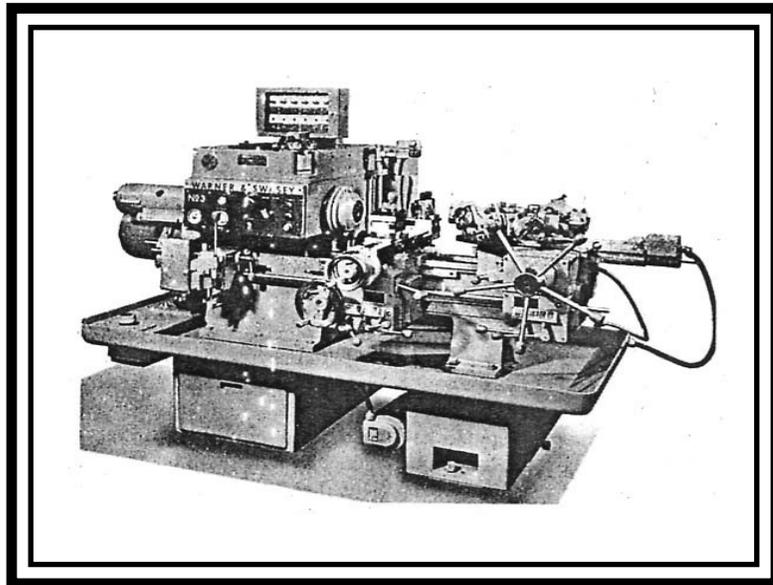


DIKTAT KULIAH
PROSES PRODUKSI II



FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DARMA PERSADA
2013

DIKTAT KULIAH

PROSES PRODUKSI II

Disusun :

ASYARI DARYUS

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Darma Persada
Jakarta.

KATA PENGANTAR

Untuk memenuhi buku pegangan dalam perkuliahan, terutama yang menggunakan bahasa Indonesia dalam bidang teknik, maka kali ini penulis menyempatkan diri untuk ikut membuat sebuah buku/diktat yang bisa digunakan oleh mahasiswa teknik, terutama mahasiswa jurusan teknik mesin dan teknik industri. Kali ini penulis menyiapkan diktat yang ditujukan untuk mata kuliah Proses Produksi II.

Dalam penyusunan buku ini penulis berusaha menyesuaikan materinya dengan kurikulum di jurusan Teknik Mesin dan Teknik Industri, Universitas Darma Persada Indonesia.

Perlu ditekankan bahwa buku ini belum merupakan referensi lengkap dari pelajaran Proses Produksi II, sehingga mahasiswa perlu untuk membaca buku-buku referensi lain untuk melengkapi pengetahuannya tentang materi buku ini.

Akhir kata, mudah-mudahan buku ini bisa menjadi penuntun bagi mahasiswa dan memberikan manfaat sebagaimana yang diharapkan. Tak lupa penulis mengucapkan banyak-banyak terima-kasih kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu dalam penyelesaian pembuatan buku ini.

Jakarta, 29 Juni 2013

IR. ASYARI DARYUS SE. MSc.

DAFTAR ISI

BAB 1. Metrologi.	1
BAB 2. Elemen Dasar Mesin Perkakas.	27
BAB 3. Teori Memotong Logam.	44
BAB 4. Mesin Bubut.	59
BAB 5. Mesin Penggurdi dan Pengebor.	82
BAB 6. Mesin Fris dan Pemotong Fris.	104
BAB 7. Mesin Ketam dan Mesin Serut.	118
BAB 8. Jig Dan Fixture.	130

BAB I

METROLOGI

Metrologi : adalah ilmu tentang pengukuran.

KONSEP PENGUKURAN

Menurut SI :

Besaran	Satuan	Lambang SI	Rumus
Satuan Dasar			
Panjang	meter	m	
Massa	kilogram	kg	
Waktu	sekon	s	
Arus	amper	A	
Temperatur termodinamika	kelvin	K	
Jumlah zat	mole	mol	
Intensitas cahaya	kandela	cd	
Satuan tambahan			
Sudut bidang	radian	rad	
Sudut ruang	steradian	sr	
Satuan yang diturunkan			
Percepatan	meter per sekon kwadrat		m/s^2
Percepatan sudut	radian per sekon kwadrat		rad/s^2
Kecepatan sudut	radian per sekon		rad/s
Luas	meter kwadrat		m^2
Berat jenis	kilogram per meter kubik		kg/m^3
Kapasitas listrik dsb	farad	F	

Ketelitian atau Kebenaran : tingkat kesesuaian besaran yang diukur atau dihitung terhadap standar yang diakui.

Presisi : mampu ulang (repeatability) proses pengukuran atau kesamaan nilai ukuran dari pengukuran yang dilakukan berulang dalam kondisi yang sama.

Kepekaan (sensitivity) : kemampuan untuk membedakan perbedaan nilai ukuran terkecil sewaktu mengukur.

DIMENSI DAN TOLERANSI

Untuk menunjukkan ketelitian ditambahkan suatu toleransi pada suatu ukuran.

Toleransi : besar variasi yang diperkenankan pada suatu bagian tertentu atau merupakan variasi total yang diijinkan pada dimensi tertentu.

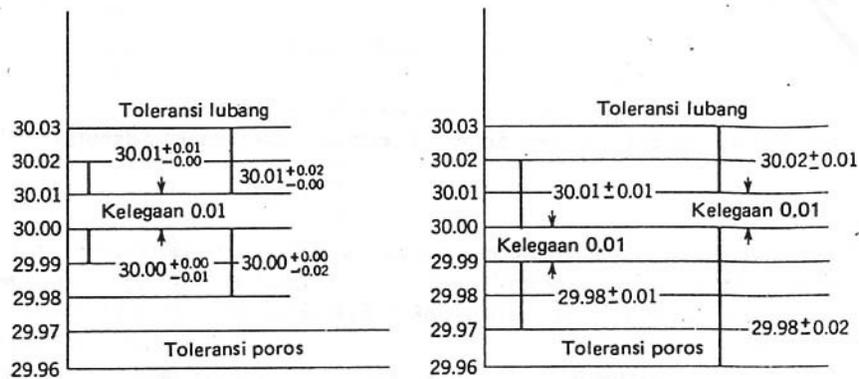
Contoh : Suatu poros mempunyai ukuran diameter nominal 63,5 mm, namun nilai ini sulit dipertahankan dalam produksi karena akan memakan biaya besar, oleh karena itu diberi toleransi tertentu, variasi sebesar $\pm 0,08$ mm dapat diterima. Dimensi dituliskan sebagai : $63,5 \pm 0,08$ mm.

Toleransi sepihak : variasi terhadap ukuran nominal hanya terdapat dalam satu arah saja.

misal : $40,00^{+0,07}_{-0,00}$

Toleransi dua pihak : variasi terhadap ukuran nominal terdapat dalam dua arah (positif atau negatif).

misal : $40,00 \pm 0,07$



Gambar 3. Contoh Toleransi sepihak dan toleransi dua pihak.

KENDALI MUTU

Pemeriksaan terhadap semua produk (100% dari setiap produk) akan memakan waktu dan mahal. Dengan teknologi pengawasan mutu memungkinkan pemeriksaan dilakukan secara matematik dan menetapkan apakah rangkaian produksi produk dapat diterima.

Langkah-langkah pengawasan mutu:

1. Periksalah serangkaian produk.
2. Ukurlah dimensi.
3. Hitunglah deviasi dimensi terhadap dimensi rata-rata.
4. Susunlah peta kontrol.
5. Gambarkan data pada peta kontrol.

Pemilihan sampel yang akan diukur harus dilakukan dengan bebas. Variasi ukuran pada produk bisa disebabkan oleh dua :

- a. *penyebab acak yang tak terelakkan.*
- b. *penyebab tetap yang dapat dikurangi*

Penyebab tetap dapat dikurangi karena mencakup faktor-faktor seperti alat perkakas yang tidak baik, cara pengukuran yang tidak baik, cacat bahan atau buruh yang tak terlatih.

Mencari harga *deviasi standar*, σ , ditentukan sebagai berikut :

1. Hitunglah harga rata-rata dimensi, setiap nilai disebut \bar{x}
2. Hitunglah harga deviasi standar dengan rumus berikut :

$$\bar{\sigma} = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n}}$$

dimana :

x_1, x_2, \dots, x_n = dimensi masing-masing sampel, mm

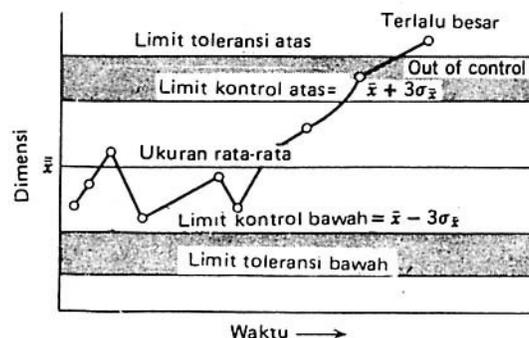
\bar{x} = dimensi rata-rata dari sampel

n = jumlah suku cadang dalam setiap sampel

3. Hitunglah harga deviasi rata-rata, dengan menggunakan jumlah subgrup, N .

$$\sigma = \frac{\sum \bar{\sigma}}{N}$$

Penyusunan peta kontrol dilakukan dengan menggambarkan dimensi rata-rata sampel sebagai fungsi waktu, limit kontrol atas dan limit kontrol bawah.



Gambar 4. Karakteristik peta kontrol.

Besar limit kontrol atas dan limit kontrol bawah dihitung menggunakan rumus : $A_1\sigma = 3 \cdot \sigma_x$. Harga $3 \cdot \sigma_x$ adalah suatu limit yang dapat diterima oleh industri.

Harga A_1 dihitung sbb:

Besar sampel	A_1
2 unit	3,76
3 unit	2,39
4 unit	1,88

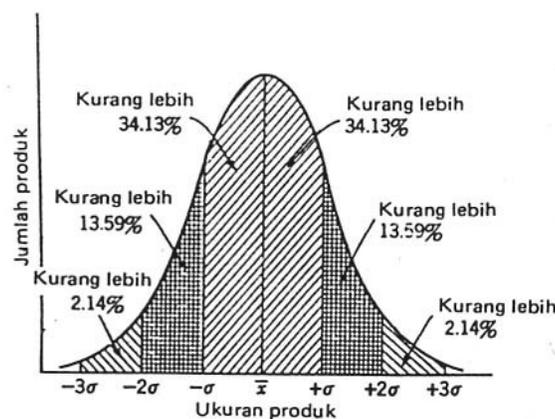
5 unit	1,60
10 unit	1,03

Limit toleransi selalu digambarkan di luar limit kontrol.

Setelah peta kontrol selesai, data-data dimasukkan dalam kurun waktu tertentu. Jika data tercatat diantara garis kontrol maka 99,73% dimensi produk memenuhi persyaratan. Berarti tidak lebih 3 dari 1000 produk yang tidak memenuhi persyaratan.

Bila titik-titik berada diluar garis kontrol, penyebabnya harus dicari dan diperbaiki dengan segera.

Bila ukuran-ukuran diamati selama kurun waktu tertentu akan diperoleh suatu kurva normal seperti gambar berikut:



Gambar 5. Distribusi normal dan jumlah (%) suku cadang yang memenuhi daerah limit sigma.

Contoh perhitungan :

Suatu pengukuran yang terdiri dari 11 kelompok dimana masing-masing kelompok terdiri dari 3 pengukuran, didapatkan hasil sebagai berikut :

Nomor	Dimensi Sampel			Ukuran rata-rata sampel \bar{x}	Deviasi $\bar{\sigma}$
	x_1	x_2	x_3		
1	2,495	2,501	2,499	2,498	0,00252
2	2,501	2,500	2,496	2,499	0,00216
3	2,501	2,495	2,498	2,498	0,00245
4	2,497	2,500	2,503	2,500	0,00252
5	2,497	2,503	2,501	2,500	0,00163
6	2,502	2,500	2,498	2,500	0,00141
7	2,499	2,499	2,496	2,498	0,00216
8	2,500	2,503	2,505	2,503	0,00141
9	2,500	2,497	2,499	2,498	0,00216

10	2,499	2,503	2,501	2,501	0,00163
11	2,503	2,497	2,501	2,500	0,00252
				$\Sigma \bar{x} = 27,495$	$\Sigma \bar{\sigma} = 0,02286$

Harga rata-rata :

$$\bar{x} = \frac{\Sigma \bar{x}}{N} = \frac{27,495}{11} = 2,500 \text{ mm}$$

dan Deviasi standar rata-rata:

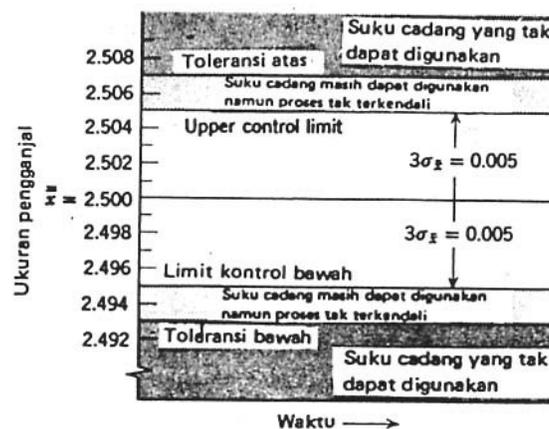
$$\bar{\sigma} = \frac{\Sigma \bar{\sigma}}{N} = \frac{0,02286}{11} = 0,002 \text{ mm}$$

Limit Kontrol Atas (LKA) dan Limit Kontrol Bawah (LKB) :

$$3. \sigma_x = A1 \frac{\bar{\sigma}}{\sigma} = 2,39 (0,002)$$

$$= 0,0048$$

$$\approx 0,005$$



Gambar 6. Limit control dan limit toleransi untuk pengganjal.

ALAT UKUR

Blok Ukur Presisi

Berbentuk persegi panjang, bulat atau persegi empat, mempunyai dua sisi sejajar dengan ukuran yang tepat.

Dibuat dari baja perkakas, baja khrom, baja tahan karat, khrom karbida atau karbida tungsten.

Digunakan sebagai pembandingan pengukuran ketelitian untuk mengukur perkakas, alat ukur dan die dan sebagai standar laboratorium induk untuk mengukur suatu ukuran selama produksi. Ketelitian berlaku hanya pada suhu 20 °C.

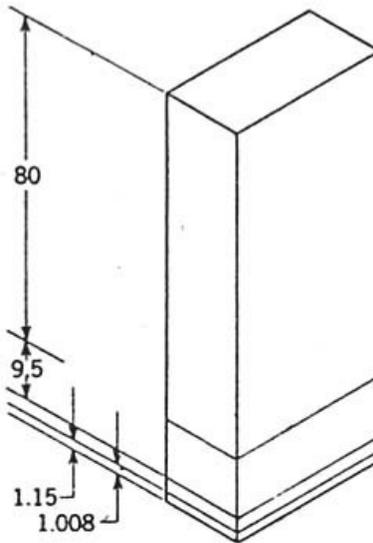
Ukuran blok ukur karbida yang terdiri dari 88 blok :

- 3 blok : 0,5 ; 1,00 ; 1,0005 mm
- 9 blok dengan imbuhan sebesar 0,001 mm mulai dari 1,001 hingga 1,009
- 49 blok dengan imbuhan sebesar 0,01 mm mulai dari 1,01 hingga 1,49 mm
- 17 blok dengan imbuhan sebesar 0,5 mm mulai dari 1,5 hingga 9,5 mm
- 10 blok dengan imbuhan sebesar 10 mm mulai dari 10 hingga 100 mm.

Contoh : bila diperlukan standar dimensi sebesar 91,658 mm maka dilakukan kombinasi blok seperti tabel berikut :

		Blok yang digunakan
Dimensi yang dikehendaki	= 91,658 mm	
Perseribu	= 1,008	1,008 mm
<hr/>		
Sisa	= 90,65	
Perseratus	= 1,15	1,15
<hr/>		
Sisa	= 89,5	
Persepuluh	= 9,5	9,5
<hr/>		
Sisa	= 80	
Satuan	= 80	80
<hr/>		
Sisa	= 0	91,658
		<hr/>

Gambar susunan blok :



Gambar 7. Susunan blok ukur hingga mencapai 91,658 mm.

Klasifikasi Alat Ukur

Alat Ukur diklasifikasikan sebagai berikut :

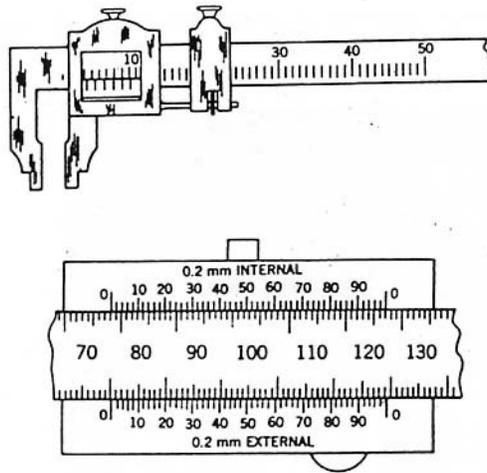
I. Pengukuran linier

- A. Pembacaan langsung
 1. Penggaris
 2. Perangkat kombinasi
 3. Pengukur kedalaman
 4. Kaliper Vernir
 5. Mikrometer
 6. Mesin Ukur
 - a. mekanik
 - b. optik
- B. Instrumen Pengukur pembandingan
 1. Kaliper dan Pembagi
 2. Pengukur teleskop

II. Pengukuran sudut

- A. Protaktor
 - B. Batang Sinus
 - C. Perangkat Kombinasi
 - D. Blok Pengukur Sudut
 - E. Kepala Bagi
- ### III. Pengukur Kerataan Permukaan
- A. Sipat
 - B. Perangkat Kombinasi
 - C. Alat ukur permukaan
 - D. Meterprofil
 - E. Optimal plat
- ### IV. Pengukur Serbaguna Khusus
- A. Pneumatik
 - B. Listrik
 - C. Elektronik
 - D. Laser

Kaliper Vernier



Gambar 8. Kaliper vernier.

Digunakan untuk mengukur dimensi bagian dalam dan luar suatu benda. Vernier terdiri dari bilah utama dan bilah pembantu.

Bilah Utama dibagi dalam milimeter. Bilah pembantu dibagi 100.

100 garis pada bilah pembantu sama dengan 49 milimeter pada bilah utama. Jadi panjang satu garis pada bilah pembantu adalah = $49/100$ mm. Bila suatu garis bilah pembantu berhimpit dengan suatu tanda pada skala utama, maka harga ukurnya adalah jumlah skala dihitung dari angka 0 x 0,02 mm.

Misal : Garis yang berhimpit pada bilah utama adalah garis keempat seperti gambar diatas.

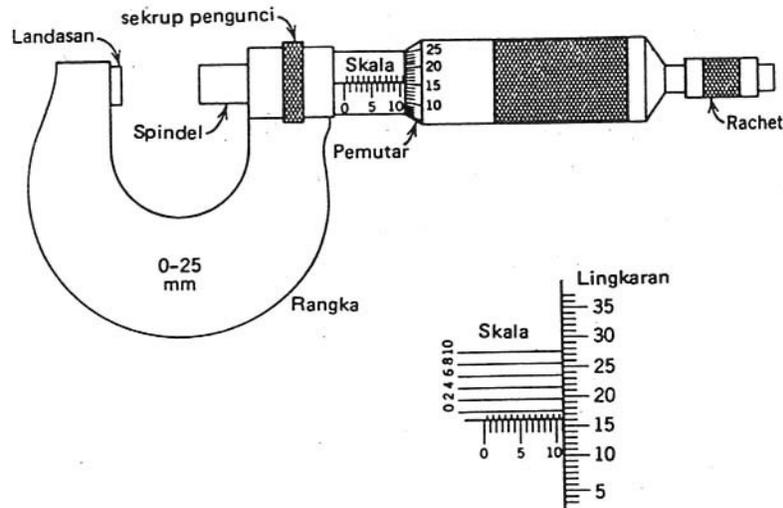
Untuk pengukuran dalam :

$$\begin{array}{rcl} \text{Skala Utama} & = 70 + 8 & = 78,00 \text{ mm} \\ \text{Vernier} & = 4 \text{ garis} \times 0,02 & = 0,08 \text{ mm} \\ \hline \text{ukuran dalam} & & = 78,08 \text{ mm} \end{array}$$

Untuk pengukuran luar :

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Skala Utama} & = 70 + 0 & = 70,00 \text{ mm} \\
 \text{Vernier} & = 4 \text{ garis} \times 0,02 & = 0,08 \text{ mm} \\
 \hline
 \text{ukuran dalam} & & = 70,08 \text{ mm}
 \end{array}$$

Mikrometer



Gambar 9. Mikrometer dengan kemampuan ukur dari 0 sampai 25 mm.

Mikrometer mempunyai ketelitian 0,002 mm dan pengukuran bisa dilakukan dengan cepat.

Mikrometer terdiri dari sekrup yang berskala samapi 50 dimana setiap skala bernilai 0,01 mm. Disamping itu terdapat skala linier pada barrel yang mempunyai skala 1 mm untuk bagian bawah dan 0,5 mm untuk bagian atas.

Cara membaca skala pada mikrometer :

Pertama-tama perhatikan bilangan bulat pada skala utama barrel, lalu perhatikan apakah terbaca skala setengah milimeter pada bagian atas skala utama (ada kalanya dibawah), dan akhirnya bacalah skala perseratusan pada lingkaran.

Nilai ukuran dari gambar dibaca sbb :

$$\text{- Skala utama} = 10 \times 1,00 \text{ mm} = 10,00 \text{ mm}$$

$$\begin{array}{rcl}
- \text{Skala minor} & = 1 \times 0,50 \text{ mm} & = 0,50 \text{ mm} \\
- \text{Skala pemutar} & = 16 \times 0,01 \text{ mm} & = 0,16 \text{ mm} \\
\hline
\text{Nilai} & & = 10,66 \text{ mm}
\end{array}$$

Untuk memperhalus pembacaan mikrometer hingga 0,002 mm, barrel dilengkapi dengan vernir. Skala vernir terlihat pada gambar diatas pada bagian kanan bawah dimana vernir mempunyai skala dari 0 sampai 10. Setiap garis vernir mewakili dua perseribuan milimeter (0,002 mm). Untuk membaca mikrometer vernir perlu diperhatikan skala utama, skala minor dan skala pemutar, kemudian perhatikan garis vernir mana yang berhimpit dengan garis skala pemutar.

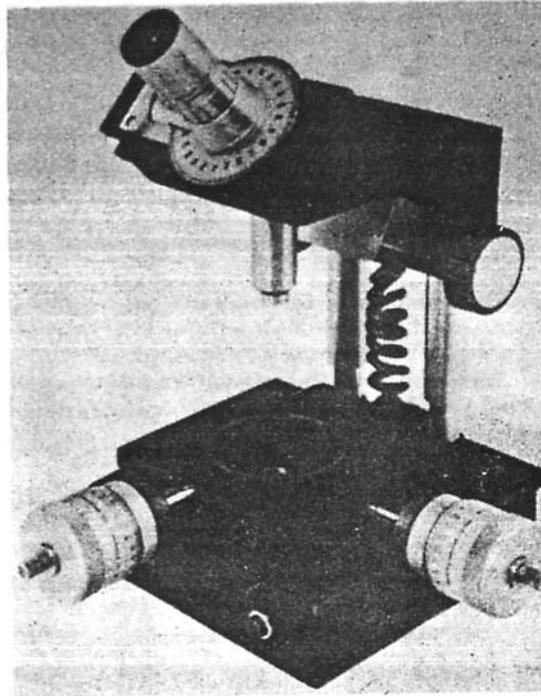
Dari gambar bagian diatas pada bagian bawah untuk skala mikrometer vernir bisa dihitung nilai ukuran sbb:

$$\begin{array}{rcl}
\text{Skala utama} & = 10 \times 1,00 \text{ mm} & = 10,00 \text{ mm} \\
\text{Skala minor} & = 1 \times 0,50 \text{ mm} & = 0,50 \text{ mm} \\
\text{Skala pemutar} & = 16 \times 0,01 \text{ mm} & = 0,16 \text{ mm} \\
\text{Skala vernir} & = 3 \times 0,002 \text{ mm} & = 0,006 \text{ mm} \\
\hline
\text{Nilai} & & = 10,666 \text{ mm}
\end{array}$$

Alat Optik

Alat ukur optik mempunyai ketelitian tinggi dan tidak menyentuh benda yang diukur. Sebuah mikroskop untuk mengukur alat perkakas dapat dilihat pada gambar dibawah ini dan bayangan pada alat ini tidak terbalik.

Bagian yang akan diukur diletakkan pada meja sorong, mikroskop difokuskan dan benda yang akan diukur diletakkan dibawah garis silang mikroskop. Ulir mikroskop diputar hingga ujung lainnya berada dibawah garis silang. Selisih antara kedua pembacaan adalah besaran yang diukur. Ketelitian mencapai 1 per 10.000.



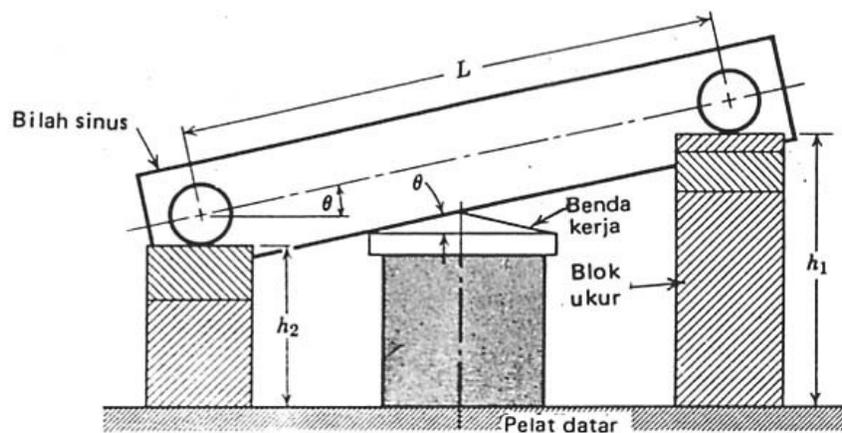
Gambar 10. Mikroskop pengukur perkakas.

Kaliper dan Pembagi

Kaliper/jangka digunakan untuk pengukuran kasar, baik untuk permukaan luar maupun dalam. Alat tidak mengukur secara langsung namun harus dicocokkan dengan penggaris atau alat ukur lainnya. Kaliper yang digunakan di bengkel adalah jenis *kaliper pegas* terdiri dari dua kaki dengan pegas yang dilengkapi mur dan baut untuk mengencangkannya. Pembagi terdiri dari dua kaki yang lurus dengan ujung yang tajam dan keras. Alat ini dipakai untuk mentransfer dimensi, membuat lingkaran dan menggambar bagan.

Bilah Sinus

Digunakan untuk mengukur sudut dengan teliti atau untuk mengukur kedudukan benda kerja. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan azas trigonometri. Hasil ukur dicari dengan menggunakan rumus :

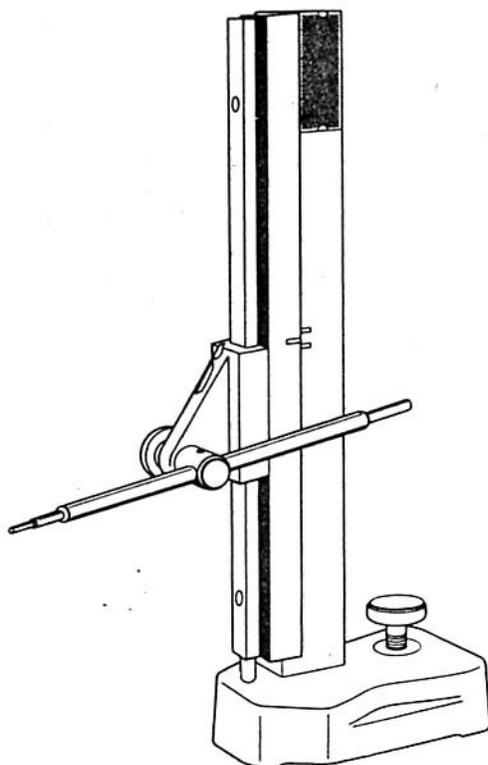


Gambar 12. Pasangan bilah sinus pada balok ukur untuk mengukur sudut pada benda kerja.

$$\sin \theta = \frac{h_1 - h_2}{L}$$

Tinggi h_1 dan h_2 diukur dengan balok ukur.

Pengukur Permukaan



Gambar 13. Alat pengukur ketinggian.

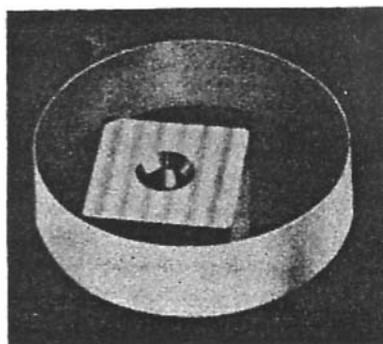
Pengukur permukaan atau pengukur tinggi bisa dilihat pada gambar di bawah ini. Alat ini bisa digunakan untuk menentukan kesejajaran permukaan dan untuk menggores ukuran pada bidang vertikal.

Pelat Rata Optik (Optical Flat)

Alat pelat rata optik digunakan untuk mengukur kekasaran permukaan. Alat ini terdiri dari lensa datar yang mempunyai kualitas tembus cahaya yang tinggi dengan permukaan yang dihaluskan dengan teliti. Pelat rata optik dibuat dengan ukuran diameter 25 sampai 300 mm dan ketebalan $\pm 1/6 \times$ diameternya.

Prinsip kerjanya adalah : pelat diletakkan diatas permukaan yang akan diuji kerataannya, berkas cahaya akan dipantulkan dari pelat optik dan dari permukaan yang diuji. Bila gelombang cahaya sefasa, tampak pita terang, bila terdapat perbedaan fasa, tampak pita gelap. Bila tebal lapisan udara $\frac{1}{2}$ panjang gelombang atau lebih terjadi efek interferensi. Interferensi antara berkas sinar yang dipantulkan oleh alas pelat optik dan permukaan benda kerja menyebabkan terjadinya cincin Newton.

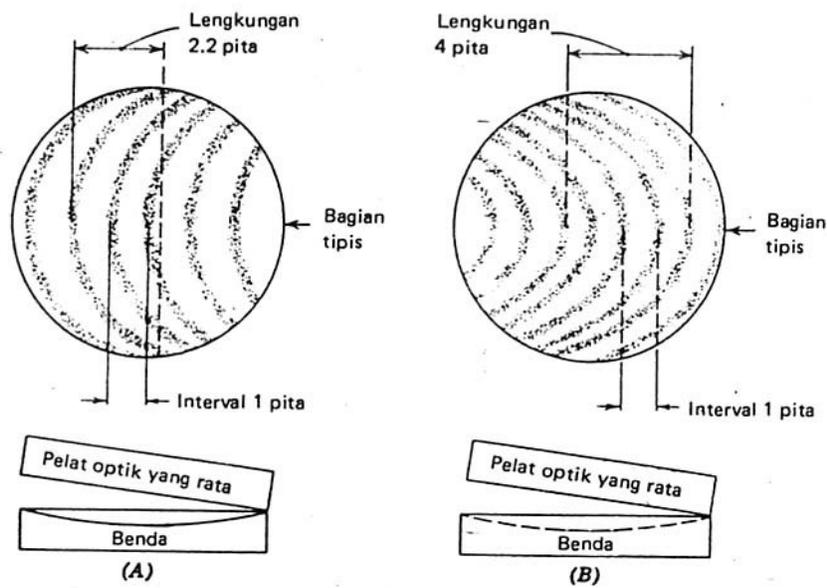
Bila permukaannya tak teratur, pola interferensi menyerupai peta kontur. Bila pita lurus dan jarak satu sama lainnya sama, serta sejajar dengan garis singgung maka permukaan benda uji sangat rata.



Gambar 14. Pola interferensi lurus yang dihasilkan oleh pelat optik menandakan bahwa permukaan benda rata sekali.

Bila pita lurus akan tetapi jarak antara pita tidak sama atau bila pita melengkung, permukaan benda uji tidak rata. Jika panjang gelombang cahaya diketahui, besar penyimpangan dapat dihitung. Cahaya yang digunakan biasanya cahaya monokromatik seperti helium fluoresen yang akan menghasilkan gambar pita yang tajam. Setiap pita menunjukkan perbedaan tinggi sebesar 295 nm atau setengah panjang gelombang helium.

Gambar 15. di bawah memperlihatkan dua benda uji yang diperiksa, sebuah mempunyai permukaan cekung dan yang lainnya cembung. Gambar A memperlihatkan setiap pita berubah kelengkungannya setiap dua interval, hal ini berarti bahwa benda uji lebih tinggi ditengah sebanyak $2,2 \times 295 \text{ nm} = 650 \text{ nm}$ karena kelengkungan pita mengarah ke bagian yang tipis. Pada gambar B terjadi sebaliknya. Lengkungan empat pita berarti permukaan $4 \times 295 = 1168 \text{ nm}$ lebih rendah dibagian tengah.



Gambar 15. Pengukuran lengkungan permukaan. A. Permukaan cembung, bagian tepi 650 nm lebih rendah. B. Permukaan bagian tengah cekung, 1168 nm lebih rendah.

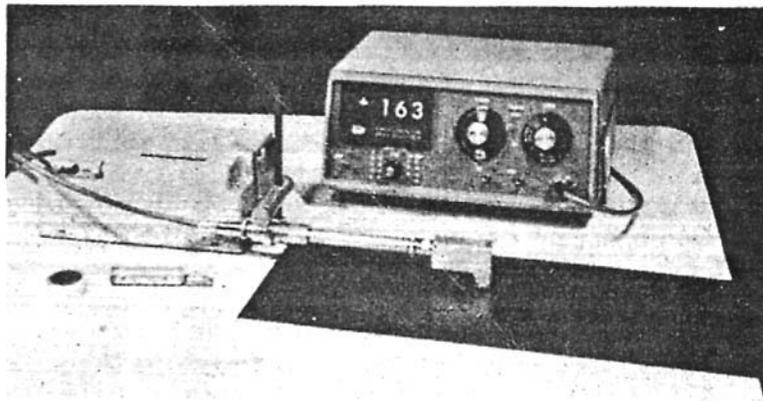
Kekasaran Permukaan



Gambar 16. Karakteristik permukaan dan lambang penandaan nilai maksimum.

Ketidak-rataan permukaan diperlihatkan pada gambar di atas.

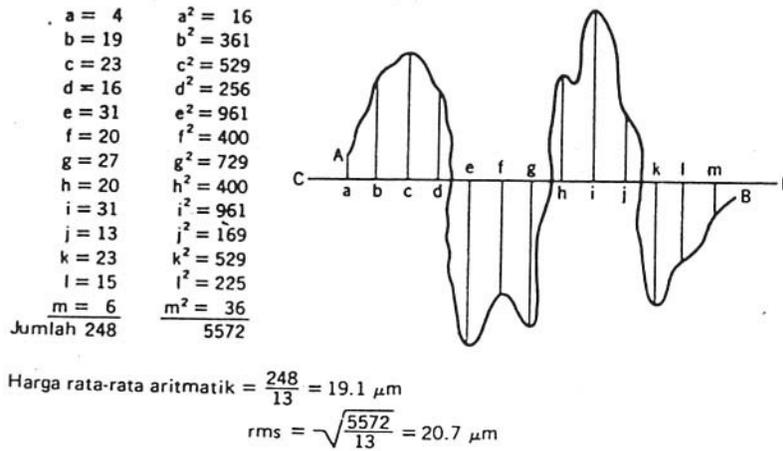
Alat untuk mengukur ketidak-rataan diperlihatkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 17. Alat pengukur permukaan termasuk pencacah transduser, amplifier dan indikator untuk mengukur kekasaran permukaan. Pembacaan skala dalam mikron.

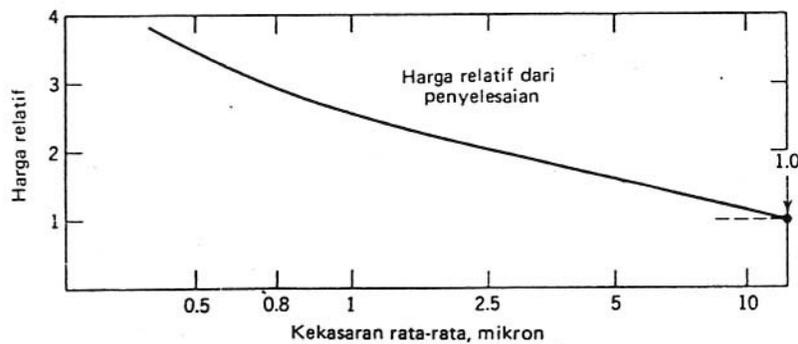
Alat tersebut dari jenis pencacah langsung yang mencatat kekasaran permukaan dalam mikron terhadap ketinggian tertentu yang ditentukan terlebih dahulu. Perangkat ini terdiri dari pencacah yang mengubah gerak vertikal menjadi tegangan listrik (volt), mesin penggerak (pilotor) yang menggerakkan jarum pencacah dan

amplimeter. Tegangan yang diterima amplimeter dibesarkan dan diolah sehingga hasilnya dapat dibaca. Instrumen mencatat perubahan kekasaran rata-rata terhadap garis referensi seperti digambarkan berikut ini.



Gambar 18. Hubungan antara harga rata-rata aritmatik dan akar kuadrat rata-rata yang digunakan sewaktu menentukan kekasaran permukaan.

Perancang dan produsen berkeinginan untuk membuat produk yang halus dan rata, namun makin halus dan rata permukaan produk maka makin tinggi biaya produksinya.



Gambar 20. Harga relatif penyelesaian permukaan.

Harga yang tinggi diakibatkan oleh mahalnya peralatan dan biaya tambahan untuk pengerjaan dan inspeksi. Biaya pengemasan dan perlindungan permukaan yang halus selama perakitan dan pengiriman juga tak kalah tingginya.

Cahaya Laser

Karena keunggulan sinar laser dimana sinar laser bisa menempuh jarak yang jauh tanpa terjadi penurunan kualitas, maka laser banyak digunakan pada alat ukur.

Sinar laser bisa mengukur dengan ketelitian sampai 100 nm. Banyak digunakan untuk menguji kelurusan, rata-rata, kesikuan dan kedataran suatu benda.

Laser gas helium-neon banyak digunakan untuk alat ukur inspeksi.

Interferometer laser digunakan untuk mengukur jarak. Alat ini terdiri dari tiga bagian : sumber energi, kombinasi laser dan interferometer, dan sebuah retrofektor. Suatu splitter-berkas meneruskan setengah cahaya laser ke retrofektor dan setengahnya lagi ditujukan ke foto detektor. Cahaya yang mengenai retrofektor dipantulkan kembali ke interferometer sehingga timbul garis-garis interferensi yang merupakan pola ukuran jarak.

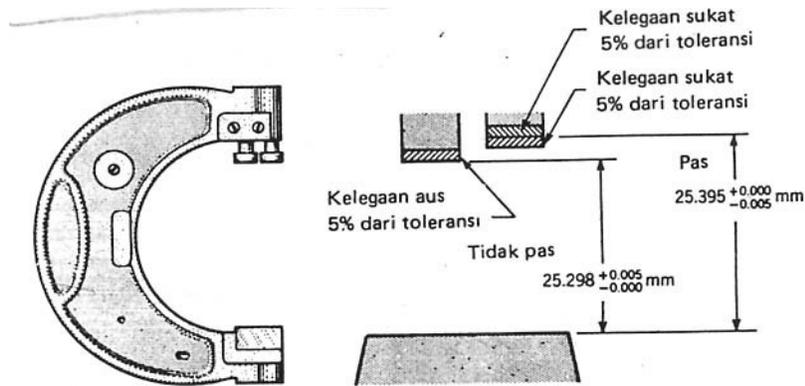
SUKAT (GAGES)

Gages atau Sukat adalah alat ukur yang mempunyai bentuk dan ukuran tetap. Karena itu pada alat ini tidak perlu penyetelan.

Sukat Snap

Sukat ini digunakan untuk pengukuran dimensi luar suatu benda.

Rangka sukat ini berbentuk U dan mempunyai rahang dengan permukaan ukur. Alat ukur snap ada yang bertipe pas dan bertipe tidak pas.

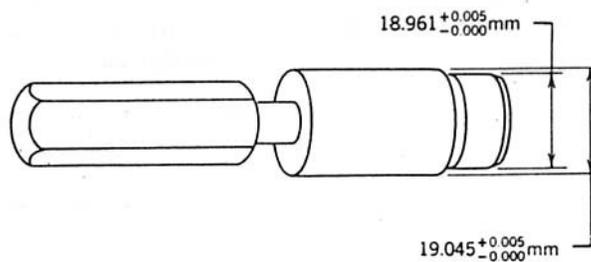


Gambar 11.22. Sukat snap yang dapat disetel untuk memeriksa dimensi sebesar
 $25,40 \begin{matrix} + 0,00 \\ - 0,10 \end{matrix} \text{ mm}$

Kelegaan alat ukur diatas umumnya adalah 10% dari toleransi produk dimana 5% untuk kelegaan produk dan 5% untuk kelegaan aus.

Sukat Lubang

Berbentuk silinder dan digunakan untuk mengontrol ukuran lubang. Pengecekan bisa dilakukan pada satu ujung atau pada kedua ujungnya.



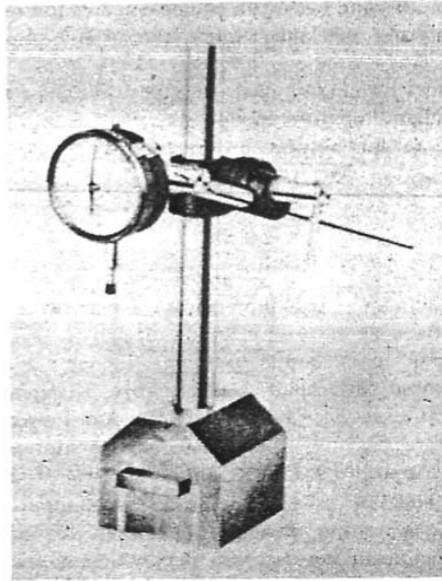
Gambar 11.23. Sukat lubang yang digunakan untuk mengecek lubang
 $19,05 \begin{matrix} + 0,00 \\ - 0,10 \end{matrix} \text{ mm}$

Jenis sukat lainnya : sukat ring, sukat tirus, sukat ulir, dan sukat tebal.

Sukat tirus untuk mengecek kemiringan lubang.

Sukat tebal atau pengukur celah digunakan untuk mengecek celah atau mengukur celah tempat-tempat sempit.

