Bed mempunyai bentuk profil memanjang yang berfungsi untuk menempatkan kedudukan eretan (*carriage*) dan kepala lepas (*tailstock*).

Bed harus dalam keadaan terlumasi supaya eretan dapat digeserkan ke kiri atau ke kanan dengan lancar dan terhindar dari korosi. Alur bed berbentuk V digunakan sebagai jalan atau alas dari eretan dan kepala lepas.

2) Kepala tetap (*Headstock*)

Headstock berada di sebelah kiri dari mesin. Bagian ini berfungsi mendukung sumbu utama dan roda-roda gigi dengan ukuran yang bervariasi untuk pemilihan putaran yang diinginkan. Putaran sumbu utama dapat dipilih dengan memindahkan tuas/handel pada posisi yang dikehendaki.

3) Kepala lepas (*Tailstock*)

Tailstock terletak bersebrangan dengan *headstock*, yang digunakan untuk menopang benda kerja pada ujung yang lain. *Tailstock* dapat digeser sepanjang meja mesin dan dapat dikunci dengan baut pengikat. *Tailstock* juga dapat dipasang alat-alat lain, seperti bor, *reamer* dan senter putar maupun senter tetap.

4) Eretan (*Carriage*)

Yang dimaksud eretan atau *carriage* adalah bagian mesin bubut yang dapat digunakan untuk penyetelan, pemindahan posisi pahat ke arah memanjang dan dapat dilakukan dengan gerakan ke kiri atau ke kanan secara manual ataupun otomatis. Eretan atau *carriage* terdiri atas eretan memanjang, eretan melintang, eretan atas, dan pemegang pahat (*tool post*). Eretan harus dibuat dan diberi penuntun sedemikian rupa sehingga terjamin penggerjaan yang bebas goncangan. Goncangan akan berpengaruh pada hasil pembubutan.

5) Batang transportur dan batang penghantar

Batang transportur dan batang penghantar berfungsi untuk menggerakkan eretan secara otomatis ke kiri atau ke kanan saat operasi pembubutan berlangsung. Batang transportur tidak berulir tetapi mempunyai alur pasak, yang berfungsi untuk memutarkan roda gigi yang berada pada eretan.

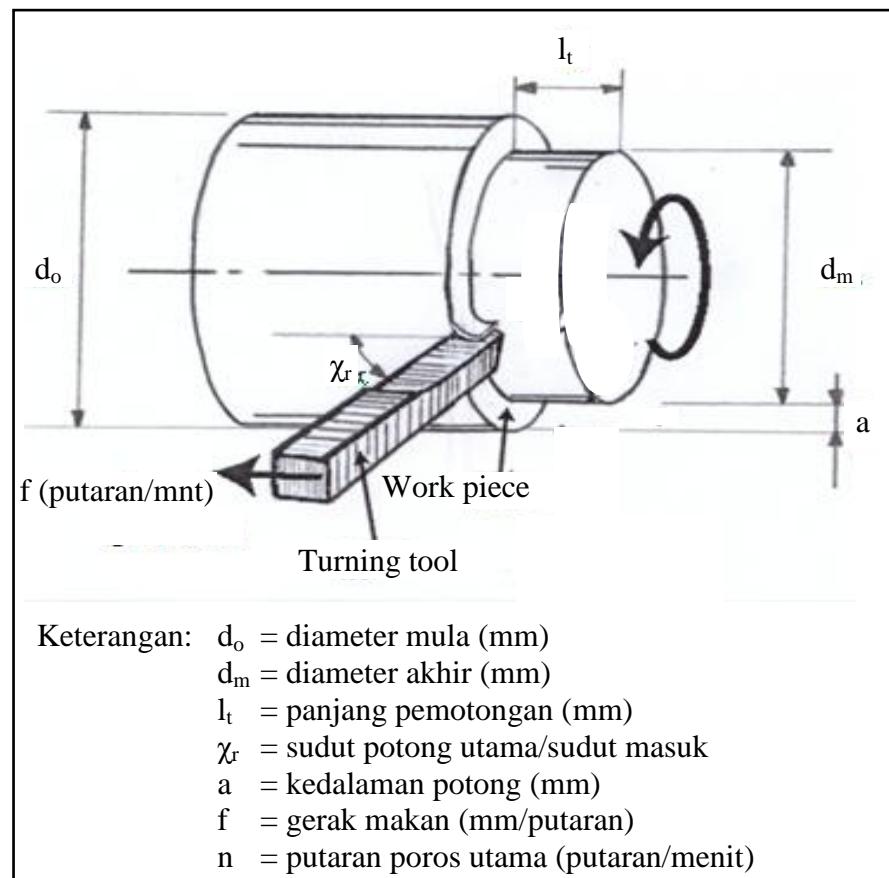
6) Rumah pahat (*Tool post*)

Pahat bubut bisa dipasang pada tempat pahat tunggal atau pada tempat pahat yang berisi empat buah pahat. Apabila penggerjaan 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.

7) Senter bubut

Senter pada mesin bubut ada dua, yaitu senter putar dan senter mati. Senter putar dipasang pada kepala lepas. Fungsinya untuk mendukung benda kerja agar tetap senter dan memperkuat cekaman. Senter mati dipasang pada kepala tetap mesin bubut. Senter mati dipakai pada saat membubut diantara dua senter.

Proses bubut selalu menghasilkan benda kerja dengan penampang bulat, misalnya baut, poros, poros eksentrik, *handle* dan lain sebagainya. Prinsip gerakan pahat pada waktu membubut dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Skematis proses membubut

Berdasarkan pada Gambar 8, secara umum dapat dijelaskan *main motion* yaitu gerakan berputar benda kerja disebut dengan putaran utama. Jarak yang ditempuh oleh pahat dalam satuan waktu tertentu disebut kecepatan potong atau *cutting speed*.

Pada proses pembubutan, pahat yang bergerak maju kearah memanjang, melintang atau kombinasi gerak memanjang dan melintang secara teratur meyayat benda kerja disebut kecepatan pemakanan atau *feed motion*. Apabila kedalaman pemotongan diatur sesuai dengan kedalaman pemotongan yang dikehendaki disebut penyesuaian gerakan.

