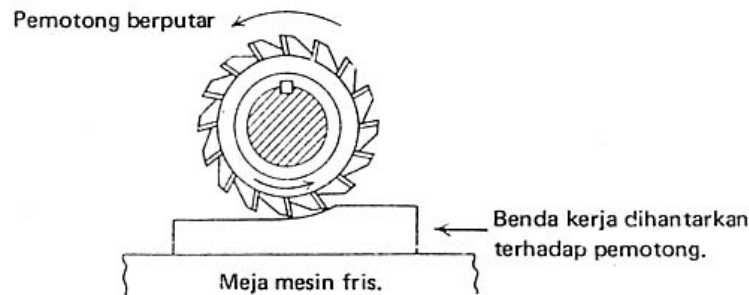


BAB VI

MESIN FRIS DAN PEMOTONG FRIS

Mesin fris melepaskan logam ketika benda kerja dihantarkan terhadap suatu pemotong berputar seperti terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. 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 bor.

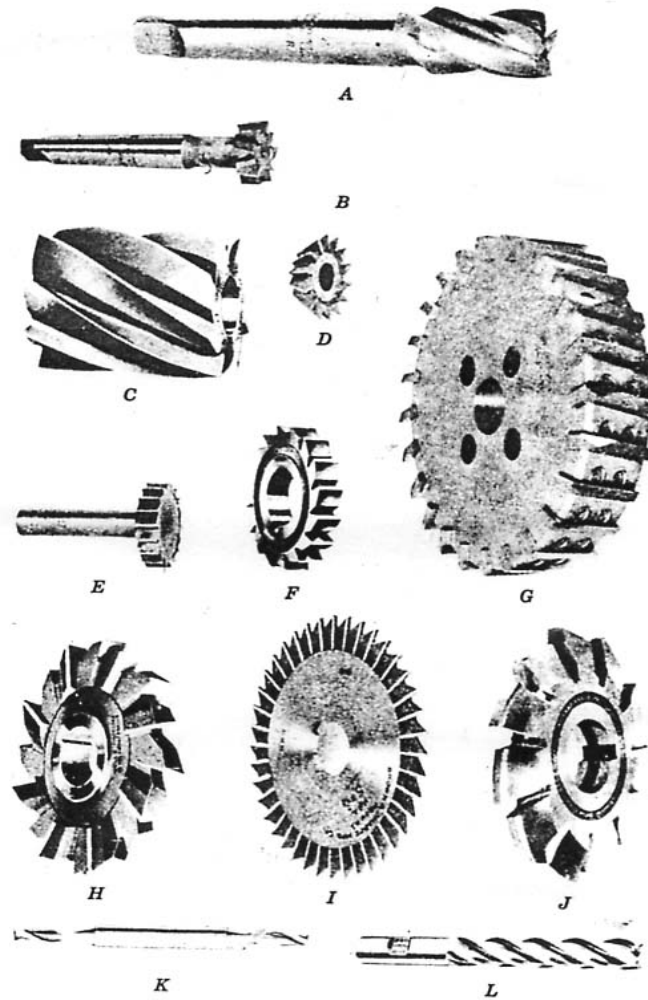
2. *Pemotong tangkai*. Pemotong jenis mempunyai tangkai lurus atau tirus yang menjadi satu dengan badan pemotong. Pemotong dipegang oleh spindel.
3. *Pemotong muka*. Pemotong ini dibaut atau dipegang pada ujung arbor pendek dan biasanya dipakai untuk memfris permukaan rata.

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.