Jam Ukur

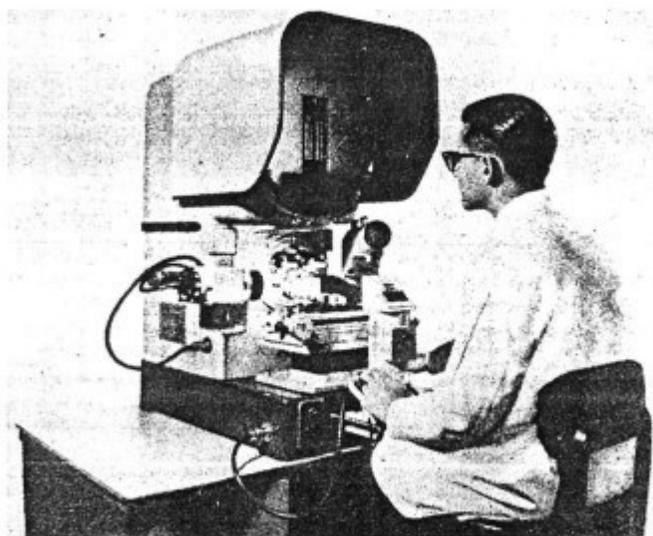


Gambar 24. Jam ukur dengan landasan magnet.

Alat ini terdiri dari spindel, jarum penunjuk, piringan yang berskala dan pemegang. Alat ini digunakan untuk mengukur ketidakteelitian dalam penyebarisan, eksentrisitas dan deviasi permukaan yang seharusnya paralel.

Gerakan spindel akan menggerakkan jarum penunjuk. Umumnya jangkauan gerak spindel sama dengan $2 \frac{1}{2}$ kali perputaran penunjuk.

Komparator Proyeksi



Gambar 25. Proyektor profil horisontal.

Prinsip kerja komparator proyeksi sama dengan lampu proyeksi. Benda diletakkan di muka sumber cahaya dan bayangannya akan diproyeksikan pada layar dengan pembesaran 20 X atau 50 X, atau bahkan sampai 100 X.

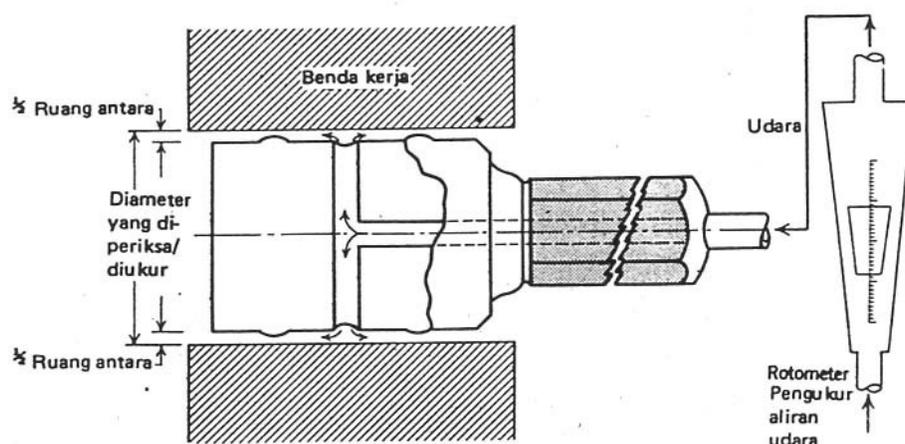
Objek yang akan diperiksa diletakkan sedemikian sehingga bila terkena cahaya bayangan kontur obyek akan terlihat pada layar.

Inspeksi kontur banyak dilakukan pada pembuatan perkakas, die, alat ukur dan berbagai produk seperti : jarum, gigi gergaji, ulir, perkakas pembentuk, tap dan roda gigi.

Sukat Pneumatik

Sukat pneumatik menggunakan bantuan udara tekan, dimana pengukuran dilakukan berdasarkan pencatatan jumlah aliran udara atau dengan mengukur tekanan udara ketika keluar dari pengukur tersebut.

Spindel udara mempunyai dua lubang kecil yang berhadap-hadapan. Aliran udara dipengaruhi oleh ruang antara benda kerja dan spindel. Perubahan dalam aliran dicatat oleh jarum yang telah dikalibrasi dan bisa mencatat sampai ketelitian seperseratus milimeter.



Gambar 26. Skema cara pengukuran diameter dalam dengan spindel.

Dengan sukut jenis ini bisa dicatat ketirusan, lubang yang tidak bulat sempurna, atau cacat pada permukaan yang sulit dideteksi dengan pengukur lubang.

Sukat Listrik

Ada dua jenis :

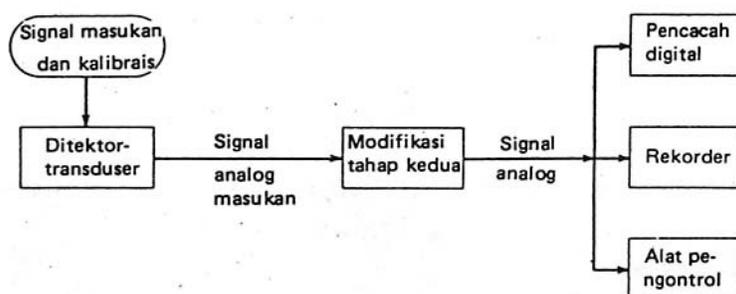
- a. menggunakan saklar mikro.
- b. indikator jarum dengan dua saklar limit.

Alat dengan saklar mikro digunakan untuk inspeksi benda kerja yang besar yang mempunyai toleransi 0,05 mm. pemeriksaan dimensi dilakukan dengan saklar mikro yang disetel dengan bantuan balok ukur pada pelat datar yang besar. Setiap dimensi yang akan dicek dilengkapi dengan sepasang lampu merah dan lampu hijau yang artinya apakah dimensi benda lebih atau kurang dari toleransi yang disyaratkan. Benda kerja memenuhi persyaratan bila kedua lampu mati.

Pengukur listrik jenis indikator mempunyai dua limit, yaitu limit atas dan limit bawah. Pemeriksaan listrik jenis indikator mempunyai ketelitian hingga 0,003 mm.

Sukat Elektronik

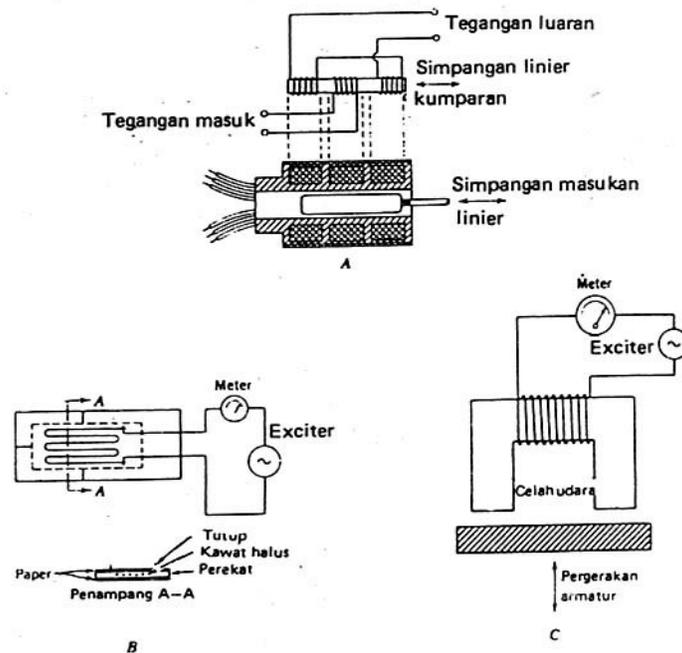
Skematik pengukuran dengan sukut elektronik :



Gambar 27. Tiga tahap signal pengukuran umum.

Bagian detektor transducer menerima sinyal masukan, dan pada bagian modifikasi tahap kedua sinyal dimodifikasi atau diperkuat untuk

seterusnya ditampilkan pada bagian output. Beberapa jenis transducer :

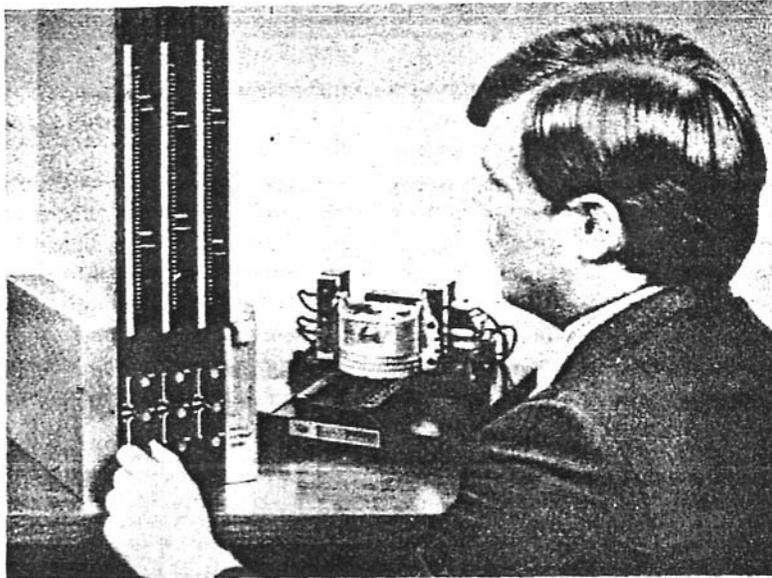


Gambar 28. Skema transduser. A. Transformator diferensial linier yang variabel. B. Pengukuran regangan. C. Transduser induksi sendiri.

Gambar A. adalah jenis transducer induksi-variabel atau LVDT (linier variable differential transformer). Output dari transducer ini adalah tegangan bolak-balik yang besarnya sebanding dengan perpindahan inti didalam kumparan.

Gambar B. adalah pengukur regangan resistansi. Bila balok menerima gaya tekan, maka gaya tersebut akan meregang kawat pengukur. Regangan ini menyebabkan penyusutan dalam penampang sehingga resistansi bertambah. Perubahan resistansi diolah pada tingkat selanjutnya.

Gambar C. adalah transducer induksi sendiri, dimana disini perubahan panjang akan mengakibatkan perubahan induktansi sehingga timbul perubahan sinyal listrik dan untuk selanjutnya diolah pada tingkat berikutnya.



Gambar 29. Transduser LVDT dan diode LED digunakan tiga kolom elektronik untuk mengukur tiga dimensi.

Gambar diatas adalah transducer jenis LVDT dimana digunakan LED sebagai indikasi pengukuran. Lampu *reject* menyala bila terdapat penyimpangan dari toleransi yang disyaratkan.

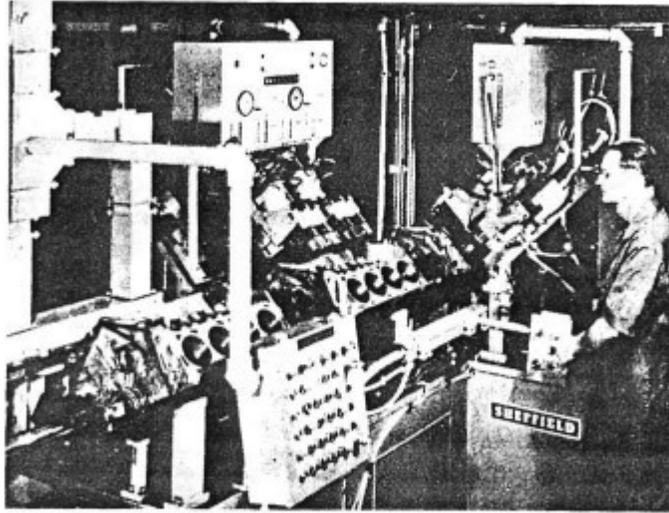
Pengukuran elektronik mempunyai keunggulan dari pengukuran pneumatik ataupun mekanik karena mempunyai waktu respon yang singkat. Dan juga linieritas transducer lebih baik untuk benda kerja tipis dan halus. Ketelitian pengukuran elektronik mencapai 0,001 mm.

Mesin Inspeksi Otomatik

Untuk produksi besar-besaran biasanya digunakan mesin inspeksi otomatis. Pengukur ditempatkan secara berurutan dalam siklus produksi dan hasil pengukuran bisa dibaca langsung oleh operator sehingga keputusan bisa cepat diambil.

Biasanya produk yang lulus uji dan yang tidak lulus uji akan dipisahkan secara otomatis oleh mesin.

Gambar berikut adalah mesin untuk memeriksa lubang silinder mesin V-8.



Gambar 30. Inspeksi pneumatik-elektronik otomatis pada blok silinder V-8.

Soal-soal:

1. Sebutkan dan jelaskan langkah-langkah pengawasan mutu suatu produk.
2. Jelaskan pengertian tentang *ketelitian*, *presisi*, dan *kepekaan*.
3. Apa yang dimaksud dengan Toleransi, serta jelaskan pula apa yang dimaksud dengan toleransi sepihak dan toleransi dua pihak disertai dengan contoh.
4. Sebutkan langkah-langkah pengawasan mutu dengan menggunakan metode pembuatan peta kontrol.
5. Suatu pengukuran yang terdiri dari 11 kelompok dimana masing-masing kelompok terdiri dari 3 pengukuran, diperoleh hasil sebagai berikut:

Nomor	Dimensi Sampel		
	x_1	x_2	x_3
1	2,500	2,500	2,500
2	2,501	2,500	2,496
3	2,591	2,495	2,498
4	2,497	2,500	2,503
5	2,497	2,503	2,501
6	2,502	2,500	2,498
7	2,499	2,499	2,496
8	2,500	2,503	2,505
9	2,500	2,497	2,499
10	2,499	2,503	2,501
11	2,503	2,497	2,501

Buatlah peta kontrol dari data-data pengukuran tersebut..

6. Apa yang dimaksud dengan *sukat*, dan terangkan cara kerja *sukat snap*, dan *sukat lubang*.
7. Sebutkan prinsip kerja *sukat pneumatik*.
8. Jelaskan apa yang kamu ketahui tentang *Kaliper Vernier* dan *Mikrometer*.
9. Jelaskan cara mengukur sudut/kemiringan dengan menggunakan bilah sinus.
10. Buatlah skema tahapan proses pengukuran dengan *sukat elektronik*.

BAB II

ELEMEN DASAR MESIN PERKAKAS

Struktur Untuk Mesin Perkakas

Ada mesin dimana benda kerjanya tidak bergerak namun perkakasnya bergerak seperti mesin ketam, kempa gurdi (drill press), mesin fris (milling machine) dan gerinda. Ada juga mesin dimana benda kerjanya bergerak namun perkakasnya diam seperti mesin serut, bubut (lathe), dan fris pengebor (boring mills). Pelajarilah gambar dibawah ini yaitu proses-proses yang biasa dilakukan pada komponen mesin.

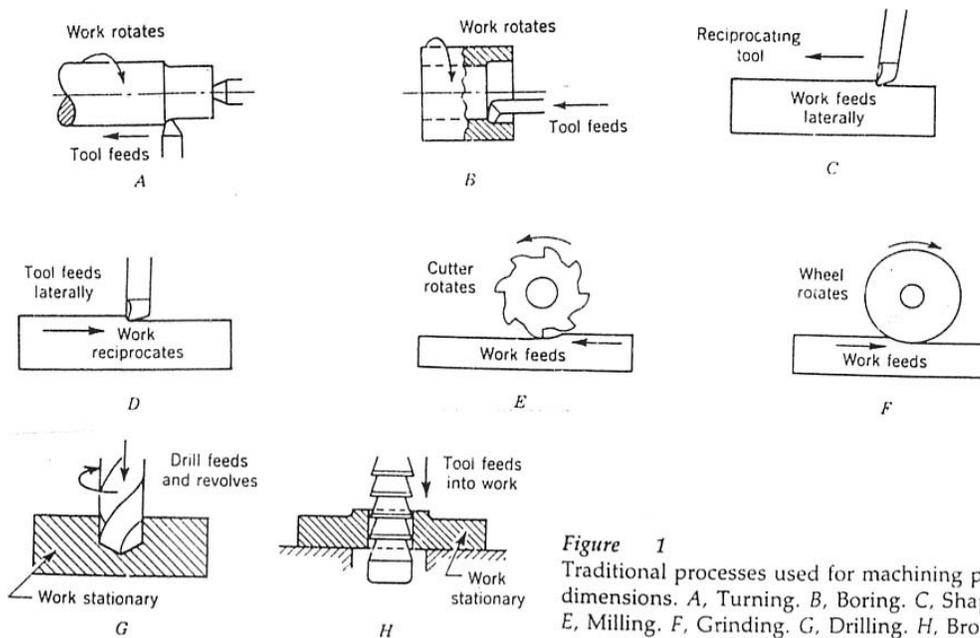


Figure 1
Traditional processes used for machining parts to specified dimensions. A, Turning. B, Boring. C, Shaping. D, Planing. E, Milling. F, Grinding. G, Drilling. H, Broaching.

Pada gambar 2 dibawah terlihat struktur dasar dalam mesin perkakas konvensional. Pada gambar A. benda kerja berputar dalam mesin bubut, tetapi perkakas (cutting tools) diam. Pada mesin pengebor (gambar B.) perkakasnya berputar sedangkan benda kerjanya diam. Menghantarkan atau menggeser kereta luncur perkakas kepada benda kerja berputar biasanya lebih menyenangkan dari pada menggeser benda kerja yang berputar pada kepala tetap kepada perkakas yang diam. Gambar C dan D adalah masing-masing mesin ketam dan penyerut. Bentuk struktur kedua mesin ini dipengaruhi oleh

ukuran benda kerja dimana benda kerja kecil lebih cocok dikerjakan dengan mesin ketam.

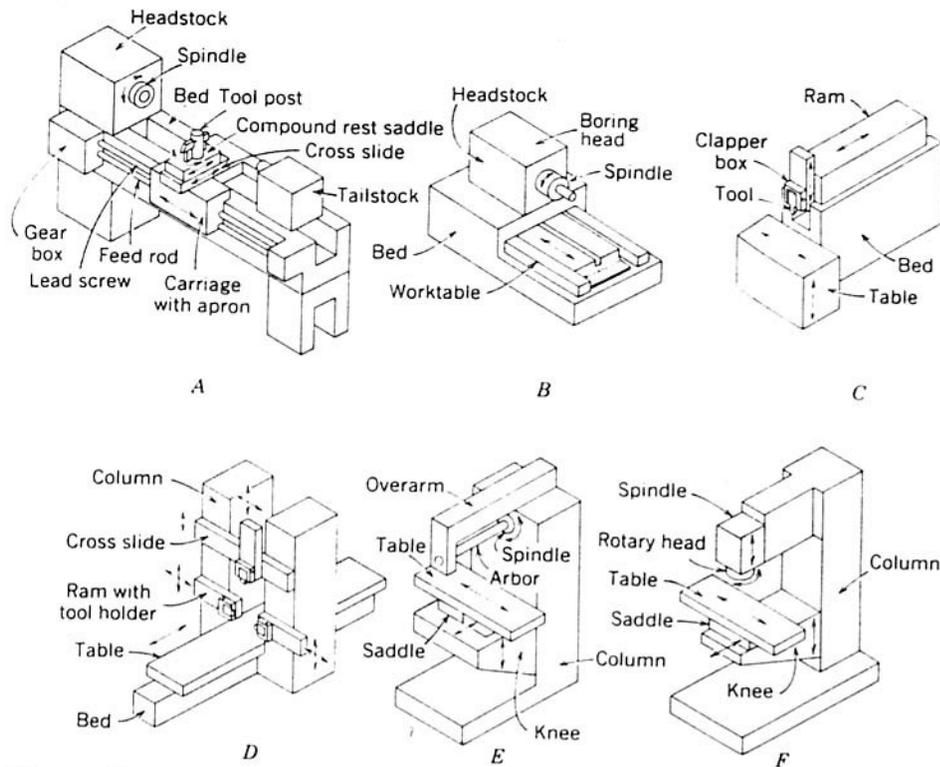
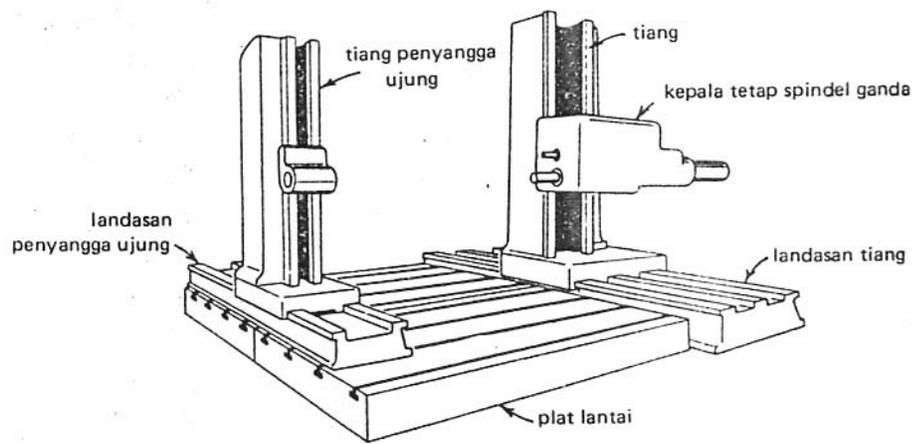


Figure 2
Basic structural elements in conventional machine tools. A, Lathe. B, Horizontal boring machine. C, Shaper. D, Planer. E, Horizontal milling machine. F, Vertical milling machine.

Pada mesin pemotong fris, perkakas yang berputar digunakan hanya pada perkakas pengebor. Mesin fris banyak digunakan untuk memotong lubang lingkaran, membuat jalur pasak, membuat celah, menggergaji, memfris slab dan permukaan, memotong roda gigi dan untuk membentuk benda yang bentuknya tidak umum.

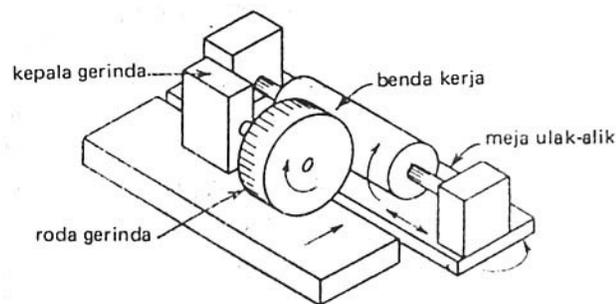
Gambar 2E adalah mesin fris dimana perkakas berputar dikombinasikan dengan benda kerja yang bergerak melintang.

Kebalikan kinematik dari mesin fris standar adalah mesin bor, penggurdi (drill) dan mesin fris horisontal tipe lantai (floor type) seperti yang ditunjukkan gambar 3 berikut.



Gambar 3. Elemen dasar dalam mesin pengebor, pemfris dan penggurdi horisontal jenis lantai.

Gambar 4 memperlihatkan jenis mesin gerinda.



Gambar 4. memperlihatkan jenis mesin gerinda.

Rangka Mesin

Rangka dari mesin perkakas umumnya dicor atau dibuat dengan pengelasan. Bahan yang banyak digunakan adalah besi cor atau baja cor.

Dewasa ini penggunaan konstruksi dengan lasan lebih disukai bila dibandingkan dengan rangka cor karena beberapa keuntungan al. :

1. Menghemat berat sampai 25%.
2. Perbaikan pada rangka yang rusak mudah dikerjakan.
3. Bisa digunakan berbagai jenis baja.
4. Perubahan desain lebih murah karena tidak ada modal yang ditanam untuk pembuatan pola atau inti.
5. Kesalahan dalam pemesinan atau desain lebih mudah untuk dikoreksi.
6. Tambahan bahan bisa diberikan pada daerah yang bertegangan untuk mengurangi getaran dan defleksi.

Tabel. Gerakan memotong dan mengumpan untuk mesin konvensional.

Mesin	Gerakan Memotong	Gerakan mengumpan	Jenis operasi
Mesin bubut (lathe)	Benda kerja berputar	Perkakas dan kereta luncur	Permukaan silinder menggurdi, mengebor, melebarkan dan membuat muka.
Mesin bor	Perkakas berputar	Meja	Menggurdi, mengebor, melebarkan dan mengebor muka
Mesin serut	Meja bergerak melintang	Perkakas	Permukaan datar (menyerut)
Mesin pengetam	Perkakas bergerak melintang	Meja	Permukaan datar (mengetam)
Mesin fris horisontal	Perkakas berputar	Meja	Permukaan datar, roda gigi, nok, menggurdi, mengebor, melebarkan dan memfris muka
Mengebor horisontal	Perkakas berputar	Perkakas bergerak melintang	Permukaan datar
Gerinda silinder	Perkakas (roda gerinda) berputar	Meja dan/atau perkakas	Permukaan silinder (menggerinda)
Kempa Gurdi (Drill Press)	Perkakas berputar	Perkakas	Menggurdi, mengebor, mengerjakan muka, dan mengulir
Gergaji	Perkakas	Perkakas dan/atau benda kerja	Memotong
Mesin pembesar lubang (Broaching)	Perkakas	Perkakas	Permukaan luar dan dalam

Namun terdapat kekurangan dari rangka yang dibangun dengan dilas yaitu al.:

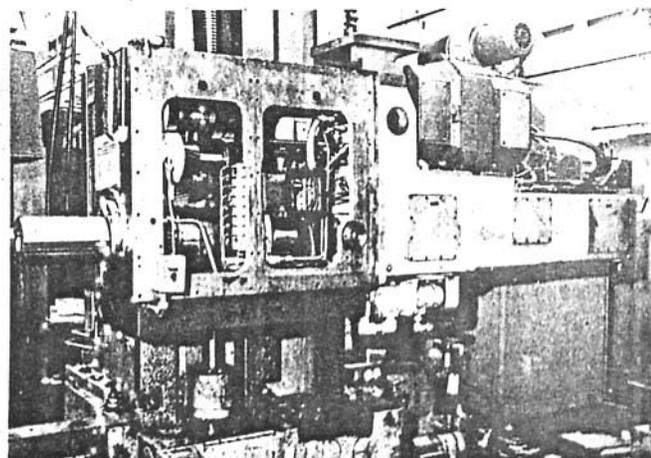
1. Besi cor memberikan penyerapan getaran lebih baik dibandingkan dengan bahan lain.

2. Bahan coran adalah seragam sehingga tidak ada reaksi kimia yang terjadi antar bahan.
3. Pembuatan dengan coran lebih cepat untuk produksi banyak.
4. Untuk mesin beban besar akan membutuhkan rangka yang lebih besar dan berat.

Elemen Dasar

Mesin pemotong logam dibangun dari elemen-elemen yang berwadah sendiri yang masing-masingnya mempunyai fungsi tersendiri. Elemen-elemen dasar tersebut al.: *kepala tetap* (headstock), *kolom*, *meja*, *sadel*, *bangku* (bed), *landasan*, dan *rel melintang* atau *meluncur*.

Identitas mesin biasanya diambil dari jenis rangkaian komponennya. dimana dibedakan atas 4 tipe : jenis meja, rantai, penyerut dan kepala banyak (multiple head), yang dijumpai pada semua jenis mesin yaitu: mesin bor, gurdi, fris. Misalnya mesin jenis meja (table-type machine) dimana mesin ini terdiri meja, sadel dan benda kerja ditempatkan pada meja.

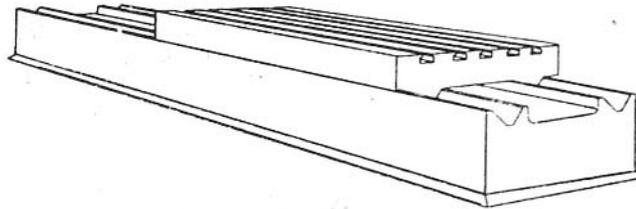


Gambar 5. Pandangan terbuka dari kepala tetap spindel tunggal yang memperlihatkan roda gigi.

Kepala Tetap (head stock) adalah bagian yang menggerakkan dan mengumpan perkakas potong atau alat yang memutar komponen. Gambar 5 adalah gambar potongan kepala tetap yang memperlihatkan roda gigi.

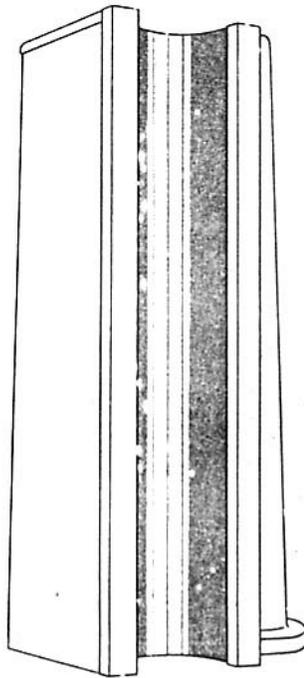
Spindel bisa berputar dalam arah kebalikan untuk digunakan dalam pembuatan ulir dan pengetapan.

Bangku atau *dasar* diperlihatkan pada gambar 7 berikut dimana berfungsi untuk menyangga komponen lainnya. Pada mesin bubut yang disangga adalah : kepala tetap, ekor tetap (tail stock), peluncur melintang dan kereta peluncur.



Gambar 7. Meja jenis penyerut dengan celah T pada bangku besi cor, jalur V-ganda.

Kolom menyediakan dukungan vertikal dan memandu kepala tetap untuk mesin kelas tertentu.

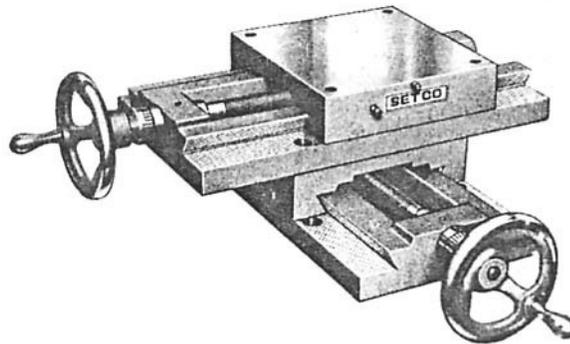


Gambar 8. Kolom besi tuang dengan jalur diskrap rata.

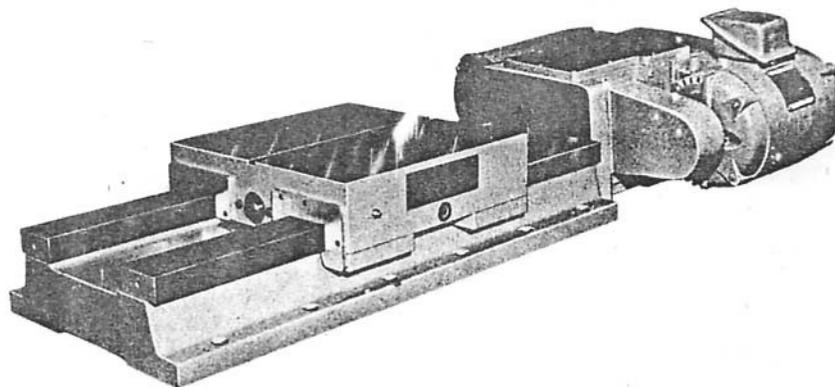
Meja berfungsi untuk menyangga benda kerja atau bagian yang akan dimesin dan untuk menyediakan penempatan serta penjepitan benda kerja.

Kereta peluncur yang terdapat pada mesin bubut menyediakan gerakan sepanjang sumbu dari bangku.

Landasan (runway) berfungsi membawa kolom pada mesin serut jenis lantai dan meja putar. Kalau dasar kolom, kolom dan kepala tetap adalah sebuah satuan integral maka elemen pendukung disebut *bangku* dan bukan sebuah landasan meskipun keduanya sama dalam prinsip.

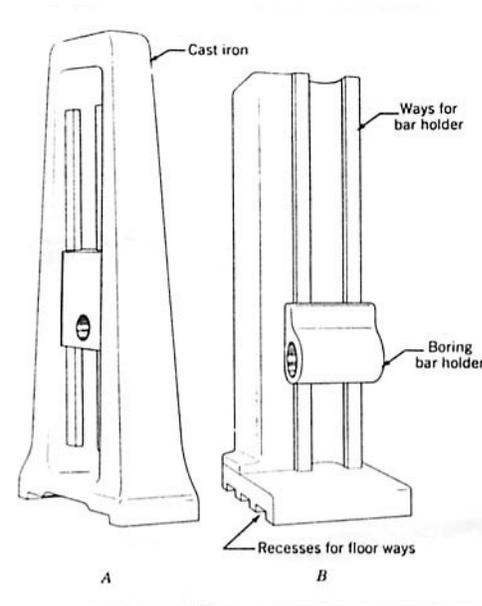


Gambar 9. Meja dan sadel penghantar untuk gerakan gabungan yang menggunakan penghantaran tangan.



Gambar 10. Sistem penghantaran yang dimotorisi menggunakan ulir pengarah pada runway

Penyangga ujung atau *ekor tetap* (*tail stock*) berfungsi sebagai penyangga luar untuk perkakas potong atau benda kerja seperti diperlihatkan pada gambar 11.



Gambar 11. Penyangga ujung, tertutup dan terbuka.

Penggerak

Motor banyak digunakan dalam penggerak pada mesin perkakas.

Motor arus bolak-balik yang digunakan biasanya dari motor induksi jenis fasa tunggal. Motor ini harus tertutup jika berada dilingkungan yang mudah terbakar.

Motor arus searah sering digunakan dengan peralatan kendali numeris.

Motor bisa dihubungkan langsung dengan roda gigi atau dengan menggunakan sabuk. Mesin yang besar biasanya menggunakan roda gigi sedangkan penggunaan sabuk biasanya untuk mesin-mesin kecil.

Metode Pemegangan Benda Kerja

Metode pemegangan benda kerja tergantung pada benda kerjanya, mesinnya dan sampai berapa jauh dikehendaki produksi yang cepat. Untuk produksi banyak biasanya peralatan pemegang digerakkan secara hidrolik, udara, listrik atau gerakan nok.

Pada mesin yang dikendalikan secara otomatis atau numerik, alat pemegangnya diprogram untuk menjepit dan melepaskan benda kerja.

Menyangga benda kerja di antara kedua pusatnya

Cara menyangga benda kerja bila benda kerja berputar adalah menggajalnya diantara kedua pusatnya. Metode ini bisa untuk menyangga pemotongan besar dan cukup baik untuk benda yang panjang.

Dalam memutar poros yang ramping panjang, atau mengebor dan mengulir ujung spindel, maka digunakan perletakan tengah untuk memberikan dukungan tambahan kepada benda kerja. Perletakan tengah yang diam dipasangkan pada bangku mesin bubut dan mendukung benda kerja dengan menggunakan tiga rahang(jaw) atau roller. Perletakan jenis lain yang mirip disebut perletakan pengikut (follower rest), dipasangkan pada sadel dan kereta luncur dan menyangga benda kerja berdiameter kecil yang kira-kira akan melenting menjauhi perkakas pemotong. Perletakan ini bergerak bersama perkakas.

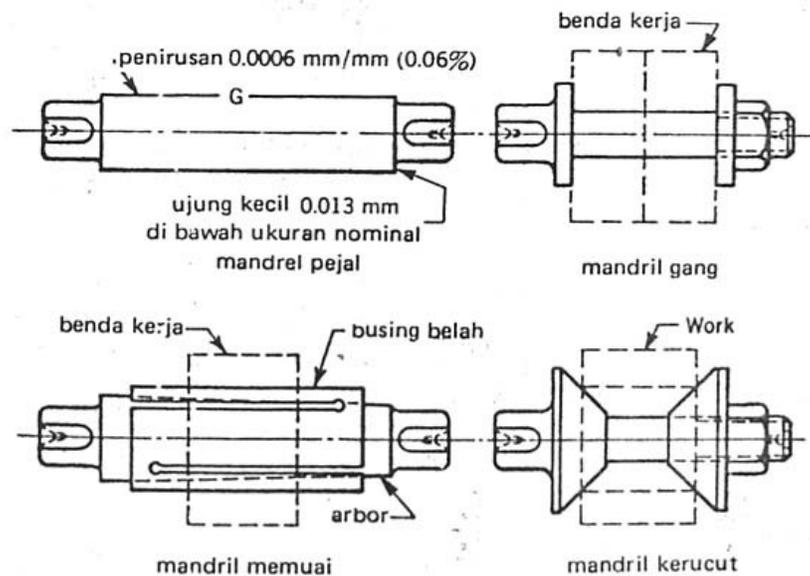
Mandril

Benda kerja yang dibor dan lubangnya dilebarkan untuk menepatkan, dapat dipegang diantara kedua pusatnya dengan salah satu jenis mandril. Jenis-jenis mandril diperlihatkan pada gambar 4.

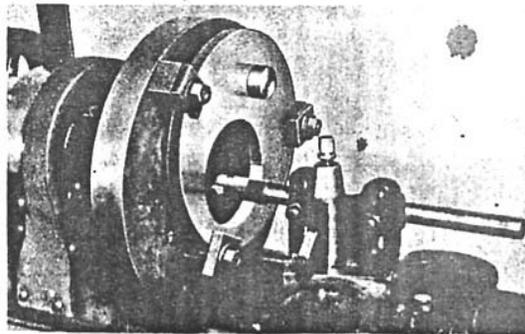
Benda kerja ditekan ke mandril dengan kempa arbor (arbor press) .

Pelat Muka

Benda kerja mungkin akan dipasangkan ke pelat muka dengan pengapit, baut atau jenis alat bantu lainnya. Pemasangan semacam ini biasanya dilakukan untuk bentuk yang tidak biasa.



Gambar 14. Berbagai jenis mandril yang digunakan untuk memegang stok diantara kedua pusatnya.



Gambar 15. Mengebor lubang eksentris pada pelat muka mesin bubut.

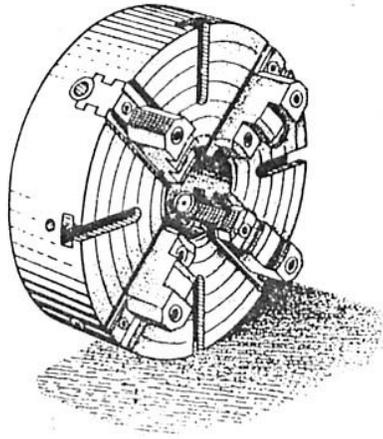
Pencekam (Chuck)

Pencekam digunakan untuk memegang bagian yang besar dan bentuknya tidak umum dan dibautkan atau disekrup ke spindel sehingga sambungannya kaku.

Ada beberapa jenis pencekam :

1. *Pencekam universal*. Semua rahang akan konsentris ketika kunci pencekam diputar.
2. *Independent chuck*. Setiap rahang mempunyai penyetelan sendiri-sendiri.
3. *Pencekam kombinasi*. Sama dengan *independent chuck* namun mempunyai tambahan kunci pembuka yang mengontrol semua rahang secara serentak.

4. *Pencekam gurdi* (Drill chuck). Adalah pencekam sekrup universal kecil yang digunakan pada mesin kempa gurdi tetapi sering digunakan pada mesin bubut untuk menggurdi dan menyenter.



Gambar 16. Pencekam mesin bubut rahang independent.

Ada pencekam yang disebut pencekam daya dimana untuk menggerakkan pencekam digunakan dengan tenaga udara (pneumatik), hidrolis atau listrik.

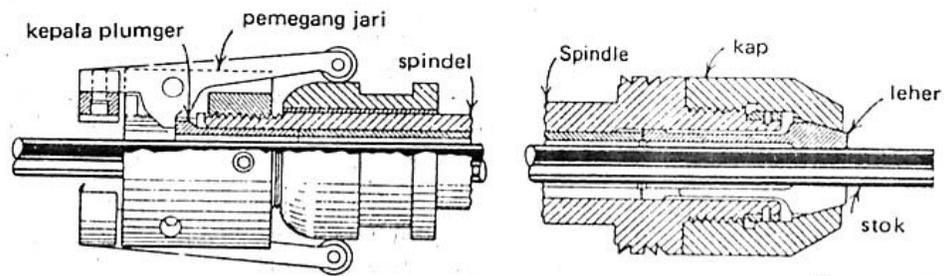
Leher (collet)

Leher biasa digunakan untuk bahan stok batangan, dibuat dengan rahang dari ukuran standar untuk menampung stok bulat, persegi, dan segi enam. Untuk stok besar sering digunakan leher dari jenis pendekatan sejajar, tetapi umumnya banyak digunakan leher dari jenis pegas. Pegas ini pejal pada satu ujung dan terbelah pada ujung yang lain yang berbentuk tirus. Ujung yang tirus bersinggungan dengan kap atau busung yang tirusnya serupa, dan kalau ditekan kedalam kap, maka rahang dari leher akan diertakan disekitar stok. Leher pegas dibuat dalam tiga jenis: didorong ke luar, ditarik ke belakang dan stasioner.

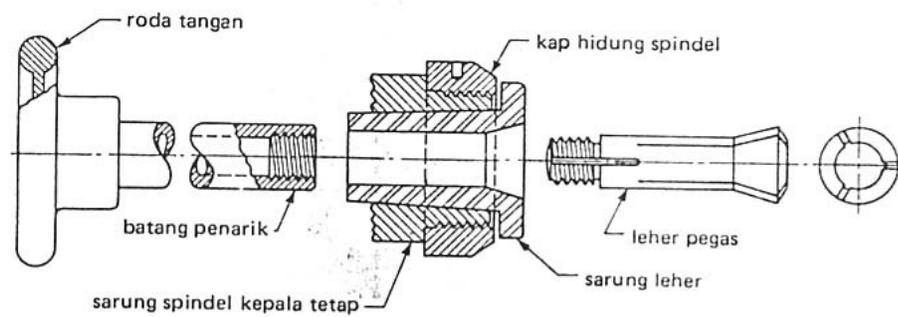
Leher yang didorong ke luar bisa dilihat pada gambar 17 yang operasinya seperti berikut: kalau plunger digerakan ke kana,

ujung belah yang tirus dari leher ditekan ke dalam kerucut dan kepala yang menyebabkan leher diertatkan disekitar stok. Leher yang ditarik kebelakang beroperasi dengan cara yang sama kecuali bahwa lehernya ditarik ke belakang terhadap kap kerucut untuk gerakan pengencangan.

Gambar pemasangan leher yang ditarik kedalam bisa dilihat pada gambar 18.



Gambar 17. Leher dari jenis didorong ke luar.

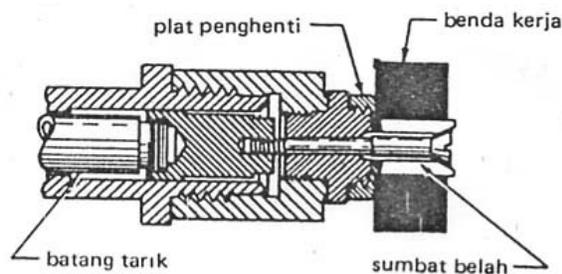


Gambar 18. Potongan yang memperlihatkan konstruksi dari pemasangan leher yang ditarik ke dalam.