Sebelum melakukan proses pembubutan, ada beberapa persiapan yang harus dilakukan diantaranya menyiapkan alat-alat bantu dan peralatan serta penggunaan peralatan keselamatan kerja. Alat perlengkapan membubut antara lain senter kepala lepas, kunci cekam, kunci cekam pahat, alat potong. Selama proses pembubutan hendaknya selalu mempersiapkan hal-hal yang bersangkutan dengan keselamatan kerja dan peralatan pendukung yang meliputi pakaian kerja, kaca mata, dan sepatu kerja.

Dalam proses pembubutan sendiri yang harus diperhatikan antara lain sebagai berikut:

- a) Kecepatan potong (*cutting speed*)

Kecepatan potong atau *cutting speed* adalah panjang tatal yang dihasilkan dalam penyayatan setiap menit. Kecepatan potong sama dengan kecepatan benda kerja,

sehingga bila benda berputar satu kali maka panjang yang dilalui ujung pahat sama dengan keliling benda kerja.

Besarnya kecepatan potong tergantung pada bahan pahat/alat potong, bahan benda kerja, dan jenis pemakanan. Satuan kecepatan potong adalah m/menit. Hubungan putaran spindel dalam pembubutan dengan kecepatan potong pada permukaan benda kerja bentuk silinder dapat diterangkan pada rumus sebagai berikut:

$$C_s = \frac{(\pi)(d)(n)}{1000}$$

Keterangan: n = Putaran spindel (rpm)
 Cs = *Cutting Speed* (meter/menit)
 d = Diamater benda kerja (mm)

Jadi,

Kecepatan potong atau *cutting speed* merupakan salah satu parameter yang harus diperhatikan. Menurut Sumbodo (2008:307) kecepatan potong yang dianjurkan untuk pahat HSS dari bahan besi/baja dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kecepatan potong pahat yang dianjurkan untuk pahat HSS

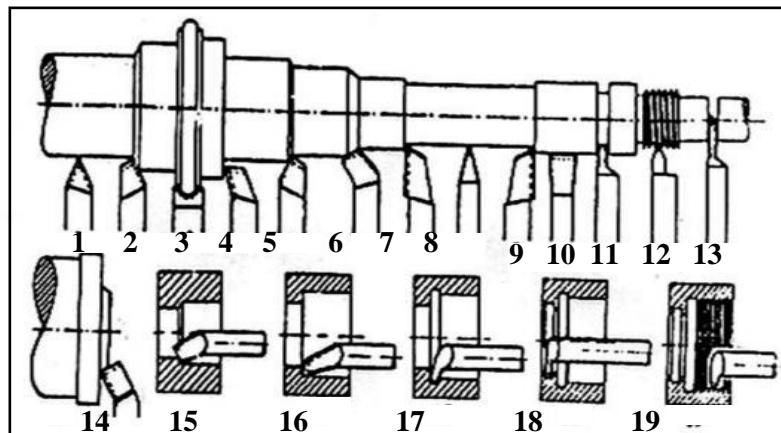
MATERIAL	Pembubutan dan Pengeboran				PENGULIRAN	
	Pekerjaan Kasar		Pekerjaan Penyelesaian			
	m/menit	ft/menit	m/menit	ft/menit	m/menit	ft/menit
Baja mesin	27	90	30	100	11	35
Baja perkakas	21	70	27	90	9	30
Besi tuang	18	60	24	80	8	25
Perunggu	27	90	30	100	8	25
Aluminium	61	200	93	300	18	60

b) Pahat

Pahat bubut merupakan alat potong atau pisau yang digunakan untuk menyayat benda kerja. Pada prinsip kerjanya pahat dipasang pada *tool post* dan digerakkan melalui eretan untuk menyayat benda kerja secara melintang maupun memanjang.

Jenis bahan pahat bubut yang banyak digunakan di industri dan bengkel antara lain baja karbon, HSS, karbida, diamond, dan keramik. Masing-masing bahan pahat ini digunakan sesuai dengan kekerasan bahan yang dikerjakan. Pahat bubut yang digunakan untuk membuat poros tetap, poros geser dan *roller* pada alat/mesin penggeroll pipa ialah pahat HSS (*High Speed Steel*).

Pada saat menyetel pahat, tinggi mata ujung pahat harus sama dengan sumbu benda kerja. Pemasangan pahat yang lebih tinggi dari sumbu benda kerja akan mengakibatkan benda kerja cenderung tertekan dan mempengaruhi penyayatan menjadi lebih berat, sedangkan pemasangan yang lebih rendah dari sumbu benda kerja menghasilkan benda kerja menimbulkan suara bising dan benda kerja dapat terangkat sehingga dapat membahayakan operator. Beberapa macam pahat bubut dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Macam-macam pahat bubut menurut Solih Rohyana (2000: 13)

Keterangan:

- | | |
|----------------------------|-----------------------|
| 1. Pahat poles pucuk | 11. Pahat alur |
| 2. Pahat kikis lurus kiri | 12. Pahat ulir pucuk |
| 3. Pahat bubut bentuk | 13. Pahat potong |
| 4. Pahat pucuk kanan | 14. Pahat kikis kanan |
| 5. Pahat kikis lurus kanan | 15. Pahat bubut dalam |
| 6. Pahat kikis tekuk kanan | 16. Pahat sudut dalam |
| 7. Pahat bubut rata kanan | 17. Pahat kait |
| 8. Pahat poles pucuk | 18. Pahat kait |
| 9. Pahat bubut rata kiri | 19. Pahat ulir dalam |
| 10. Pahat poles lebar | |

Menurut Krar (1985) sudut pahat bubut untuk berberapa macam jenis material dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Sudut pahat bubut beberapa jenis material

Material benda kerja	Sudut bebas sisi	Sudut bebas muka	Sudut tatal	Sudut bebas belakang
Free-machining steel	10°	10°	10-22°	16°
Low carbon steel	10°	10°	10-14°	16°
Medium carbon steel	10°	10°	10-14°	12°
High-carbon steel	8°	8°	8-12°	8°
Tough alloy steel	8°	8°	8-12°	8°
Stainless steel (free machining)	10°	10°	5-10°	16°
Cast iron (soft)	8°	8°	10°	8°
Cast iron (hard)	8°	8°	8°	5°
Cast iron(malleable)	8°	8°	10°	8°
Aluminium	10°	10°	10-20°	35°

c) Kecepatan pemakanan (Vf)

Gerak pemakanan adalah jarak yang ditempuh oleh pahat setiap benda kerja berputar satu kali atau selama putaran *spindle* mm/putaran. Gerak makan ditentukan berdasarkan kekuatan mesin, material benda kerja, material pahat, bentuk pahat, dan jenis jenis pemakanan. Setelah pemakanan ditemukan hasilnya, selanjutnya dapat diperoleh harga kecepatan pemakanan.