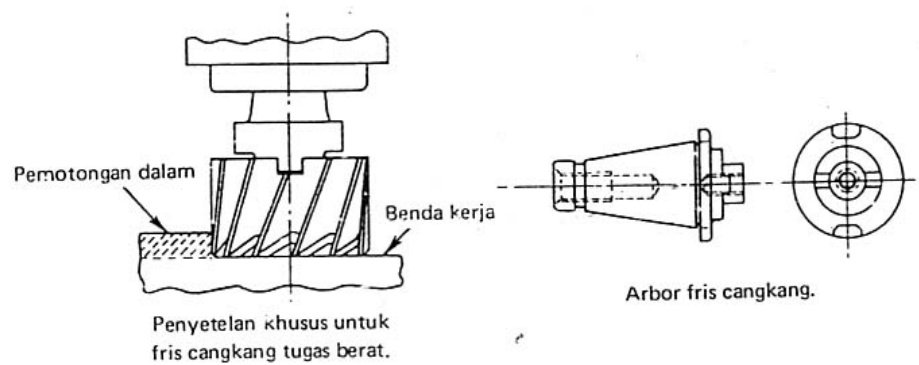


Jenis dari pemotong fris. A, Fris ujung spiral. B, Pemotong fris celah-T. C, Pemotong biasa dengan gigi heliks. D, Pemotong fris sudut. E, Pemotong dudukan pasak Woodruff. F, Pemotong fris biasa G, Pemotong bergigi sisipan. H, Pemotong fris samping. I, Pemotong gergaji pembelah logam. I, Pemotong bentuk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

Gambar 3.

4. *Pemotongh 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.



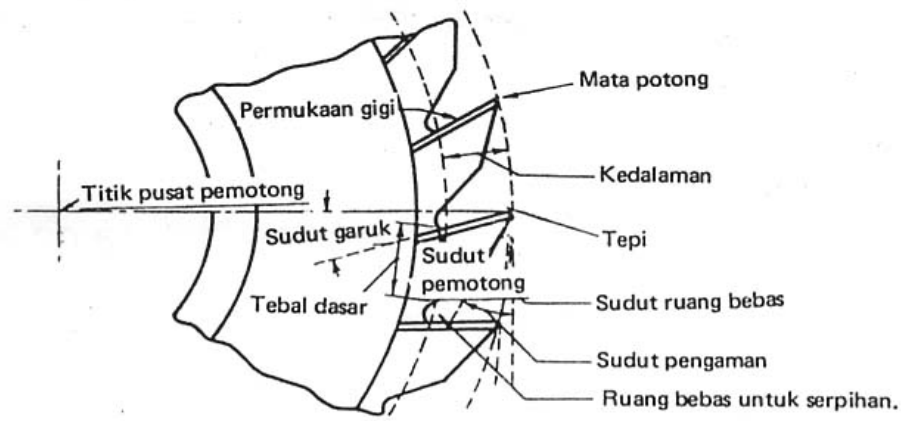
Gambar 4. Fris cangkang dan arbor.

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

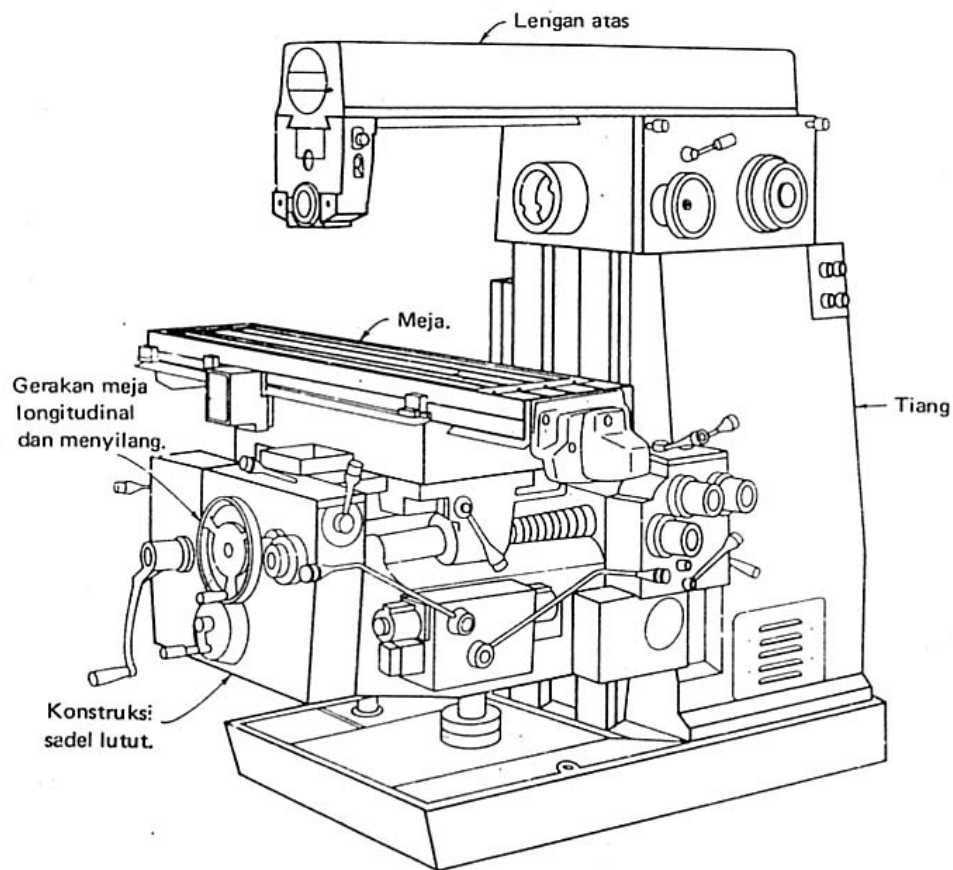
Ini adalah jenis yang paling sederhana dari mesin fris yang dioperasikan dengan tangan. Mesin ini digunakan terutama dalam pekerjaan operasi fris ringan dan sederhana seperti memotong alur, alur pasak pendek dan membuat celah.