Arbor

Arbor jenis yang dikembangkan atau jenis ulir digunakan untuk memegang stok potongan pendek yang didalamnya memiliki lubang tepat yang dimesin sebelumnya. Gerakan memegang benda kerja pada arbor mempunyai mekanisme yang sangat mirip dengan yang digunakan dengan leher. Gambar 19 menunjukkan arbor yang dikembangkan yang merupakan jenis sumbat. Benda kerja diletakkan pada arbor berhadapan dengan pelat penghenti dan pada saat batang ditarik maka pena kerucut mengembangkan sumbat yang berbelah sebagian dan mengunci benda kerja. Arbor berulir beroperasi dengan cara

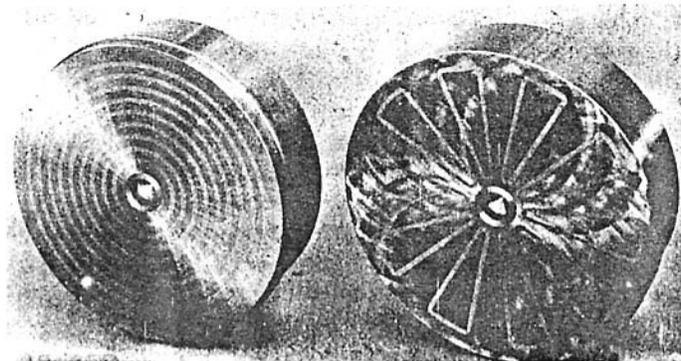
yang sama kecuali benda kerja disekrupkan pada arbor dengan tangan sampai menekan kembali terhadap tabung penghenti atau flens.



Gambar 19. Arbor jenis sumbat mengembang.

Pencekam magnetis

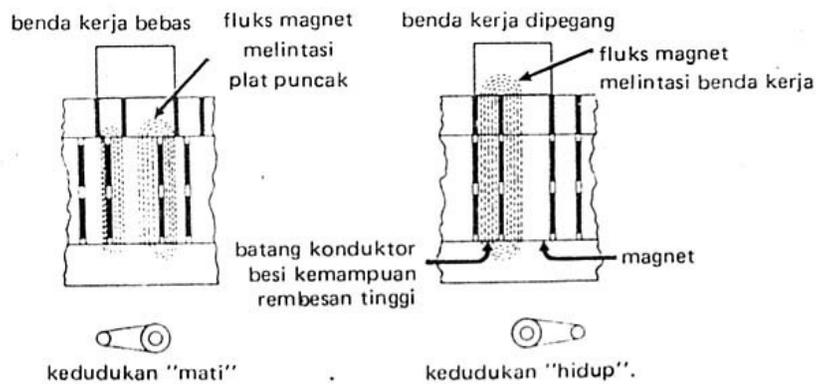
Benda kerja dapat dipegang pada gerinda permukaan dan mesin perkakas yang lain dengan menggunakan pencekam magnetis. Pencekam magnetis mempunyai daya magnet dengan jenis magnet permanen atau magnet yang dibangkitkan arus listrik. Jenis pencekam magnetis berputar bisa dilihat pada gambar 21. Semua benda yang dipegang pada pencekam magnetis harus didemagnetisasi setelah pekerjaan selesai.



Gambar 21. Pencekam putar celah konsentris dan kutub radial.

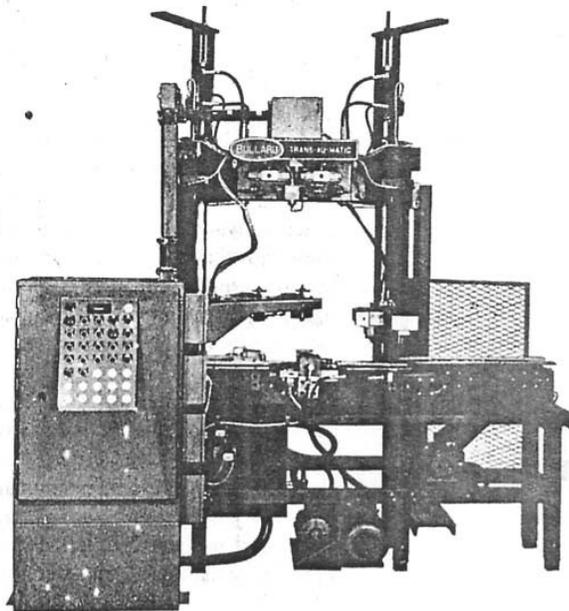
Metode Penanganan Benda Kerja

Penanganan benda kerja dilakukan dengan menggunakan tangan untuk benda yang ringan (massanya 10 - 25 kg) dan dengan crane atau konveyor bagi benda yang berat. Untuk produksi massal maka pemuat mekanis mempunyai keuntungan ekonomis daripada pemuatan dengan tangan. Pemuatan mekanis akan mengurangi kelelahan operator.



Gambar 22. Skematis yang menunjukkan bagaimana benda kerja dipegang pada pencekam magnet permanen.

Pemuat-penurun yang dapat mengambil dan menempatkan bagian kecil dengan berat sampai beberapa ratus kilogram bisa dilihat pada gambar 23. Alat ini memuatkan dan menurunkan mesin pencekam vertikal dari konveyor.



Gambar 23. Mesin "robot" pemuat dan penurun semi otomatis.

Metoda Pengendalian

Sedikit mesin yang pengendaliannya keseluruhan dilakukan dengan tangan. Mesin bubut meskipun dikendalikan dengan tangan tetapi mempunyai kecepatan dan hantaran dengan daya (listrik, pneumatik atau hidrolis).

Mesin yang digerakan oleh nok (cam) adalah jenis semi otomatis yaitu setiap operasi dalam suatu siklus dimulai setelah siklus sebelumnya selesai. Noknya biasanya menggerakkan kecepatan, hantaran atau alat perkakas. Penggerak atau pengendalian hidrolis digunakan terutama kalau mesin mempunyai bagian yang bergerak bolak balik, pada mesin press, dan pada kasus yang sulit dalam mempertahankan kecepatan dengan cara mekanis.

Siklus waktu sering digunakan dalam mesin perkakas otomatis. Pengatur waktunya dapat menggerakkan saklar mikro atau solenoid yang akan mengendalikan gerakan mesin.

Keselamatan (Safety)

Banyak faktor keselamatan diperhitungkan oleh pabrik mesin perkakas. Program pelatihan banyak dilakukan oleh penyuplai peralatan dan sekolah-sekolah juga terlibat dalam mendidik pelajar tentang pentingnya keselamatan dalam laboratorium.

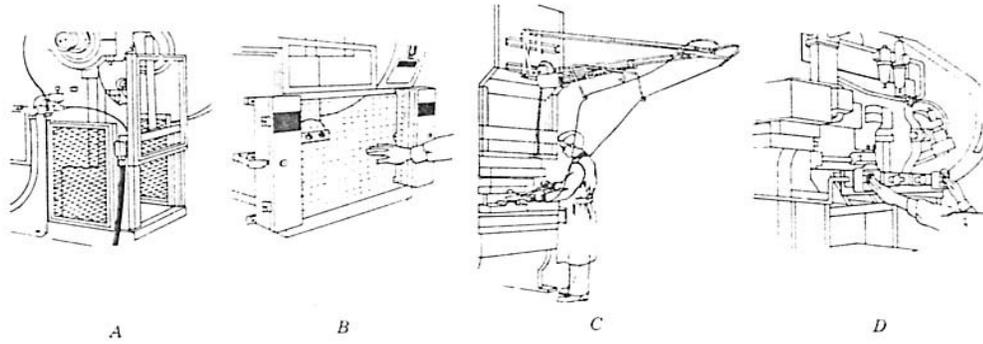
Menggunakan kaca mata pengaman, alat pengaman, mencegah memakai pakaian pelindung yang rusak, kecerobohan, perkakas yang rusak/robek, menjadi penekanan pihak manajemen, perserikatan, dan pemerintah.

Gambar 24.A. memperlihatkan pelindung mesin yang mengitari daerah kerja dari mesin tekan (punch press). Gate barrier (pintu penghalang) mesti ditutup sebelum mesin bekerja.

Alat keselamatan lain yang digunakan adalah alat pengindra seperti tirai cahaya photo elektrik (gb. 24.B.). Alat ini dipasang untuk mencegah atau menghentikan proses press atau operasi mesin jika tangan operator berada dekat dengan daerah operasi mesin.

Alat penarik (pull back device) yang terlihat pada gambar 24.c. adalah cara lain dimana mencegah operator mendekati daerah operasi mesin. Alat ini mengikat tangan operator dan dipasang ke kabel penarik.

Peralatan lain yang populer adalah tombol dua tangan yang menghendaki kedua tangan untuk bekerja sebelum siklus kerja mesin dimulai.



Gambar 24. Metode perlindungan kerja, A. Gerbang penghalang, B. Tirai cahaya foto elektrik, C. Pull-back, D. Pengendalian dua tangan.

Soal-soal:

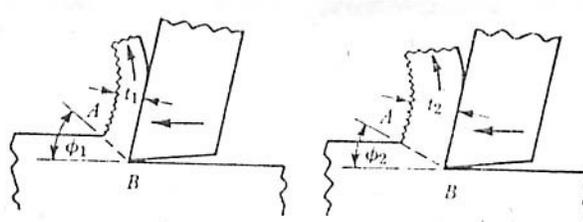
1. Sebutkan *gerakan memotong, dan gerakan mengumpan* serta *jenis operasi* untuk mesin konvensional berikut: mesin gergaji, mesin fris horisontal dan kempa gurdi (drill press).
2. Apa fungsi dari elemen-elemen mesin perkakas berikut: *kolom, bangku atau dasar, kereta peluncur, dan penyangga ujung*.
3. Sebutkan 4 metode perlindungan kerja yang banyak digunakan pada mesin-mesin perkakas.
4. Coba gambarkan nomenklatur/istilah-istilah untuk sebuah pahat pemotong sisi kanan.
5. Bentuk serpihan pahat bisa dikelompokkan atas tiga jenis. Coba terangkan ketiga jenis bentuk serpihan tersebut.
6. Apa kegunaan Pelat Rata Optik dan jelaskan cara kerjanya.
7. Sebutkan nama-nama komponen pada mesin bubut, minimal 6.
8. Sebutkan dua cara/metode dalam pemegangan benda kerja.
9. Sebutkan 4 standar ketirusan yang digunakan dalam pembubutan.
10. Sebutkan serta jelaskan 4 jenis waktu di dalam suatu proses pemesinan/produksi.

BAB III

TEORI MEMOTONG LOGAM

Mengerti tentang prinsip pemotongan dengan baik akan membantu dalam proses produksi yang ekonomis. Prinsip pemotongan banyak digunakan pada pembubutan, penyerutan, pengetaman, pemfris-an ataupun pengeboran. Komponen-komponen dibuat dengan membuang sebagian logam dalam bentuk serpihan kecil.

Perkakas Pemotong Logam



Gambar 2. Skematis dari pembentukan serpihan menggunakan model pahat mata tunggal orthogonal.

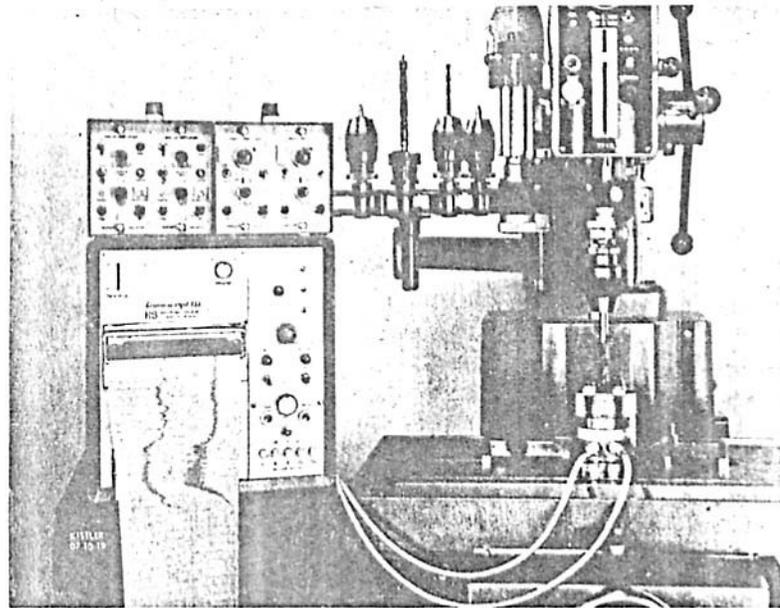
Untuk menerangkan metode pemotongan dijelaskan dengan model mata pahat ortogonal seperti terlihat pada gambar diatas.

Dalam menganalisa proses pemotongan, dianggap bahwa serpihan disobek dari benda kerja dengan gerakan menggeser melintasi bidang AB. Serpihan akan mengalami gaya gesek yang tinggi dengan permukaan pahat. Oleh sebab itu kerja untuk membuat serpihan harus bisa mengatasi gaya geser dan gaya gesek yang timbul.

Untuk mengukur gaya gaya yang bekerja pada perkakas digunakan alat yang disebut *dynamometer*. Jenis dynamometer yang sering digunakan adalah jenis dynamometer elektronik.

Transduser dan sebuah *platform* dikombinasikan untuk mengukur satu, dua atau tiga gaya atau torsi. Perkakas dan benda kerja di letakkan pada platform. Pada gambar 3 diperlihatkan sebuah benda

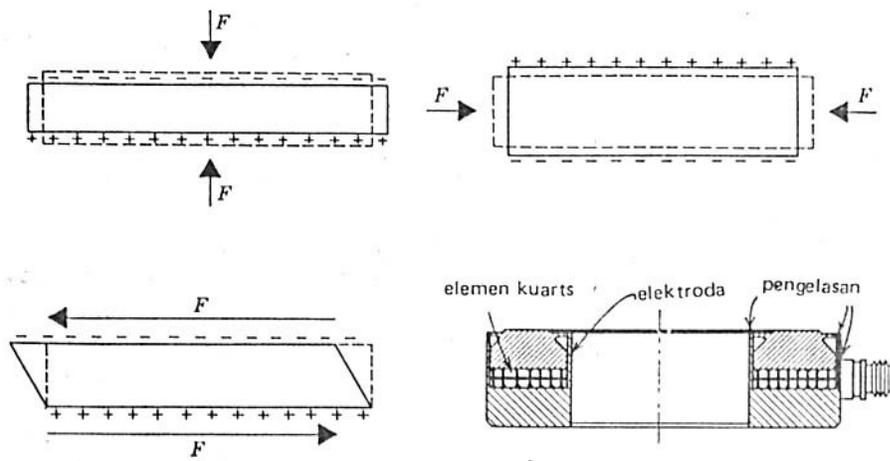
kerja dipasangkan pada platform dan transduser mengukur kecepatan, gaya dan torsi pengeboran.



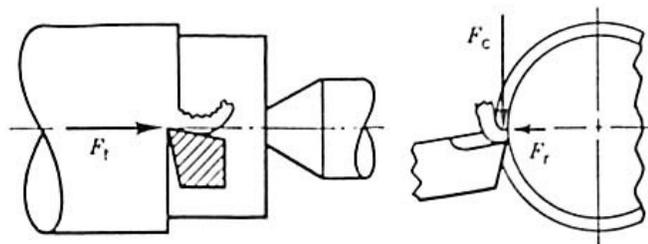
Gambar 3. Dinamometer dua saluran yang mengukur dorongan dan momen gudi. Transduser dinamometer dipasangkan pada platform.

Transduser mengukur perubahan bentuk dengan melihat perubahan induktansi, kapasitansi/muatan listrik atau resistansi/tahanan. Pada gambar 4. diperlihatkan transduser jenis *piezoelectric* yang digunakan pada sel beban. Prinsip pengukuran gaya pada sebuah bahan piezoelektrik adalah apabila gaya bekerja pada kwarsa (bahan piezoelektrik), timbul muatan listrik yang proporsional pada permukaannya (lihat gambar 4.). Kwarsa akan sensitif terhadap tekanan dan geseran yang bekerja pada aksisnya, sehingga gaya potong dan torsi bisa masing-masing diukur.

Gaya-gaya yang biasa bekerja pada perkakas potong yang bisa diukur oleh dinamometer diperlihatkan pada gambar 18.7. yaitu gaya potong, tangensial dan radial.

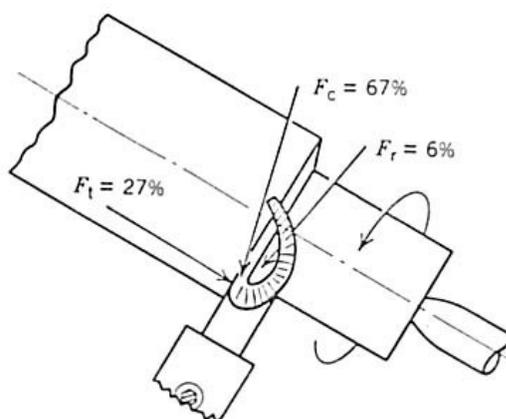


Gambar 4. Diagram yang menunjukkan pengaruh memanjang, melintang dan menggeser pada elemen kuarts dan konstruksi transduser pembebanan dinamik.



Gambar 18.7. Gaya-gaya yang bekerja pada ujung pahat bubut: gaya longitudinal, F_t , Gaya potong, F_c , dan gaya radial, F_r .

Gambar 18.8. memperlihatkan perkiraan distribusi gaya-gaya. Pada banyak perkakas potong, gaya potong adalah yang paling berpengaruh.



Gambar 18.8. Distribusi gaya-gaya pada perkakas potong mata tunggal.

Daya yang diperlukan pada proses pemesinan secara praktis bisa dicari dengan alat *wattmeter* atau *ammeter*.

Daya kuda juga bisa dihitung dari pengukuran gaya-gaya oleh dinamometer dan F_c . Daya kuda yang didapat adalah daya pada spindel.

$$HP_s = \frac{F_c \times V_c}{33.000}$$

dimana : F_c = Gaya potong, lb (N)

V_c = Kecepatan potong, ft/min (m/s)

Daya pada motor, HP_m :

$$HP_m = HP_s / E$$

dimana : E = Efisiensi penggerak spindel, %

Laju pelepasan logam bisa dicari dengan rumus :

$$Q = 12 \times t \times f_t \times V_c$$

dimana : Q = laju pelepasan logam, in³/min (mm³/min)

t = kedalaman potong, in. (mm)

f_t = hantaran, in. per putaran (mm/rev.)

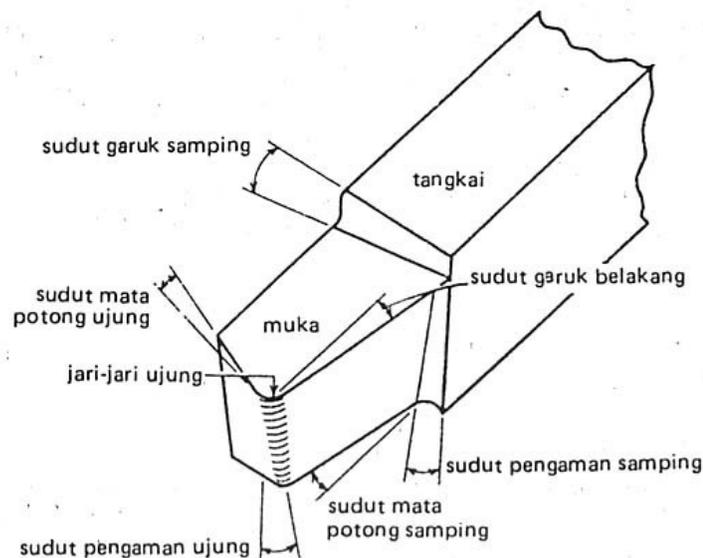
V_c = kecepatan potong, ft/min (m/s)

Kadang-kadang digunakan daya satuan yang persamaannya adalah :

$$P = \frac{HP_s}{Q}$$

dimana : P = daya satuan , hp/in.³/min (W/mm³/s)

Bentuk dan Sudut Pahat



Gambar 7. Nomenklatur untuk pahat pemotong sisi kanan.

Pada gambar 7. diatas terlihat pahat mata tunggal yang dipakai pada mesin bubut dimana pahatnya berbentuk baji, dan sudut yang tercakup disebut sudut potong. *Sudut pengaman samping* antara sisi perkakas dengan benda kerja adalah untuk mencegah penggesekan perkakas. Sudutnya kecil sekitar 6 sampai 8 derajat untuk bahan pada umumnya. *Sudut garuk sisi* bervariasi dengan sudut potong, sedangkan sudut potong tergantung bahan yang dimesin. Sudut-sudut pada gambar 7. adalah pahat pemotong yang dipasang horisontal dan tegak lurus terhadap benda kerja. Sudut efektifnya dapat diubah dengan penyetelan pada pemegang pahat tanpa mengubah sudut dasar pahat.

Bahan yang lunak memungkinkan digunakan sudut potong kecil yaitu sekitar 22 derajat untuk perkakas kayu. Logam yang lunak dan ulet, misalnya tembaga dan aluminium, memerlukan sudut lebih besar yang berkisar 47 derajat, sedangkan bahan yang rapuh memerlukan sudut yang lebih besar lagi.

Tabel 1. adalah mengenai harga yang dianjurkan untuk pahat baja pemotong, kecepatan tinggi.

Tabel 1. Sudut pahat dan kecepatan memotong untuk pahat baja kecepatan tinggi.

Bahan	Sudut pengaman samping, derajat	Sudut garuk samping, derajat	Sudut garuk belakang, derajat	Sudut ruang bebas ujung, derajat	kecepatan memotong, m/min
Baja lunak 1020	12	14	16	8	30
Baja karbon menengah 1035	10	14	16	8	20
Baja karbon menengah 1090	10	12	8	8	15
Stok ulir, 1112	12	22	16	8	45
Besi cor	10	12	5	8	15
Aluminium	12	15	35	8	140
Kuningan	10	0	0	8	75
Logam monel	15	14	8	12	35
Plastik	12	0	0	8	35
Fiber Reinforced Plastic	15	0	0	12	25

Bahan Pahat

Bahan yang banyak digunakan didalam perkakas pemotong adalah sbb:

a. Baja Karbon Tinggi.

Digunakan selama beberapa tahun terutama sebelum dikembangkannya pahat baja kecepatan tinggi. Kandungan karbon berkisar 0,80 sampai 1,20% dan baja ini mempunyai kemampuan baik untuk dikeraskan. Pada kekerasan maksimum maka baja agak rapuh dan kalau dikehendaki sedikit keuletan, maka harus dikorbankan kekerasannya. Baja ini akan kehilangan kekerasannya pada suhu 300 °C, maka tidak sesuai untuk pekerjaan kecepatan tinggi dan tugas berat.

b. Baja Kecepatan Tinggi

Baja ini mengandung unsur paduan yang tinggi sehingga mempunyai kemampuan dikeraskan sangat baik dan tetap mempertahankan tepi pemotongan yang baik sampai suhu sekitar 650 °C. Kemampuan sebuah pahat untuk mencegah pelunakan pada suhu tinggi dikenal sebagai *kekerasan merah*. Baja pahat

pertama yang mempertahankan tepi pemotongan sampai hampir kekerasan merah dikembangkan oleh Fred W. Taylor dan M. White pada tahun 1900. Caranya adalah dengan menambahkan Wolfram 18% dan Chrom 5,5% kepada baja sebagai unsur pepadu utamanya. Unsur pepadu lainnya untuk baja ini adalah vanadium, molibden dan kobalt.

Beberapa jenis baja kecepatan tinggi al.:

1. *Baja kecepatan tinggi 18-4-1*. Baja ini mengandung wolfram 18%, chrom 4% dan vanadium 1%.
2. *Baja kecepatan tinggi Molibden*. Baja molibden seperti 6-6-4-2 mengandung wolfram 6%, molibden 6%, khrom 4% dan vanadium 2%, mempunyai ketahanan dan kemampuan memotong sangat baik.
3. *Baja kecepatan sangat tinggi*. Baja ini mengandung kobalt yang ditambahkan dengan kadar 2 sampai 15%. Unsur kobalt akan meningkatkan efisiensi pemotongan pada suhu tinggi. Bahan ini biasanya mahal sehingga hanya digunakan untuk operasi pemotongan berat yang beroperasi pada tekanan dan suhu tinggi.

c. Paduan Cor Bukan Besi

Sejumlah bahan paduan bukan besi yang mengandung unsur paduan utama seperti kobalt, chrom dan tungsten dengan sedikit unsur pembentuk karbida (1 sampai 2%) seperti tantalum, molibden atau boron adalah bahan yang sangat baik digunakan sebagai bahan perkakas potong. Paduan ini dibentuk dengan cor dan mempunyai kekerasan merah yang tinggi yaitu sampai suhu 925 °C. Terhadap baja kecepatan tinggi maka bahan ini dapat dipakai dengan kecepatan dua kali lebih besar. Namun bahan ini rapuh, tidak tanggap terhadap perlakuan panas. Perkisaran elemen paduan adalah wolfram 12 sampai 15%, kobalt 40 sampai 50% dan chrom 15 sampai 35%.

d. Karbida

Perkakas karbida yang hanya mengandung wolfram karbida dan kobalt (94% wolfram karbida dan 6% kobalt) adalah cocok untuk memesis besi cor dan semua bahan lain kecuali baja. Untuk memesis bahan baja ditambahkan titanium dan tantalum karbida.

Kekerasan merah bahan karbida mengungguli bahan lain karena dapat mempertahankan tepi potong pada suhu diatas 1200 °C. Selain itu merupakan bahan yang paling keras dan mempunyai kekuatan kompresi yang sangat tinggi. namun bahan ini rapuh, tidak tanggap terhadap perlakuan panas.

e. Intan

Intan digunakan sebagai pahat mata tunggal dan digunakan untuk pemotongan ringan dan kecepatan tinggi, harus didukung dengan kaku karena intan mempunyai kekerasan dan kerapuhan yang tinggi. Perkakas ini digunakan untuk bahan keras yang sulit dipotong dengan bahan perkakas yang lain atau untuk pemotongan ringan dengan kecepatan tinggi pada bahan yang lebih lunak yang ketelitian dan penyelesaian permukaannya dipentingkan.

f. Keramik

Serbuk aluminium oksida (salah satu bahan keramik) dengan beberapa bahan tambahan dibuat sebagai sisipan pahat pemotong. Sisipan ini diapitkan kepada pemegang pahat atau diikatkan padanya dengan epoxy resin. Bahan ini mempunyai kekuatan kompresi yang tinggi tetapi agak rapuh. Titik pelunakan keramik pada umumnya adalah diatas 1100 °C. Keramik mempunyai konduktivitas panas yang rendah sehingga memungkinkan pahat beroperasi pada kecepatan potong tinggi dan mengambil pemotongan yang dalam.

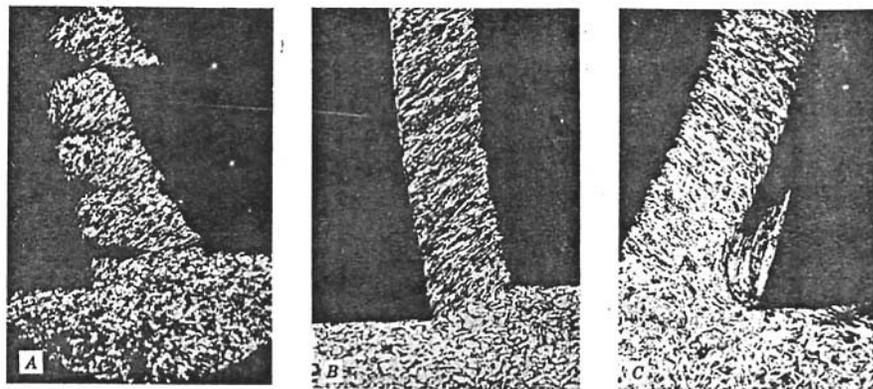
Bentuk Serpihan dan Penimbulannya

Serpihan pahat digolongkan ke dalam tiga jenis seperti gambar 9. Jenis I, serpihan tidak kontinyu atau terputus-putus, menunjukkan suatu kondisi yaitu logam didepan pahat diretakkan menjadi

potongan-potongan agak kecil. Serpihan jenis ini didapatkan dalam memesis bahan rapuh seperti besi cor dan perunggu. Serpihan tidak kontinyu bisa juga didapatkan pada bahan ulet kalau koefisien geseknya tinggi.

Jenis II adalah jenis kontinyu dan adalah jenis ideal dari serpihan. Dalam hal ini logam diubah bentuknya secara kontinyu dan meluncur dipermukaan pahat tanpa retak. Serpihan jenis ini timbul pada kecepatan potongan tinggi dan agak sering kalau pemotongannya dilakukan dengan pahat karbida.

Jenis III adalah ciri serpihan yang dimesin dari bahan ulet yang mempunyai angka gesekan tinggi. Pada saat dimulai pemotongan, beberapa bahan tertegak didepan tepi pemotongan. Beberapa bagian benda kerja ada kalanya menempel pada perkakas. Pada saat proses pemotongan berlangsung, serpihan mengalir diatas tepi ini dan naik di sepanjang permukaan pahat. Secara periodik tempelan benda kerja pada perkakas lepas dan ikut bersama serpihan atau menempel pada benda yang dibubut. Karena peristiwa ini kehalusan permukaannya tidak sebaik tipe serpihan jenis II.



Gambar 9. Jenis serpihan dasar. A. Tidak kontinyu, B. Kontinyu, C. Kontinyu dengan tepi yang terbangun.

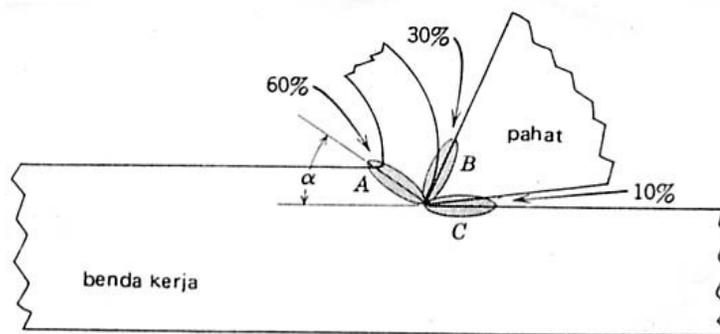
Dalam membubut kecepatan tinggi pada proses produksi, pengendalian dan pembuangan serpihan menjadi penting untuk melindungi operator maupun pahat. Serpihan yang panjang dan keriting akan membelit di sekeliling benda kerja dan pahat. Tepi tajamnya serta kekuatan tariknya yang tinggi menyebabkan pengeluaran dari daerah kerja menjadi sulit dan berbahaya terutama

ketika mesin beroperasi. Pematah serpihan akan mengerutkan dan meninggikan tegangan serpihan sehingga serpihan akan terpotong-potong pendek untuk mempermudah pengeluarannya. Gambar 12. memperlihatkan jenis-jenis pematah serpihan.



Gambar 12. Pematah serpihan yang digunakan pada perkakas mata tunggal.

Dari penelitian didapatkan bahwa 97% dari kerja yang diberikan pada pemotongan diubah dalam bentuk panas. Gambar 11. menunjukkan tiga daerah pembangkitan panas. Variabel yang paling berpengaruh terhadap pembangkitan panas adalah kecepatan pemotongan.



Gambar 11. Perkiraan sumber panas dalam tiga daerah, A. Bidang geser, B. Bidang gesek, C. Bidang permukaan.

Media Pendingin (Coolant)

Gambar 11. menunjukkan sumber utama dari panas yang akan bisa mengakibatkan permukaan logam cenderung untuk melekat satu sama lain jika panasnya berlebihan. Untuk mencegah panas berlebihan digunakan pendingin.

Media pendingin mempunyai fungsi antara lain:

1. Mengurangi gesekan antara serpihan, pahat dan benda kerja.
2. Mengurangi suhu pahat dan benda kerja.
3. Mencuci serpihan.
4. memperbaiki penyelesaian permukaan.
5. Menaikkan umur pahat.
6. Menurunkan daya yang diperlukan.

7. Mengurangi kemungkinan korosi pada benda kerja dan mesin.
8. Membantu mencegah menempelnya serpihan kepada pahat.

Media pendingin harus mempunyai syarat : tidak ada penolakan dari operator, tidak merusakkan mesin dan stabil. Disamping itu juga harus memiliki perpindahan panas yang baik, tidak menguap, tidak berbuih, memberikan pelumasan dan mempunyai suhu nyala yang tinggi.

Umumnya pendingin berbentuk cair, karena dapat diarahkan pada pahat dan mudah disirkulasikan.

Media pendingin kimia banyak digunakan yang antara lain :

1. Amina dan nitrit untuk mencegah karat.
2. Nitrat untuk menstabilkan nitrit.
3. Fosfat dan borat untuk melunakkan air.
4. Bahan sabun dan pembasah untuk pelumasan dan mengurangi tegangan permukaan.
5. Gabungan dari fosfor, chlorin dan belerang untuk pelumasan
6. Chlorin untuk pelumasan.
7. Glikol sebagai bahan pengaduk dan pembasah.
8. Germisida untuk mengendalikan pertumbuhan bakteri.

Pengenaan media pendingin adalah antara pahat dengan benda kerja, atau kalau memungkinkan antara serpihan dengan pahat.

Berdasarkan jenis bahan, media pendingin yang digunakan antara lain :

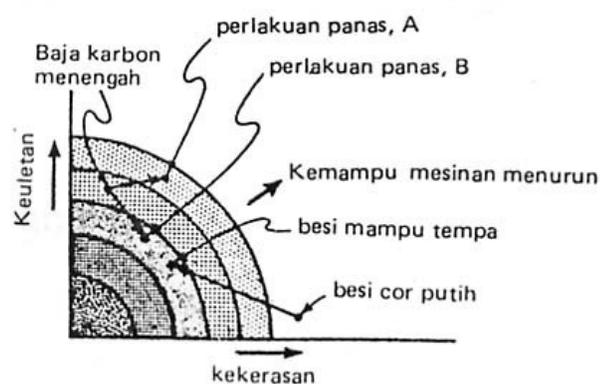
1. **Besi Cor.** digunakan media pendingin udara tekan, minyak cair atau dikerjakan kering.
2. **Aluminium.** digunakan pelumas kerosin, minyak cair atau air soda.
3. **Besi mampu tempa.** Digunakan minyak larut air atau dikerjakan kering.
4. **Kuningan.** Dikerjakan kering, minyak parafin atau campuran minyak lemak binatang.
5. **Baja.** minyak larut air, minyak tersulfurisasi atau minyak mineral.
6. **Besi tempa.** minyak lemak binatang atau minyak larut air.

Kemampu-mesinan dan Penyelesaian Permukaan

Kemampu-mesinan atau kemudahan suatu bahan untuk dipotong sangat dipengaruhi oleh jenis dan bentuk pahat yang digunakan. Baja karbon mempunyai kemampu-mesinan yang lebih baik daripada baja paduan yang kekerasannya dan kandungan karbonnya sama. Penambahan timbal kepada baja menambah kemampu-mesinan meskipun bajanya menjadi mahal. Penggunaan beberapa perseratus dari tellurium 1% kepada baja akan meningkatkan kemampu-mesinan dan kecepatan potong sekitar 3,5 kali tetapi harga elemennya menjadi sama dengan kalau terbuat dari emas. Penambahan fosfor atau belerang secukupnya akan meningkatkan kemampu-mesinan, fosfor menyebabkan serpihan menjadi rapuh sehingga menghilangkan serpihan yang panjang dan sulit dibentuk.

Dua faktor yang paling mempengaruhi kemampu-mesinan dari logam adalah keuletan dan kekerasan. Makin keras logam maka penetrasi oleh pahat akan sulit dan kemampu-mesinan menurun. Bahan yang ulet tidak memungkinkan pembentukan serpihan yang terputus-putus, maka keuletan yang rendah adalah modal untuk kemampu-mesinan yang baik.

Gambar 13. memperlihatkan penggambaran kurva yang memperlihatkan pengaruh kedua karakteristik ini. Besi cor putih kekerasannya tinggi dan kurang ulet. Kalau dimampukan, akan jauh lebih ulet tetapi kekerasannya menurun.



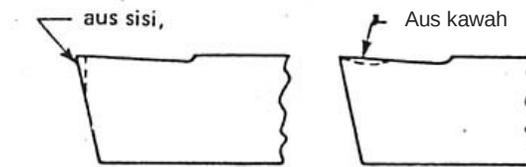
Gambar 13. Pengaruh relatif dari keuletan dan kekerasan terhadap kemampumesinan.

Kemampu-mesinan yang baik bukan berarti penyelesaian permukaan yang baik, tetapi lebih ditujukan pada keekonomisan yang dihubungkan kepada pelepasan logam.

Faktor yang memperbaiki penyelesaian permukaan adalah pemotongan ringan, hantaran sedikit, kecepatan potong tinggi, fluida pemotong, pahat ujung bulat dan kenaikan sudut penggarukan pada pahat yang dibuat dengan baik.

Umur Pahat

Dalam proses produksi umur pahat menjadi penting karena kalau terlalu sering ganti pahat maka akan banyak membuang waktu produksi. *Umur pahat* adalah ukuran lamanya suatu pahat dapat memotong dengan memuaskan. Keausan pada pahat bisa terjadi pada dua tempat seperti yang diperlihatkan pada gambar 14.



Gambar 14. Kedudukan keausan pada pahat mata tunggal.

Keausan pertama terjadi pada sisi pahat. Pada keausan yang lain terjadi pada muka pahat dalam bentuk kawah kecil. Umur pahat akan berkurang dengan naiknya kecepatan memotong maka umur pahat digambarkan sebagai umur pahat dalam menit terhadap kecepatan memotong dalam meter per menit, atau dalam sentimeter kubik dari logam yang terkelupas. Fred W. Taylor merumuskan :

$$V.(T)^n = C$$

dengan : V = kecepatan memotong, m/min

T = umur pahat, menit

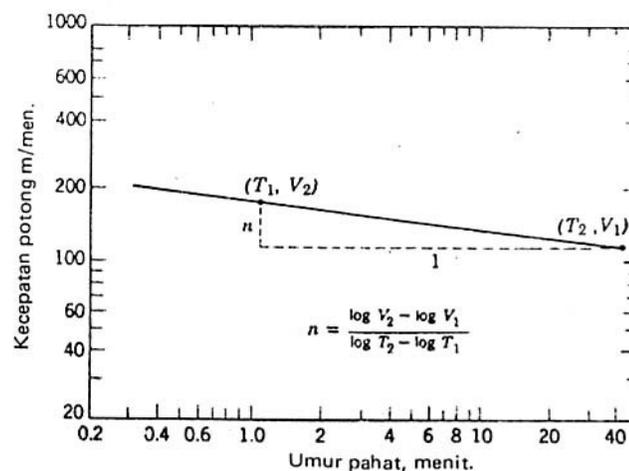
n = eksponen tergantung pada kondisi pemotongan

C = konstan = kecepatan memotong untuk suatu umur pahat satu menit.

Perkiraan nilai pendekatan untuk harga n :

Jenis pahat pemotong	n
Baja kecepatan tinggi	0,08 - 0,12
Karbida	0,13 - 0,25
Keramik	0,40 - 0,55

Gambar 15. memperlihatkan hubungan kecepatan potong terhadap umur pahat untuk baja kecepatan tinggi.



Gambar 15. Pengaruh kecepatan potong pada umur pahat untuk pahat baja kecepatan tinggi.

Kerusakan pahat bisa terjadi oleh hal-hal berikut :

1. Penggerindaan yang tidak tepat atas sudut pahat.
2. Kehilangan kekerasan pahat. Disebabkan oleh pemanasan yang berlebihan.
3. Pematahan atau penyerpihan tepi pahat. Disebabkan karena pengambilan pemotongan terlalu berat atau karena sudut potong terlalu kecil.
4. Aus alamiah dan pengamplasan.
5. Pahat retak karena beban berat.

Kecepatan Potong Dan Hantaran

Kecepatan potong dirumuskan :

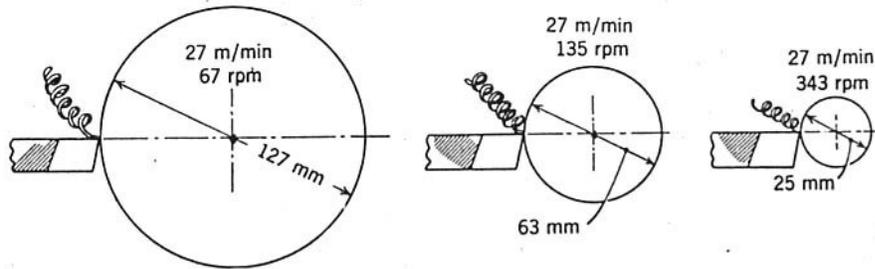
$$V = \frac{\pi D N}{1000}$$

dengan : V = kecepatan potong, m/min

D = diameter, mm

N = kecepatan putar, rpm

Pada gambar 16. terlihat bagaimana hubungan antara rpm dengan kecepatan potong.



Gambar 16. Hubungan dari put/min terhadap kecepatan permukaan menggunakan $V = \pi D.N/1000$.

Hantaran/umpan (feed) menunjukkan kecepatan dari pahat pemotong atau roda gerinda maju sepanjang atau kedalam permukaan benda kerja. Untuk mesin yang benda kerjanya berputar, hantaran dinyatakan dalam milimeter per putaran. Untuk mesin yang pahat atau benda kerjanya bergerak bolak balik hantaran dinyatakan dalam milimeter per langkah, sedangkan untuk benda kerja stasioner dan perkakas berputar, hantaran dinyatakan dalam milimeter per putaran perkakas. Tabel 3. memperlihatkan kecepatan potong untuk berbagai bahan.

Tabel 3. Kecepatan potong untuk berbagai bahan.

Bahan	Baja kecepatan tinggi		Karbida	
	Halus ^a	Kasar ^b	Halus ^a	Kasar ^a
Baja pemotong bebas, 1112, 1315	75-110	25-45	185-230	110-140
Baja karbon, 1010,1025	70-90	25-40	170-215	90-120
Baja menengah, 1030, 1050	60-85	20-40	140-185	75-110
Baja nikel, 2330	60-85	20-35	130-170	70-100
Chrom nikel, 3120, 5140	45-60	15-25	100-130	55-80
Besi cor kelabu lunak	40-45	25-30	110-140	60-75
Kuningan	85-110	45-70	185-215	120-150
Aluminium	70-110	30-45	140-215	60-90
Plastik	90-150	30-60	120-200	45-75

a = kedalaman pemotongan 0,38 - 2,39 mm. Hantaran 0,13 - 0,38 mm/put

b = kedalaman pemotongan 4,75 - 9,53 mm. Hantaran 0,75 - 1,27 mm/put.

Soal-soal:

1. Coba gambarkan nomenklatur/istilah-istilah untuk sebuah pahat pemotong sisi kanan.
2. Bentuk serpihan pahat bisa dikelompokkan atas tiga jenis. Coba terangkan ketiga jenis bentuk serpihan tersebut.
3. Coba gambarkan distribusi gaya-gaya pada proses pemotongan dengan perkakas potong mata tunggal.
4. Coba sebutkan kekerasan merah dari bahan-bahan perkakas berikut: baja kecepatan tinggi, paduan cor bukan besi, karbida, dan intan.
5. Sebutkan fungsi-fungsi media pendingin (coolant) untuk perkakas.
6. Sebutkan fluida pendingin yang digunakan untuk memahat/memotong bahan *aluminium, kuningan, perunggu* dan *magnesium*.
7. Apa fungsi dari media pendingin berikut: Amina dan nitrit, Fosfat dan borat, Chlorin, Germisida.
8. Sebutkan dan jelaskan 3 buah bahan perkakas/pahat.
9. Gambarkan sketsa distribusi panas beserta prosentasenya pada proses pemotongan.
10. Apa yang menyebabkan terjadinya kerusakan pada pahat.