Rumus menghitung kecepatan pemakanan adalah:

(Taufiq Rochim, 2007: 13)

Keterangan: V_f = Kecepatan pemakanan (mm/min)
 f = Gerak makan (mm/put)
 n = Putaran poros utama (rpm)

d) Waktu sayat/potong (tc)

Waktu yang digunakan untuk pembubutan benda kerja dipengaruhi oleh panjang benda kerja, kecepatan pemakanan dan dalamnya pemakanan. Waktu sayat dapat dirumuskan sebagai berikut.

(Taufiq Rochim, 2007: 13)

Keterangan: tc = Waktu kerja mesin (menit)
 lt = Panjang langkah (mm)
 V_f = Kecepatan pemakanan (mm/min)

e) Jumlah pembubutan

Keterangan : i = Jumlah pembubutan (kali)

D₁= Diameter awal (mm)

D₂= Diameter akhir (mm)

a = Kedalaman pemotongan (mm)

c. Mesin Gerinda (lihat Gambar 10)

Mesin gerinda adalah suatu mesin yang digunakan untuk menghaluskan permukaan benda, membentuk benda menjadi bentuk yang dikehendaki dan dapat mencapai ketelitian yang tinggi. Mesin gerinda pada proses ini digunakan untuk menajamkan kembali sisi potong yang telah tumpul akibat proses penggerjaan logam, seperti: *milling cutter*, pahat bubut, pahat sekrap, mata bor, *countersink*, *handtap* dan sebagainya.



Gambar 10. Mesin gerinda

d. Mesin Frais (lihat Gambar 11)

Mesin frais adalah mesin perkakas dengan gerak utama berputar (pisau berputar) pada sumbu yang tetap dan benda kerja melintasi *cutter*. Mesin frais mampu melakukan tugas seperti pemotongan sudut, celah, pembuatan roda gigi, pemotongan tepi, dan lain-lain.



Gambar 11. Mesin frais

Secara garis besar mesin frais terbagi menjadi tiga macam, yaitu mesin frais horisontal, mesin frais vertikal dan mesin frais universal.

1) Mesin frais horisontal

Mesin frais horisontal digunakan untuk pengefraisan benda-benda dengan arah memanjang. Ciri dari mesin frais horisontal adalah poros utama sejajar dengan meja mesin frais.

2) Mesin frais vertikal

Mesin ini digunakan untuk pengeraian perkakas seperti pemotongan tepi dan pembuatan alur. Ciri dari mesin frais vertikal adalah poros utama tegak lurus dengan meja mesin frais.

3) Mesin frais universal

Mesin ini digunakan untuk mengefrais alur berbentuk sekrup. Bedanya mesin frais universal dengan mesin frais horizontal adalah meja mesin frais universal dengan hantaran memanjang dapat diserongkan terhadap poros utamanya. Contoh spesifikasi mesin frais dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. spesifikasi mesin frais sherline:

Feature	5000(5100)
Max clearance, table to spindle	8.00" (203 mm)
Throat (without headstock spacer)	2.25" (50 mm)
Travel, "X" Axis	8.68" (228 mm) (9" w/ stop screw removed)
Throat (with headstock spacer block)	(Not included)
Travel, "Y" Axis	3.00" (76 mm)
Travel, "Z" Axis	6.25" (159 mm)
Hole through spindle	405" (10 mm)
Spindle nose thread	3/4-16 T.P.I.
Spindle taper	#1 Morse
Handwheel graduations	.001" (.01 mm)
Width overall*	14.75" (375 mm)
Depth overall*	11.75" (298 mm)
Height overall*	20.75" (527 mm)
Table size	2.75" x 13.00" (70 x 330 mm)
Hold down provision	2 "T" Slots
Shipping weight	33 lb. (15.0 kg)
Movements in addition to X-, Y- and Z-axes	Headstock rotation 90° left/right
Motor/Speed Control	90 Volts DC with electronic speed control that accepts any incoming current from 100VAC to 240 VAC, 50 Hz or 60 Hz
Spindle speed range	70-2800 RPM continuously variable by electronic speed control

Dalam pembuatan poros tetap, poros geser dan *roller* pada alat/mesin penggeroll pipa menggunakan mesin frais vertikal. Mesin frais yang digunakan adalah mesin frais Bridgeport. Pada proses pengefraisian terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan, diantaranya:

1) Pencekaman benda kerja

Pencekaman benda kerja juga tidak kalah penting dengan yang lainnya. Benda kerja harus diklamp dengan tepat dan kuat karena jika sampai sewaktu benda kerja terlepas pada saat melakukan pengefraisian, maka akan dapat merusak pahat, benda kerja itu sendiri dan membahayakan operator.

2) Pemilihan putaran (*revolution*)

Pada proses pengefraisian, pemilihan putaran juga harus diperhatikan. Pemilihan putaran yang salah akan menghasilkan permukaan yang kasar dan membuat pahat cepat tumpul. Jumlah putaran tergantung pada *cutting speed* yang telah diizinkan dan pada diameter pahat yang dipergunakan adalah:

$$n = \frac{(v) \cdot 1000}{(\pi)(d_{pht})}$$

(Harun, 1981: 83)

Keterangan:
 n = Putaran *spindel* (rpm)
 v = *Cutting Speed* (meter/menit)
 d_{pht} = Diamater benda kerja (mm)

3) Kecepatan pemakanan (*feeding*)

Kecepatan pemakanan pada mesin frais adalah gerakan pemakanan oleh pahat dengan menggeser meja kerja. Besarnya kecepatan pemakanan tergantung pada kehalusan permukaan potong pada benda kerja yang dikehendaki.

$$Vf = F.(n.z)$$

(Harun, 1981: 21)