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.



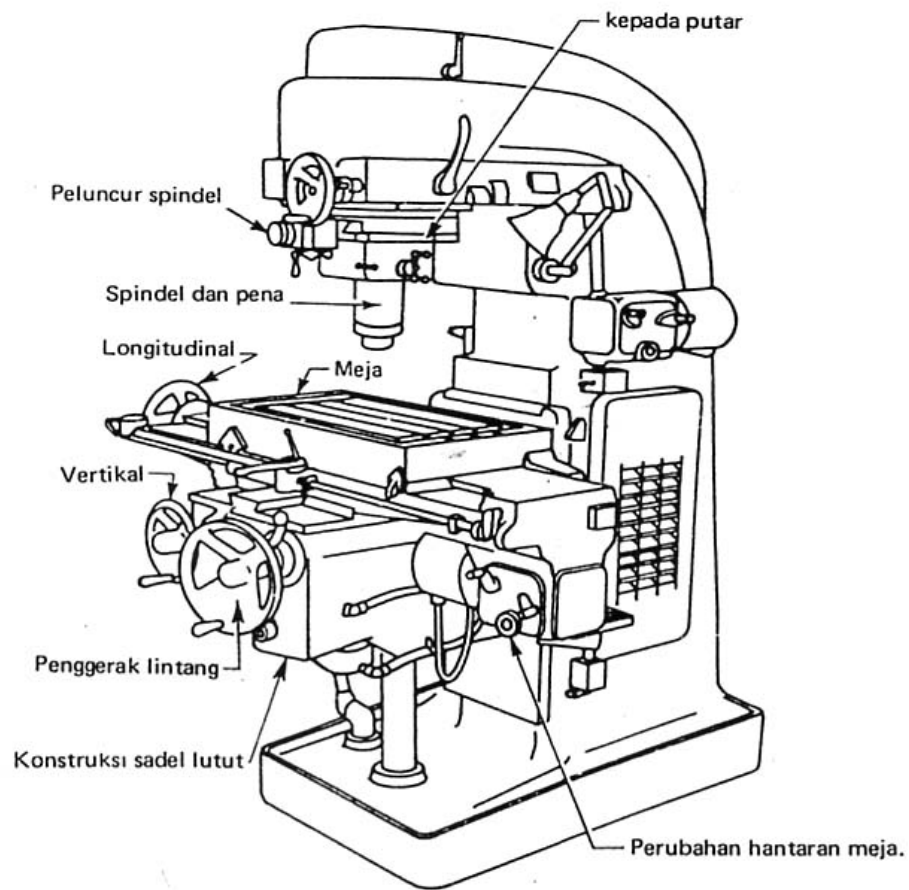
Gambar 6. Mesin fris lutut dan tiang.