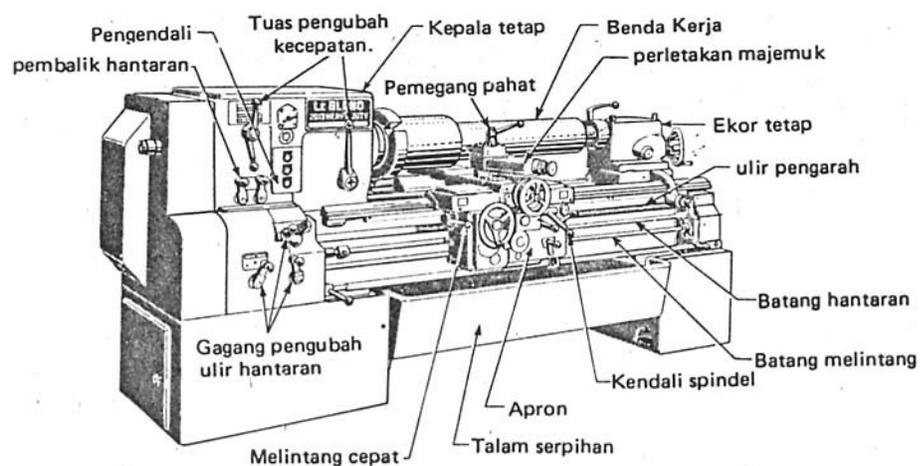
BAB IV

MESIN BUBUT

Penggolongan Mesin Bubut

- A. Pembubut Kecepatan
 - 1. Pengerjaan Kayu
 - 2. Pemusingan Logam
 - 3. Pemolesan
- B. Pembubut Mesin
 - 1. Penggerak puli kerucut bertingkat
 - 2. Penggerak roda gigi tangan
 - 3. Penggerak kecepatan
- C. Pembubut Bangku
- D. Pembubut Ruang Perkakas
- E. Pembuat kegunaan Khusus
- F. Pembubut Turet
 - 1. Horisontal
 - a. Jenis ram
 - b. Jenis sadel
 - 2. Vertikal
 - a. Stasiun tunggal
 - b. Stasiun banyak
 - 3. Otomatis
- G. Pembubut Otomatis
- H. Mesin Ulir Otomatis
 - 1. Spindel Tunggal
 - 2. Spindel Banyak
- I. Fris Pengebor Vertikal

Konstruksi Mesin Bubut



Gambar 2. Pembubut mesin tugas berat.

Pada gambar 2. diperlihatkan nama-nama bagian atau komponen yang umum dari mesin bubut. Jenis ini mempunyai kepala tetap berisi roda

gigi dan mendapatkan daya dari motor yang disambungkan dengan sabuk V (*Vee-belt*).

Pengendali pada kepala tetap bisa mengatur kecepatan sampai 27 variasi kecepatan.

Ekor tetap bisa distel sepanjang bangku untuk menampung panjang stok yang berbeda-beda. Pergerakannya diatur dengan penyetel roda dan dilengkapi dengan ulir pengencang pada dasarnya untuk menyetel kelurusan dan untuk pembubutan tirus.

Sekrup pengarah adalah poros panjang berulir yang terletak agak dibawah dan sejajar dengan bangku, memanjang dari kepala tetap sampai ekor tetap. Dihubungkan dengan roda gigi pada kepala tetap dan putarannya bisa dibalik. Dipasang ke kereta luncur dan bisa dipasang atau dilepas dari kereta luncur selama operasi. Ulir pengarah hanya untuk membuat ulir saja dan bisa dilepas kalau tidak dipakai.

Batang hantaran terletak dibawah ulir pengarah yang berfungsi untuk menyalurkan daya dari kotak pengubah cepat (*quick change box*) untuk menggerakkan mekanisme apron dalam arah melintang atau memanjang.

Kereta luncur terdiri dari perletakan majemuk, sadel pahat dan apron. Konstruksinya kaku karena harus menyangga dan memandu pahat pemotong. Dilengkapi dengan dua hantaran tangan untuk memandu pahat dalam arah menyilang. Roda tangan yang atas mengendalikan gerakan perletakan majemuk dan roda tangan dibawah untuk menggerakkan kereta luncur sepanjang landasan.

Apron yang terletak pada kereta luncur berisi kendali, roda gigi dan mekanisme lain untuk menghantar kereta luncur baik dengan tangan atau dengan daya.

Ukuran Mesin bubut dinyatakan dalam diameter benda kerja yang dapat diputar, sehingga sebuah mesin bubut 400 mm mempunyai arti mesin bisa mengerjakan benda kerja sampai diameter 400 mm. Ukuran kedua yang diperlukan dari sebuah mesin bubut adalah panjang benda kerja. Beberapa pabrik menyatakan dalam panjang

maksimum benda kerja diantara kedua pusat mesin bubut, sedangkan sebagian pabrik lain menyatakan dalam panjang bangku.

Ada beberapa variasi dalam jenis mesin bubut dan variasi dalam desainnya tersebut tergantung pada jenis produksi atau jenis benda kerja.

Pembubut Kecepatan (speed lathe) adalah mesin bubut yang mempunyai konstruksi sederhana dan terdiri dari bangku, kepala tetap, ekor tetap dan peluncur yang dapat distel untuk mendukung pahat. Digunakan untuk pemahatan tangan dan kerja ringan maka bubut dioperasikan pada kecepatan tinggi. Mesin jenis ini biasanya dipakai untuk membubut kayu, atau untuk membuat pusat pada silinder logam sebelum dikerjakan lebih lanjut oleh mesin bubut mesin.

Pembubut mesin. Mendapatkan namanya dari mesin bubut pertama /lama yang digerakkan oleh mesin setelah sebelumnya digerakkan dengan sabuk atas (*overhead belt*). Yang membedakannya dari bubut kecepatan adalah tambahan untuk pengendalian kecepatan spindel dan untuk penyanggaan dan pengendalian hantaran pahat tetap. Kepala tetap dilengkapi dengan puli kerucut empat tingkat yang menyediakan empat kisaran kecepatan spindel jika dihubungkan ke poros motor. Sebagai tambahan, mesin ini dilengkapi dengan roda gigi belakang yang bila dihubungkan dengan puli kerucut akan memberikan tambahan empat variasi kecepatan.

Pembubut bangku adalah mesin bubut kecil yang terpasang pada bangku kerja. Desainnya mempunyai kesamaan dengan mesin bubut kecepatan atau pembubut mesin, hanya berbeda dalam ukuran dan pemasangannya. Dibuat untuk benda kecil dan mempunyai kapasitas ayunan maksimum sebesar 250 mm pada pelat muka.

Pembubut Ruang Perkakas (Tool Room Lathe) adalah mesin bubut untuk pembuatan perkakas kecil, alat ukur, *dies* dan komponen presisi lainnya. Mesin ini dilengkapi dengan segala perlengkapan yang diperlukan untuk membuat pekerjaan perkakas yang teliti.

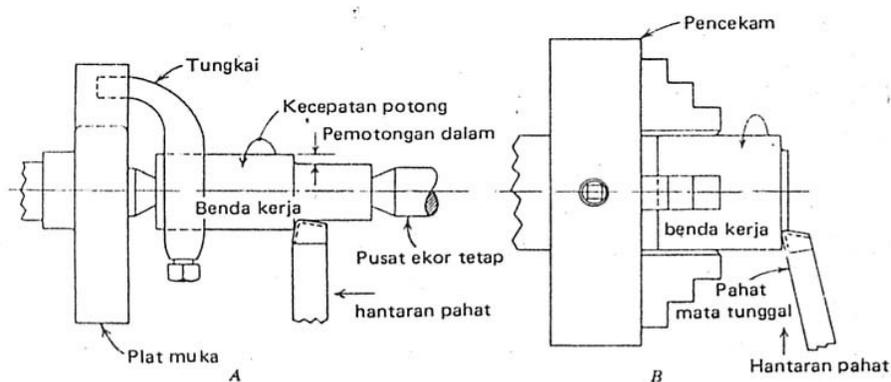
Operasi Bubut

Operasi pada mesin bubut ada beraneka ragam :

- pembubutan silindris
- pengeboran
- pengerjaan pinggir/tepi
- penguliran
- pembubutan tirus
- Penggurdian
- Meluaskan lubang

Pembubutan Silindris

Benda disangga diantara kedua sumbunya. Hal ini ditunjukkan pada gambar 3A.



Gambar 3. Operasi pembubut, A. Pahat mata tunggal dalam operasi pembubutan, B. Memotong tepi.

Pengerjaan Pinggir (Facing)

Pengerjaan tepi adalah apabila permukaan harus dipotong pada pembubut. Benda kerja biasanya dipegang pada plat muka atau dalam pencekam seperti gambar 3B. Tetapi bisa juga pengerjaan tepi dilakukan dengan benda kerja diantara kedua pusatnya. Karena pemotongan tegak lurus terhadap sumbu putaran maka kereta luncur harus dikunci pada bangku pembubut untuk mencegah gerakan aksial.

Pembubutan Tirus

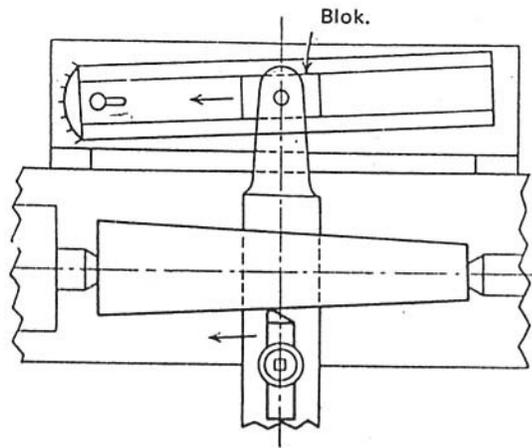
Terdapat beberapa standar ketirusan¹ dalam praktek komersial. Penggolongan berikut yang umum digunakan :

1. *Tirus Morse*. Banyak digunakan untuk tangkai gurdi, leher, dan pusat pembubut. Ketirusannya adalah 0,0502 mm/mm (5,02%).
2. *Tirus Brown dan Sharp*. Terutama digunakan dalam memfris spindel mesin : 0,0417 mm/mm (4,166%).
3. *Tirus Jarno dan Reed*. Digunakan oleh beberapa pabrik pembubut dan perlengkapan penggurdi kecil. Semua sistem mempunyai ketirusan 0,0500 mm/mm (5,000%), tetapi diameternya berbeda.
4. *Pena tirus*. Digunakan sebagai pengunci. Ketirusannya 0,0208 mm/mm (2,083%).

Ketirusan luar yang teliti dapat dipotong pada sebuah pembubut dalam beberapa cara :

1. Mesin kendali numeris yang dapat memotong tirus/kerucut sebagai hal yang biasa.
2. Dengan perlengkapan membubut tirus. Perlengkapan yang diperlihatkan pada gambar 4. dibautkan pada punggung mesin bubut dan mempunyai batang pemandu yang dapat dikunci pada sudut atau ketirusan yang diinginkan. Ketika kereta luncur bergerak sebuah peluncur diatas batang pahat bergerak masuk dan keluar, sesuai dengan penguncian dari batang.
3. Perletakan majemuk pada kereta luncur bubut seperti diperlihatkan pada gambar 5. mempunyai dasar bulat dan dapat diputar ke sembarang sudut yang diinginkan dari benda kerja. Pahat kemudian dihantarkan kedalam benda kerja dengan tangan. Metode ini untuk ketirusan pendek.

¹ Ketirusan ini distandardisasi dalam satuan Inggris yaitu (0,60235 in. tiap foot), Brown dan Sharp (1/2 in. tiap foot), Jarno dan Reed (0,6 in. tiap foot), dan pena tirus (1/4 in. tiap foot). Konversi diberikan dalam milimeter dan presentase, yang ekivalen karena ketirusan adalah tanpa satuan di dalam satuan SI.



Gambar 4. Pembubutan tirus dengan menggunakan perlengkapan tirus.

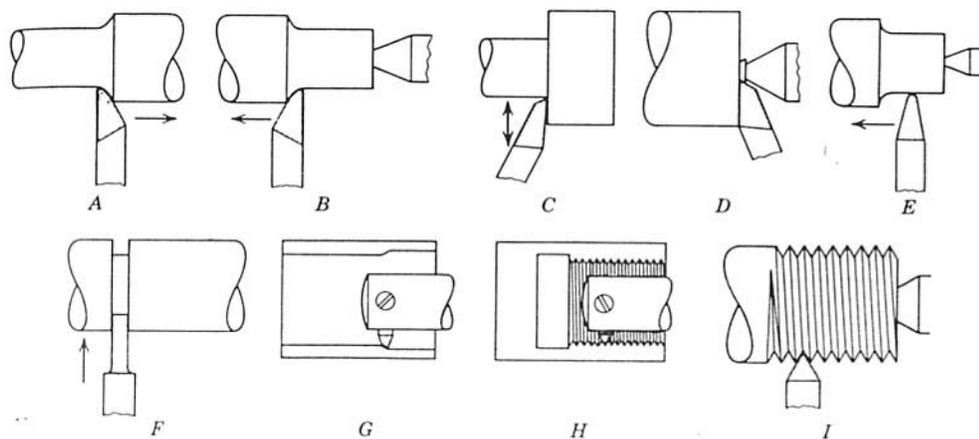
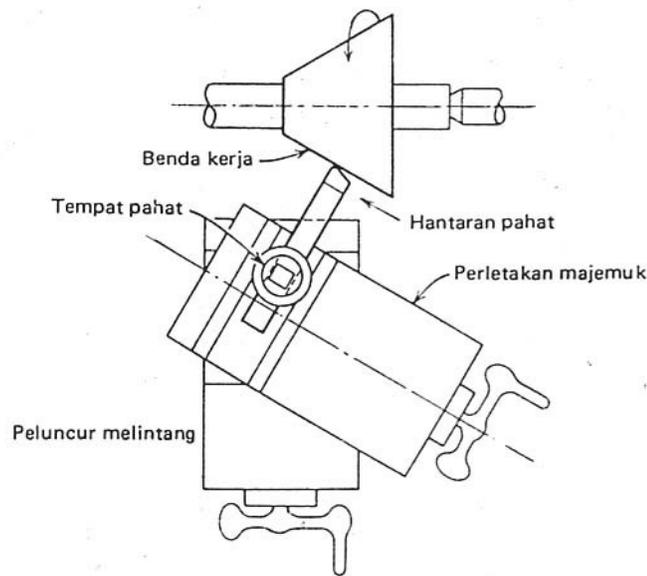


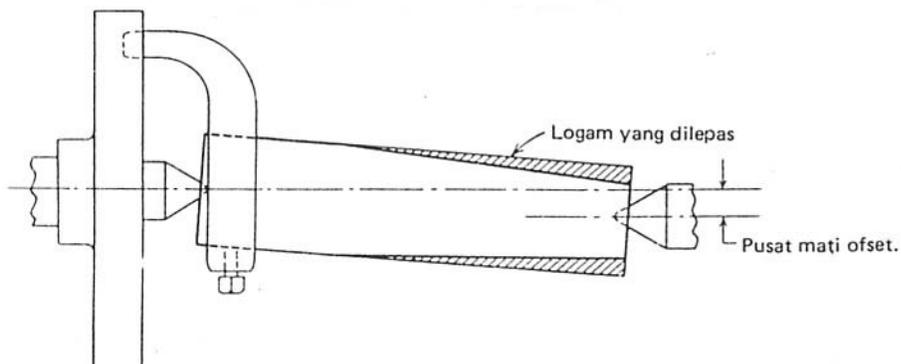
Figure 20.19

Lathe tools and applications. A, Left-hand turning tool. B, Round-nose turning tool. C, Right-hand turning tool. D, Left-hand facing tool. E, Threading tool. F, Right-hand facing tool. G, Cutoff tool. H, Boring tool. I, Inside-threading tool.

4. Penguncian pusat ekor tetap yang digeser. Gambar 6. memperlihatkan metode ini. Kalau ekor tetap digeser secara horisontal dari sumbu sebesar 6,4 mm untuk batang silinder sepanjang 305 mm, akan diperoleh ketirusan 0,0416 mm/mm (4,16%). Jadi ketirusan juga ditentukan oleh panjang silinder yang dibubut.



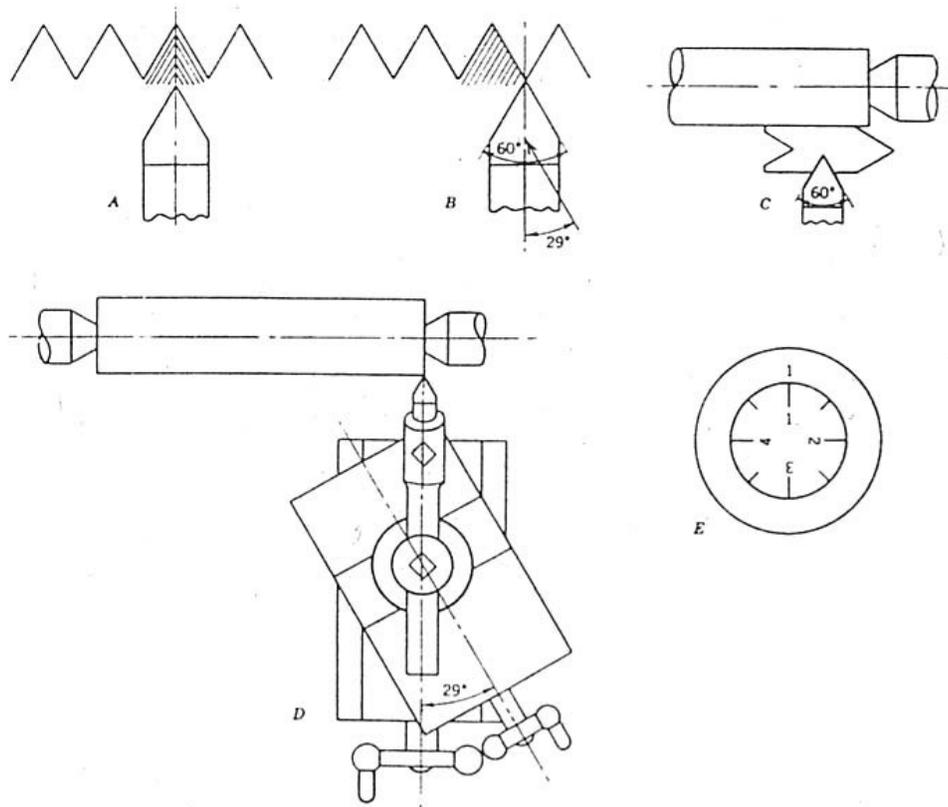
Gambar 5. Membubut tirus dengan menggunakan perletakan majemuk.



Gambar 6. Membubut tirus dengan meng-offset-kan pusat ekor tetap.

Memotong Ulir

Biasanya pembuatan ulir dengan mesin bubut dilakukan apabila hanya sedikit ulir yang harus dibuat atau dibuat bentuk khusus. Bentuk ulir didapatkan dengan menggerinda pahat menjadi bentuk yang sesuai dengan menggunakan gage atau plat pola. Gambar 7. memperlihatkan sebuah pahat untuk memotong ulir $-V$ 60 derajat dan gage yang digunakan untuk memeriksa sudut pahat. Gage ini disebut gage senter sebab juga bisa digunakan sebagai gage penyenter mesin bubut. Pemotong berbentuk khusus bisa juga digunakan untuk memotong ulir.



Gambar 7. Metoda penguncian pahat untuk memotong ulir pada mesin bubut, A, Hantaran lurus, B, Hantaran pada sudut, C, Menggunakan ukuran pusat untuk mengunci pahat pengulir, D, Metoda penguncian mesin bubut untuk memotong ulir-V, E, Piringan pengulir.

Dalam mengunci pahat untuk ulir-V, terdapat dua metode hantaran pahat. Pahat dapat dihantarkan lurus ke dalam benda kerja, ulir terbentuk karena serangkaian potongan ringan seperti pada gambar 7A. Metode pemotongan ini baik digunakan untuk pemotongan besi cor atau kuningan. Metode kedua adalah dengan menghantar pahat pada suatu sudut seperti gambar 7B dan 7D. Metode ini digunakan untuk membuat ulir pada bahan baja. Pahat diputar sebesar 29° dan pahat dihantar ke benda kerja sehingga seluruh pemotongan dilakukan pada sisi kiri dari pahat.

Mesin Bubut Turet

Mesin bubut turet memiliki ciri khusus yang terutama disesuaikan untuk kebutuhan mesin produksi.

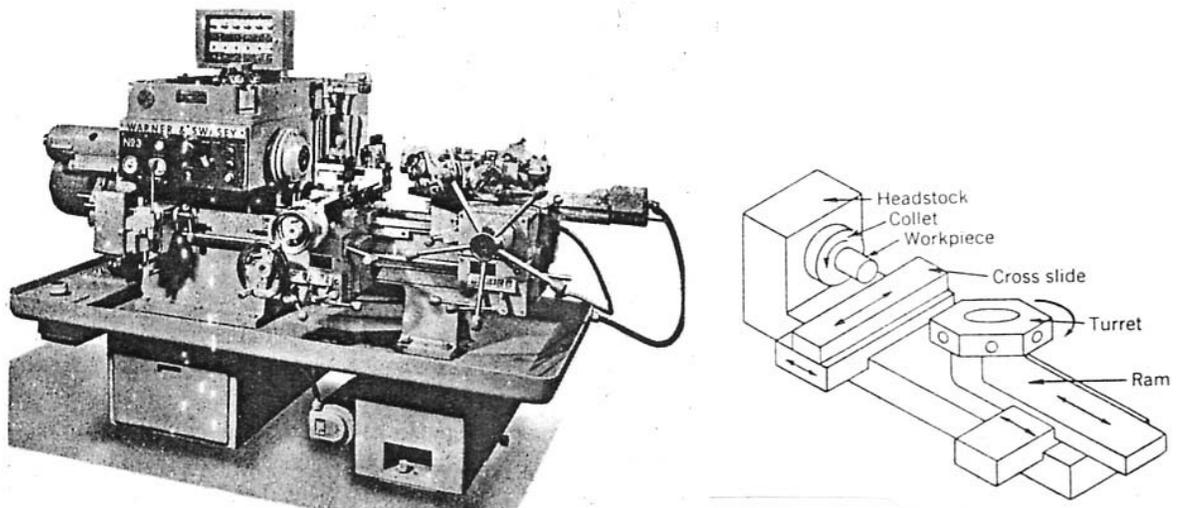
Keahlian pekerja disesuaikan pada mesin ini sehingga operator yang kurang pengalaman bisa menghasilkan komponen yang sejenis. Karakteristik utama kelompok mesin ini adalah bahwa pahat/ perkakas bisa distel untuk operasi berurutan. Walaupun tenaga skill/terlatih

diperlukan untuk menyetel perkakas dengan benar, namun setelah itu untuk mengoperasikannya bisa dilakukan oleh tenaga tidak terlatih.

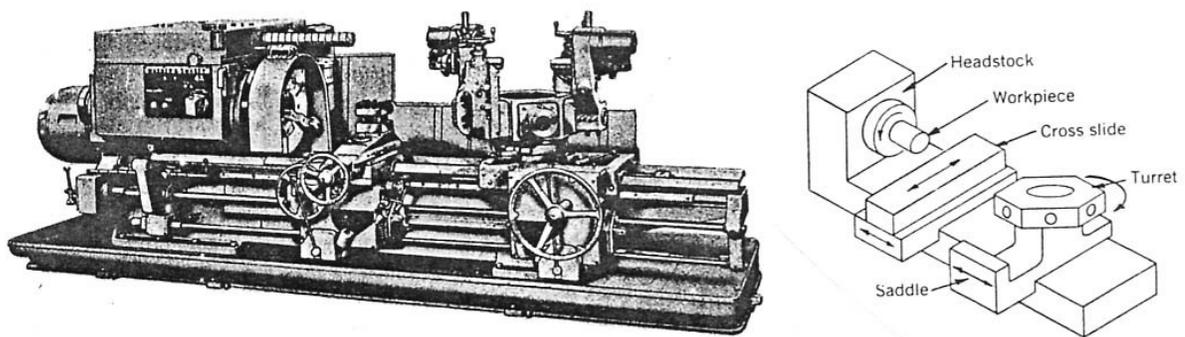
Mesin Bubut Turet Horizontal

Mesin ini dibuat dalam dua desain umum yaitu *ram* dan *sadel*. Mesin bubut jenis ram (gambar 19.8) disebut demikian sesuai dengan cara turet dipasang. Turet ditempatkan pada peluncur atau ram yang bergerak kebelakang dan kemuka pada sebuah sadel yang diapitkan kepada bangku mesin bubut. Pengaturan ini menghasilkan gerakan cepat dari turet dan dianjurkan untuk untuk kerja batang atau pencekaman tugas ringan. Sadelnya tidak bergerak selama operasi.

Pada jenis sadel (gambar 9.), yang digunakan untuk pekerjaan pencekaman, mempunyai turet yang dipasang langsung pada sadel. Sadelnya bergerak bolak balik bersama turet.



Gambar 8. Mesin bubut turet jenis ram nomor 3 dengan kendali daur listrik.



Gambar 9. Mesin bubut turet pencekaman jenis sadel.

Karena perkakas pencekaman menggantung (overhang) dan tidak mendukung benda kerja, maka perkakas pencekam harus sekaku mungkin.

Mesin bubut turet dikonstruksi dengan cara yang sama dengan mesin bubut biasa.

Perbedaan Antara Mesin Bubut Turet Dengan Mesin Bubut Biasa

Perbedaan utamanya adalah bahwa mesin bubut turet disesuaikan untuk pekerjaan produksi yang banyak sedangkan mesin bubut biasa terutama digunakan untuk berbagai pekerjaan, untuk pembubut ruang perkakas atau kerja tunggal. Ciri ciri mesin bubut turet yang membuatnya dipakai untuk produksi banyak adalah :

1. Perkakas bisa distel pada turet untuk pekerjaan berurutan.
2. Setiap stasiun dilengkapi dengan penghenti atau penggerak hantaran sehingga masing-masing pemotongan oleh pahat adalah sama dengan pemotongan sebelumnya.
3. Pemotongan majemuk dapat diambil dari stasiun yang sama pada saat yang sama, misalnya pembubutan atau pemboran lubang sebanyak dua buah atau lebih.
4. Pemotongan kombinasi dapat dibuat yaitu pahat pada peluncur menyilang (cross slide) dapat digunakan bersamaan dengan pahat pada turet yang lagi memotong.
5. Kekakuan/kekuatan pada pemegang benda kerja atau pahat harus dibuat pada mesin untuk pekerjaan majemuk atau pemotongan kombinasi.
6. Mesin bubut turet mungkin dilengkapi dengan berbagai perlengkapan untuk pembuatan tirus, pembuatan ulir dan pekerjaan duplikasi dan bisa dikontrol dengan kendali numerik (data pada disk).

Prinsip Pahat Dan Perpatahan

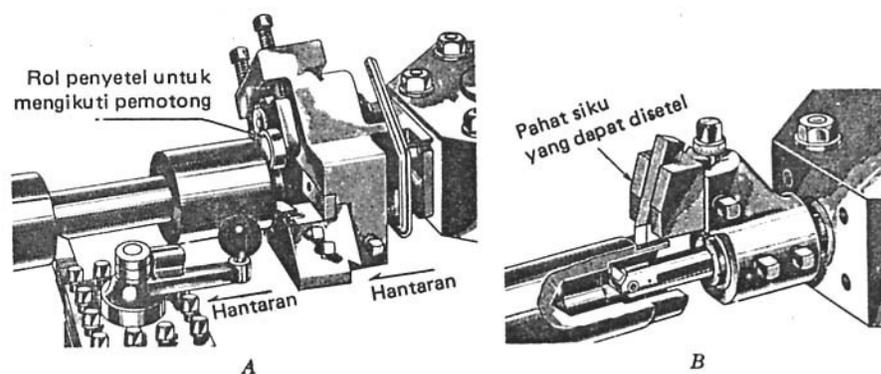
Dalam produksi adalah suatu hal yang penting untuk melakukan pekerjaan sesingkat mungkin. Waktu yang dihabiskan dalam produksi adalah: waktu penyetelan, penanganan benda kerja, penanganan mesin, dan waktu pemotongan.

Waktu penyetelan dapat dikurangi dengan menyiapkan semua pahat yang diperlukan dalam kondisinya dan siap dipakai.

Waktu penanganan benda kerja yaitu waktu yang dipakai dalam memasang atau melepaskan benda kerja. Hal ini sangat tergantung kepada piranti pemegang benda kerja. Untuk pekerjaan batang maka waktu ini dikurangi dengan menggunakan leher stok batang.

Waktu penanganan mesin adalah waktu yang diperlukan dalam memasang masing-masing perkakas pada tempatnya. Bisa dikurangi dengan menempatkan perkakas pada posisi dan urutan yang benar sehingga memudahkan penggunaannya atau dengan melakukan pemotongan kombinasi atau jamak, jika memungkinkan.

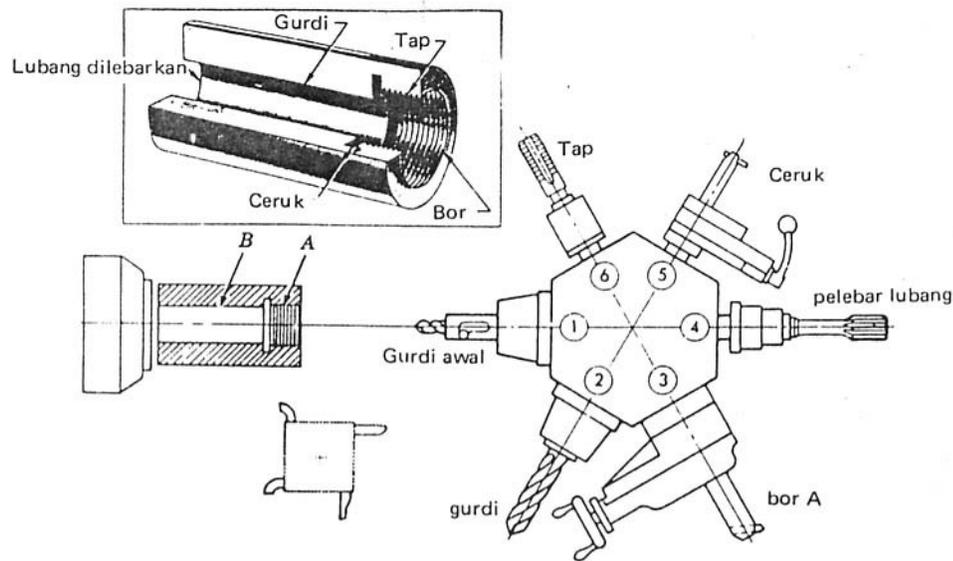
Waktu potong untuk suatu operasi dikendalikan oleh penggunaan yang benar atas perkakas potong, kecepatan dan hantaran. Pemotongan kombinasi bisa menghemat waktu potong (gambar 10A.).



Gambar 10. A. Mengkombinasikan pemotongan pada pekerjaan batang. B. Pemotongan banyak dari turet segi enam.

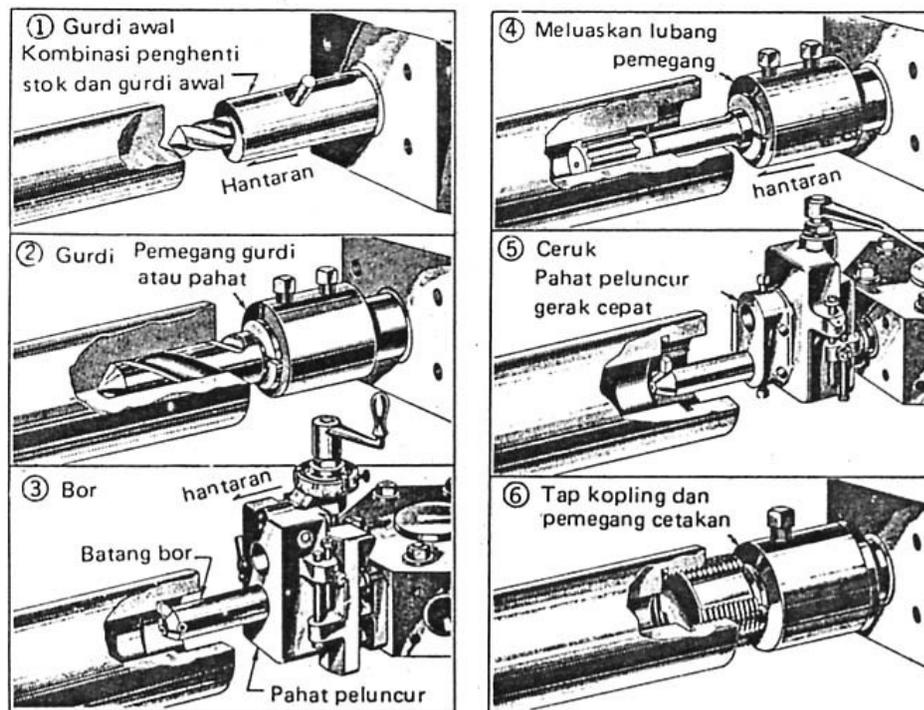
Pemotongan kombinasi menunjukkan penggunaan serentak dari pahat peluncur dan turet.

Gambar 11. menunjukkan penyetelan turet segienam untuk membuat pemotongan dalam pada adaptor ulir.



Gambar 11. Penyetel turet segi enam menggambarkan urutan operasi untuk menangani pemotongan dalam yang diperlukan pada adaptor yang ditunjukkan dalam gambar desain.

Gambar 12. menunjukkan detail pemotongan dalam yang diperlukan untuk mem mesin adaptor. Jenis-jenis operasinya adalah :

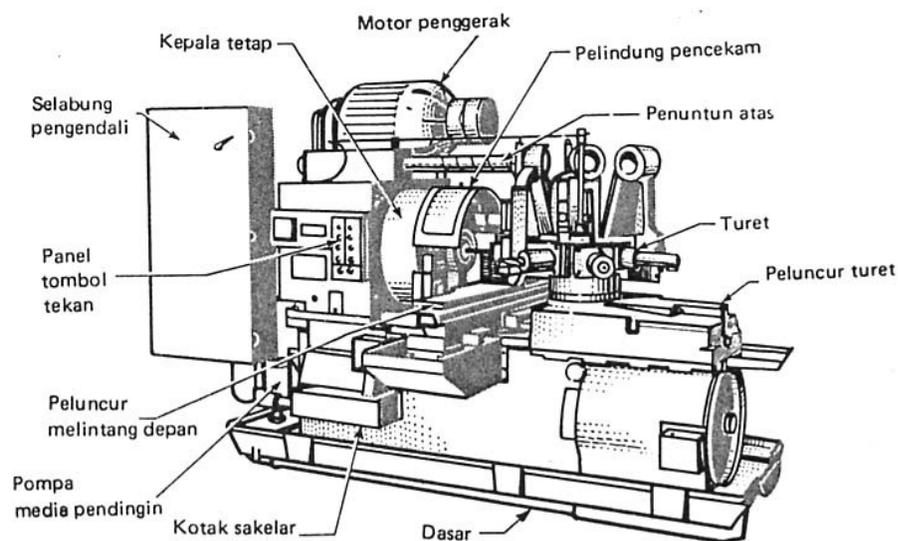


Gambar 12. Penyetelan untuk mem mesin operasi dalam pada adaptor berulir.

1. Stok batang dimajukan terhadap penghenti stok kombinasi dan gurdi awal dan diapitkan ke leher. Gurdi awal dimajukan dan ujung benda kerja di gurdi/senter.
2. Dibuat lobang pada stok dengan menggurdi sesuai dengan panjang yang diperlukan.
3. Lubang dibor sesuai dengan diameter ulir.
4. Lubang yang digurdi diperbesar dengan peluas lubang (reamer)
5. Alur untuk celah ulir / ceruk dibuat. Untuk operasi ini digunakan perkakas luncur gerak cepat.
6. Ulirnya dibuat dengan sebuah tap yang dipegang oleh kopling tap dan pemegang die.

Mesin Bubut Turet Horizontal Otomatis

Gambar 13. adalah mesin bubut turet otomatis yang penampilannya mirip dengan jenis sadel standar namun operasinya otomatis. Turet segienam dioperasikan dengan tenaga hidrolik dan dilengkapi dengan penggeseran melintang cepat dan penukaran otomatis kepala hantaran yang sesuai pada setiap titik. Gerakan dari peluncur menyilang dikendalikan oleh nok yang digerakkan oleh gerakan ke depan dari turet.



Gambar 13. Mesin bubut turet horisontal otomatis.

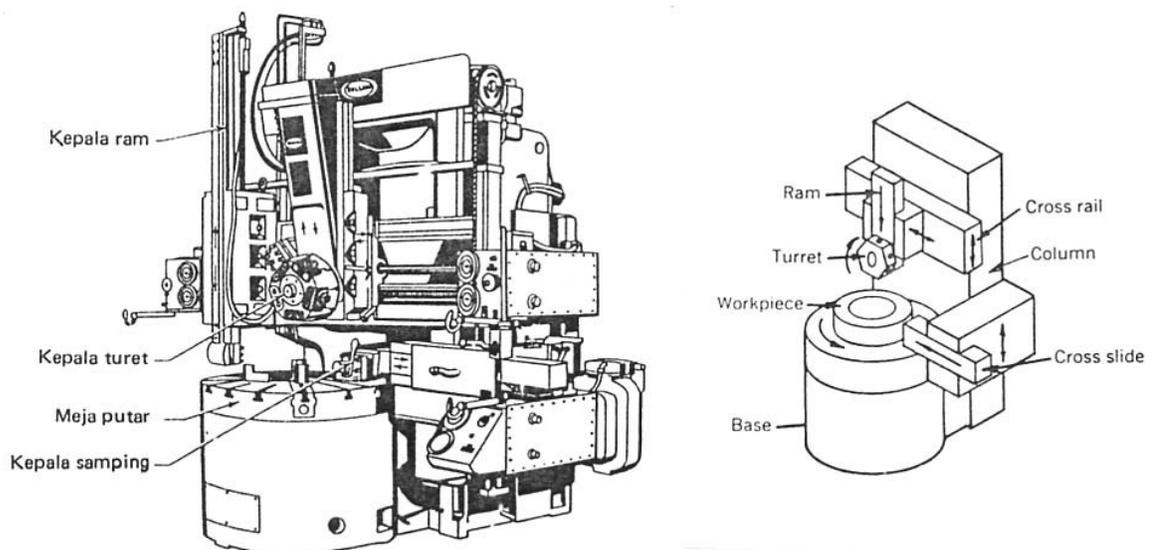
Mesin Bubut Turet Vertikal

Mesin bubut turet vertikal mirip dengan fris pengebor vertikal, tetapi memiliki karakteristik pengaturan turet untuk memasang pahat. Mesin ini terdiri dari pencekam atau meja berputar dalam kedudukan horisontal, dengan turet dipasangkan diatas rel menyalang. Mesin ini dikembangkan untuk memudahkan pemuatan, pemegangan dan pemesinan dari suku cadang berat dan diameter besar.

Pada gambar 15. memperlihatkan sebuah mesin bubut turet vertikal yang dilengkapi dengan tiga kepala pemotong: kepala turet utama yang berputar, kepala ram yang ditunjukkan di sebelah kiri dan kepala samping.

Untuk mengadakan pemotongan bersudut, baik ram maupun turet dapat diputar 30 derajat kekiri atau kanan dari pusat. Ram menyediakan stasiun perkakas lain pada mesin yang bisa dioperasikan terpisah atau bersama-sama dengan yang lainnya.

Mesin bisa dilengkapi dengan pengendali yang akan menghasilkan operasi otomatis pada setiap kepala, laju dan arah hantaran dan perubahan kecepatan spindle.



Gambar 15. Mesin bubut turet vertikal.

Mesin Bubut Stasiun Jamak Vertikal Otomatis

Mesin ini didesain untuk produksi tinggi dan biasanya dilengkapi dengan lima atau sembilan stasiun kerja dan posisi/dudukan

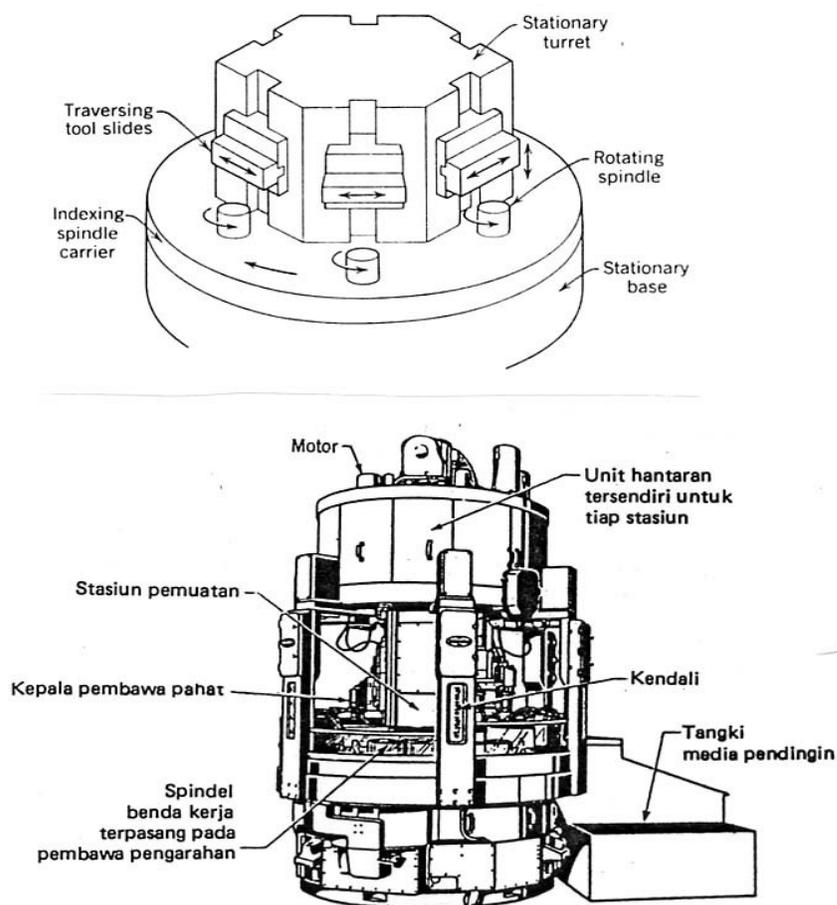
pemuatan. Dalam beberapa mesin disediakan dua spindel untuk setiap stasiun.

Biasanya semua jenis operasi bisa dilakukan seperti menfris, menggurdi, mengulir, mengetap, meluaskan lobang dan mengebor. Keuntungan mesin ini adalah bahwa operasi bisa dilakukan secara serentak dan dengan urutan yang sesuai.