Keterangan:
 Vf = Kecepatan pemakanan (mm/min)
 F = Kecepatan pemakanan/feeding (mm/put)
 n = Putaran spindel (rpm)
 z = Jumlah gigi mata potong

4) Perhitungan waktu mesin untuk mesin frais

$$th = \frac{L}{v}; v = a \cdot n \quad a = a_t \cdot z$$

(Harun, 1981: 84)

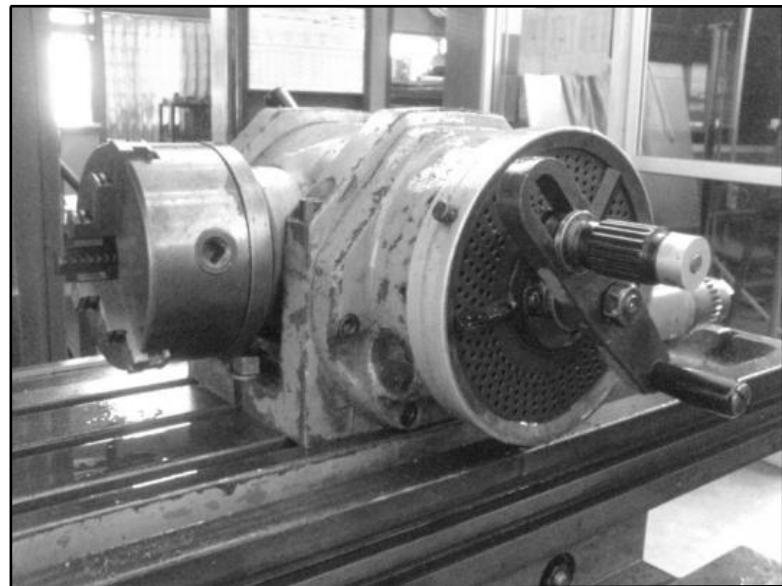
Keterangan:
 th = Waktu mesin (menit)
 L = Panjang total (mm)
 v = Kecepatan ingsutan (mm/menit)
 a = Ingsutan per putaran (mm/putaran)
 a_t = Ingsutan per gigi (mm/menit)
 z = Jumlah gigi frais

5) Kepala Pembagi

Apabila bentuk benda kerja silindris, maka untuk memegang benda kerja digunakan kepala pembagi (*deviding head*). Kepala pembagi (lihat Gambar 12) ini biasanya digunakan untuk memegang benda kerja silindris, terutama untuk keperluan:

- a) Membuat segi banyak

- b) Membuat alur pasak
- c) Membuat roda gigi (lurus, *helix*, payung)
- d) Membuat roda gigi cacing

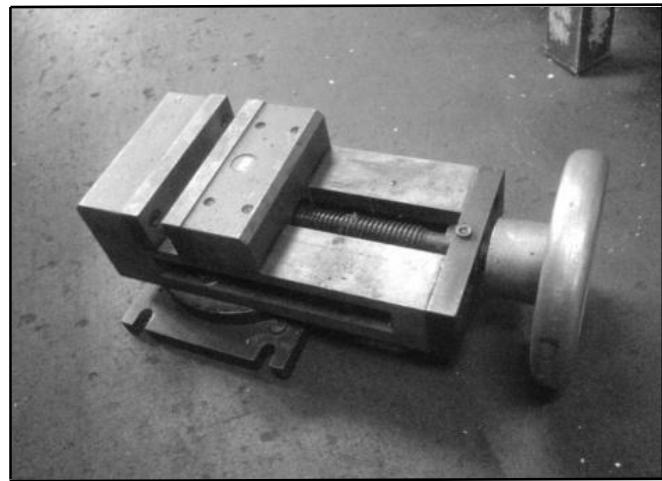


Gambar 12. Kepala pembagi

- 6) Alat pencekam dan pemegang benda kerja pada mesin frais

Alat pemegang benda kerja pada mesin frais berfungsi untuk memegang benda kerja yang sedang disayat oleh pahat frais. Pemegang benda kerja ini biasanya dinamakan ragum.

Ragum tersebut diikat pada meja mesin frais dengan menggunakan baut T. Jenis ragum cukup banyak, penggunaannya disesuaikan dengan bentuk benda kerja yang akan dikerjakan di mesin. Untuk benda kerja berbentuk balok atau kubus, ragum yang digunakan adalah ragum sederhana atau ragum universal. Alat pencekam pada mesin frais dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Alat pencekam pada mesin frais

7) Macam-macam pahat/pisau mesin frais

a) Pisau frais lurus (*Plain milling cutter*)

(1) Pisau lurus untuk pemotongan ringan (*Light duty plain milling machine*), lihat Gambar 14.

Pisau ini pada umumnya digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan ringan. Bentuk gigi dari pisau ini pada umumnya berupa gigi lurus maupun gigi miring/helik. Gigi *helik* biasanya mempunyai sudut 25° . Gigi-gigi pisau ini pada umumnya kecil dengan *pitch* kecil pula. Pisau ini didesain untuk pemotongan ringan dengan kecepatan sedang.



Gambar 14. *Light duty plain milling*

(2) Pisau lurus untuk pemotongan kasar/berat (*Heavy duty plain milling cutter*), lihat Gambar 15.

Pisau ini dibuat lebih besar dan lebar dengan diameter 3" biasanya terdiri dari 8 gigi dan untuk diameter 4" biasanya 10 gigi. Sudut kemiringan gigi pisau antara 25° - 45° . Pisau ini didesain untuk pekerjaan kasar.



Gambar 15. *Heavy duty plain milling cutter*

(3) Pisau rata *helik* (lihat Gambar 16)

Pisau ini mempunyai jumlah gigi yang lebih sedikit dan lebih kasar dari pada pisau rata untuk pekerjaan berat/kasar. Pisau rata *helik* dengan diameter 3" biasanya mempunyai jumlah gigi 4.