Mesin Fris Vertikal

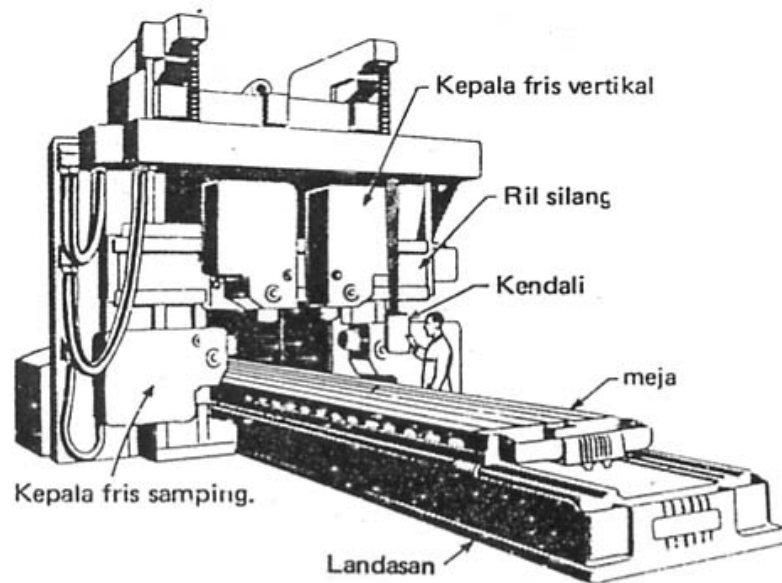
Gambar 7 terlihat satu jenis mesin fris vertikal. Dalam hal ini spindel pemotong mempunyai kedudukan vertikal. Mesin mempunyai perjalanan spindel aksial yang pendek untuk memudahkan pemfrisan bertingkat. Ada juga mesin yang dilengkapi dengan alat putar tambahan atau meja kerja putar sehingga mesin bisa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

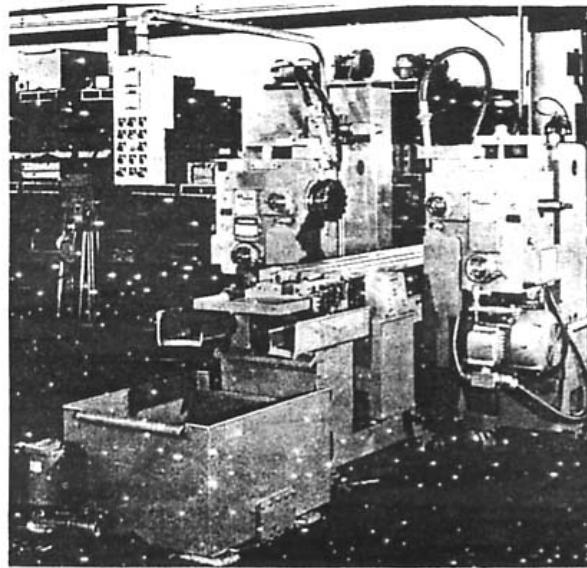


Gambar 8. Mesin fris jenis penyerut.

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.



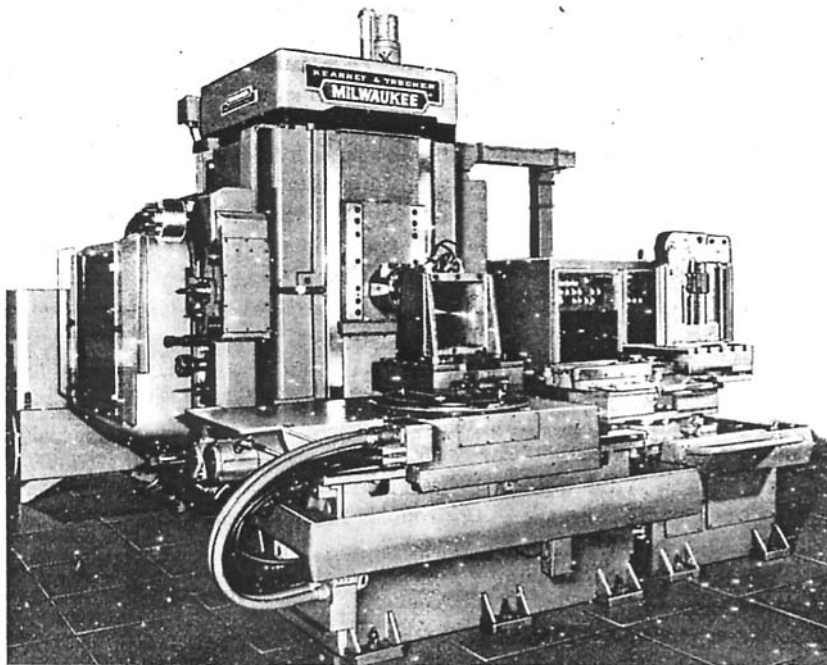
Gambar 9. Mesin fris dupleks.