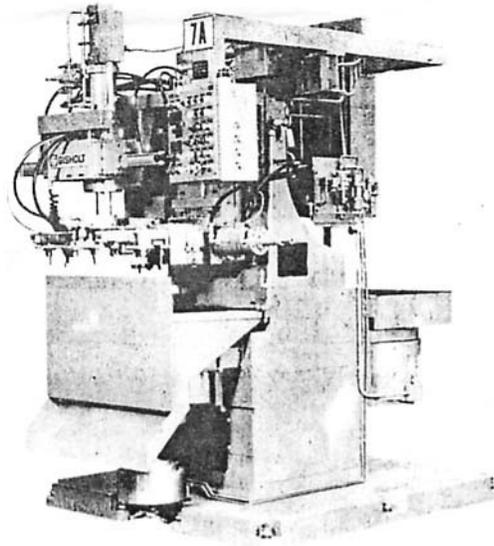
Mesin Bubut Otomatis

Mesin bubut yang perkakasnya secara otomatis dihantarkan kepada benda kerja dan mundur setelah daurnya diselesaikan, dikenal sebagai mesin bubut otomatis. Mesin bubut yang otomatis sepenuhnya dilengkapi dengan magasin hantaran sehingga sejumlah suku cadang dapat dimesin secara berurutan dengan hanya sedikit pengawasan dari operator.

Gambar 17. memperlihatkan mesin bubut otomatis jenis vertikal.



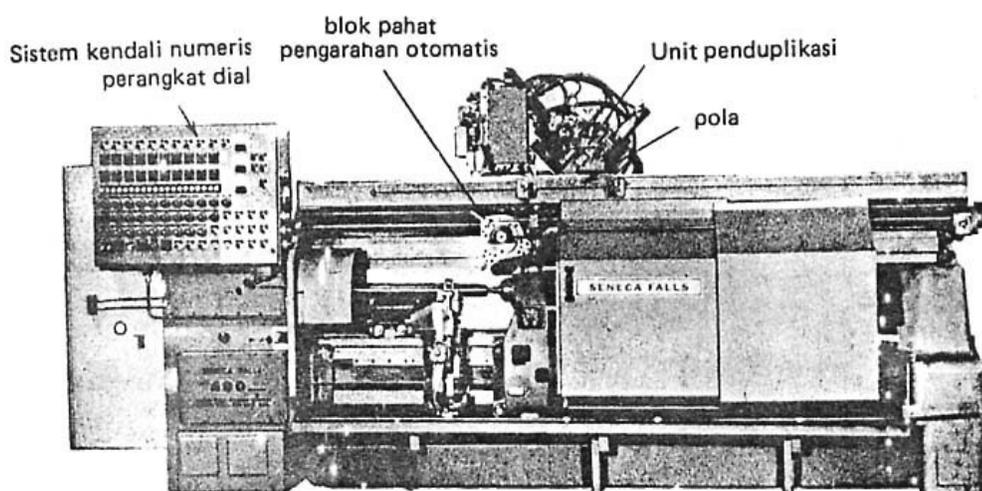
Gambar 16. Mesin bubut pengekam vertikal stasiun jamak.



Gambar 17. Mesin bubut otomatis vertikal.

Mesin Bubut Duplikat

Mesin bubut duplikat memproduksi kembali sejumlah suku cadang dari bentuk induk ataupun contoh dari benda kerja. Hampir setiap mesin bubut standar dapat dimodifikasi untuk pekerjaan penduplikasian. Reproduksi dari sebuah pola, baik bulat atau datar yang biasanya dipasangkan dibelakang mesin bubut. Pola dihubungkan dengan sebuah jarum yang digerakkan oleh udara, hidrolis atau listrik.



Gambar 19. Mesin bubut duplikat otomatis.

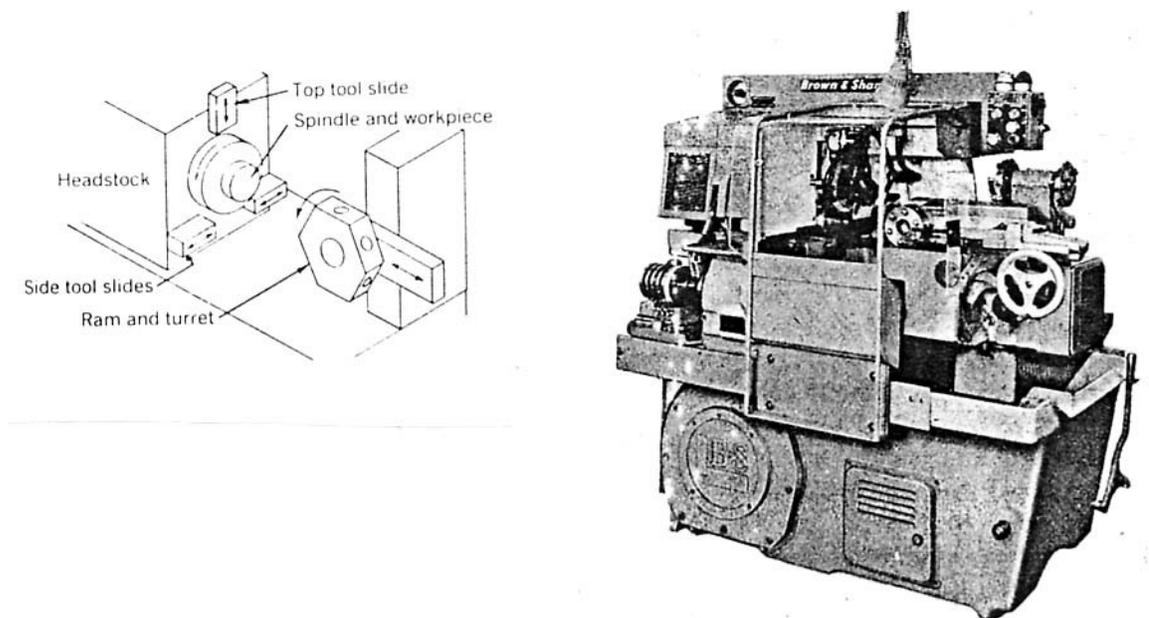
Mesin Ulir Otomatis

Ditemukan oleh Christopher N. Spencer. Ciri utama dari mesin tersebut adalah adanya pengontrolan gerakan turret sehingga perkakas bisa

diumpun ke benda kerja pada kecepatan yang diinginkan, ditarik dan diarahkan ke kedudukan berikutnya. Ini semuanya dilakukan dengan mekanisme nok berbentuk silinder atau drum yang terletak dibawah turet. Ciri khas lainnya yang dikendalikan oleh nok adalah mekanisme pemegangan benda kerja pada leher, dan melepaskannya pada akhir siklus.

Mesin pertama jenis ini hanya beroperasi untuk membuat sekrup dan baut. Karena mesin ini hanya memproduksi komponen satu persatu dengan sedikit perhatian dari operator maka sebab itu disebut otomatis.

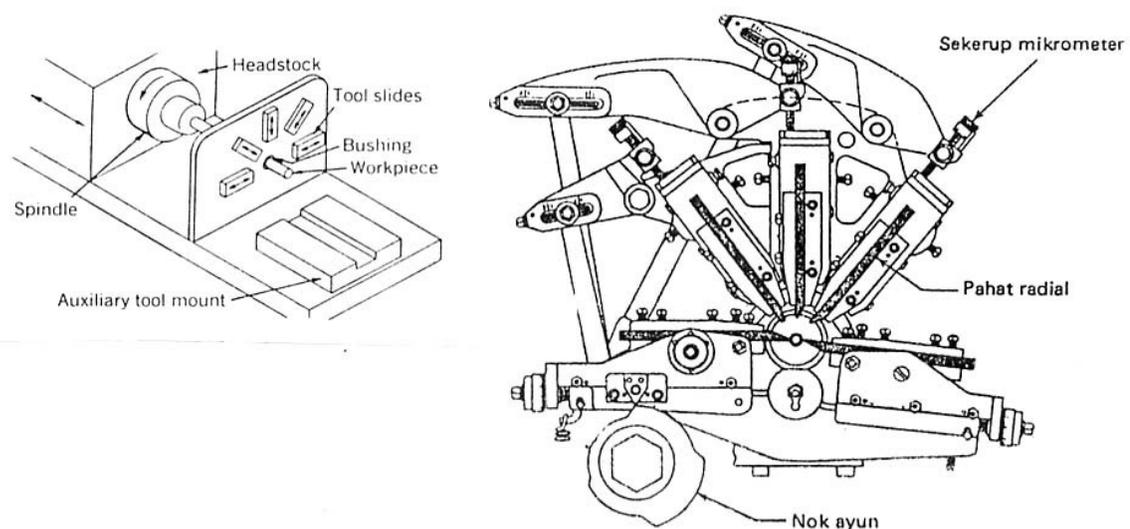
Mesin ulir otomatis bisa diklasifikasikan berdasarkan turet atau jumlah spindel, tapi mesin multi spindel tidak diklasifikasikan sebagai mesin ulir tetapi sebagai mesin spindel-banyak otomatis. Pada gambar 20 memperlihatkan mesin ulir yang didesain untuk benda kerja batang diameter kecil. Mesin ini mempunyai peluncur melintang yang bisa membawa perkakas didepan dan dibelakang, dan turet yang terpasang pada posisi vertikal pada peluncur gerakan longitudinal. Perkakas dipasang sekeliling turet pada bidang vertikal segaris dengan spindel.



Gambar 20. Mesin ulir otomatis nomor 2.

Mesin Ulir Jenis Swis

Pada gambar 21 adalah tampak ujung mesin ulir jenis swiss yang dikembangkan untuk pembubutan teliti dari komponen kecil. Pahat mata tunggal digunakan pada mesin ini dan ditempatkan secara radial disekeliling bushing karbida dimana stok dimajukan selama proses pemesinan. Pembubutan dilakukan oleh dua mata perkakas horisontal sedangkan tiga lainnya digunakan untuk membuat alur, memotong putus dan membuat alur.



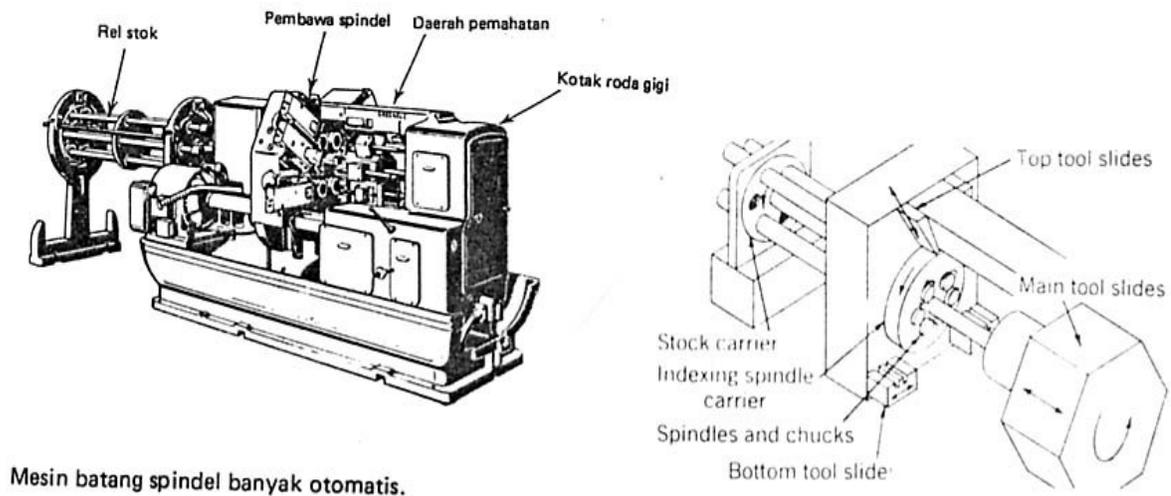
Gambar 21. Tampak ujung dari mesin ulir jenis Swis yang menunjukkan nok ayun dan mekanisme kendali pahat.

Spindel Banyak Otomatis

Mesin spindel banyak otomatis adalah jenis yang paling cepat dari mesin produksi untuk pekerjaan batang. Mesin ini otomatis sepenuhnya dan dibuat dalam berbagai model dengan dua, empat, lima, enam atau delapan spindel. Dalam mesin ini langkah operasi dibagi menjadi beberapa bagian sehingga satu stasiun mengerjakan satu bagian operasi dan semua stasiun beroperasi secara serentak sehingga memperpendek waktu pengerjaan.

Konstruksi umum dari mesin ini bisa dilihat pada gambar 22. Spindel yang membawa stok batang seluruhnya dipegang dan diputar dalam rel stok. Didepan spindel terdapat sebuah peluncur pahat ujung

untuk tempat meletakkan pahat segaris dengan dengan masing-masing spindel mesin. Peluncur pahat tidak mengarah atau berputar bersama pembawa spindel melainkan bergerak maju-mundur untuk membawa ujung pahat ke dan dari persinggungan dengan batang atau stok yang berputar.

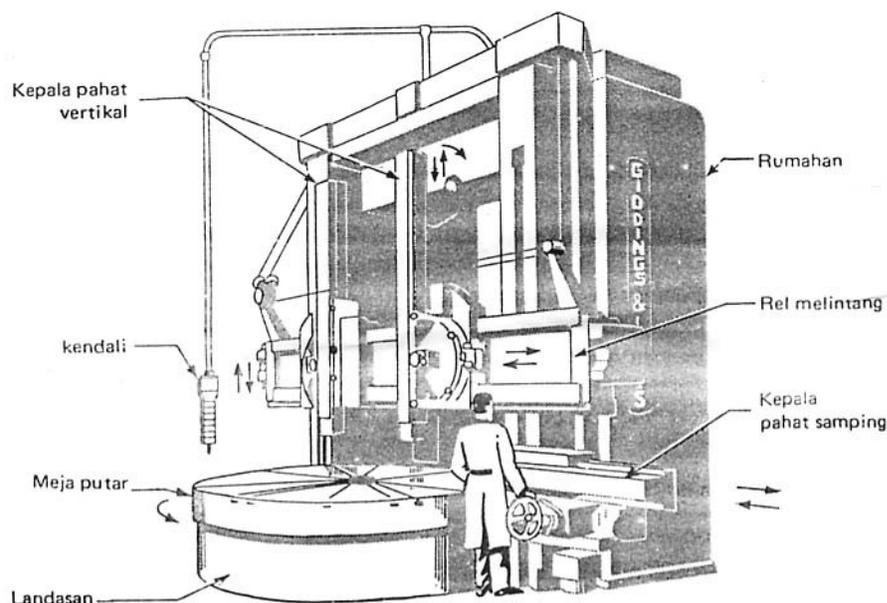


Mesin batang spindel banyak otomatis.

Gambar 22. Mesin batang spindel banyak otomatis.

Fris Pengebor Vertikal

Pada mesin ini benda kerja berputar pada meja horisontal. Pahat pemotong stasioner, kecuali untuk gerakan hantaran dan terpasang pada rel menyilang yang tingginya dapat disetel. Pekerjaan yang bisa dilakukan adalah pekerjaan tepi horisontal, pembubutan vertikal dan pengeboran. Mesin ini diberi tingkatan berdasarkan diameter mejanya yang ukurannya bervariasi dari 1 sampai 12 m.



Gambar 24. Fris pengebor dan pembubut vertikal.

Gambar 24 adalah contoh mesin fris pengebor vertikal. Kelebihan dari mesin ini adalah bisa memegang suku cadang yang besar dan berat, karena benda kerja dapat diletakkan di meja dengan *crane*.

Soal-soal:

1. Sebutkan fungsi komponen-komponen berikut pada mesin bubut: skor tetap, sekrup pengarah, batang hantaran, kereta luncur dan apron.
2. Sebutkan 4 cara pembubutan tirus yang dilakukan pada mesin bubut.
3. Coba sebutkan dan jelaskan operasi-operasi pada mesin bubut yang kamu ketahui.
4. Jelaskan jenis-jenis mesin bubut berikut: pembubut kecepatan, pembubut mesin, pembubut bangku, dan pembubut ruang perkakas.
5. Coba anda jelaskan mengenai pembubutan pinggir (facing).
6. Coba anda jelaskan bagaimana proses pembubutan tirus.
7. Apa yang dimaksud dengan mesin bubut turet
8. Sebutkan perbedaan antara bubut turet dengan bubut mesin
9. Apa yang kamu ketahui mengenai mesin bubut duplikat.
10. Sebutkan dan jelaskan mengenai mesin bubut untuk pembuatan ulir.

BAB V

MESIN PENGGURDI DAN PENGEBOR

Penggurdian adalah membuat lubang dalam sebuah obyek dengan menekankan sebuah pahat gurdi berputar kepadanya. Hal yang sama dapat dicapai dengan memegang penggurdi stasioner dan memutar benda kerja.

Pengeboran adalah memperbesar lubang yang telah digurdi atau diberi inti. Pada prinsipnya merupakan suatu operasi penepatan sebuah lubang yang telah digurdi sebelumnya dengan pahat jenis mesin bubut mata tunggal.

Meluaskan lubang (Reaming) adalah memperbesar lubang yang telah dimesin sampai ke ukuran yang sesuai dengan penyelesaian halus. Peluas lubang adalah sebuah pahat teliti dan tidak dirancang untuk membuang logam banyak.

Gurdi

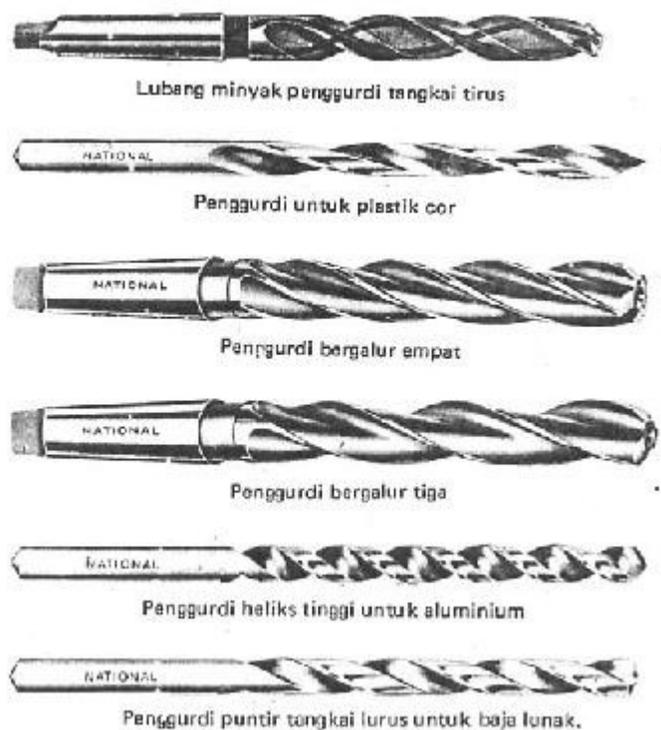
Gurdi adalah sebuah pahat pemotong yang ujungnya berputar dan memiliki satu atau beberapa tepi potong dan galur yang berhubungan kontinyu di sepanjang badan gurdi. Galur bisa berupa lurus atau heliks, disediakan untuk memungkinkan lewatnya serpihan dan fluida pemotongan.

Penggurdi Puntir (Twist Drill)

Penggurdi puntir adalah jenis yang banyak dipakai, biasanya memiliki dua galur dan dua tepi potong. Penggurdi jenis ini diperlihatkan pada gambar 2. dengan berbagai sebutan yang diberikan. Beberapa jenis penggurdi bervariasi dalam jumlah dan sudut galurnya, ditunjukkan pada gambar 3. Penggurdi bergalur tunggal digunakan untuk pelubangan mula dan untuk penggurdian lubang dalam.



Gambar 2. Penggurdi puntir standard dan peristilahnannya.



Gambar 3. Jenis penggurdi.

Penggurdi dua galur adalah jenis konvensional yang dipakai untuk pelubangan mula dan menggurdi lubang. Untuk penggurdian produksi, penggurdi dilengkapi dengan saluran oli di dalam atau di luar. Penggurdi bergalur tiga atau empat pada prinsipnya dipakai untuk memperbesar lubang yang telah dibuat sebelumnya.

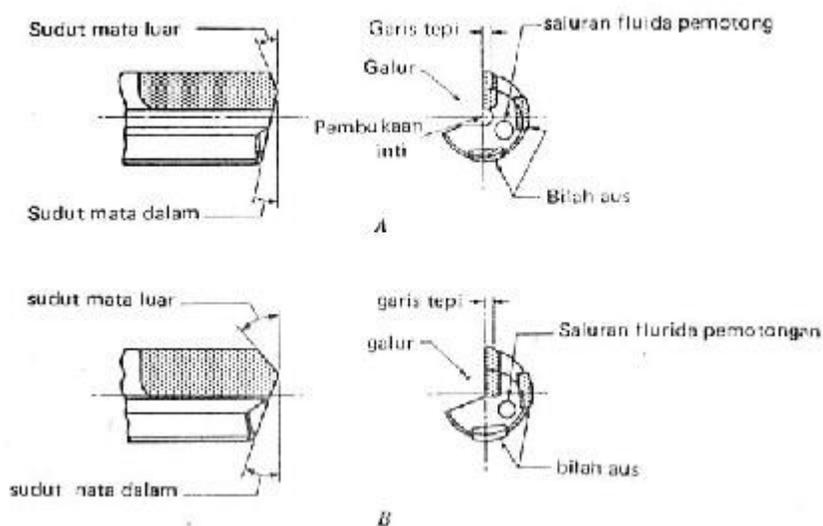
Penggurdi Pistol (Gun Drill)

Ada dua jenis penggurdi pistol bergalur lurus yang digunakan untuk penggurdian lubang dalam seperti ditunjukkan gambar 4.

Yang satu disebut penggurdi *trepan*, dimana tidak memiliki pusat mati dan meninggalkan inti pejal dari logam. Dengan gerakan maju gurdi, maka inti bekerja sebagai pemandu pusat di titik pemotongan. Ini mencegah pelarian penggurdi ke satu sisi, dan ketelitian lubang mudah dipertahankan.

Jenis yang lain adalah *penggurdi pistol pemotong pusat* (jenis konvensional), digunakan untuk penggurdian lubang yang sangat dalam, misalnya menggurdi lubang buntu yang tidak dapat menggunakan penggurdi jenis inti. Kesemua jenis gurdi ini menggunakan ujung karbida seperti pada gambar.

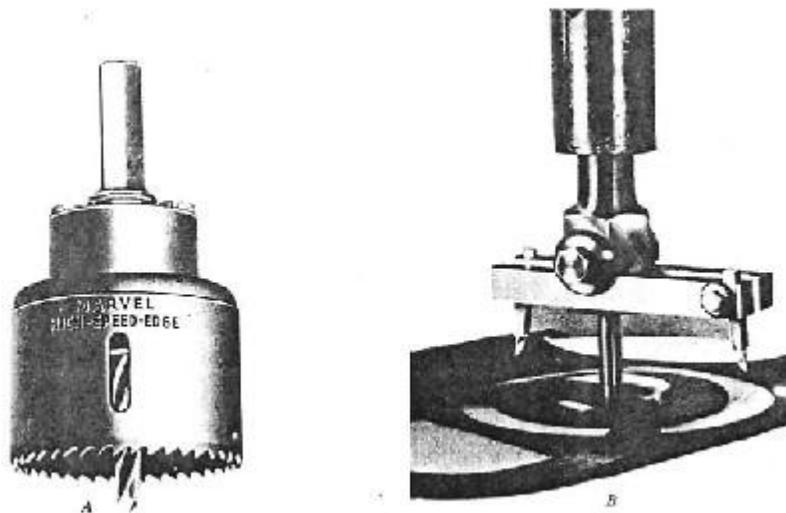
Penggurdi pistol beroperasi pada hantaran yang jauh lebih kecil daripada penggurdi puntir konvensional, tetapi kecepatan potongnya lebih tinggi. Minyak bertekanan sangat tinggi diberikan ke ujung pengerek melalui lubang di pemotongnya.



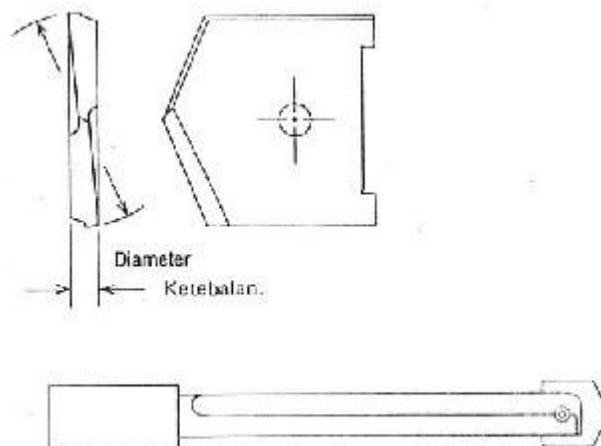
Gambar 4. Penggurdi pistol bergalur lurus. A. Penggurdi pistol trepan, B. Penggurdi pistol pemotongan pusat.

Penggurdi Khusus

Untuk menggurdi lubang besar dalam pipa atau logam lembaran, gurdi puntir tidak sesuai karena gurdi cenderung akan terbenam ke dalam benda kerja atau lubangnya terlalu besar untuk gurdi biasa. Lubang besar tersebut dipotong dengan pemotong lubang seperti gambar 5.



Gambar 5. Pemotong untuk lubang pada logam tipis. A. Pemotong gergaji. B. Fris kecil (fly cutting).



Gambar 6. Penggurdi sekop dan pemegang tangkai.

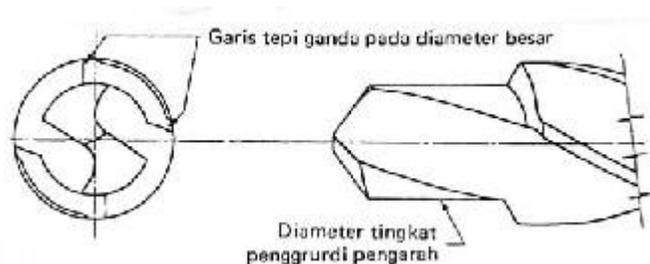
Pemotong jenis gergaji diperoleh dalam jangkauan ukuran yang luas. Untuk lubang yang sangat besar pada logam tipis digunakan *fris kecil* (fly cutter). Pemotong terdiri pemegang pahat horisontal yang dapat disetel untuk menampung perkisaran diameter yang luas. Kedua pemotong akan memotong pada lintasan yang sama, tetapi yang satu disetel agak lebih rendah dari yang lain.

Penggurdi sekop seperti gambar 6 adalah metode lain untuk membuat lubang dengan diameter besar, berkisar antara 35

sampai 380 mm. Bahan yang dipakai pada penggurdi sekop adalah baja kecepatan tinggi atau bahan lain yang terbuat dari baja karbon menengah sampai tinggi dan berujung karbida.

PRESTASI PENGGURDI

Prestasi Penggurdi tidak lepas dari bahan penggurdi itu sendiri. Bahan baja kecepatan tinggi dapat memberikan kecepatan pemotongan sekitar dua kali dari bahan baja karbon. Untuk bahan keras dan abrasiv seperti besi cor, penggurdi diberi ujung wolfram karbida akan memberikan hasil penggurdian yang memuaskan. Baja kecepatan super tinggi berbantalan kobalt, kandungan karbon tinggi, mampu menggurdi baja dengan kekerasan Rockwell C68, seperti baja anti karat dan paduan untuk pesawat ruang angkasa. Beberapa penggurdi diberi perlakuan permukaan selubung keras dan tipis, atau dilapis khrom untuk memberikan permukaan yang tahan aus.



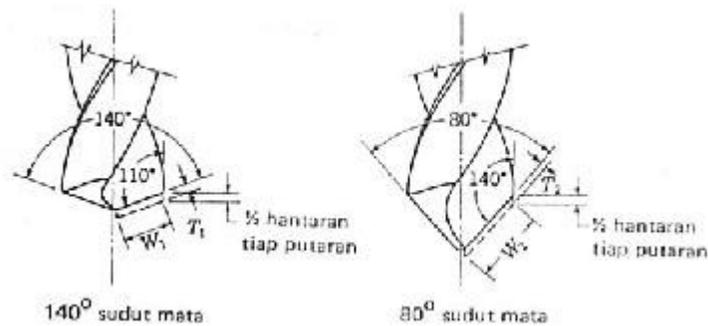
Gambar 8. Penggurdi bertingkat garis tepi ganda. Diameter pengarah tidak berubah, sehingga memperbaiki aksi pengarah.

Sudut Mata

Sudut mata harus pas dengan bahan yang digurdi. Sudut mata yang biasa untuk penggurdi komersial pada umumnya adalah 118 derajat yang bagus digunakan untuk baja lunak, kuningan dan bahan pada umumnya. Untuk logam yang lebih keras, maka sudut mata yang lebih besar akan memberikan prestasi lebih baik.

Gambar 9 ditunjukkan dua penggurdi dengan sudut mata 140 derajat dan 80 derajat. Ketebalan dan lebar serpihan yang diperoleh

dari pengguridian ditandai dengan huruf T dan W . Tebal T_1 untuk yang bersudut mata 140 derajat adalah lebih tebal dari tebal T_2 pada sudut mata 80 derajat. Dalam menggurdi logam yang keras dan sulit dimesin, serpihan yang tebal memungkinkan sejumlah penghematan daya.



Gambar 9. Variasi sudut mata mempengaruhi prestasi penggurdi.

Terlihat juga bahwa lebar W_1 untuk sudut mata 140 derajat adalah kurang daripada W_2 untuk sudut mata yang lebih kecil. W yang lebih lebar memiliki sisi pemotongan lebih lebar, berguna dalam menggurdi bahan yang menimbulkan keausan pengikisan.

Sudut Heliks

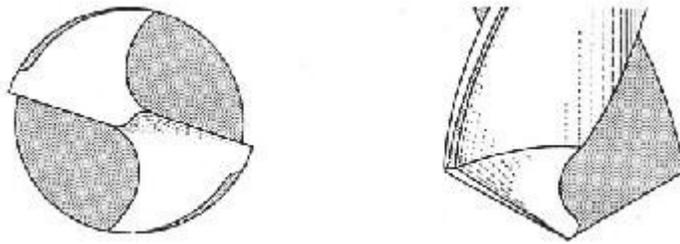
Prestasi gurdi dipengaruhi oleh sudut heliks dari galurnya. Sudut ini bisa bervariasi dari 0 sampai 45 derajat, standar yang umum untuk baja dan bahan lainnya biasanya sekitar 30 derajat. Makin kecil sudut ini maka makin besar puntiran yang diperlukan untuk mengoperasikan pada kecepatan yang sama. Sudut untuk menggurdi tembaga, magnesium dan plastik lunak sekitar 35 - 45 derajat, tembaga paduan 20 - 25 derajat, plastik keras 17 derajat, dan baja lunak sampai menengah 25 - 32 derajat.

Mata Gurdi

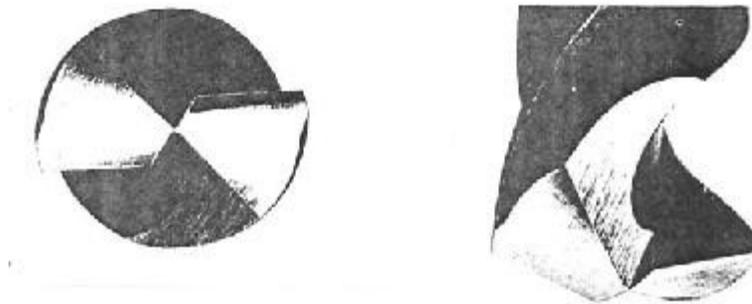
Pada gurdi terdapat tepi pahat pada ujung web yang menghubungkan kedua pemotong seperti gambar 2. Tepi pahat ini tidak memotong secara efisien karena penggaruk negatif besar yang tidak hanya di titik pusat tetapi juga disepanjang tepi pahat. Untuk memperbaiki efisiensi pengguridian dan mengurangi

desakan, maka dibuatlah suatu mata penggurdi memusat sendiri yang memiliki tepi spiral seperti diperlihatkan gambar 10 yang memiliki aksi pemotongan yang jauh lebih baik.

Cara lain untuk mengurangi desakan ujung adalah dengan penipisan ujung web dan pembelahan mata seperti gambar 11. Penggurdi mata terbelah ini banyak digunakan untuk menggurdi baja pengerasan-kerja yang kasar dan logam *super alloy*.



Gambar 10. Penggurdi mata spiral.



Gambar 11. Penggurdi mata terbelah dengan web tipis untuk mengurangi desakan ujung.

Fluida Pendingin

Fluida pendingin memperbaiki aksi pemotongan antara penggurdi dengan benda kerja, memudahkan pengeluaran serpihan serta mendinginkan benda kerja dan pahat. Beberapa logam dengan media pendingin yang dianjurkan :

- Aluminium : campuran minyak mineral-lemak hewan
- Kuningan : kering, campuran minyak mineral-lemak hewan
- Perunggu : kering, minyak cair
- Besi cor : kering, semburan udara
- Tembaga : minyak cair, campuran minyak mineral-lemak hewan

- Magnesium : kering, minyak mineral
- Besi mampu tempa : minyak cair
- Baja : minyak cair, minyak tersulfurisasi
- Baja perkakas : lemak hewan, minyak cair

Kecepatan Potong

Kecepatan potong dirumuskan :

$$CS = \frac{\pi D N}{1000} \text{ meter/min}$$

dengan CS = kecepatan potong, m/min

D = diameter penggurdi, mm

N = putaran tiap menit, rpm

Kecepatan potong sangat bergantung dari kekerasan dan kekasaran bahan. Makin kasar dan makin keras maka kecepatannya makin rendah. Untuk gurdi kecepatan tinggi, pada baja kecepatan seharusnya: 35 m/min; aluminium: 75 m/min; besi cor: 30 m/min; magnesium: 90 m/min; dan kuningan: 60 m/min.

Hantaran Penggurdi

Hantaran untuk penggurdi kecepatan tinggi diameter sekitar 25 mm biasanya hantaran berkisar antara 0,05 sampai 0,38 mm/put seperti bisa dilihat pada tabel 1. Untuk memperoleh produksi lebih cepat, seringkali dianjurkan untuk meningkatkan hantaran, bukannya meningkatkan kecepatan potong. Kalau kecepatan potong ditingkatkan dalam daerah kritis, akan terjadi penurunan umur pahat secara cepat.

Tabel 1. Hantaran yang dianjurkan untuk penggurdi.

Diameter mm	Hantaran mm/put
Dibawah 3,3	0,03 - 0,05
3,2 - 6,4	0,05 - 0,10
6,4 - 12,7	0,10 - 0,18
12,7 - 25,4	0,18 - 0,38
Diatas 25,4	0,38 - 0,64

Ukuran Lubang Yang di Gurdi

Biasanya, gurdi dua galur secara normal akan menggurdi dengan sedikit kelebihan ukuran pada umumnya logam. Besarnya kelebihan ukuran lubang yang didapat dari penggurdi berdiameter 3,2 sampai 25 mm dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{kelebihan ukuran rata-rata} = 0,05 + 0,13 D$$

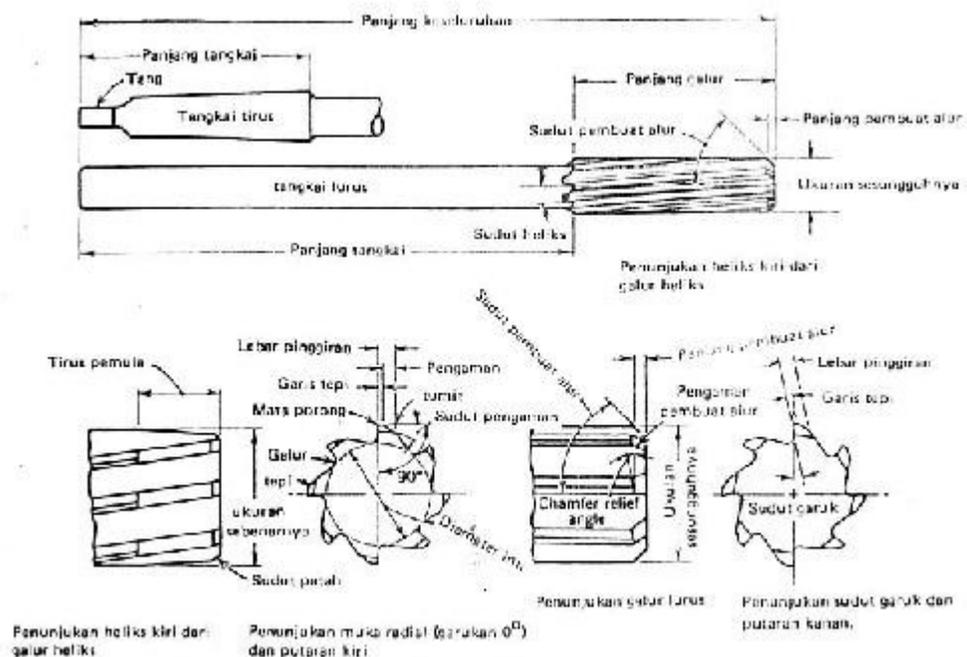
$$\text{kelebihan ukuran maksimum} = 0,13 + 0,13 D$$

$$\text{kelebihan ukuran minimum} = 0,03 + 0,08 D$$

dengan : D = diameter penggurdi nominal, mm

Peluas Lubang (Reamer)

Peluas lubang adalah perkakas yang menyelesaikan lubang yang telah digurdi atau di bor. Istilah yang dipakai pada peluas lubang bisa dilihat pada gambar 12.

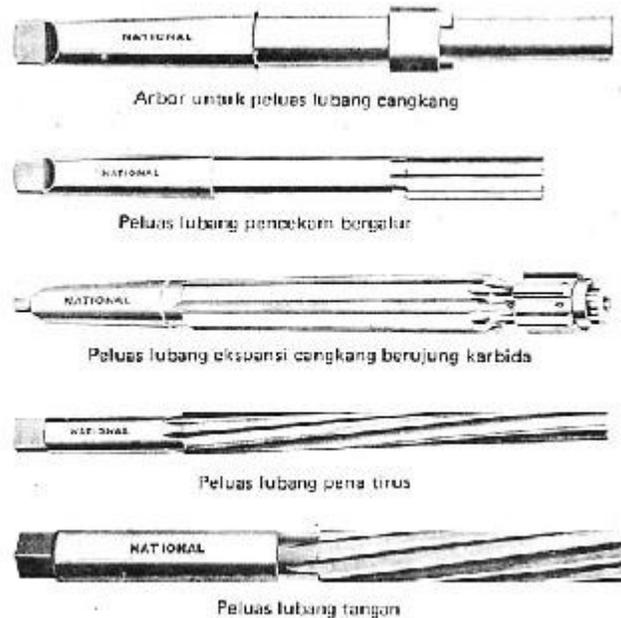


Gambar 12. Peluas lubang standar dan peristilahannya.

Peluas lubang yang tersedia untuk berbagai bahan dan penggunaannya adalah :

1. Peluas lubang tangan
5. Peluas lubang ekspansi

2. Peluas lubang pencekam
3. Peluas lubang cangkang khusus (shell)
4. Peluas lubang tirus.
6. Peluas lubang mampu setel
7. Peluas lubang kegunaan khusus (shell)



Gambar 13. Jenis-jenis peluas lubang.

Peluas lubang tangan adalah perkakas penyelesaian yang dirancang untuk penepatan dimensi akhir dari lubang.

Peluas lubang pencekam dirancang untuk penggunaan dalam mesin.

Peluas lubang cangkang terdiri atas ujung jenis cangkang yang dipasangkan pada arbor tirus. Celah dalam peluas lubang menghubungkan penyeret pada arbor untuk menghasilkan pergerakan positif.

Peluas lubang pena-tirus biasanya mempunyai diameter kecil dan agak panjang. Peluang harus dikonstruksi sekuat mungkin karena mata potongnya dihubungkan dalam pemotongan melalui keseluruhan panjangnya.

Peluas lubang ekspansi dapat disetel untuk mengkompensasi keausan atau untuk kebutuhan meluaskan lubang yang kelebihan ukuran.

Peluas lubang mampu setel berbeda dengan yang lain dalam hal alat ini dapat dimanipulasi untuk dipakai pada jangkauan ukuran tertentu.

Pengelompokan Mesin Penggurdi

Berdasarkan konstruksinya mesin penggurdi bisa dikelompokan sebagai berikut :

- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| A. Penggurdi mampu jinjing turet | E. Mesin penggurdi |
| B. Mesin penggurdi peka jamak | F. Mesin penggurdi spindel |
| 1. Pasangan bangku | 1. Unit tunggal |
| 2. Pasangan lantai | 2. Jenis jalan |
| C. Mesin penggurdi tegak otomatis | G. Mesin penggurdi produksi |
| 1. Tugas ringan | 1. Meja pengarah |
| 2. Tugas berat perpindahan | 2. Jenis |
| 3. Mesin penggurdi gang dalam | H. Mesin penggurdi lubang |
| D. Mesin Penggurdi radial | |

Mesin penggurdi mampu jinjing dispesifikasikan berdasarkan diameter penggurdi maksimum yang dapat dipegangnya. Untuk penggurdi jenis peka atau tegak dispesifikasikan berdasarkan diameter benda kerja paling besar yang bisa digurdi. Ukuran mesin penggurdi radial didasarkan pada panjang lengannya dalam meter.

Penggurdi Mampu Jinjing dan Peka

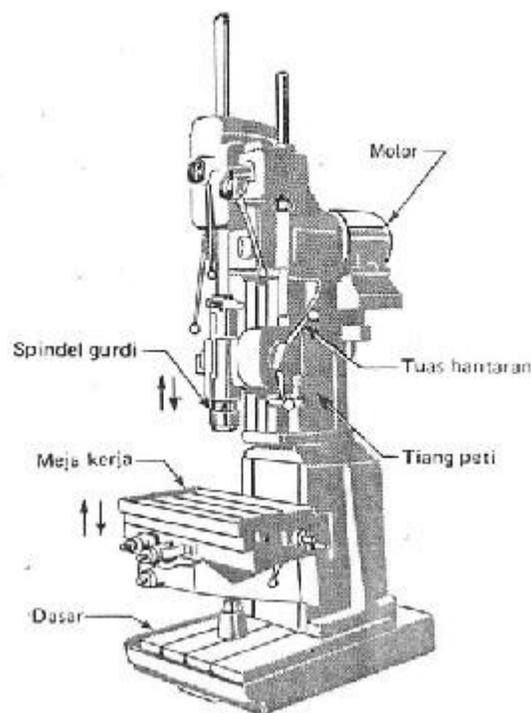
Penggurdi mampu jinjing (*portable*) adalah mesin penggurdi kecil yang terutama digunakan untuk operasi penggurdian yang tidak dapat dilakukan dengan mudah pada kempa gurdi (drill press) biasa. Yang paling sederhana adalah mesin penggurdi yang

dioperasikan dengan tangan. Penggurdi jenis ini bisa menggunakan penggurdi sampai diameter 12 mm.

Mesin penggurdi peka adalah mesin kecil berkecepatan tinggi dari konstruksi sederhana yang mirip dengan kempa gurdi tegak biasa. Mesin ini terdiri dari standar tegak, sebuah meja horisontal, dan sebuah spindel vertikal untuk memutar dan memegang gurdi. Mesin jenis ini berhantaran ringan dan hanya sesuai untuk pekerjaan ringan dengan diameter gurdi tidak lebih dari 15 mm.