Gambar 16. *Helical plain cutter*

(4) Pisau Sisi (*Side milling cutter*)

Side milling cutter sama dengan *plain milling cutter* namun pada salah satu sisi atau kedua sisi terdapat mata potong/mata pisau. Macam-macam pisau sisi (*side milling cutter*) antar lain:

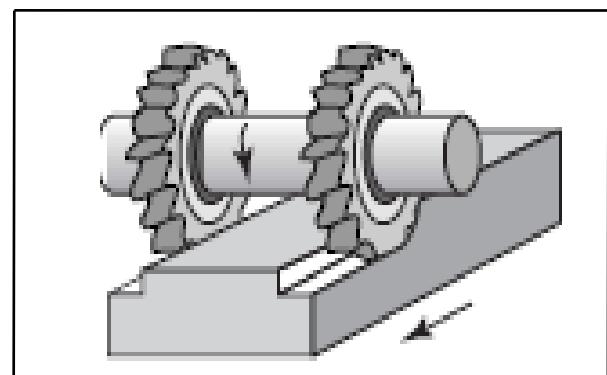
- (a) Pisau sisi lurus (*Plain side milling cutter*) dengan sisi lurus pada sisi muka dan kedua sisi sampingnya seperti pada Gambar 17.



Gambar 17. *Plain side milling cutter*

- (b) Pisau setengah sisi (*Half side milling cutter*)

Pisau setengah sisi (lihat Gambar 18) mempunyai gigi *helik* pada sisi muka dan gigi potong pada satu sisi samping.



Gambar 18. *Half side milling cutter*

(c) Pisau *staggered* (*Staggered tooth side milling cutter*),

lihat Gambar 19.

Pisau *staggered* ini dianjurkan untuk pemotongan kasar, alur dan slotting.



Gambar 19.
Staggered tooth side milling cutter

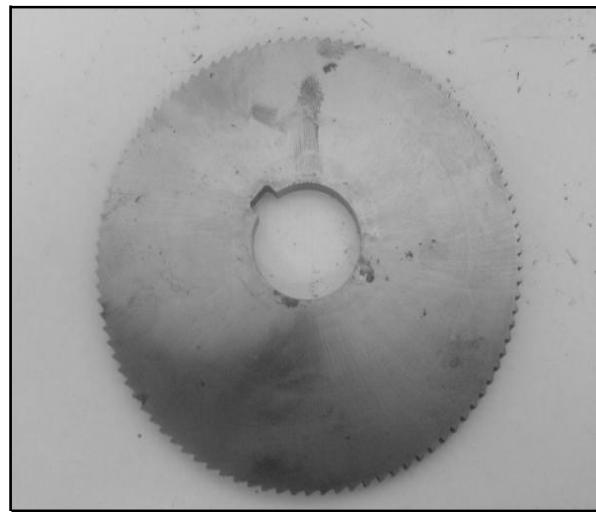
b) Pisau potong/gergaji (*Metal slitting saw*)

Pisau ini didesain untuk operasi pemotongan dan pemotongan alur sempit (*narrow slot*). Untuk pemotongan yang dalam diperlukan kelonggaran (*clearance*) samping yang mencukupi. Beberapa macam pisau gergaji antara lain:

(1) Pisau gergaji lurus (*Plain metal slitting saw*)

Plain metal slitting saw (lihat Gambar 20) merupakan pisau yang paling tipis dengan sisi lurus dan pada sisi sampingnya dibuat tirus masuk. Hal ini digunakan untuk mencegah terjadinya tekanan pada sisi pisau. Gigi-gigi pisau harus tajam dan mempunyai jumlah yang lebih banyak daripada pisau muka lurus (*plain*

milling cutter), namun demikian kecepatan pemakanan (*feeding*) harus lebih rendah, biasanya $1/8$ hingga $1/4$ dari *feeding* yang digunakan pada pisau lurus. Pisau gergaji jurus biasanya dibuat dengan ketebalan $1/32''$ sampai dengan $3/16''$ dengan diameter $2\frac{1}{2}''$ sampai $8''$.



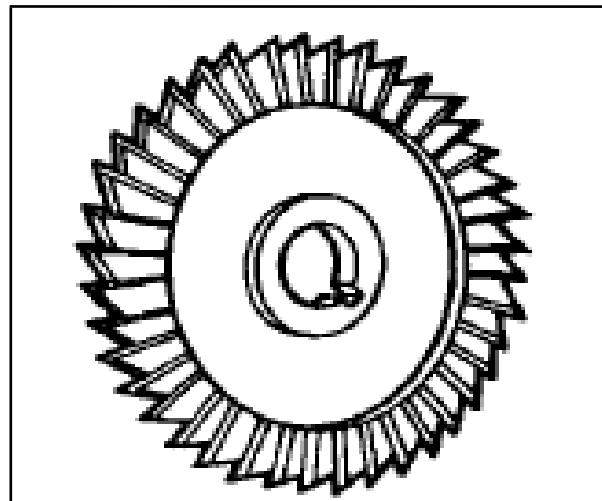
Gambar 20. *Plain metal setting saw*

(2) Pisau potong dengan gigi samping (*Metal slitting saw with side teeth*)

Pisau ini mempunyai bentuk yang sama dengan pisau sisi. Pada sisi samping diberi kelonggaran beram untuk melindungi dan mencegah pisau dari tekanan dan jepitan sewaktu pengoperasian. Pisau ini dibuat dengan tebal $1/16''$ sampai $3/16''$ dan diameter dari $2\frac{1}{2}''$ sampai $8''$. Pisau ini diajurkan untuk membuat alur yang dalam dan proses pemotongan.

(3) Pisau potong *staggered* (*staggered tooth metal slitting saw*), lihat pada Gambar 21.

Pisau ini mempunyai bentuk yang sama dengan pisau *staggered*. Pisau ini dianjurkan untuk memotong lebar $3/16''$ dan selebihnya, dan bisa pula untuk pemotongan yang lebih tajam. Biasanya pisau ini mempunyai lebar $3/16''$ hingga $1/4''$ dengan diameter $3''$ sampai $8''$.