Pusat Pemesinan

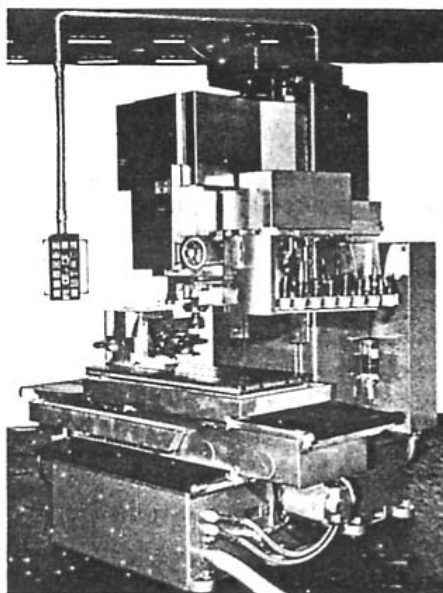
Pusat pemesinan adalah mesin Kontrol Numerik yang dirancang untuk produksi barang kecil sampai menengah. Pusat pemesinan merujuk ke sebuah atau lebih mesin Kontrol Numerik yang mempunyai kapasitas pemesinan *multi purpose* (banyak kegunaan). Pusat pemesinan dapat memfris, menggurdi, mengebor, meluaskan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

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.

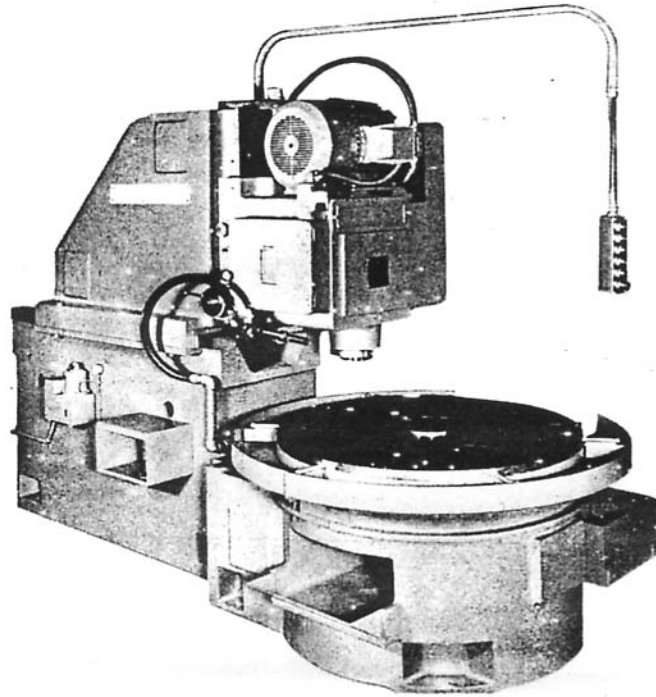


Gambar 11. Pusat pemesian vertikal kendali numeris dengan tiga sumbu gerak hantaran dan penukar pahat 20 kedudukan.

MESIN FRIS KHUSUS

Mesin Fris Meja Putar

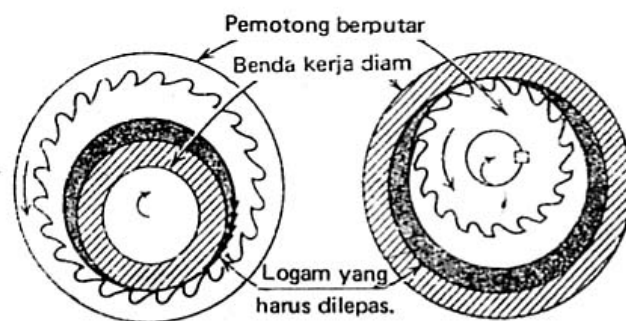
Mesin meja putar adalah penyesuaian dari mesin fris vertikal dan diperlihatkan pada gambar 13. Operasi mesin kontinyu dan cepat tetapi terbatas pada pemfrisan permukaan datar saja.



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.