Penggurdi Tegak

Penggurdi tegak mirip dengan penggurdi peka, mempunyai mekanisme hantaran daya untuk penggurdi putar dan dirancang untuk kerja yang lebih berat. Gambar 17 menunjukkan mesin berukuran 1 meter dengan tiang berbentuk peti. Mesin jenis ini bisa melakukan pekerjaan mengetap atau menggurdi.



Gambar 17. Kempa gurdi (drill press) tegak berukuran satu meter.

Mesin Penggurdi Gang (Kelompok)

Kalau beberapa spindel penggurdi diletakkan pada meja tunggal, ini disebut sebagai penggurdi gang (kelompok). jenis ini sesuai untuk pekerjaan produksi yang harus melakukan beberapa operasi. Benda kerja dipegang dalam sebuah jig yang dapat diluncurkan pada meja dari satu spindel ke spindel lainnya.

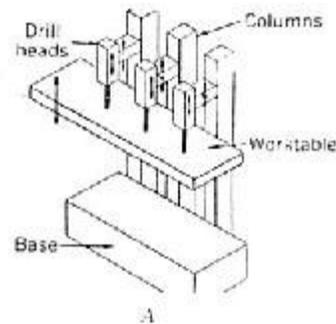


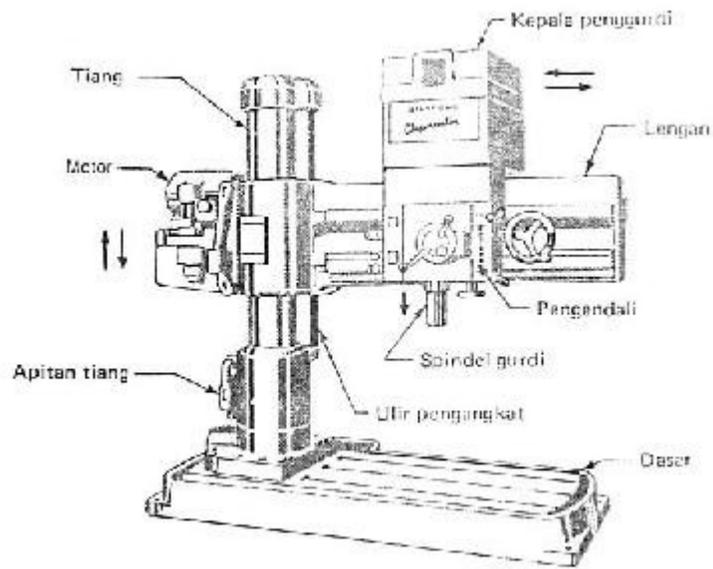
Figure 19.10
A. Gang drilling machine.

Mesin Penggurdi Radial

Mesin penggurdi radial dirancang untuk pekerjaan besar kalau tidak memungkinkan bagi benda kerja untuk digerakkan berputar bila beberapa lubang harus digurdi. Mesin jenis ini ditunjukkan pada gambar 18 yaitu terdiri dari sebuah tiang vertikal yang menyangga sebuah lengan yang membawa kepala gurdi. Kepala gurdi mempunyai penyetelan di sepanjang lengan ini.

Mesin Turet

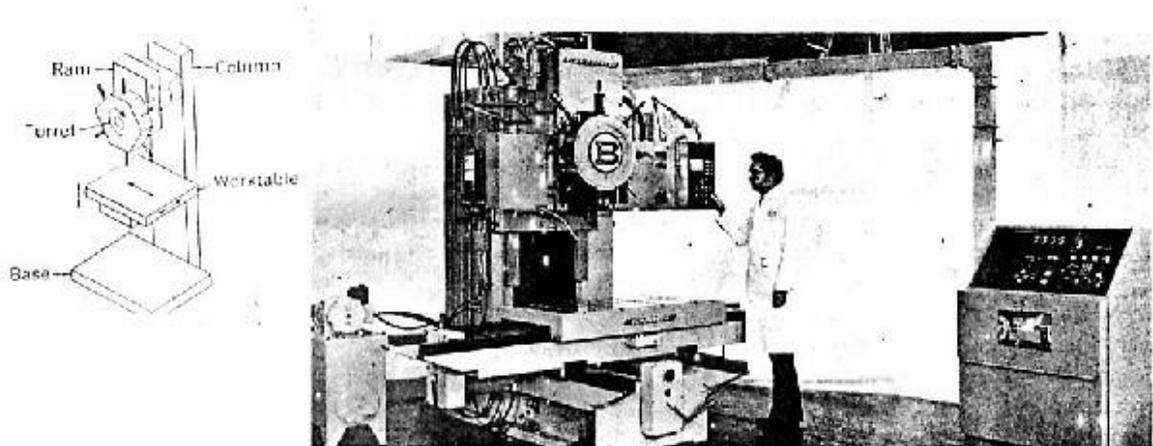
Mesin turet mengatasi keterbatasan ruang lantai yang ditimbulkan oleh Mesin Penggurdi Gang. Sebuah mesin gurdi turet diperlihatkan pada gambar 19 dimana mesin tersebut adalah mesin turet yang dikendalikan secara numerik. Dua pemegang dapat ditempatkan pada meja kerja sehingga memungkinkan pemuatan dan penurunan selama daur mesin.



Gambar 18. Mesin penggirdi radial

Mesin Penggirdi Spindel Jamak

Mesin penggirdi jamak ditunjukkan oleh gambar 20, menggirdi beberapa lobang secara serentak. Mesin ini khususnya adalah mesin produksi yang bisa menggirdi banyak suku cadang dengan ketelitian.



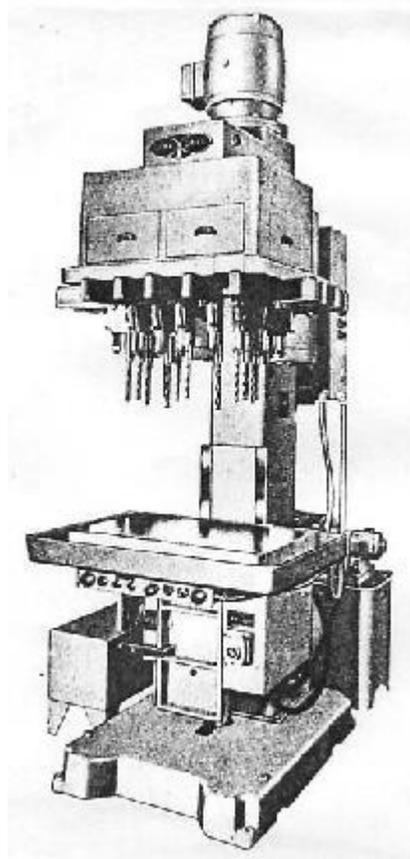
Gambar 19. Mesin penggirdi dikendalikan KN jenis turet dengan kapasitas 40 mm pada baja.

Mesin Penggurdi Jenis Perpindahan

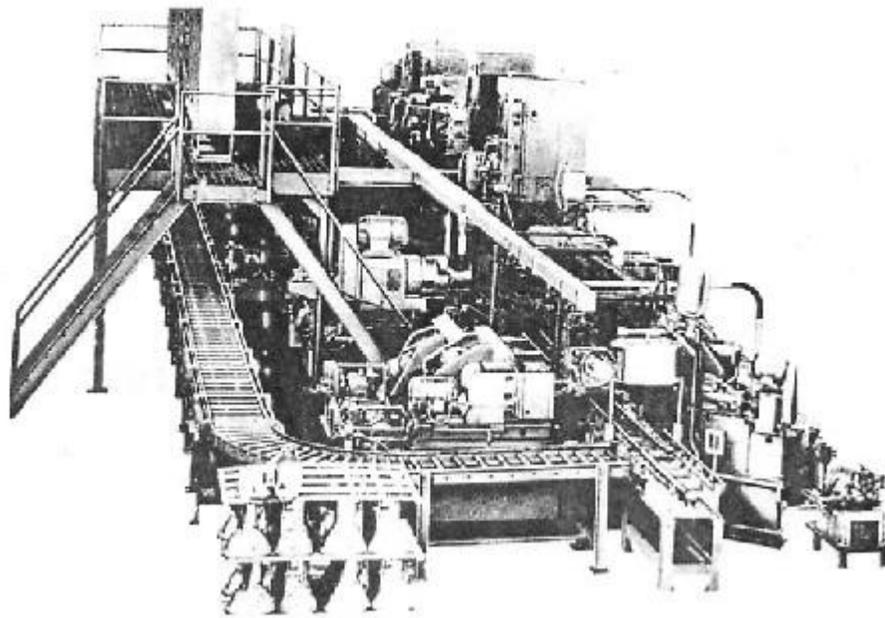
Jenis ini sering dirancang sebagai mesin otomatis. Mesin ini melakukan suatu deretan operasi pemesinan yang berurutan dan memindahkan benda kerja dari satu stasiun ke stasiun lainnya. Mesin otomatis terdiri dari jenis meja-index dan perpindahan segaris.

Meja Index dimana sesuai untuk suku cadang yang memerlukan sedikit operasi, bisa berupa jenis vertikal atau horisontal dan berjarak dari pinggir meja-index.

Jenis Perpindahan, dilengkapi dengan alat penanganan atau perpindahan antar stasiun. Metode yang paling sederhana dan ekonomis adalah dengan menggerakkannya pada rel atau ban berjalan.



Gambar 20. Mesin penggurdi dan pengetap spindel jamak serba guna, mampu setel.



Gambar 21. Mesin perpindahan berbangku kecil dengan tiga puluh lima stasiun untuk kotak transmisi; 75 suku cadang tiap jam produksi.

Mesin Penggurdi Lubang Dalam

Mesin biasa akan menemui masalah jika melakukan operasi untuk pembuatan lobang yang dalam seperti laras senapan, spindel panjang, batang engkol, dan peralatan penggurdi sumur minyak tertentu. Kesulitan biasanya dijumpai pada penyanggaan benda kerja dan gurdi. Kecepatan putar dan hantaran harus ditentukan dengan teliti, karena terdapat kemungkinan lebih besar untuk terjadi pelenturan jika dibandingkan dengan pelubangan pendek.

Mesin Penggurdi Lubang Dalam dikembangkan untuk mengatasi permasalahan ini. Mesin biasanya mempunyai konstruksi horisontal menggunakan sebuah penggurdi pistol pemotongan pusat yang mempunyai mata potong tunggal dengan galur lurus pada keseluruhan panjangnya. Biasanya gurdi stasioner dan benda kerja berputar, tetapi kalau sulit memutar benda kerja, maka keadaannya bisa dibalik.

MESIN PENGEBOR

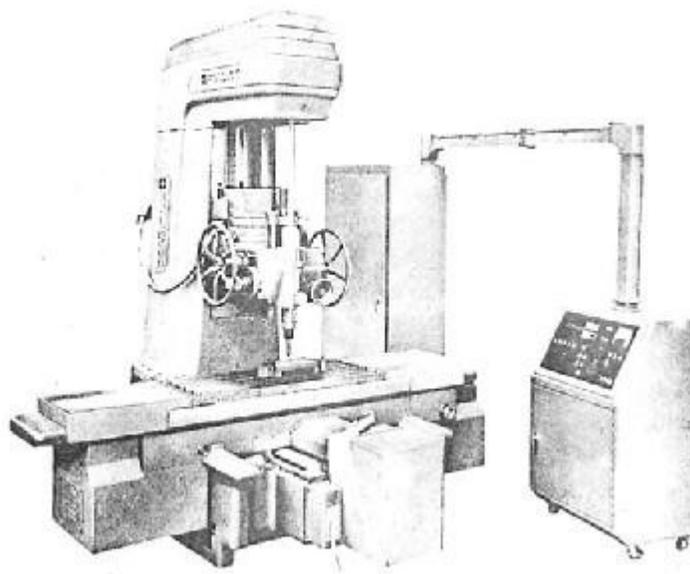
Beberapa mesin telah dikembangkan untuk pekerjaan mengebor seperti pengebor jig, fris pengebor vertikal dan mesin pengebor horisontal. Fris pengebor vertikal dan horisontal sesuai untuk benda kerja besar.

Mesin Pengebor Jig

Gambar 22 menunjukkan mesin yang dirancang untuk menempatkan dan mengebor lubang dalam jig. Mesin pengebor jig dikonstruksikan dengan ketepatan lebih tinggi dan dilengkapi dengan alat pengukur teliti untuk mengendalikan gerakan meja. Mesin juga dirancang untuk pengendalian numeris dengan meletakkan tugas pada pita, maka dijamin pengulangan yang tepat.

Fris Pengebor Vertikal

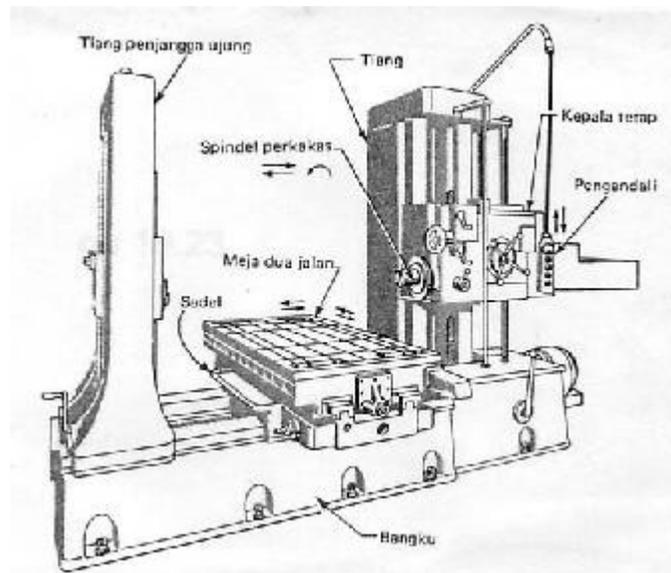
Fris pengebor vertikal mempunyai meja kerja bulat horisontal dan sesuai untuk pengerjaan tepi serta pembubutan vertikal seperti halnya pekerjaan mengebor. Mesin ini sudah dijelaskan pada bab mengenai mesin bubut.



Gambar 22. Pengebor jig produksi dan ruang perkakas.

Mesin Pengebor Horisontal

Mesin pengebor horisontal, berbeda dengan fris pengebor vertikal dalam hal benda kerja stasioner dan perkakas berputar, sesuai untuk pengeboran lubang horisontal seperti terlihat pada gambar 23.



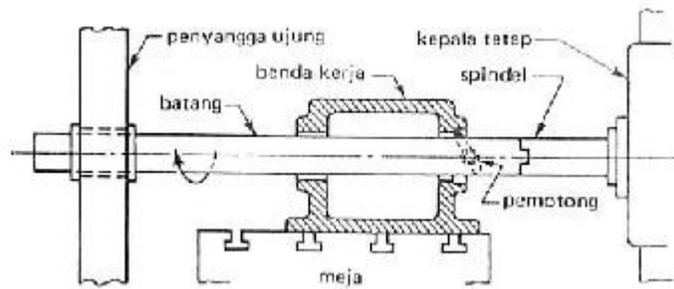
Gambar 23. Mesin pengebor horisontal jenis meja untuk melakukan operasi pengeboran, penggurdian dan pemfrisan.

Spindel horisontal untuk memegang perkakas didukung dalam sebuah rakitan pada sebuah ujung yang dapat disetel secara vertikal. Meja kerja mempunyai gerakan longitudinal dan menyilang didukung pada jalu gerakannya pada bangku mesin. Dalam beberapa kasus mejanya dapat diputar.

Perkakas Pengebor

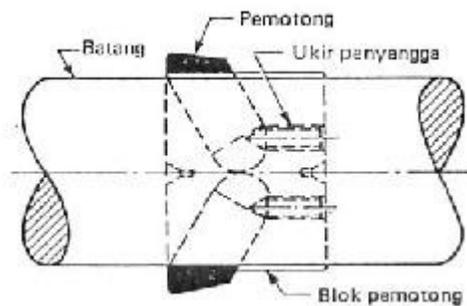
Operasi pengeboran pada umumnya menggunakan mata tunggal seperti yang ditunjukkan pada gambar 24 karena mudah disetel dan dipelihara.

Untuk pekerjaan mengebor presisi pada mesin fris, pengebor jig atau kempa gurdi diperlukan perkakas yang mempunyai penyetelan mikrometer. Perkakas semacam ini dipegang oleh kepala pemotong dan berputar. Maka setiap peningkatan ukuran lubang dilakukan dengan menyetel perkakas secara radial dari titik pusatnya.



Gambar 24. Pengeboran lurus pada mesin pengebor horizontal menggunakan batang lurus dan penyangga ujung.

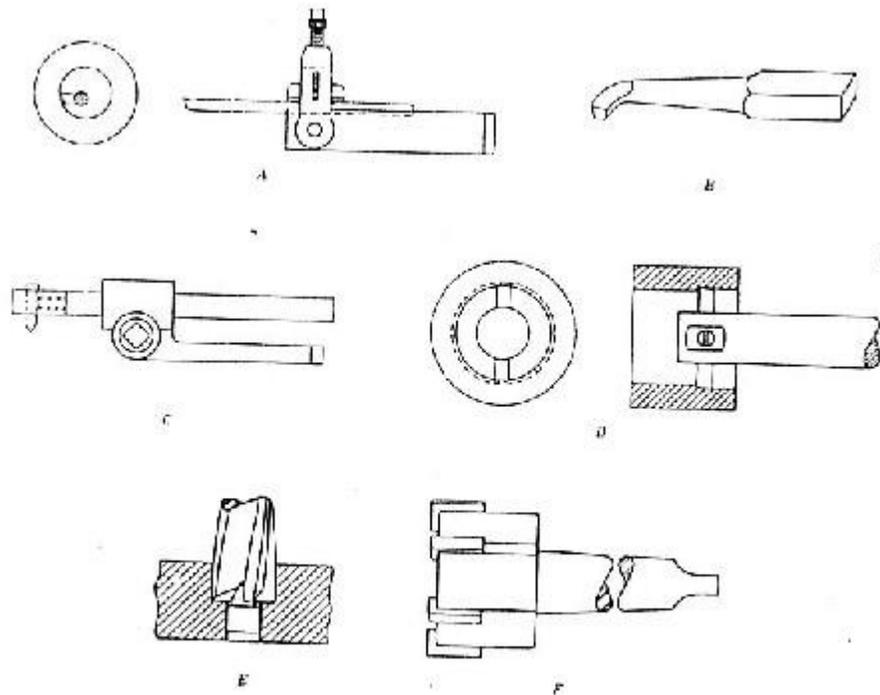
Pengaturan pemotong ganda yang paling populer adalah jenis blok, seperti ditunjukkan pada gambar 25 yang terdiri dari dua pemotong berhadapan yang terletak dalam alur pada blok. Terdapat alur untuk mengunci pemotong padaudukannya serta untuk menyetelnya.



Gambar 25. Pemotong pengeboran jenis blok.

Perkakas yang umum dipakai dalam mesin kecil seperti mesin bubut adalah sebuah perkakas mata tunggal, yang disangga dengan cara yang memungkinkan pemasukkannya ke dalam lubang. Pahat seperti ini ditunjukkan pada gambar 26A.

Pahat ini didukung dalam pemegang terpisah yang pas masuk ke dalam tempat pahat mesin bubut. Untuk mesin bubut turet, sedikit berbeda pada pemegang dan pahat tempa, yaitu digunakan yang mirip dengan yang ditunjukkan gambar B. Gambar C dirancang untuk memegang potongan pahat baja kecepatan tinggi.



Gambar 26 Jenis dari pahat pengebor. A. Pahat pengebor ringan dengan tangkai tongkat. B. Pahat pengebor ditempa. C. Pahat pengebor berat. D. Pemotong atau pahat pengebor berujung ganda. E. Pahat pengebor lawan dengan pengarah. F. Pahat pengebor pemotong jamak.

Gambar 26.

Dalam pekerjaan produksi maka pisau pemotong menggunakan mata potong jamak yang banyak digunakan. Pemotong ini terlihat pada gambar F, yang bentuknya menyerupai peluas lubang cangkang dan biasanya dilengkapi dengan pemotong gigi sisipan yang bisa disetel secara radial untuk mengimbangi keausan dan variasi diameter.

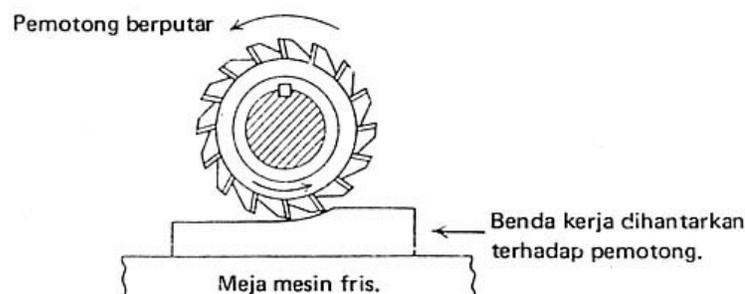
Soal-soal:

1. Berikanlah penjelasan dari istilah berikut pada mesin gurdi:
 - a. Penggurdi psitol.
 - b. Penggurdi sekop
 - c. Penggurdi lubang dalam
 - d. Pemegang tetap fixture.
2. Apakah perbedaan antara menggurdi dengan mengebor.
3. sebutkan berbagai cara untuk pembuatan lubang pada logam lembaran. Sebutkan metoda lain yang tidak dapat digunakan untuk logam lembaran.
4. Sebutkan cara yang dilakukan pada tepi pahat untuk memperbaiki efisiensi pengurdian dan mengurangi desakan.
5. Apa beda penggurdi trepan dengan penggurdi pistol pemotong pusat.
6. Sebutkan jenis-jenis penggurdi puntir.
7. Apa yang dimaksud dengan sudut mata.
8. Sebutkan jenis-jenis perkakas pengebor.
9. Sebutkan jenis-jenis peluas lubang (reamer)
10. Gambarkan skema penggurdi puntir dan peristilahannya.
11. Berilah penjelasan dari istilah berikut:
 - a. Penggurdi puntir
 - b. penggurdi pistol
 - c. penggurdi sekop
 - d. fris kecil (fly cutter).

BAB VI

MESIN FRIS

Mesin fris (milling machines) melepaskan logam ketika benda kerja dihantarkan terhadap suatu pemotong berputar, seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Operasi fris sederhana.

Pemotong fris memiliki satu deretan mata potong pada kelilingnya yang masing-masing berlaku sebagai pemotong tersendiri pada daur putaran. Benda kerja dipegang pada meja yang mengendalikan hantaran. Pada mesin umumnya terdapat tiga kemungkinan gerakan meja yaitu : longitudinal, menyilang dan vertikal, namun beberapa meja juga memiliki gerakan putar.

Mesin fris adalah yang paling mampu melakukan banyak tugas dari segala mesin perkakas. Permukaan yang datar maupun berlekuk dapat di mesin dengan penyelesaian dan ketelitian yang baik. Pemotongan sudut, celah, roda gigi dan ceruk dapat dilakukan oleh mesin fris. Pahat gurdi, peluas lubang dan bor dapat dipegang dalam soket arbor dengan melepaskan pemotong dan arbor.

Jenis Pemotong Fris

Mesin fris mampu melakukan banyak jenis pekerjaan karena banyaknya jenis pahat yang tersedia. Terdapat tiga desain umum dari pemotong :

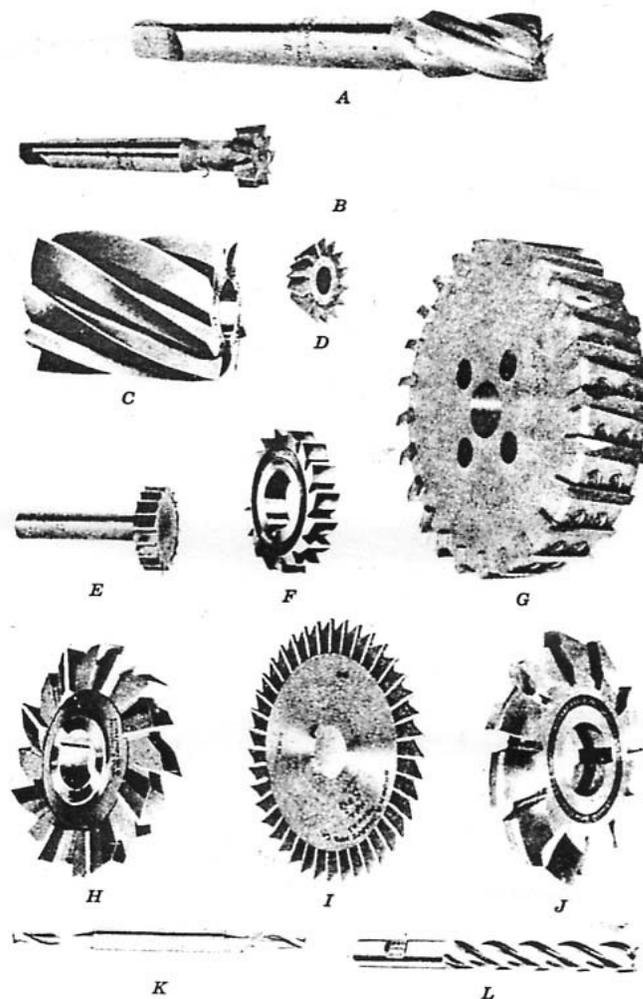
1. *Pemotong Arbor*. Pemotong ini mempunyai lubang dipusatnya untuk pemasangan pada arbor.

2. *Pemotong tangkai*. Pemotong jenis mempunyai tangkai lurus atau tirus yang menjadi satu dengan badan pemotong. Pemotong dipegang oleh spindel.
3. *Pemotong muka*. Pemotong ini dibaut atau dipegang pada ujung arbor pendek dan biasanya dipakai untuk memfris permukaan rata.

Bahan fris dibuat antara lain dari baja karbon tinggi, berbagai baja kecepatan tinggi, atau yang berujung karbida dan lain lain. Pemotong serba guna umumnya terbuat dari baja kecepatan tinggi yang mempertahankan mata potong tetap tajam, keras dan ulet pada suhu sekitar 500 sampai 600 °C, sehingga dapat digunakan kecepatan potong 2 sampai 2 ½ kali dari yang dianjurkan untuk memotong baja karbon. Logam cor bukan besi seperti Stelit, Cobalt atau Rexalloy dan pemotong berujung karbida memiliki daya tahan panas lebih tinggi sehingga sesuai untuk pemotongan berat dan kecepatan tinggi. Kecepatan potong dari pemotong bahan cor bukan besi dan karbida berkisar dari dua sampai lima kali daripada yang dianjurkan untuk baja kecepatan tinggi.

Pemotong yang banyak digunakan diperlihatkan pada gambar 3, yang dikelompokkan menurut bentuk atau jenis pekerjaan yang dapat dilakukan.

1. *Pemotong fris biasa*. Pemotong biasa adalah sebuah pemotong yang berbentuk piringan yang memiliki gigi di sekelilingnya. Giginya bisa lurus dan juga bisa heliks jika lebarnya lebih dari 15 mm. Pemotong heliks yang lebar yang digunakan untuk beban berat memiliki takik pada giginya untuk mematahkan serpihan dan untuk memudahkan pengeluarannya.
2. *Pemotong fris samping*. Pemotong ini mempunyai gigi disamping. Pemotong jenis ini bisa mempunyai gigi lurus, heliks atau zigzag.
3. *Pemotong gergaji pembelah logam*. Pemotong jenis ini sangat tipis, biasanya 5 mm atau kurang. Pemotong ini diberi pengaman dengan menggerinda sisinya untuk menghasilkan ruang bebas bagi pemotongan.

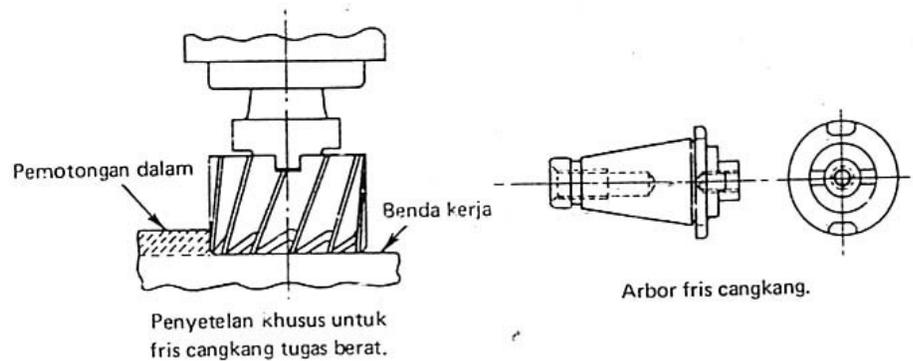


Jenis dari pemotong fris. A, Fris ujung spiral. B, Pemotong fris celah-T. C, Pemotong biasa dengan gigi heliks. D, Pemotong fris sudut. E, Pemotong dudukan pasak Woodruff. F, Pemotong fris biasa G, Pemotong bergigi sisipan. H, Pemotong fris samping. I, Pemotong gergaji pembelah logam. J, Pemotong bentuk timbul untuk roda gigi. K, Fris spiral ujung ganda. L, Fris ujung spiral sangat panjang.

Gambar 3.

4. *Pemotong fris sudut.* Pemotong ini bisa berbentuk pemotong sudut tunggal atau ganda. Pemotong sudut tunggal mempunyai satu permukaan kerucut, sedangkan pemotong sudut ganda mempunyai gigi pada dua permukaan kerucut. Pemotong sudut digunakan untuk memotong lidah roda, tanggem, galur pada pemotong fris dan pelebar lubang.
5. *Pemotong fris bentuk.* Gigi pemotong ini mempunyai bentuk khusus. Pemotong jenis ini termasuk pemotong cekung dan cembung, pemotong roda gigi, pemotong galur, pemotong pembulat sudut dan sebagainya.
6. *Pemotong fris ujung.* Pemotong ini mempunyai poros integral untuk menggerakkan dan mempunyai gigi di keliling dan ujungnya. Galurnya

bisa lurus ataupun heliks. Pemotong besar yang disebut fris cangkang mempunyai bagian pemotong terpisah yang dipegangkan pada arbor batang seperti terlihat gambar 4. Fris ujung digunakan untuk proyeksi permukaan, membujur sangkarkan ujung, memotong celah dan dalam pekerjaan pencerukan misalnya pembuatan cetakan.

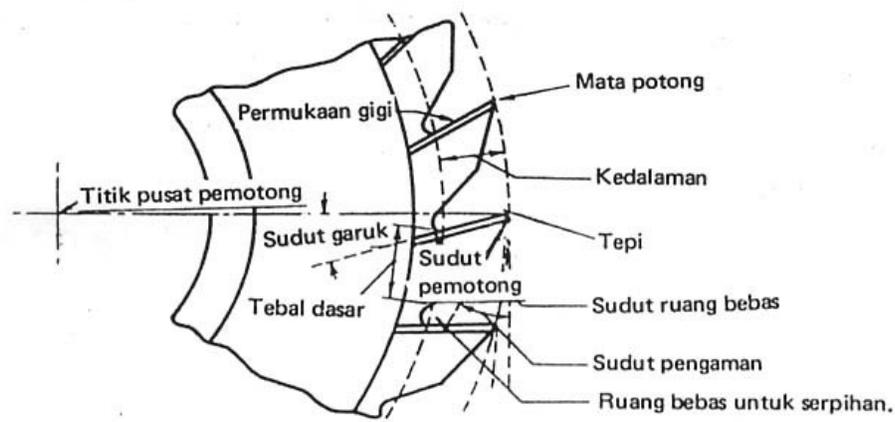


Gambar 4. Fris cangkang dan arbor.

7. *Pemotong celah - T*. Digunakan untuk memfris celah - T. Bentuk yang khusus adalah pemotong dudukan pasak Woodruff, yang digunakan untuk memotong dudukan bulat untuk pasak tersebut.
8. *Pemotong gigi sisipan*. Dengan makin meningkatnya ukuran pemotong, maka lebih ekonomis untuk menyisipkan gigi yang terbuat dari bahan mahal ke dalam baja yang lebih murah. Gigi pemotong ini bisa diganti kalau aus atau patah.

Gigi Pemotong Fris

Pemotong fris dengan nomenklatur terlihat pada gambar 5. Untuk pemotong kecepatan tinggi digunakan sudut garuk radial positif sebesar 10 sampai 15 derajat. Pemotong fris yang dibuat untuk bahan yang lebih lunak, misalnya aluminium, dapat diberikan garukan yang lebih besar dengan kemampuan potong lebih baik.



Gambar 5. Pemotong fris dengan penunjukkan nomenklatur

Untuk pemfrisan kecepatan tinggi dengan pemotong berujung karbida, biasanya digunakan sudut garuk negatif (baik radial maupun aksial). Pemotong jenis fris datar, dengan gigi di tepinya, biasanya diberi garukan negatif sebesar 5 sampai 10 derajat kalau harus memotong baja. Paduan dan baja karbon menengah memerlukan garukan negatif yang lebih besar daripada baja lunak. Perkecualian untuk penggunaan sudut garuk negatif bagi pemotong karbida dilakukan kalau akan memfris logam lunak bukan besi.

Sudut ruang bebas adalah sudut yang dicakup antara tepi dan garis singgung pada pemotong dari ujung gigi. Untuk pemotong komersial sudut ruang bebas adalah sekitar 4 sampai 5 derajat. Pemotong yang berdiameter lebih kecil mempunyai sudut ruang bebas yang ditingkatkan untuk menghilangkan kecenderungan dari gigi untuk menggesek benda kerja. Sudut ruang bebas juga ditentukan oleh bahan benda kerja. Besi cor memerlukan sudut sebesar 4 sampai 7 derajat, sedangkan bahan lunak seperti magnesium, aluminium dan kuningan memerlukan sudut ruang bebas 10 sampai 12 derajat.

Dari penelitian diperoleh bahwa gigi kasar lebih efisien untuk melepas logam dari pada gigi halus. Gigi halus juga memberikan kecenderungan untuk bergetar daripada gigi kasar tetapi gigi halus dianjurkan untuk memotong gergaji yang digunakan untuk memfris bahan tipis.

Pengelompokkan Dari Mesin Fris

Menurut desainnya mesin fris bisa dibedakan atas :

- A. Jenis tiang dan lutut
 - 1. Fris tangan
 - 2. Mesin fris datar
 - 3. Mesin fris universal
 - 4. Mesin fris vertikal
- B. Mesin jenis penyerut
- C. Jenis landasan tetap
 - 1. Mesin fris simpleks
 - 2. Mesin fris dupleks
 - 3. Mesin fris tripleks.
- D. Mesin pusat pemesinan
- E. Jenis khusus
 - 1. Mesin meja putar
 - 2. Mesin fris planet
 - 3. Mesin profil
 - 4. Mesin duplikat

Mesin Fris Tangan

Ini adalah jenis yang paling sederhana dari mesin fris yang dioperasikan dengan tangan. Mesin ini digunakan terutama dalam pekerjaan operasi fris ringan dan sederhana seperti memotong alur, alur pasak pendek dan membuat celah.

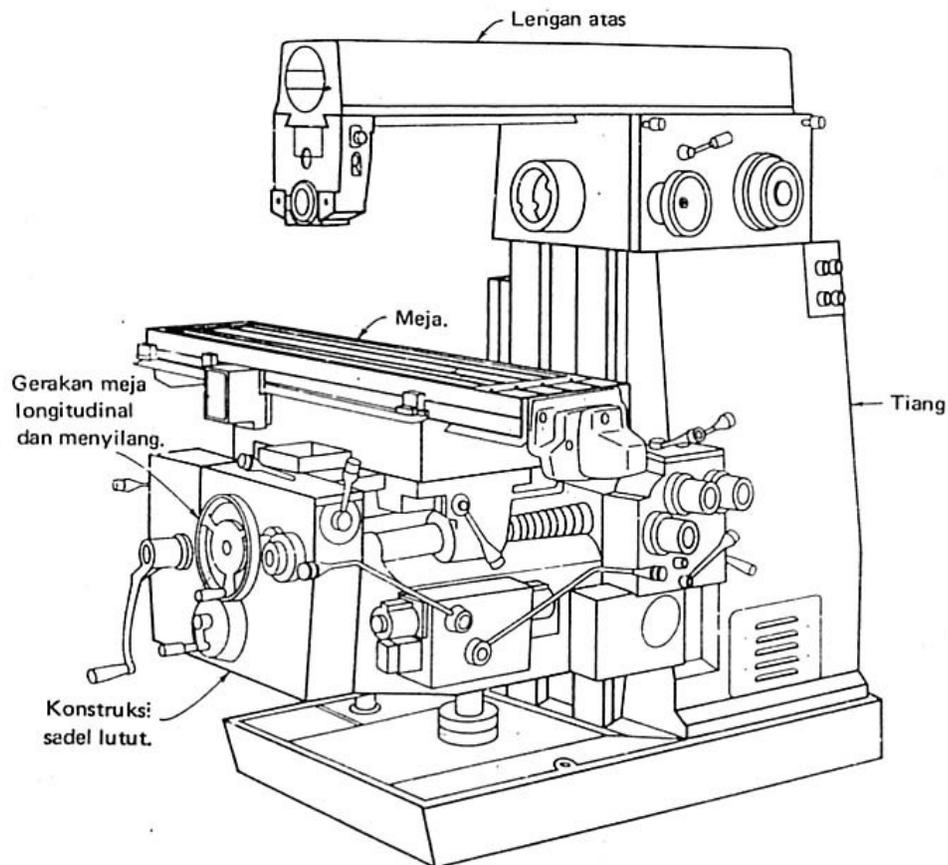
Mesin Fris Datar

Mesin ini mirip dengan mesin fris tangan hanya konstruksinya lebih kuat dan dilengkapi dengan mekanisme hantaran daya untuk mengendalikan gerakan meja. Mesin fris datar jenis tiang dan lutut mempunyai 3 gerakan yaitu longitudinal, melintang dan vertikal. Mesin jenis landasan tetap hanya mempunyai gerakan meja longitudinal. Contoh mesin fris datar lutut dan tiang diperlihatkan pada gambar 6.

Mesin Fris Universal

Mesin universal adalah sebuah mesin ruang perkakas yang dikonstruksi untuk pekerjaan yang sangat teliti. Penampilannya mirip dengan mesin fris jenis datar. Hanya mejanya bisa berputar secara horisontal dan dilengkapi dengan sebuah indeks atau kepala pembagi pada ujungnya. Sifat meja berputar bisa digunakan untuk memotong spiral. Mesin ini

dapat juga dilengkapi fris vertikal, tambahan meja putar, tambahan pembuat celah dan perlengkapan lainnya.



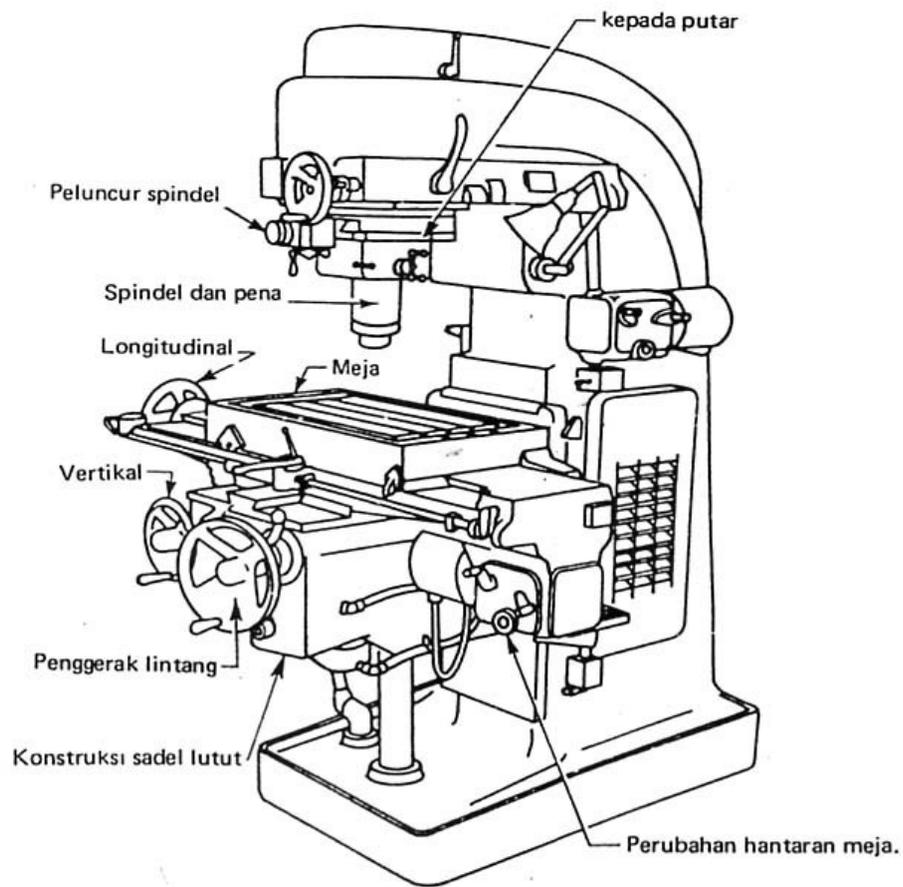
Gambar 6. Mesin fris lutut dan tiang.

Mesin Fris Vertikal

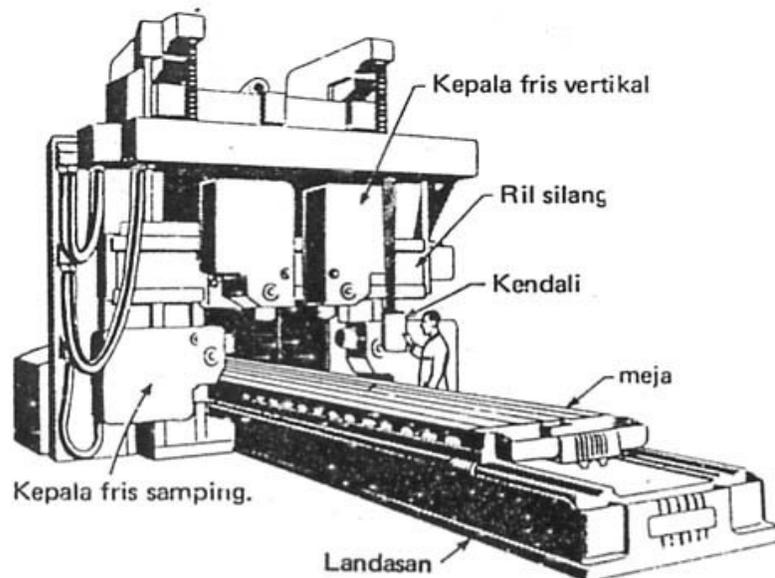
Gambar 7 terlihat satu jenis mesin fris vertikal. Dalam hal ini spindel pemotong mempunyai kedudukan vertikal. Mesin mempunyai perjalanan spindel aksial yang pendek untuk memudahkan pemfrisan bertingkat. Ada juga mesin yang dilengkapi dengan alat putar tambahan atau meja kerja putar sehingga mesin bisa memfris alur melingkar atau memfris kontinyu suku cadang produksi yang kecil.