Gambar 21. *Staggered tooth metal slitting*

(4) Pisau alur sekrup (*Screw sloting cutter*)

Pisau alur sekrup adalah pisau potong khusus yang didesain untuk memotong alur dalam kepala baut. Pisau ini juga dapat digunakan untuk pemotongan ringan seperti *tube copper*, ring piston dan benda sejenisnya. Pisau ini mempunyai *fine feeds*. Pada sisi pisau ini dibuat lengkung lurus dan sejajar. Pisau ini mempunyai lebar berkisar

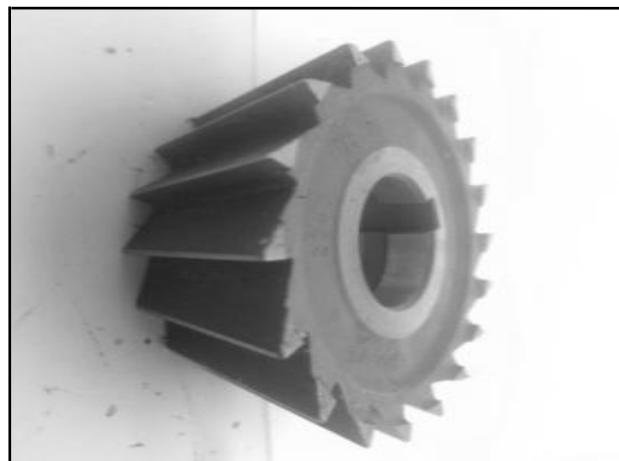
antara $0,020''$ sampai $0,182''$ dan diameter maksimal $2\frac{3}{4}''$.

c) Pisau Sudut (*Angular milling cutter*)

Pisau sudut digunakan untuk pemotongan sudut. seperti pemotongan alur V, ekor burung, serrations, dan gigi reamer. Terdapat dua macam pisau sudut yaitu:

(1) Pisau sudut tunggal (lihat Gambar 22)

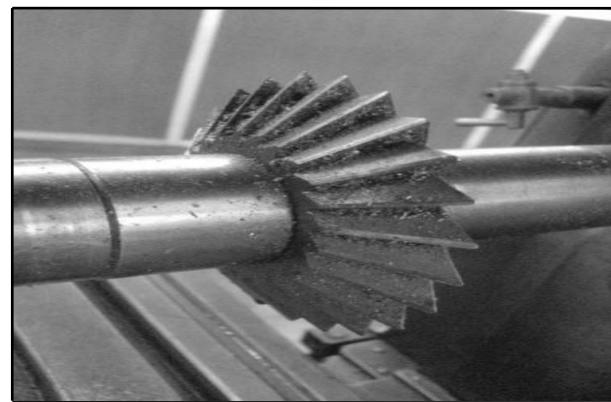
Pisau ini mempunyai satu sisi permukaan sudut. Pisau ini digunakan pada pembuatan alur ekor burung, *notches* pada roda *ratchet* dan oprasional sejenis. Sudut pisau ini pada umumnya antara 45° - 60° .



Gambar 22. Pisau sudut tunggal

(2) Pisau sudut ganda (lihat Gambar 23)

Pisau sudut ganda digunakan untuk membuat alur V. Pisau ini mempunyai bentuk sisi V dan biasanya dibuat dengan sudut 45° - 60° , atau 90° .



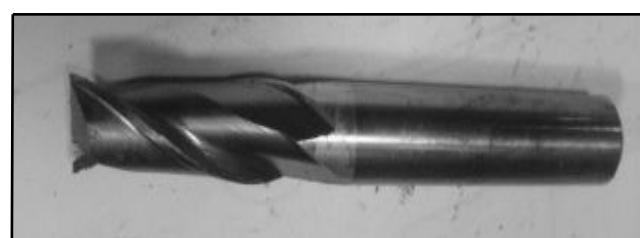
Gambar 23. Pisau sudut ganda

- d) Pisau Jari (*End mill cutter*)

End mill cutter merupakan pisau solid dengan sisi dan gagang yang menjadi satu. *End mill cutter* sebagian besar digunakan pada mesin frais vertikal meskipun tidak menutup kemungkinan dipakai pada mesin frais horizontal. Macam-macam pisau *end mill cutter* tersebut antara lain:

- (1) *End mill cutter* dua mata (*two flute*), lihat Gambar 24

Pisau ini hanya mumpuni untuk memotong selubungnya. Ujung sisi didesain untuk dapat memotong hingga ke center. Pisau ini dapat digunakan sebagai alat bor dan dapat pula digunakan untuk membuat alur.



Gambar 24. *End mill* dua mata (*Two flute*)

(2) *End mill cutter* dengan mata potong jamak

Pisau ini mempunyai tiga, empat, enam, atau delapan sisi potong dan biasanya mempunyai diameter di atas 2”.

(3) *Ball end mill* (lihat Gambar 25)

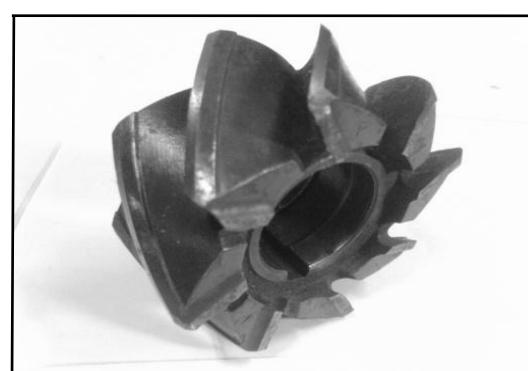
Pisau ini digunakan untuk pengefraisan fillet atau alur dengan radius pada permukaannya, untuk alur bulat, lubang, bentuk bola dan untuk semua penggeraan bentuk bulat.



Gambar 25. *Ball end mill*

(4) *Shell end mill* (lihat Gambar 26)

Pisau ini mempunyai lubang untuk pemasangannya pada arbor pendek. Gigi-gigi pisau ini biasanya berbentuk helik. Pisau ini dibuat lebih besar ukurannya dari pada pisau solid dan biasanya berukuran $1\frac{1}{4}$ sampai 6”.

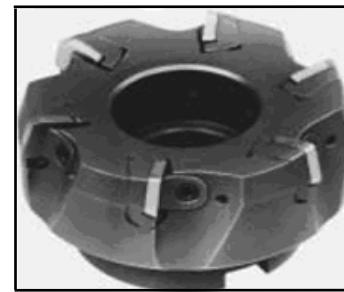


Gambar 26. *Shell end mill*

- e) Pisau muka (*Face mill cutter*), lihat pada Gambar 27

Adalah pisau bentuk khusus dari pisau *end mill* besar.

Pisau ini dibuat dengan ukuran 6" atau lebih. *Face mill cutter* biasanya mempunyai mata potong sisi (*inserted*).