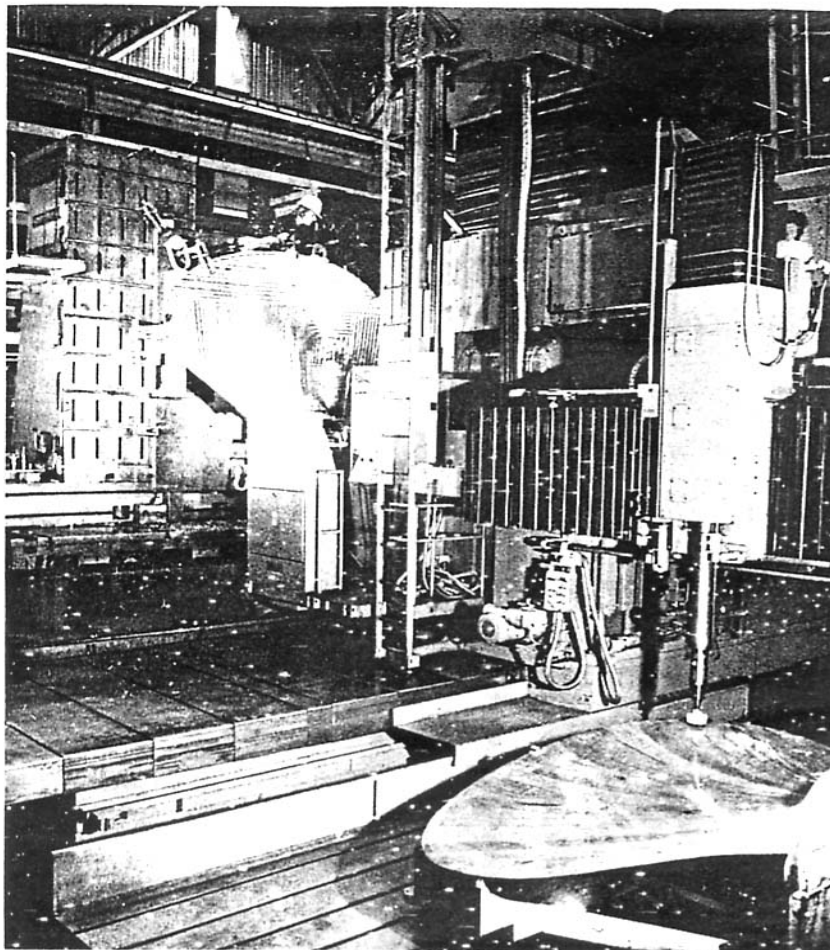
Gambar 14. Penyetelan fris planet yang menunjukkan aksi pemotong untuk pemfrisan dalam dan luar. Kiri fris luar. Kanan, fris dalam.

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, m/min

D = diameter pemotong, mm

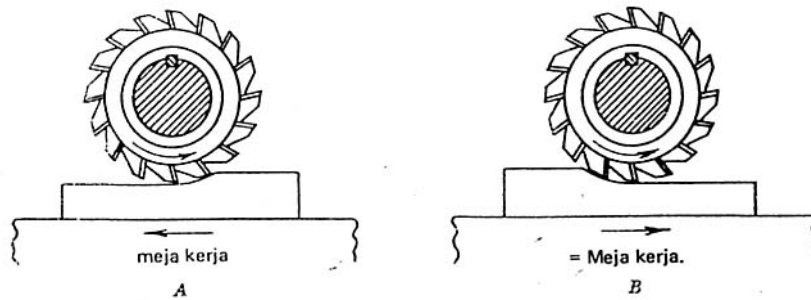
N = putaran tiap menit

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 kecenderungan 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:

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

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

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

Waktu potong sebenarnya :

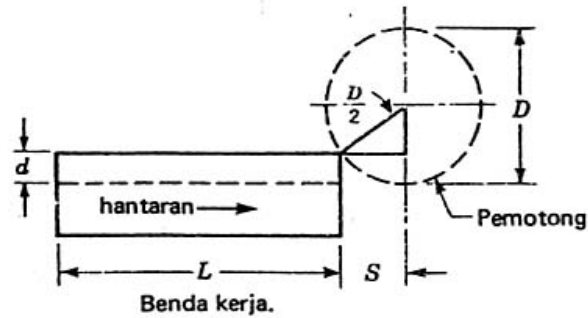
$$T = \frac{L + \sqrt{d(D-d)} + 6}{f} = \text{menit}$$

dengan : S = jarak pendekatan, mm

St = 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.