Mesin Fris Jenis Penyerut

Mesin ini disebut penyerut karena kemiripannya dengan penyerut. Benda kerja dibawa pada meja panjang yang hanya mempunyai gerakan longitudinal, dan dihantarkan kepada pemotong putar. Gerakan meja adalah variabel merupakan ciri utamanya. Gambar 8 memperlihatkan mesin jenis ini.



Gambar 7. Mesin fris vertikal kepala putar.

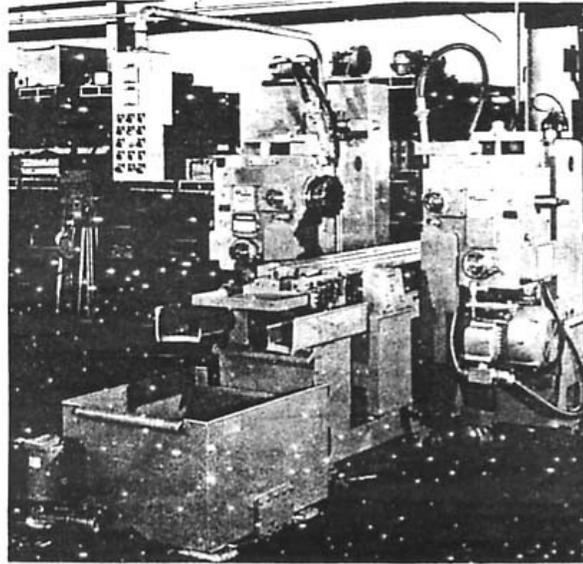


Gambar 8. Mesin fris jenis penyerut.

Mesin Fris Jenis Bangku Tetap

Mesin ini mempunyai konstruksi bangku dari benda cor yang kaku dan berat dan menyangga meja kerja yang hanya mempunyai gerakan longitudinal. Nama *simpleks*, *dupleks* dan *tripleks* menunjukkan bahwa mesin berturut-turut dilengkapi dengan kepala spindel satu, dua atau

tiga. Mesin ini sering dikendalikan secara otomatis. Gambar 9 memperlihatkan jenis mesin ini untuk dupleks.



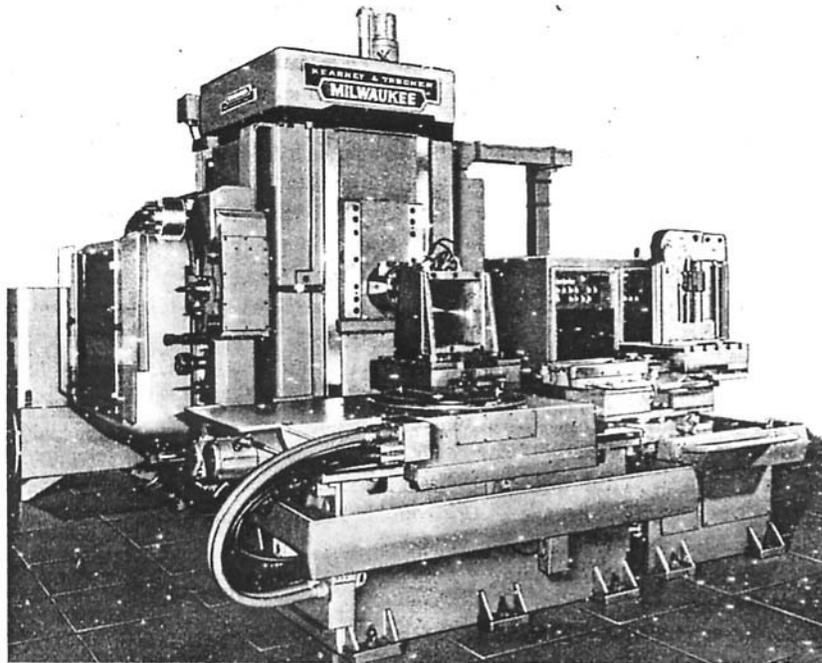
Gambar 9. Mesin fris dupleks.

Pusat Pemesinan

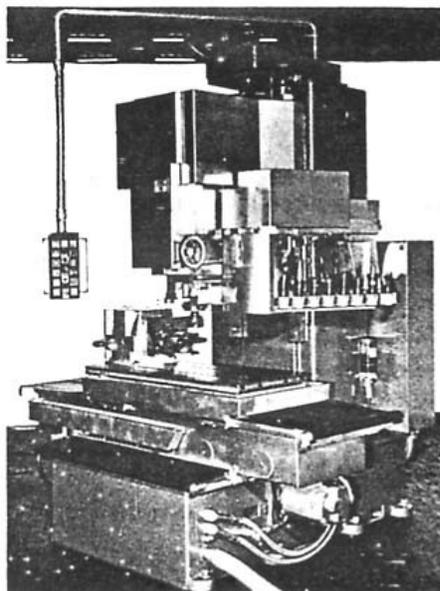
Pusat pemesinan adalah mesin Kontrol Numerik yang dirancang untuk produksi barang kecil sampai menengah. Pusat pemesinan merujuk ke sebuah atau banyak mesin Kontrol Numerik yang mempunyai kapasitas pemesinan *multi purpose* (banyak kegunaan). Pusat pemesinan dapat memfris, menggurdi, mengebor, meluaskan lubang, mengetap dan membentuk keliling yang kesemuanya dalam sebuah penyetelan.

Operasional pusat pemesinan meliputi menstart dan menghentikan mesin, memilih dan menukar pahat, melakukan pembentukan keliling dua atau tiga dimensi, menghantar salah satu atau secara jamak dari dua atau tiga sumbu, mendudukan setiap sumbu pada pergeseran yang cepat, menstart atau menghentikan spindel, mengarahkan meja, mengalirkan dan menghentikan media pendingin.

Pada gambar 10 terlihat sebuah pusat pemesinan Kontrol Numerik terkomputerisasi, horisontal, jenis landasan, yang mempunyai magasin menyimpan 28 pahat. Sementara gambar 11 menunjukkan pusat pemesinan vertikal yang mempunyai magasin 20 pahat.



Gambar 10. Pusat pemesian horisontal jenis landasan kendali numeris dengan tiga sumbu gerak hantaran dan magasin penyimpan 28 pahat.

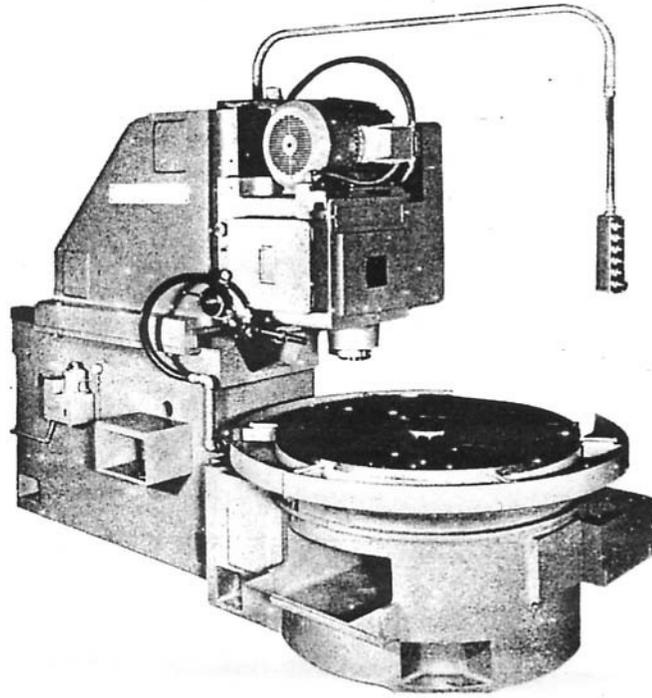


Gambar 11. Pusat pemesian vertikal kendali numeris dengan tiga sumbu gerak hantaran dan penukar pahat 20 kedudukan.

MESIN FRIS KHUSUS

Mesin Fris Meja Putar

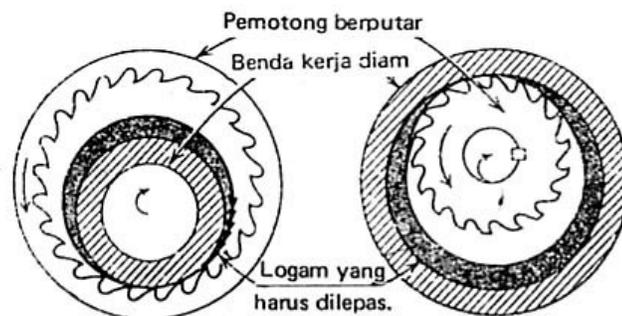
Mesin meja putar adalah penyesuaian dari mesin fris vertikal dan diperlihatkan pada gambar 13. Operasi mesin kontinyu dan cepat tetapi terbatas pada pemfrisan permukaan datar saja.



Gambar 13. Mesin fris meja putar.

Mesin Fris Planet

Mesin fris planet digunakan untuk memfris bagian luar dan bagian dalam dari permukaan dan ulir pendek. Benda kerja diam dan gerakan memotong dilakukan oleh pemotong. Pada awal pekerjaan, pemotong putar berada dalam kedudukan tengah. Pertama kali pemotong dihantarkan secara radial sampai kedalaman tertentu kemudian pemotong melakukan gerakan planet di dalam atau sekeliling benda kerja. Gambar 14 memperlihatkan operasi pemotongan pemfrisan dalam dan luar untuk mesin fris ini.



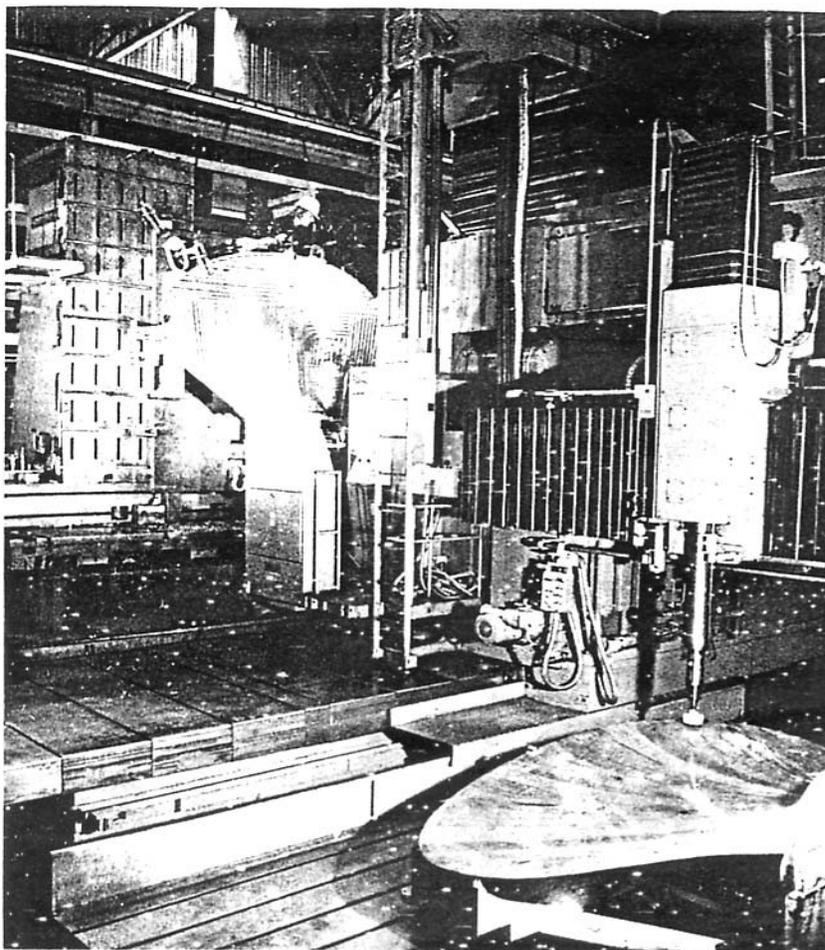
Gambar 14. Penyetelan fris planet yang menunjukkan aksi pemotong untuk pemfrisan dalam dan luar. Kiri fris luar. Kanan, fris dalam.

Mesin Profil

Mesin jenis ini digunakan untuk mengukir dan membentuk profil. Mesin profil tangan adalah jenis yang paling sederhana yang mempunyai pemotong putar, gerakannya dikendalikan oleh gerakan tangan dari meja.

Mesin Duplikat

Pembuatan *die* atau cetakan besar yang digunakan untuk spatbor, atap dan panel mobil banyak menggunakan mesin fris duplikat. Mesin ini memproduksi komponen dari sebuah model dengan ukuran yang pas. Salah satu mesin jenis ini bisa dilihat pada gambar 16. Model atau pola yang akan ditiru biasanya dibuat dari bahan kayu keras, plaster Paris, lilin atau bahan lain yang mudah dikerjakan.



Gambar 16. Mesin fris duplikat.

Kecepatan Potong

Kecepatan potong dirumuskan:

$$CS = \frac{\pi DN}{1000}$$

dengan : CS = kecepatan potong (cutting speed), m/min

D = diameter pemotong, mm

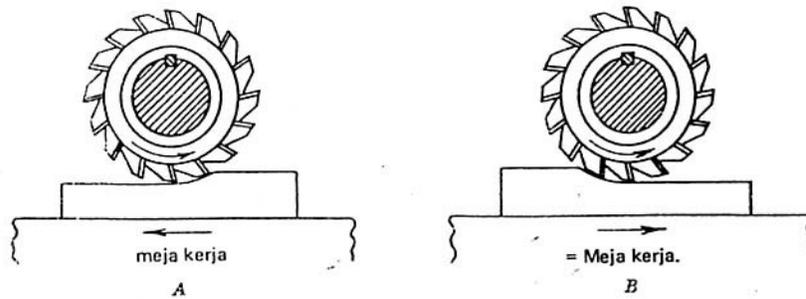
N = putaran tiap menit, rpm

Dalam memilih kecepatan potong yang diperhatikan adalah:

1. *Bahan Pemotong.* Kecepatan pemotong umumnya diberikan dalam nilai untuk pemotong baja kecepatan tinggi.
2. *Jenis bahan yang harus dipotong.* Bahan lunak seperti magnesium dan aluminium dapat difris dengan kecepatan yang lebih tinggi dari bahan yang lebih keras.
3. *Jenis penyelesaian yang diperlukan.* Penyelesaian yang baik diperoleh dengan hantaran sedikit dan kecepatan potong tinggi.
4. *Umur pahat.* Kecepatan potong rendah akan mengawetkan pemotong.
5. *Penggunaan media pendingin.* Kecepatan potong yang tinggi menimbulkan panas dan panas ini harus dilepaskan dari pemotong dan benda kerja dengan menggunakan media pendingin.

Hantaran Potong

Gambar 19 memperlihatkan dua jenis cara menghantarkan benda kerja pada mesin fris. Gambar A dianjurkan karena setiap gigi mengawali pemotongan dalam logam bersih dan tidak harus menembus kerak permukaan yang mungkin ada. Gambar B membuat pemotongan lebih efisien, serpihan yang dilepas lebih besar, dan kecendrungan untuk bergetar berkurang.



Gambar 19. Metode menghantarkan benda kerja pada mesin fris. A. Pemfrisan konvensional atau naik. B. Pemfrisan memanjat atau turun.

Kecepatan Pelepasan Logam

Untuk memfris tepi dan pemotong fris datar, kecepatan pelepasan logam bisa dicari dengan:

$$R = d w f \quad \text{milimeter kubik per menit}$$

dengan : d = kedalaman pemotongan, mm

w = lebar pemotongan, mm

f = hantaran, mm/min

Dalam menghitung waktu untuk melakukan pemotongan tunggal (gambar 20), panjang total dari pemotongan sedikit lebih besar daripada benda kerja disebabkan jarak pendekatan S yang diperlukan untuk memotong. Jarak pendekatan dicari dengan :

$$S = \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{D}{2} - d\right)^2} = \sqrt{d(D-d)}$$

Untuk persamaan di atas harus ditambahkan lagi sekitar 6,0 mm supaya memberikan sedikit perjalanan lebih dari pemotongnya. Panjang total perjalanan adalah :

$$S_t = L + S + 6 \text{ mm}$$

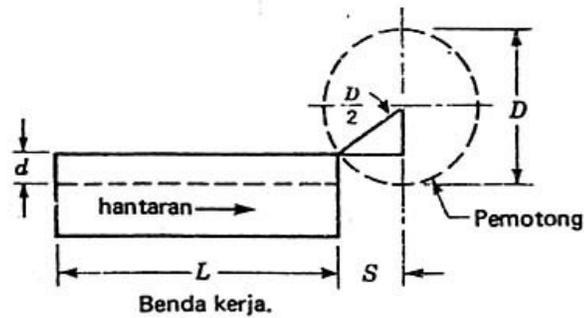
$$S_t = L + \sqrt{d(D-d)} + 6 \quad \text{milimeter}$$

Waktu potong sebenarnya :

$$T = \frac{S_t}{f}$$

$$T = \frac{L + \sqrt{d(D - d)} + 6}{f} \text{ menit}$$

- dengan :
- S = jarak pendekatan, mm
 - S_t = jarak perjalanan total, mm
 - T = waktu potong, menit
 - L = panjang benda kerja, mm



Gambar 20. Penggambaran jarak pendekatan untuk operasi menggurdi.

Untuk mendapatkan waktu daur total, maka waktu balik tanpa kerja dan waktu penanganan benda kerja harus ditambahkan kepada waktu potong sebenarnya.

Soal-soal:

1. Berikan penjelasan dari istilah-istilah berikut dari mesin fris:
 - a. Pemotong tangkai.
 - b. Pemotong fris sudut.
 - c. Sudut garuk radial.
 - d. Konstruksi tiang dan lutut.
2. Sebutkan jenis operasi yang dapat dilakukan oleh mesin fris.
3. Pada mesin fris, jelaskan tentang kepala indeks mekanis. Untuk apakah kegunaannya?
4. Jelaskan sudut garuk pada pemotong fris kalau dibandingkan dengan sudut garuk pada pahat mesin bubut mata tunggal.
5. Untuk jenis pekerjaan apakah fris bangku tetap digunakan? Jelaskan dengan singkat konstruksinya.
6. Apakah perbedaannya, kalau ada, antara sebuah mesin fris pantograf, sebuah mesin profil dan sebuah mesin duplikat.
7. Sebutkan pengelompokkan mesin fris menurut desainnya.
8. Terangkan hal-hal apakah yang harus diperhatikan di dalam memilih kecepatan potong pada mesin fris.
9. Sebutkan dan jelaskan jenis-jenis pemotong fris.
10. Jelaskan tentang mesin fris planet, mesin profil dan mesin duplikat.

BAB VII

MESIN KETAM DAN MESIN SERUT

Mesin ketam adalah mesin dengan pahat pemotong bolak-balik, yang mengambil pemotongan berupa garis lurus. Dengan menggerakkan benda kerja menyilang terhadap jalur pahat, maka dihasilkan permukaan yang rata. Sebuah mesin ketam dapat juga memotong alur pasak luar dan dalam, alur spiral, batang gigi, tanggem (catok), celah-T dan berbagai bentuk lainnya.

Mesin serut adalah mesin perkakas yang dirancang untuk melepaskan logam dengan menggerakkan meja kerja dalam garis lurus terhadap pahat mata tunggal. Pekerjaannya mirip dengan mesin ketam sesuai untuk pekerjaan benda kerja yang jauh lebih besar.

Pengelompokkan Mesin Ketam

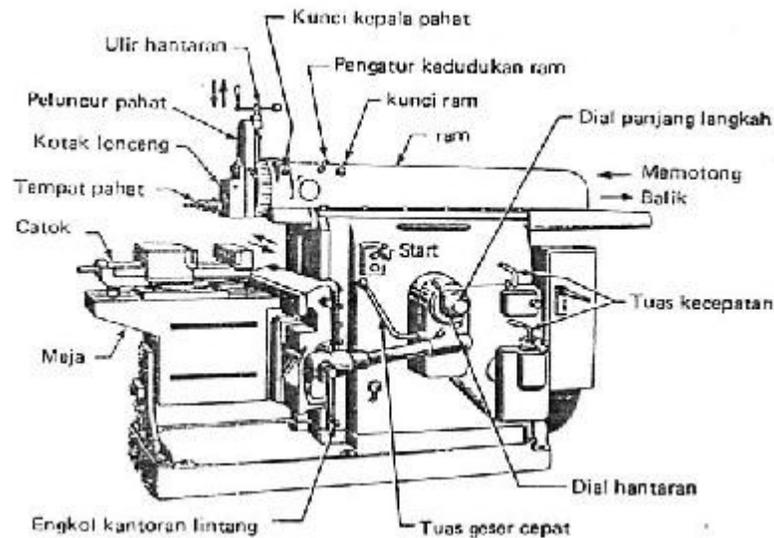
Menurut desain, secara umum mesin ketam dikelompokkan atas:

- A. Pemotongan dorong horisontal
 - 1. Biasa (pekerjaan produksi)
 - 2. Universal (pekerjaan ruang perkakas)
- B. Pemotongan tarik - horisontal
- C. Vertikal
 - 1. Pembuat celah (slotter)
 - 2. Pembuat dudukan pasak (key seater)
- D. Kegunaan khusus, misalnya untuk memotong roda gigi.

Mesin Ketam Jenis Horisontal

Gambar 2 adalah skema mesin ketam horisontal biasa. Mesin ini terdiri dari dasar dan rangka yang mendukung ram horisontal. *Ram* membawa pahat dan bergerak bolak-balik sesuai langkah yang diinginkan. *Mekanisme Balik Cepat* dirancang untuk membuat ram mempunyai langkah balik yang lebih cepat daripada langkah potong. Kepala pahat

diujung ram yang dapat diputar dilengkapi dengan alat untuk menghantar pahat ke benda kerja. Pada pemegang pahat *peti lonceng*, yang diberi engsel pada ujung atas, untuk memungkinkan pahat naik pada langkah balik sehingga tidak menggali/memotong benda kerja.



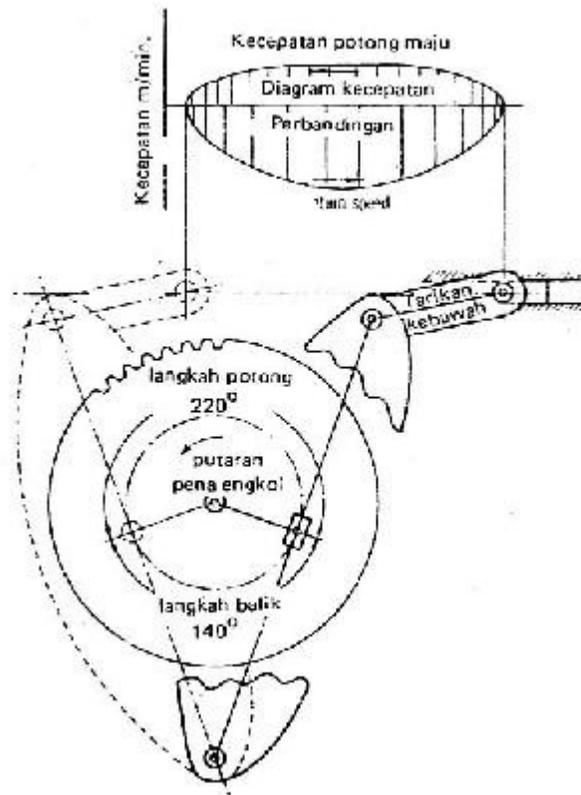
Gambar 2. Mesin ketam horisontal biasa.

Mekanisme Balik Cepat

Banyak metode mekanisme balik yang dikembangkan dimana salah satunya adalah jenis engkol atau lengan osilasi (gambar 3). Mekanisme ini terdiri dari sebuah engkol putar yang digerakkan pada kecepatan seragam, dihubungkan kepada lengan osilasi oleh blok peluncur yang bekerja di pusat dari lengan osilasi. Engkolnya dimasukkan dalam roda gigi besar dan dapat diubah-ubah dengan mekanisme ulir. Untuk mengubah kedudukan langkah, maka apitan yang memegang penyambung ke ulir ram dikendorkan, dan pengatur kedudukan ram diputar. Dengan memutar ulir pengatur kedudukan, ram dapat digerakkan mundur atau maju untuk menempatkan kedudukan potong.

Berdasarkan gambar 3 maka perbandingan langkah bisa ditulis:

$$\frac{\text{langkah potong}}{\text{langkah balik}} = \frac{220}{140} = \frac{1,57}{1}$$



Gambar 3. Mekanisme jenis engkol mekanis, balik cepat, untuk mesin ketam.

Kecepatan Potong

Kecepatan potong untuk mesin ketam horisontal didefinisikan sebagai kecepatan rata-rata dari pahat selama langkah potong dan terutama tergantung pada banyaknya langkah ram tiap menit dan panjang langkahnya.

- Kecepatan potong rata-rata:

$$CS = \frac{2LN}{1000C} = \frac{LN}{500C} \quad (\text{meter tiap menit})$$

dengan : N = langkah tiap menit

L = panjang langkah, mm

C = perbandingan waktu potong (waktu potong/waktu total)

- Banyaknya langkah tiap menit untuk kecepatan potong yang diinginkan :

$$N = \frac{CS \times 500C}{L} \quad (\text{langkah tiap menit})$$

- Banyaknya langkah yang diperlukan :

$$S = \frac{W}{F}$$

- Waktu total dalam menit:

$$T = \frac{S}{N}$$

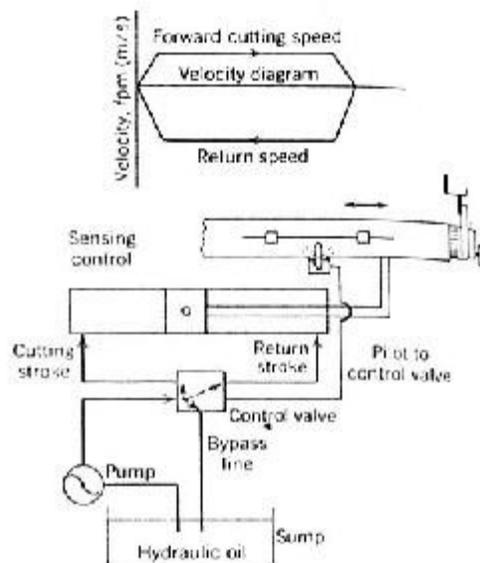
$$T = \frac{S L}{CS \times 500} \quad \text{waktu total menit}$$

dengan : W = lebar benda kerja dalam milimeter

F = hantaran dalam milimeter

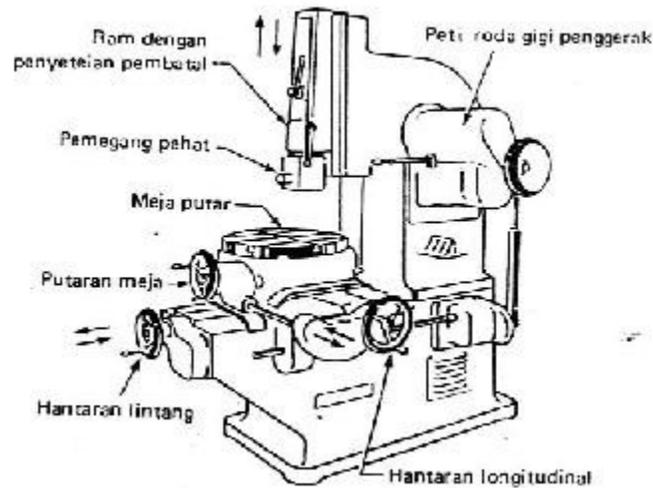
Mesin Ketam Hidrolis

Mesin ketam hidrolis menggantikan mesin ketam mekanik dimana lengan osilasi menggunakan gerakan hidrolis. Keuntungan dari mesin ketam hidrolis adalah kecepatan potong dan tekanan dalam penggerakkan ram konstan dari awal sampai akhir pemotongan. Kecepatan potong biasanya ditunjukkan oleh indikator dan tidak memerlukan perhitungan.



Mesin Ketam Vertikal

Mesin ketam vertikal atau *slotter* (gambar 4) terutama digunakan untuk pemotongan dalam dan menyerut bersudut serta operasi pemotongan vertikal.



Gambar 4. Mesin ketam vertikal.

Ram dari mesin ketam beroperasi secara vertikal dan memiliki sifat balik cepat seperti mesin jenis horisontal. Benda kerja yang dimesin ditumpu pada meja berputar yang memiliki sebuah hantaran putar sebagai tambahan untuk meja biasa. Hantaran meja putar memungkinkan pemesinan permukaan lengkung. Permukaan datar dipotong dengan menggunakan salah satu dari hantaran silang meja.

Pahat Mesin Ketam

Pahat mesin ketam serupa dengan pahat mesin bubut dan seringkali dipegang dengan pemegang yang jenisnya sama. Sudut pahat yang sama juga berlaku, kecuali bahwa ruang bebas sudut ujung cukup 4 saja. Untuk baja maka sudut garuk samping sebaiknya sekitar 15 derajat, dan untuk besi cor sekitar 5 derajat.

MESIN SERUT

Mesin serut adalah mesin perkakas yang dirancang untuk melepaskan logam dengan menggerakkan meja kerja dalam garis lurus terhadap pahat mata tunggal. Mesin serut sesuai untuk benda kerja yang jauh lebih besar. Benda yang dipotong, yang terutama permukaannya datar, bisa horisontal, vertikal atau bersudut. Mesin

serut tidak lagi penting bagi pekerjaan produksi karena permukaan datar pada umumnya sekarang dimesin dengan mesin fris, peluas lubang atau pengamplas.

Pengelompokkan Mesin Serut

Menurut konstruksi, mesin serut dibagi atas :

- Rumahan - ganda
- Sisi - terbuka
- Jenis - lorong (pit)
- Plat atau tepi

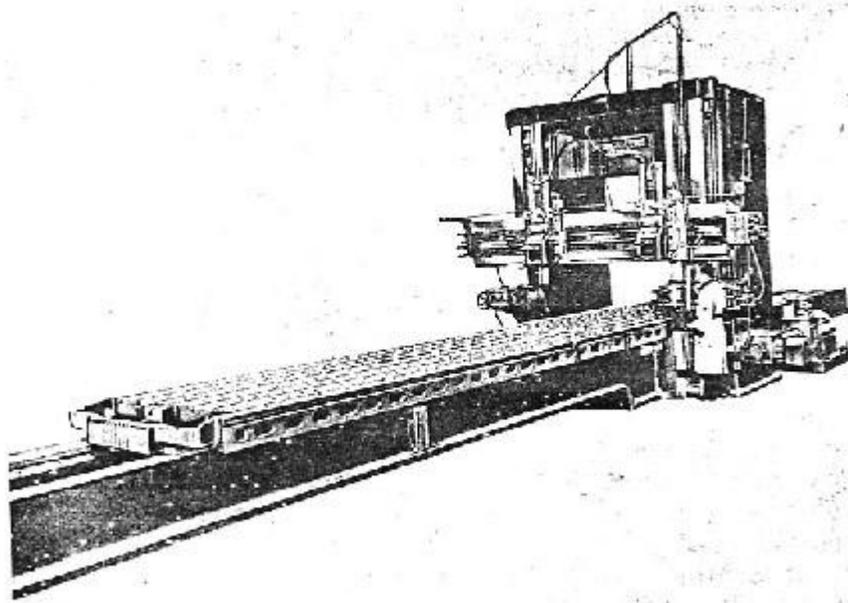
Penggerak Mesin Serut

Terdapat banyak cara penggerakkan mesin serut yaitu penggerak roda gigi, penggerak hidrolis, penggerak sekrup, penggerak sabuk, penggerak motor dengan kecepatan variabel dan penggerak engkol. Penggerak roda gigi dan penggerak hidrolis paling banyak digunakan.

Penggerak hidrolis sangat memuaskan bagi mesin serut. Penggerak ini memberikan kecepatan potong seragam pada keseluruhan langkah potong. Keuntungan lain adalah gaya inersia yang harus diatasi lebih kecil dalam mesin serut hidrolis daripada mesin serut konvensional dengan roda gigi. Keuntungan lain adalah tekanan potong seragam, pembalikan meja cepat dan operasinya tidak bising.

Mesin Serut Rumahan Ganda

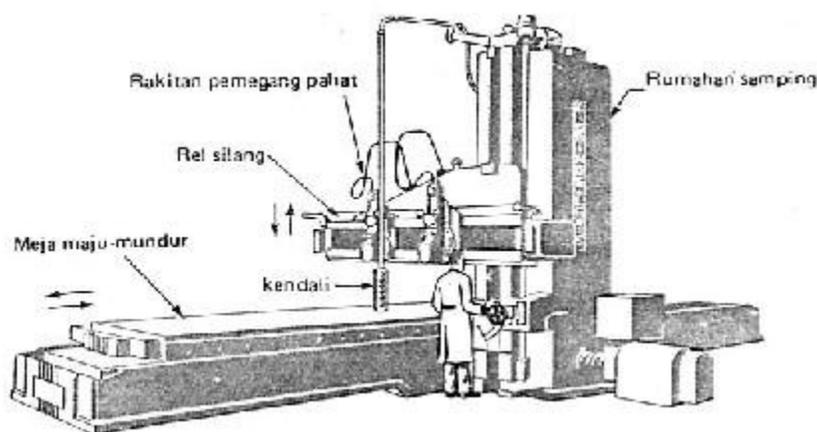
Mesin serut jenis ini terdiri dari sebuah dasar yang berat dan panjang, dengan meja yang bergerak bolak-balik. Gambar 5 menunjukkan gambar mesin serut ini dimana terlihat cara penyanggaan pahat, baik diatas maupun di samping dan cara bagaimana mereka dapat disetel untuk pemotongan sudut.



Gambar 5. Mesin serut rumahan ganda.

Mesin Serut Sisi Terbuka

Mesin serut ini mempunyai rumahan pada satu sisi saja (gambar 6). Sisi yang terbuka memungkinkan pekerjaan pemesinan untuk benda kerja yang besar.

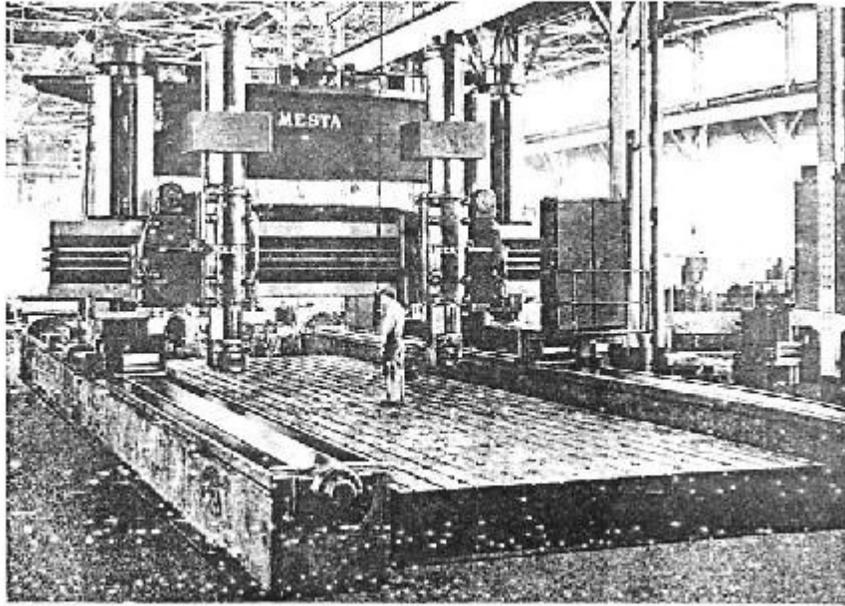


Gambar 6. Mesin serut sisi terbuka.

Mesin Serut Jenis Lorong (pit)

Mesin serut ini berbeda dengan mesin serut biasa dalam hal bangkunya yang stasioner dan pahatnya digerakkan diatas benda kerja (gambar 7). Dua kepala jenis ram dipasang pada rel silang, dan masing-masing dilengkapi dengan pemegang pahat peti lonceng ganda untuk penyerutan dua jalur. Kedua rumahan pembalikan, yang menyangga rel

silang, meluncur pada jalur dan digerakkan oleh ulir dari penggerak roda gigi cacing tertutup pada ujung landasan.



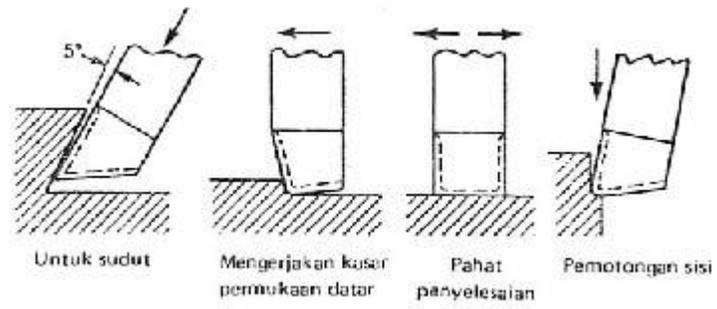
Gambar 7. Mesin serut jenis pit

Mesin Serut Plat atau Tepi

Mesin serut ini dirancang untuk memoles tepi dari pelat baja berat untuk bejana tekan dan pelat perisai. Pelatnya diapitkan kepada bangku, dan kereta peluncur yang mendukung pahat pemotong digerakkan mundur dan maju di sepanjang tepinya. Mesin serut tepi umumnya menggunakan pemotong fris agar lebih cepat dan lebih teliti.

Pahat Dan Peralatan Pemegang Benda Kerja

Pahat yang digunakan pada mesin serut dan mesin ketam adalah dari jenis umum yang sama dengan yang digunakan pada mesin bubut, tetapi konstruksinya lebih berat. Pemegang pahat biasanya dilakukan dengan gigi yang dapat dilepas. Bentuk pahat pemotong untuk operasi mesin serut biasa ditunjukkan pada gambar 8 yang biasanya berujung baja kecepatan tinggi, paduan cor atau sisipan karbida. Baja kecepatan tinggi atau paduan cor umumnya digunakan dalam pemotongan kasar berat dan karbida untuk pekerjaan kasar kedua dan penyelesaian. Sudut potong untuk pahat tergantung pada jenis pahat yang digunakan dan bahan yang dipotong. Sudut-sudutnya sama dengan yang digunakan pada pahat mata tunggal yang lain, hanya ruang bebas ujung tidak boleh melebihi 4 derajat.



Gambar 8. Bentuk pahat pemotong untuk operasi mesin serut

Soal-soal:

1. Berikan penjelasan dari istilah berikut pada mesin ketam:
 - a. Mesin ketam potong dorong.
 - b. Mesin ketam potong tarik.
 - c. Peti lonceng.
2. Berikan empat keuntungan dari mesin ketam hidrolis.
3. Buatlah sketsa sebuah mekanisme balik cepat, jenis engkol mekanis dan jelaskan apa yang terjadi kalau panjang engkol ditambah pada mesin ketam
4. Bagaimana hantaran didapatkan pada mesin ketam?, bagaimana pada mesin serut?
5. Bagaimana cara mengubah panjang langkah pada mesin ketam lengan osilasi?

BAB VIII

JIG DAN FIXTURE

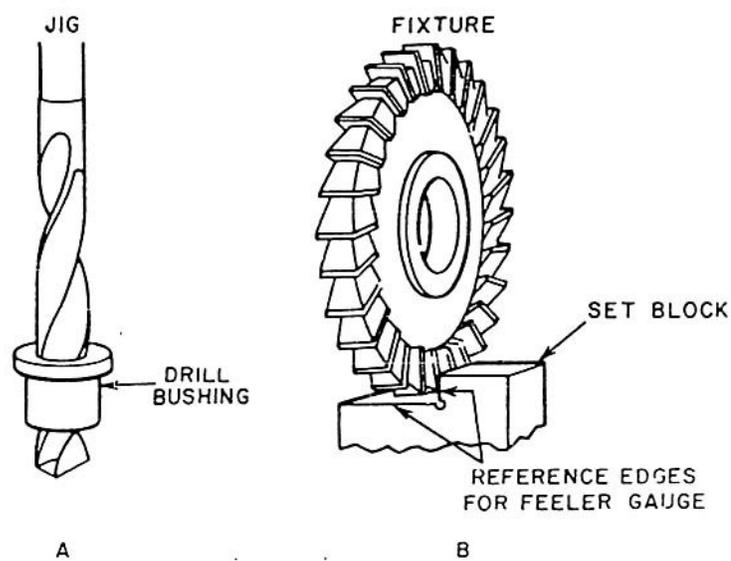
Jig dan *fixture* adalah suatu alat/piranti pemegang benda kerja produksi yang digunakan dalam rangka membuat komponen secara akurat. Hubungan dan kelurusan yang benar antara alat potong atau alat bantu lainnya, dan benda kerja mesti dijaga. Untuk melakukan ini maka dipakailah *jig* atau *fixture* yang didesain untuk memegang, menyangga dan memposisikan setiap bagian sehingga setiap pengeboran, pemesinan dilakukan sesuai dengan batas spesifikasi.

Jig didefinisikan sebagai piranti/peralatan khusus yang memegang, menyangga atau ditempatkan pada komponen yang akan dimesin. Alat ini adalah alat bantu produksi yang dibuat sehingga ia tidak hanya menempatkan dan memegang benda kerja tetapi juga mengarahkan alat potong ketika operasi berjalan. Jig biasanya dilengkapi dengan *bushing* baja keras untuk mengarahkan mata gurdi/bor (drill) atau perkakas potong lainnya (gambar 1A). Pada dasarnya, jig yang kecil tidak dibaut/dipasang pada meja kempa gurdi (drill press table). Namun untuk diameter penggurdian diatas 0,25 inchi, jig biasanya perlu dipasang dengan kencang pada meja.

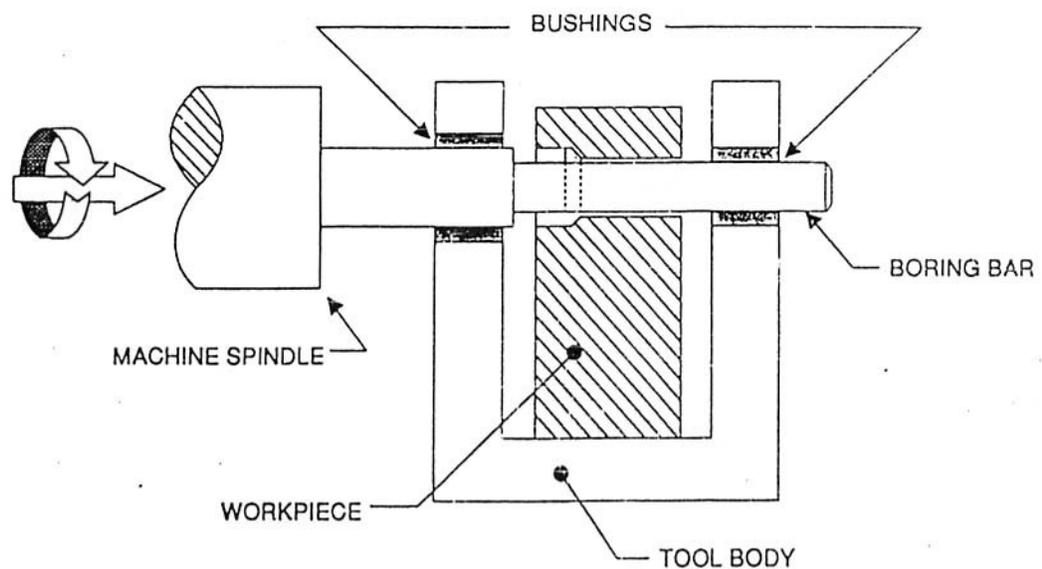
Fixture adalah peralatan produksi yang menempatkan, memegang dan menyangga benda kerja secara kuat sehingga pekerjaan pemesinan yang diperlukan bisa dilakukan. Blok ukur atau *feeler gauge* digunakan pada *fixture* untuk referensi/setelan alat potong ke benda kerja (gambar 1B). *Fixture* harus dipasang tetap ke meja mesin dimana benda kerja diletakkan.