Gambar 27.
Pisau muka (*Face mill cutter*)

- f) *T-Slot milling cutter* (lihat Gambar 28)

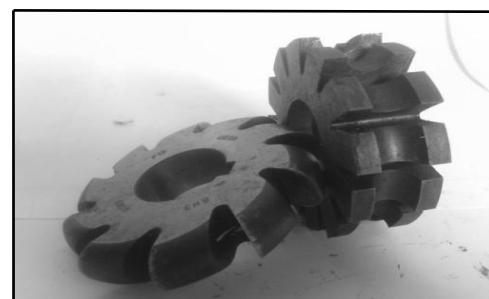
T-Slot milling cutter merupakan pisau tipe *end mill* khusus yang didesain untuk pemotongan alur T.



Gambar 28. *T-Slot milling cutter*

- g) *Fly cutter* (lihat Gambar 29)

Fly cutter terdiri dari satu atau lebih bentuk gigi dalam satu pisau. Dalam penggunaannya sama dengan proses pengeboran.



Gambar 29. Pisau cekung dan pisau cembung

e. **Mesin slotting** (lihat Gambar 30)

Mesin *slotting* pada hakikatnya adalah mesin sekrap vertikal.

Mesin *slotting* ini digunakan untuk pemotongan dalam, menyerut dan bersudut serta untuk penggerjaan permukaan-permukaan yang sukar dijangkau.

Gerakan pahat dari mesin ini naik turun secara vertikal, sedangkan benda kerja bisa bergeser ke arah memanjang dan melintang. Mesin jenis ini juga dilengkapi dengan meja putar, sehingga dengan mesin ini bisa dilakukan penggerjaan pembagian bidang yang sama besar. Dalam proses pembuatan *roller* pada alat/mesin penggeroll pipa mesin *slotting* digunakan untuk membuat alur pasak.

Jenis gerakan pada mesin *slotting* adalah:

1. Gerakan utama

Gerakan utama pada mesin *slotting* ini merupakan gerakan maju dan mundur. Gerak maju disebut langkah kerja, gerak mundur disebut langkah tidak kerja.

2. Gerakan *feeding*

Gerakan *feeding* merupakan gerakan pemakanan. Gerakan ini menghasilkan ketebalan tatal yang dipotong.

3. Pengaturan dalamnya pemotongan

Pengaturan ini menghasilkan kedalaman pemotongan yang erat kaitannya dengan perencanaan waktu pemesinan.



Gambar 30. Mesin *slotting*

2. Alat-alat bantu dan alat-alat ukur pemesinan

- Jangka sorong/*vernier caliper* (lihat Gambar 31)

Vernier caliper atau juga disebut jangka sorong adalah alat ukur presisi, sehingga dapat digunakan untuk mengukur benda kerja secara presisi dengan tingkat ketelitian 1/100 mm. ketelitian dari alat ukur ini biasanya 5/100 mm.



Gambar 31. Jangka sorong

b. *Micrometer*

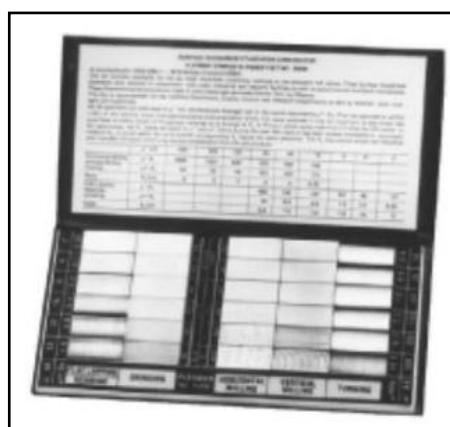
Micrometer adalah alat ukur yang dapat melihat dan mengukur benda dengan satuan ukur yang memiliki ketelitian sampai 0.01 mm.

Berdasarkan penggunaannya micrometer dibedakan menjadi:

- 1) *Micrometer* luar
- 2) *Micrometer* dalam
- 3) *Micrometer* kedalaman

c. *Rugo test* (lihat Gambar 32)

Rugo test adalah alat ukur kekasaran permukaan. Cara penggunaannya adalah dengan cara membandingkan kekasaran permukaan benda kerja dengan kekasaran permukaan yang ada pada *rugo test*.



Gambar 32. *Rugo test*

d. Mal ulir

Mal ulir digunakan untuk menentukan ulir dari suatu baut atau mur. dengan mencocokkan antara mal dengan ulir yang akan ditiru kemudian digunakan pada penyetelan panel mesin bubut. Hal ini

penting dilakukan dalam pembentukan ulir pada benda kerja agar memiliki hasil yang sama antara master produk dengan benda kerja.

e. Kunci *chuck* (lihat Gambar 33)

Kunci *chuck* merupakan salah satu alat perkakas yang biasanya digunakan pada mesin bubut. Fungsi kunci *chuck* sebagai alat pengunci pada benda kerja yang dicekam di rahang tetap.

Kunci *chuck* mengunci benda kerja yang akan dibuat dengan kuat agar saat benda kerja berputar tetap senter dan simetris. Penguncian dilakukan pada ujung *chuck* yang dimasukkan pada lubang rahang tetap dan dikunci dengan kuat.



Gambar 33. Kunci *chuck*

f. Senter bor (lihat Gambar 34)

Senter bor digunakan untuk membuat lubang senter diujung benda kerja sebagai tempat kedudukan senter putar atau senter tetap yang kedalamannya disesuaikan dengan kebutuhan yaitu sekitar 1/3 sampai 2/3 dari panjang bagian yang tirus pada bor senter tersebut.

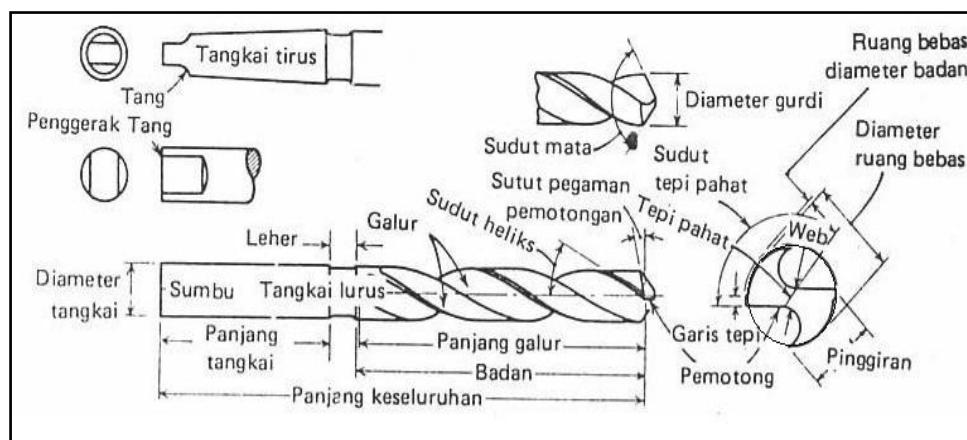
Pembuatan lubang senter pada benda kerja diperlukan apabila memiliki ukuran yang relatif panjang atau untuk mengawali pekerjaan pengeboran.



Gambar 34. Senter bor

g. Mata bor (lihat Gambar 35)

Mata bor adalah perkakas potong yang digunakan untuk membuat lubang pada benda kerja. Mata bor biasanya dipasangkan pada *drill chuck* atau *drl sleeve* agar bisa dipasang pada mesin bubut. Tetapi ada beberapa mata bor yang sudah didesain dapat langsung dipasang pada mesin bubut tanpa menggunakan *drill chuck*.



Gambar 35. Mata bor

h. Ragum (lihat Gambar 36)

Ragum adalah alat untuk menjepit benda kerja. Untuk membuka rahang ragum dilakukan dengan cara memutar tangkai/tuas pemutar ke arah kiri (berlawanan arah jarum jam) sehingga batang berulir akan menarik landasan tidak tetap pada rahang tersebut, demikian pula sebaliknya untuk pekerjaan pengikatan benda kerja, tangkai pemutar diputar ke arah kanan (searah jarum jam).



Gambar 36. Ragum

3. Keselamatan kerja

Keselamatan kerja adalah keselamatan yang berhubungan dengan pekerja atau operator, mesin, alat-alat kerja, bahan dan pengelolaannya, landasan tempat kerja dan lingkungannya serta cara-cara melakukan pekerjaannya. Sebelum bekerja pada suatu mesin kita harus mempertimbangkan dan selalu mengingat akan keselamatan kerja, sehingga program kerja akan berjalan dengan lancar sesuai SOP (*Standard Operation Procedure*).

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menjaga keselamatan kerja adalah dengan menjauhkan jari-jari tangan dari alat atau benda kerja yang berputar, pasanglah selalu benda kerja dan alat potong pada mesin dengan kuat. Jangan menghentikan bagian mesin yang masih berputar dengan tangan, jangan meninggalkan mesin pada saat mesin masih beroperasi (*on*) dan perhatikan dalam menempatkan alat bantu seperti jangka sorong, kunci *chuck*, dan alat bantu lainnya. Selain itu untuk menghindari kecelakaan kerja pada saat bekerja, gunakanlah alat-alat keselamatan sebagai berikut:

a. Pakaian kerja/*wearpack* (lihat Gambar 37)

Pada saat bekerja di bengkel kita harus menggunakan pakaian kerja. Ini dilakukan untuk menjaga keselamatan tubuh dari kecelakaan yang tidak diinginkan. Saat penggeraan di bengkel pakaian kerja akan melindungi dari beram (tatal) panas yang melayang saat operator mengoperasikan mesin. Di samping itu, pakaian kerja juga dipakai untuk mencegah kotoran dan hal-hal lain yang dapat menyebabkan kecelakaan kerja bagi operator.

Oleh karena itu, pakaian kerja yang digunakan operator tidak boleh mengganggu pergerakan tubuh operator dan jenis kainnya juga tidak menimbulkan rasa panas saat dipakai. Selain itu, pakaian kerja yang dipakai juga harus dalam keadaan rapi dan baik kondisinya. Bagian pakaian kerja yang sobek dapat tersangkut pada bagian-bagian mesin yang bergerak. Kancing baju

juga harus rapi, lengan baju kerja tersebut juga lebih baik jika dibuat pendek diatas siku terutama untuk operator pada mesin bubut dan skrap.



Gambar 37. Pakaian kerja dan kelengkapannya

b. Sepatu kerja/*safety shoes* (lihat Gambar 38)

Sepatu kerja digunakan untuk menjaga keselamatan kaki dari tusukan benda tajam yang ada di sekitar bengkel. Jenis sepatu kerja yang digunakan adalah sepatu biasa dengan bahan kulit bersol karet. Sol dari karet ini berfungsi agar operator tidak terpeleset jika permukaan lantai bengkel licin akibat oli atau minyak pelumas. Pada bagian ujung sepatu tersebut dilapisi

dengan baja yang fungsinya untuk melindungi kaki jika tertimpa benda-benda yang berat.



Gambar 38. Sepatu kerja/*safety shoes*

c. Sarung tangan

Alat ini digunakan untuk melindungi tangan dari kecelakaan kerja. Berdasarkan jenis bahannya, sarung tangan dikelompokkan sebagai berikut:

1) Sarung tangan kain (lihat Gambar 39)

Sarung tangan kain digunakan untuk memperkuat pegangan agar tidak meleset. Contohnya, pada saat memegang suatu benda yang berminyak dari bagian-bagian mesin atau bahan baja.

2) Sarung tangan asbes

Sarung tangan asbes digunakan untuk melindungi tangan terhadap bahaya pembakaran api. Sarung tangan ini

digunakan setiap pemegangan benda yang panas, seperti dalam pengelasan dan pekerjaan tempa



Gambar 39. Sarung Tangan Kain

d. Kaca mata pelindung (lihat Gambar 40)

Pada saat bekerja di bengkel pemesinan operator harus selalu menggunakan kacamata. Kaca mata berfungsi untuk melindungi mata operator dari beram (tatal) yang dihasilkan saat mesin dioperasikan. Pada pekerjaan dengan mesin yang lain, kacamata digunakan untuk melindungi mata dari panas yang dihasilkan dari mesin tersebut, sinar yang menyilaukan, dan juga dari debu. Contohnya adalah pada penggerjaan menggerinda, memahat, dan mengefrais.



Gambar 40. Kaca mata praktek