JENIS-JENIS JIG

Jig bisa dibagi atas 2 kelas : *jig gurdi* dan *jig bor*. Jig bor digunakan untuk mengebor lobang yang besar untuk digurdi atau ukurannya aneh (gambar 2). Jig gurdi digunakan untuk menggurdi (drilling), meluaskan lobang (reaming), mengetap, *chamfer*, *counterbore*, *reverse spotface* atau *reverse countersink* (gambar 3). Jig dasar umumnya hampir sama untuk setiap operasi pemesinan, perbedaannya hanya dalam ukuran dan bushing yang digunakan.

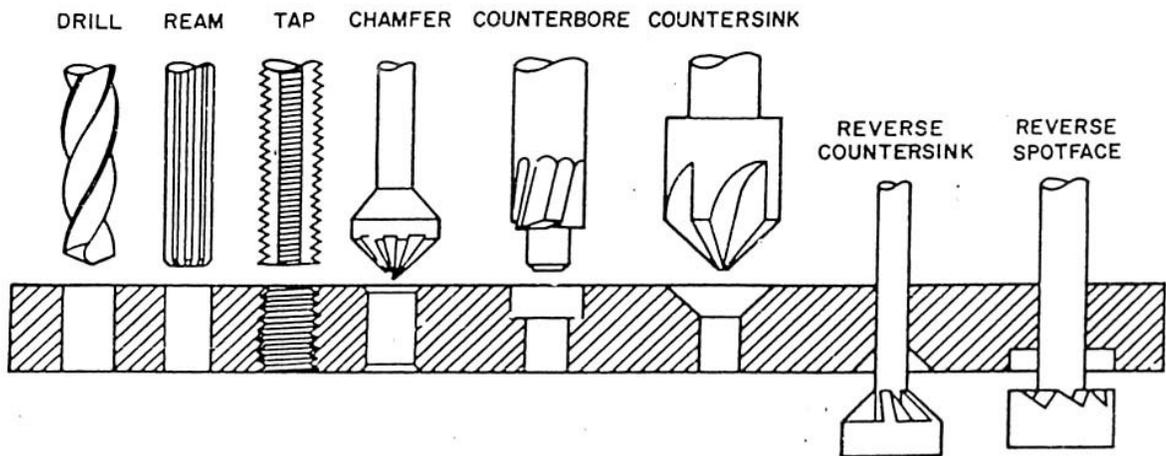


Gambar 1. Referensi alat bantu terhadap benda kerja.



Gambar 2. Jig bor.

Jig gurdi bisa dibagi atas 2 tipe umum yaitu tipe terbuka dan tipe tertutup. Jig terbuka adalah untuk operasi sederhana dimana benda kerja dimesin pada hanya satu sisi. Jig tertutup atau kotak digunakan untuk komponen yang dimesin lebih dari satu sisi



Gambar 3. Operasi umum jig gurdi.

Jig template adalah jig yang digunakan untuk keperluan akurasi. Jig tipe ini terpasang di atas, pada atau didalam benda kerja dan tidak diklem (gambar 4). Template bentuknya paling sederhana dan tidak mahal. Jig jenis ini bisa mempunyai bushing atau tidak.

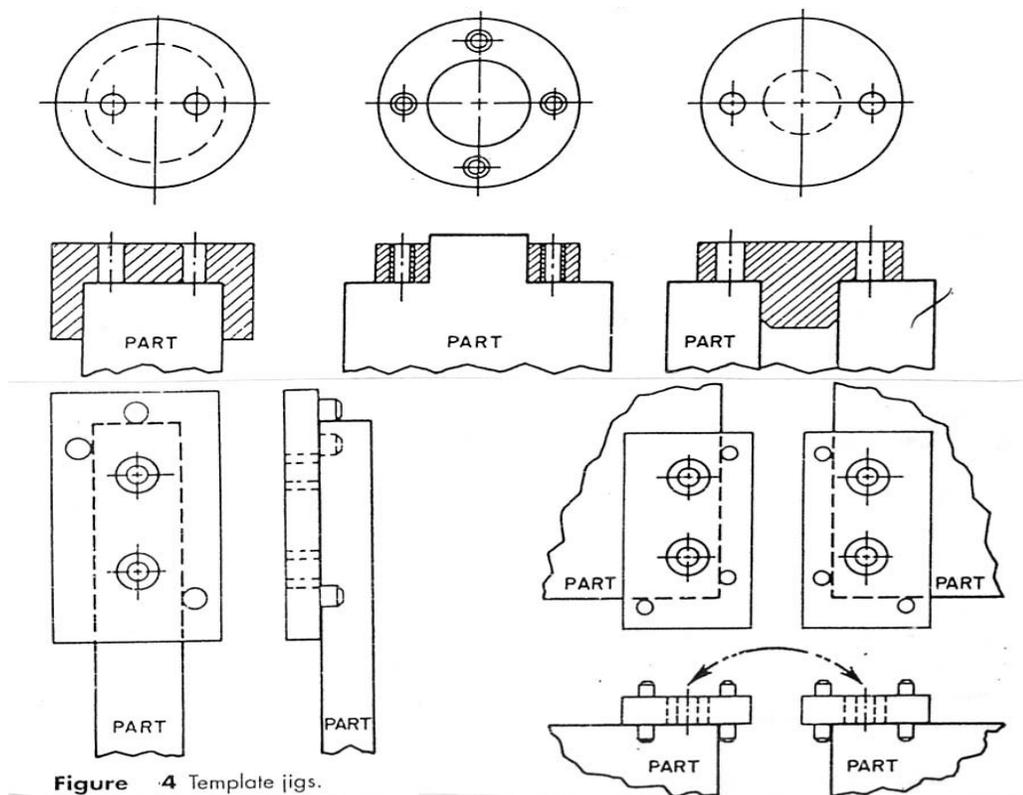
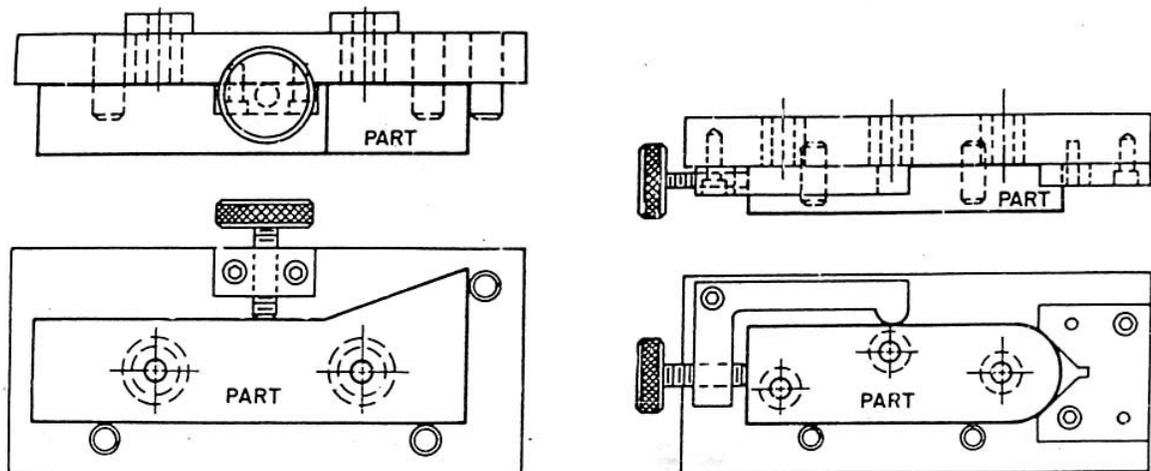


Figure 4 Template jigs.

Gambar 4. Jig Template.

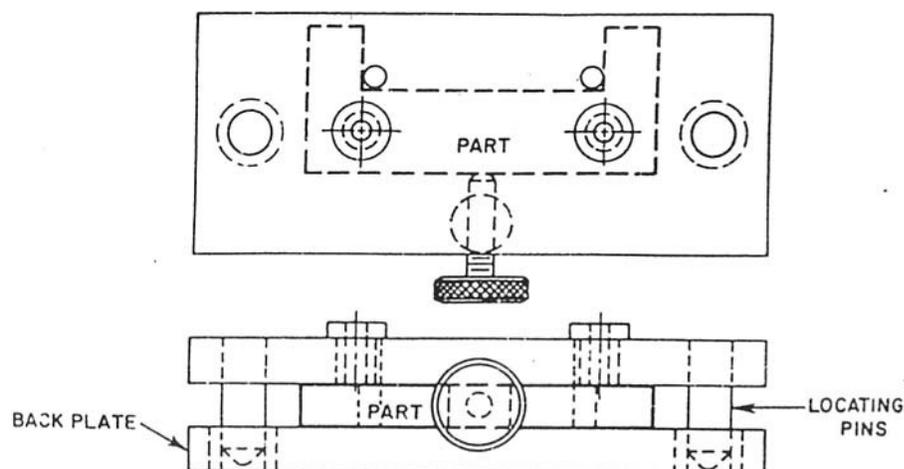
Jig plate sejenis dengan template, perbedaannya hanya jig jenis ini mempunyai klem untuk memegang benda kerja. (gambar 4).



Gambar 5. Jig plate.

Jig plate kadang-kadang dilengkapi dengan kaki untuk menaikkan benda kerja dari meja terutama untuk benda kerja yang besar. Jig jenis ini disebut **jig table/meja** (gambar 6).

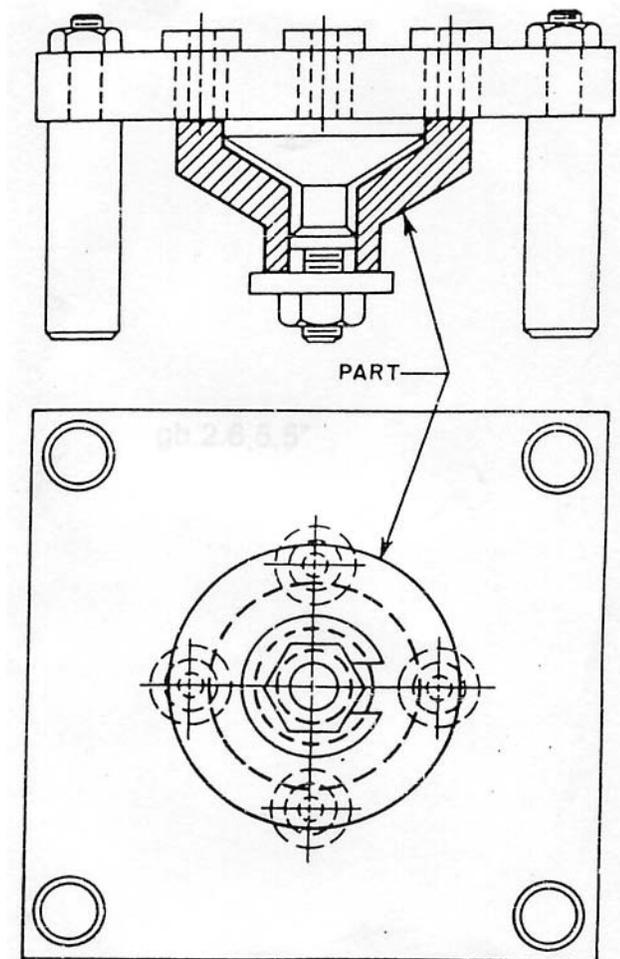
Jig sandwich adalah bentuk jig plate dengan pelat bawah. Jig jenis ini ideal untuk komponen yang tipis atau lunak yang mungkin bengkok atau terlipat pada jig jenis lain (gambar 7).



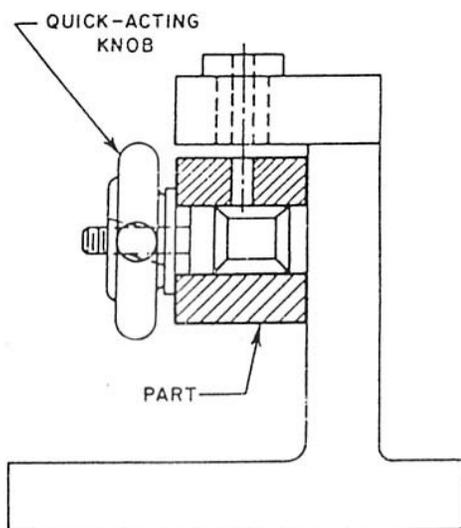
Gambar 7. Jig sandwich.

Jig angle plate (pelat sudut) digunakan untuk memegang komponen yang dimesin pada sudut tegak lurus terhadap *mounting locator*-nya (dudukan locator) yaitu dudukan untuk alat penepatan posisi benda kerja. Gambar 8 adalah jig jenis ini. Modifikasi jig jenis ini

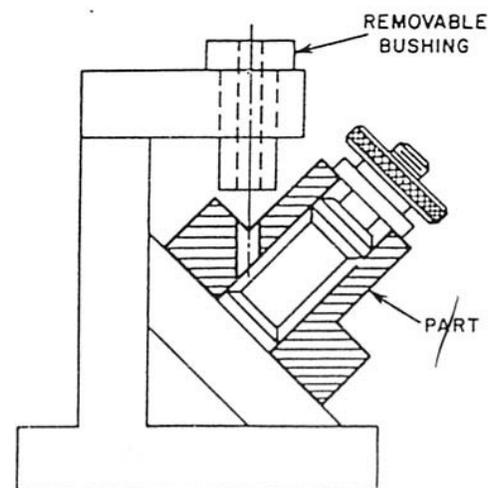
dimana sudut pegangnya bisa selain 90 derajat disebut jig pelat sudut modifikasi dan diperlihatkan oleh gambar 9.



Gambar 6. Jig meja.



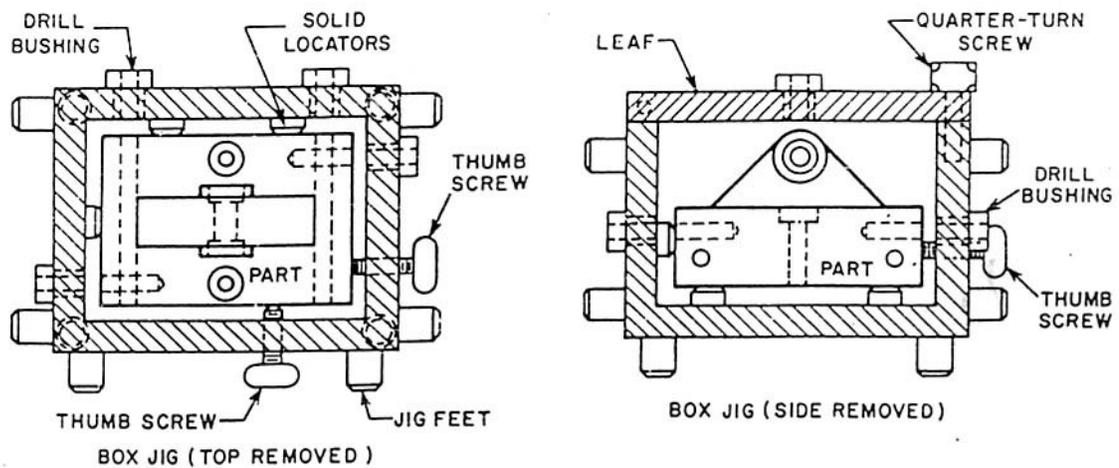
Gambar 8. Jig pelat sudut.



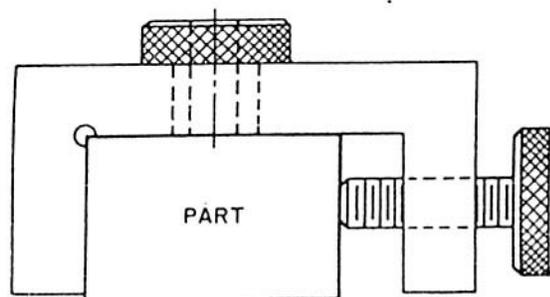
Gambar 9. Jig pelat sudut dimodifikasi

Jig kotak atau **jig tumble**, biasanya mengelilingi komponen (gambar 10). Jig jenis ini memungkinkan komponen dimesin pada setiap permukaan tanpa memposisikan ulang benda kerja pada jig.

Jig Channel atau jig kanal adalah bentuk paling sederhana dari jig kotak (gambar 11). Komponen dipegang diantara dua sisi dan dimesin dari sisi ketiga.



Gambar 10. jig kotak atau tumble.



Gambar 11. Jig kanal.

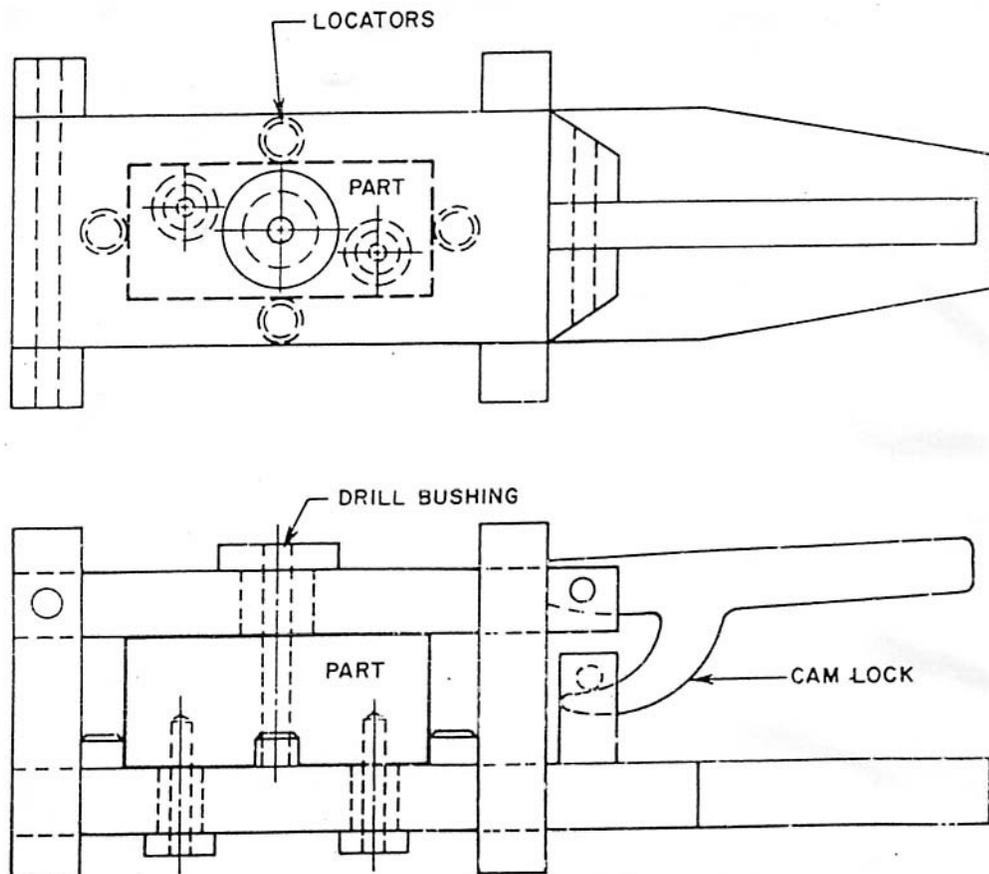
Jig daun (leaf) adalah jig kotak dengan engsel daun untuk kemudahan pemuatan dan pelepasan (gambar 12). Jig daun biasanya lebih kecil dari jig kotak.

Jig indexing digunakan untuk meluaskan lobang atau daerah yang dimesin lainnya disekeliling komponen (gambar 13). Untuk melakukan ini, jig menggunakan komponen sendiri atau pelat referensi dan sebuah *plunger*. Jig *indexing* yang besar disebut juga jig *rotary*.

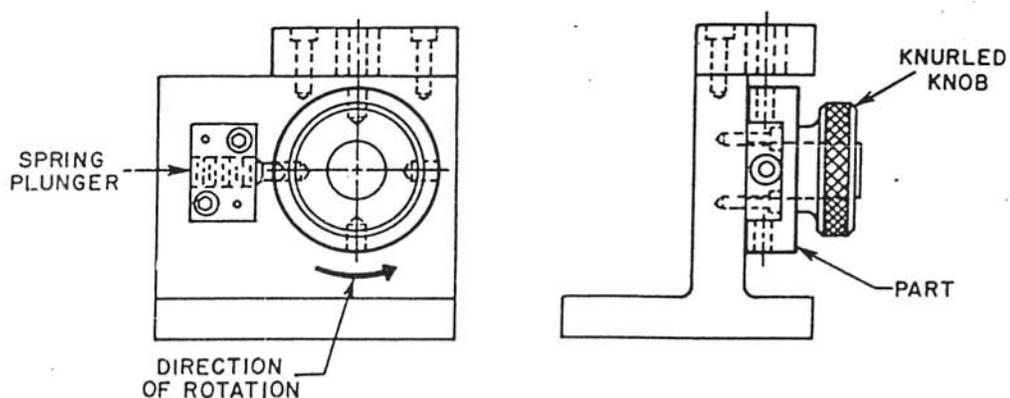
Jig Trunnion adalah jenis jig rotary untuk komponen yang besar atau bentuknya aneh (gambar 14). Komponen pertama-tama

diletakkan didalam kotak pembawa dan kemudian dipasang pada *trunnion*.

Jig pompa adalah jig komersial yang mesti disesuaikan oleh pengguna (gambar 15). Pelat yang diaktifkan oleh tuas membuat alat ini bisa memasang dan membongkar benda kerja dengan cepat.



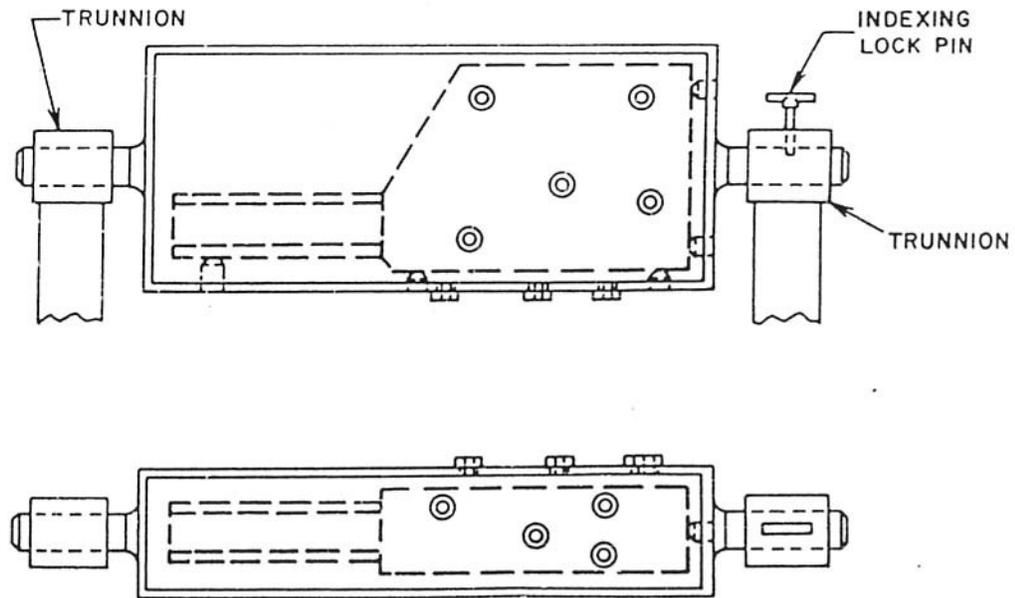
Gambar 12. Jig daun.



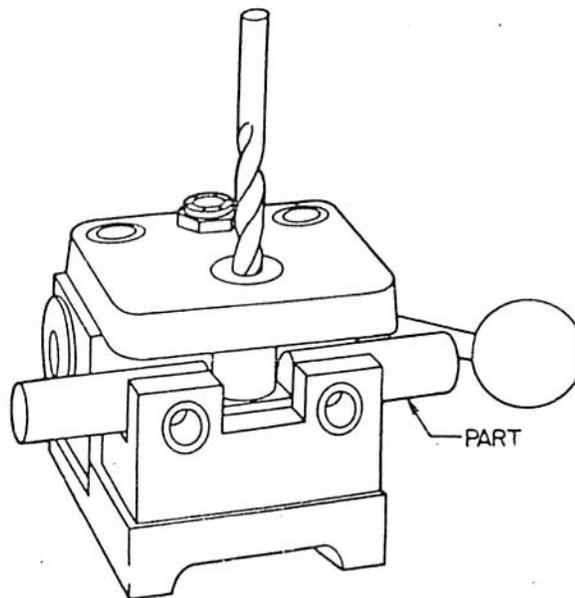
Gambar 13. Jig indeks.

Jig multistation (stasiun banyak) mempunyai bentuk seperti gambar 16. Ciri utama jig ini adalah cara menempatkan benda kerja. Ketika satu bagian menggurdi, bagian lain meluaskan lubang (reaming) dan bagian ketiga melakukan pekerjaan *counterbore*.

Stasiun akhir digunakan untuk melepaskan komponen yang sudah selesai dan mengambil komponen yang baru.



Gambar 14. Jig trunnion.

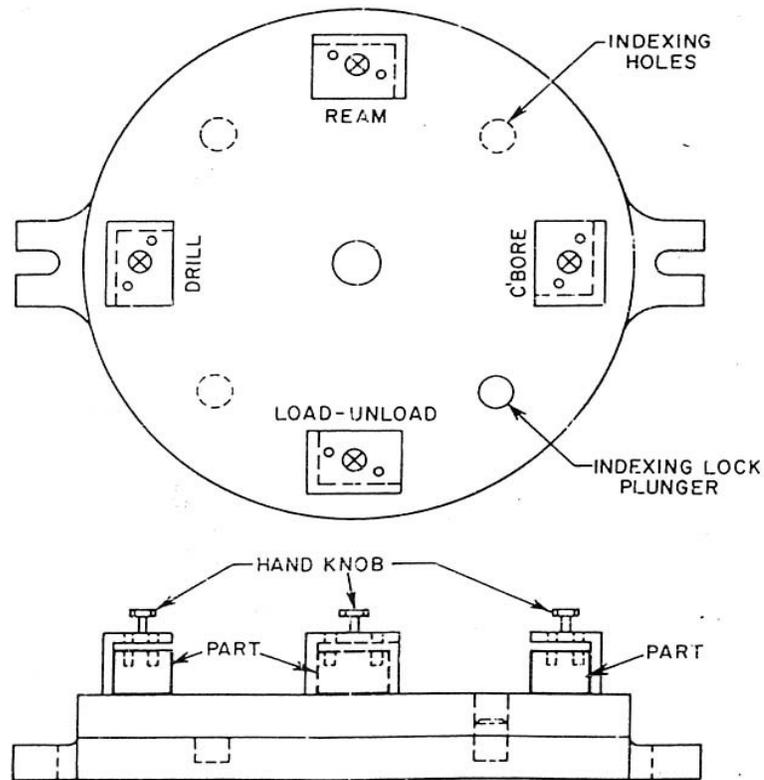


Gambar 15. Jig pompa.

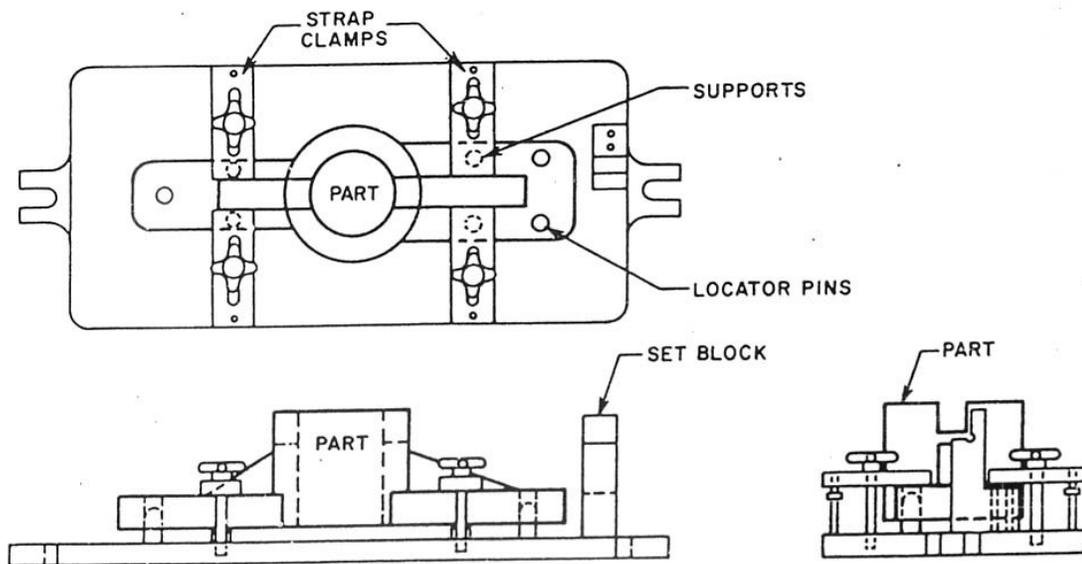
JENIS-JENIS FIXTURE

Jenis fixture dibedakan terutama oleh bagaimana alat bantu ini dibuat. Perbedaan utama dengan jig adalah beratnya. Fixture dibuat lebih kuat dan lebih berat dari jig dikarenakan gaya perkakas yang lebih besar.

Fixture pelat adalah bentuk paling sederhana dari fixture (gambar 17). Fixture dasar dibuat dari pelat datar yang mempunyai variasi klem dan locator untuk memegang dan memposisikan benda kerja. Konstruksi fixture ini sederhana sehingga bisa digunakan pada hampir semua proses pemesinan.



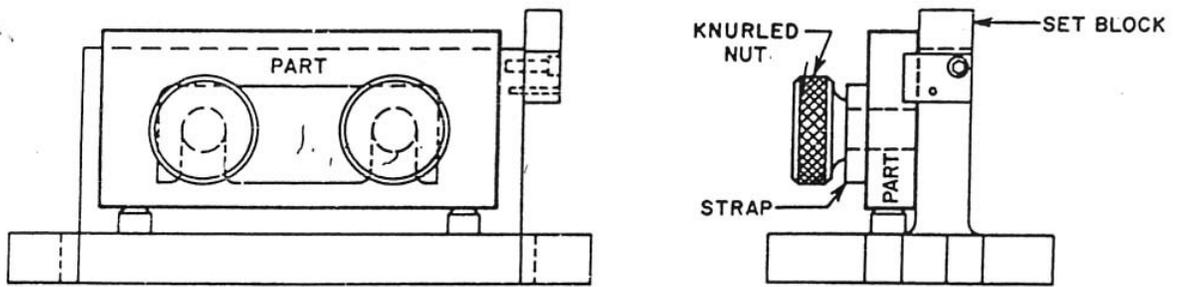
Gambar 16. jig multi-stasion.



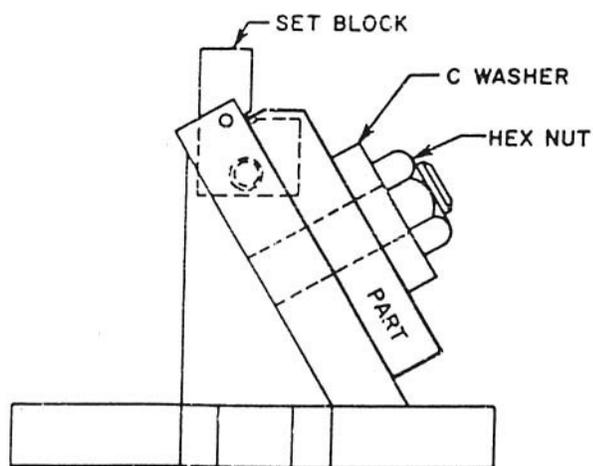
Gambar 17. Fixture plate.

Fixture pelat sudut adalah variasi dari fixture pelat (gambar 18). Dengan fixture jenis ini, komponen biasanya dimesin pada sudut

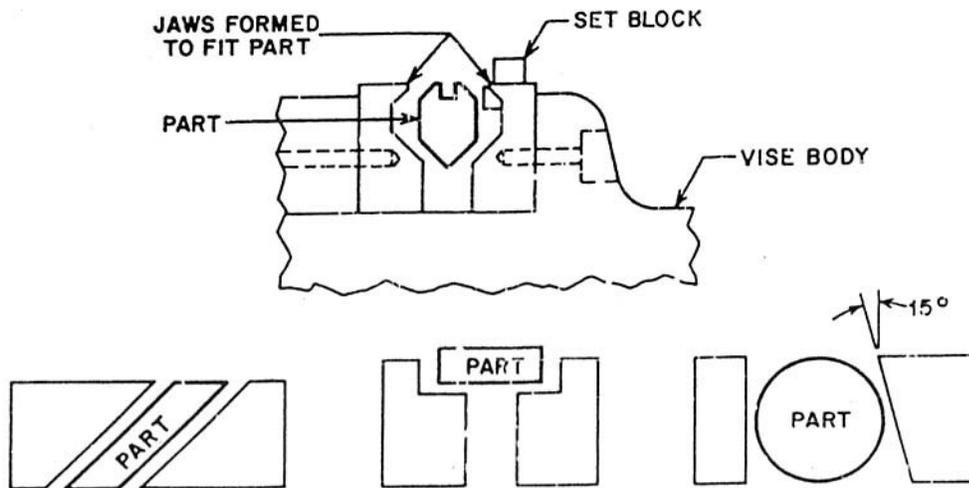
tegak lurus terhadap locatornya. Jika sudutnya selain 90 derajat, fixture pelat sudut yang dimodifikasi bisa digunakan (gambar 19)



Gambar 18. Fixture pelat sudut.

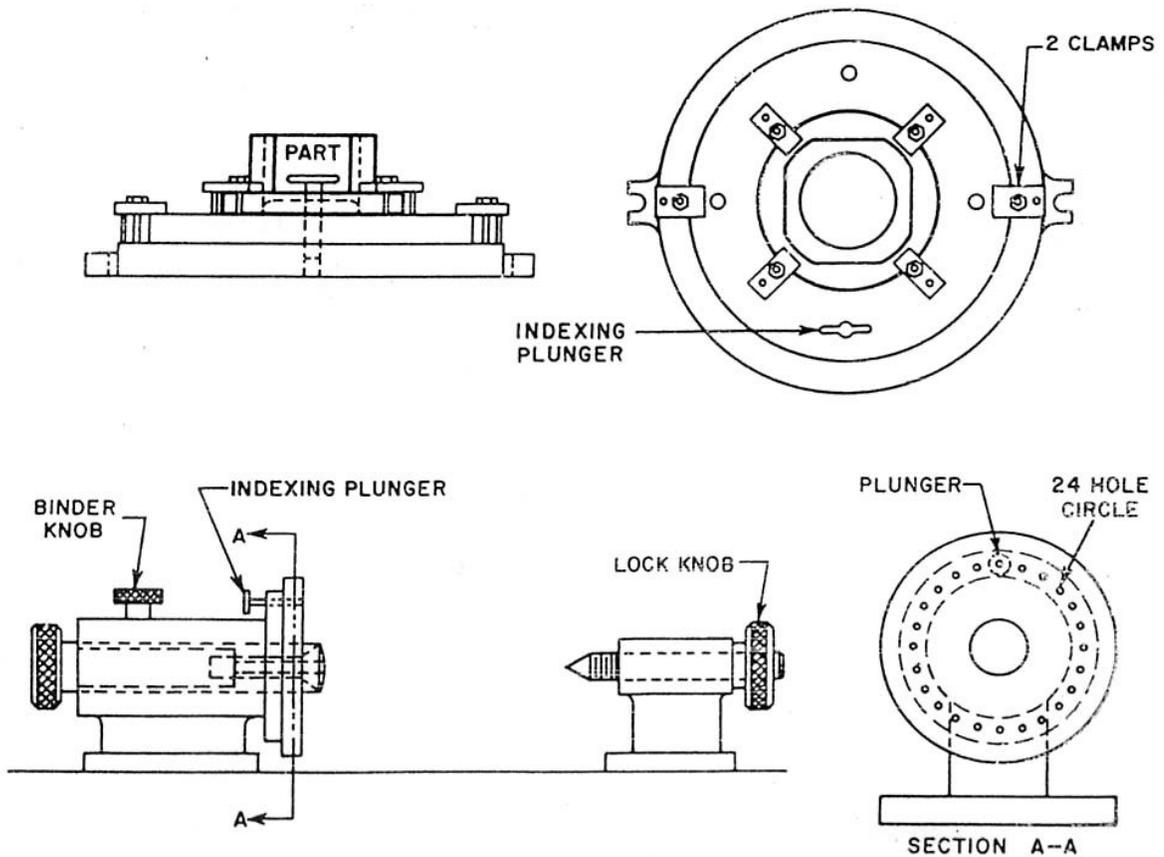


Gambar 19. Fixture pelat sudut modifikasi.



Gambar 20. Fixture vise-jaw.

Fixture vise-jaw, digunakan untuk pemesinan komponen kecil (gambar 20). Dengan alat ini, *vise jaw* standar digantikan dengan *jaw* yang dibentuk sesuai dengan bentuk komponen.



Gambar 21. Fixture Indeks.

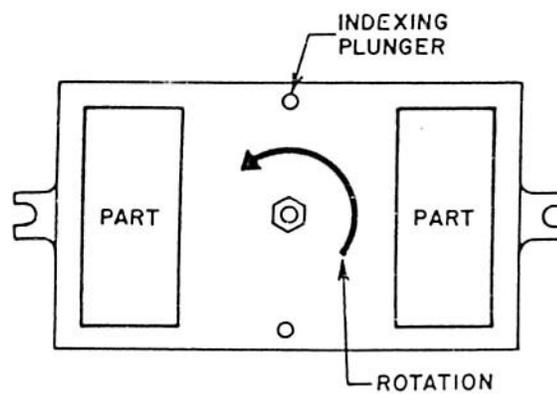


Gambar 22. Komponen mesin dengan menggunakan fixture indeks.

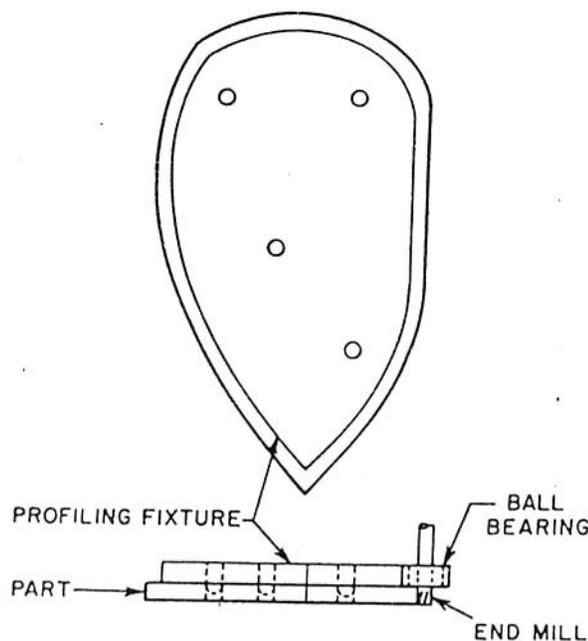
Fixture indexing mempunyai bentuk yang hampir sama dengan jig indexing (gambar 21). Fixture jenis ini digunakan untuk pemesinan komponen yang mempunyai detail pemesinan untuk rongga yang detil. Gambar 22 adalah contoh komponen yang menggunakan fixture jenis ini.

Fixture multistation, adalah jenis fixture untuk kecepatan tinggi, volume produksi tinggi dimana siklus pemesinan kontinyu. Fixture duplex adalah jenis paling sederhana dari jenis ini dimana hanya ada

dua stasiun (gambar 23). Mesin tersebut bisa memasang dan melepaskan benda kerja ketika pekerjaan pemesian berjalan. Misal, ketika pekerjaan pemesian selesai pada stasiun 1, perkakas berputar dan siklus diulang pada stasiun 2. Pada saat yang sama benda kerja dilepaskan pada stasiun 1 dan benda kerja yang baru dipasang.



Gambar 23. Fixture duplex.



Gambar 24. Fixture Profil.

Fixture profil, digunakan mengarahkan perkakas untuk pemesian kontur dimana mesin secara normal tidak bisa melakukan. Kontur bisa internal atau eksternal. Gambar 24 memperlihatkan bagaimana nok/cam secara akurat memotong dengan tetap menjaga kontak antara fixture dan bantalan pada pisau potong fris.

Klasifikasi Fixture

Fixture biasanya diklasifikasikan berdasarkan tipe mesin yang menggunakannya. Misal, fixture yang digunakan pada mesin *milling* disebut fixture milling. Fixture bisa juga diklasifikasikan dengan subklasifikasi. Misal, jika pekerjaan yang dilakukan adalah milling *stradle* maka fixture disebut *straddle milling fixture*.

Berikut ini adalah list operasi produksi yang menggunakan fixture:

Assembling	Lapping
Boring	Milling
Broaching	Planing
Drilling	Sawing
Forming	Shaping
Gauging	Stamping
Grinding	Tapping
Heat treating	Testing
Honing	Turning
Inspecting	Welding

Soal-soal:

1. Apa yang dimaksud dengan *jig* dan *fixture* ?
2. Sebutkan beberapa keuntungan mesin dengan menggunakan jig dan fixture.
3. Jelaskan perbedaan antara jig bor dan jig gurdi.
4. Jelaskan operasi-operasi umum yang biasanya dilakukan oleh jig gurdi.
5. Coba anda jelaskan konstruksi dan prinsip kerja jig template.
6. Jelaskan mengenai jig indeks.
7. Sebutkan 3 jenis fixture yang kamu ketahui.
8. Sebutkan operasi-operasi yang biasa dilakukan oleh fixture.

DAFTAR PUSTAKA

1. Amstead B.H., P.F. Ostwald, M.L. Begeman, *Manufacturing Processes*. John Wiley & Sons, 1987.
2. Amstead B.H. P.F. Ostwald, M.L. Begeman, *terj.* Sriati Djaprie. *Teknologi Mekanik*. Jilid 1, Erlangga, 1993.
3. Amstead B.H. P.F. Ostwald, M.L. Begeman, *terj.* Bambang Priambodo. *Teknologi Mekanik*. Jilid 2, Erlangga, 1993.
4. Hoffman E. G. *Jig and Fixture Design*. 4th edition, Delmar Publishers, 1996.