

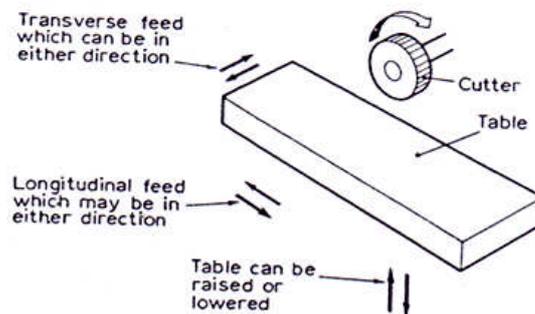
BAB III MESIN FRAIS

A. Prinsip Kerja Mesin Frais

Mesin frais adalah salah satu mesin konvensional yang mampu mengerjakan penyayatan permukaan datar, sisi tegak, miring bahkan pembuatan alur dan roda gigi. Berdasarkan spindelnya mesin frais dibedakan atas

1. Mesin frais vertikal.
2. Mesin universal mirip dengan mesin horisontal tapi mempunyai meja yang dapat diputar membuat bentuk heliks, dll., untuk difrais.
3. Mesin frais vertikal.

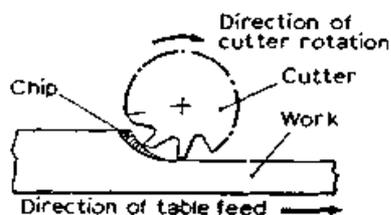
Pengerjaan yang terjadi di mesin frais horisontal. Benda kerja dijepit di suatu ragum mesin atau peralatan khusus atau dijepit di meja mesin frais. Pemotongan dikerjakan oleh pemakanan benda kerja di bawah suatu pisau yang berputar. Kemungkinan pergerakan meja ditampilkan di Gambar 3.1



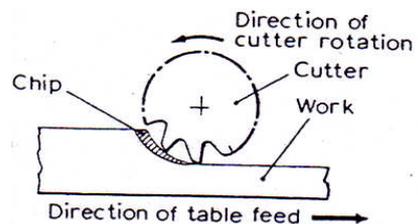
Gambar 3.1 Frais horisontal

Dua metode dari mesin frais horisontal ditampilkan di Gambar 3.2 dan 3.3

1. *Upcut* atau *pemfraisan konvensional*, Gambar 3.2



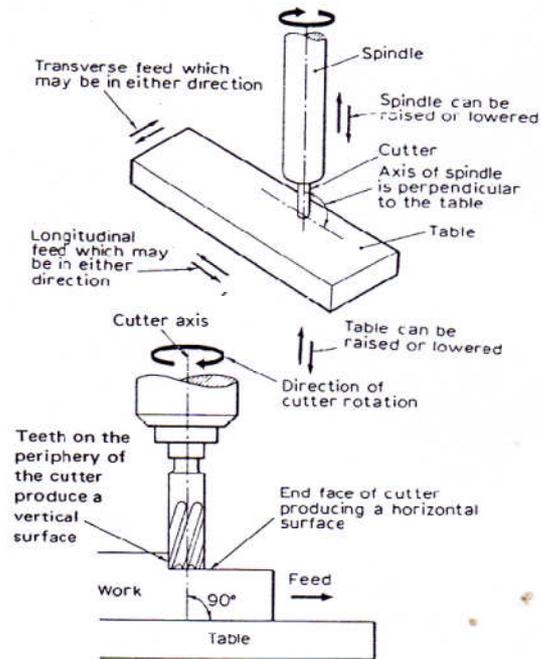
Gambar 3.2 Upcut



Gambar 3.3 Downcut

2. *Downcut* atau *pemfraisan naik*, Gambar 3.3 Metode ini memiliki keuntungan yaitu gigi potong bagian bawah dan karena itu tidak ada kecenderungan untuk terangkatnya benda kerja.

Pekerjaan yang terjadi mesin frais vertikal. Pergerakkan meja dan ke atas dan ke bawah dari spindle, ditampilkan Gambar 3.4. Mesin frais vertikal dapat menghasilkan permukaan horizontal ataupun vertikal.

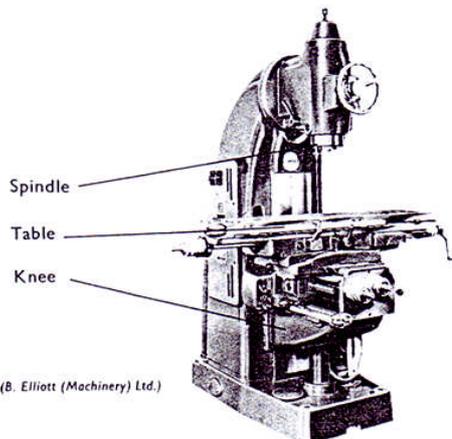


Gambar 3.4 Frais vertikal

B. Bagian Utama dan Kelengkapannya

Mesin frais mempunyai bagian utama sebagai berikut:

1. Spindel
2. Meja
3. Knee



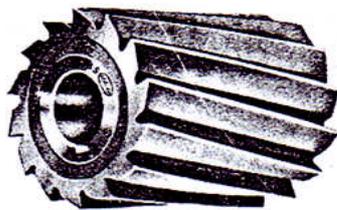
(B. Elliott (Machinery) Ltd.)

Gambar 3.5 Bagian utama mesin frais

C. Macam-macam Pisau Frais

Jenis paling umum dari pisau frais adalah sebagai berikut;

1. *Pisau silindris (frais slab atau frais penggiling)* Gambar 3.6 cutter ini digunakan untuk menghasilkan permukaan horizontal dan dapat mengerjakan permukaan yang lebar dan pekerjaan berat.
2. *Pisau muka dan sisi*, Gambar 3.7 Pisau ini memiliki gigi potong di kedua sisinya. Digunakan untuk menghasilkan celah dan ketika digunakan dalam pemasangan untuk menghasilkan permukaan rata, kotak, hexagonal, dll. Untuk ukuran yang besar, gigi dibuat terpisah dan dimasukkan ke dalam badan pisau. Keuntungan ini memungkinkan cutter dapat dicabut dan dipasang jika mengalami kerusakan.



(A. A. Jones & Shipman Ltd.)

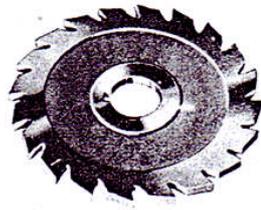
Gambar 3.6 Pisau silindris



(A. A. Jones & Shipman Ltd.)

Gambar 3.7 Pisau muka dan sisi

3. *Slotting cutter*, Gambar 3.8 Pisau ini hanya memiliki gigi di bagian kelilingnya dan pisau ini digunakan untuk pemotongan celah dan alur pasak



(A. A. Jones & Shipman Ltd.)

Gambar 3.8 Slotting cutter



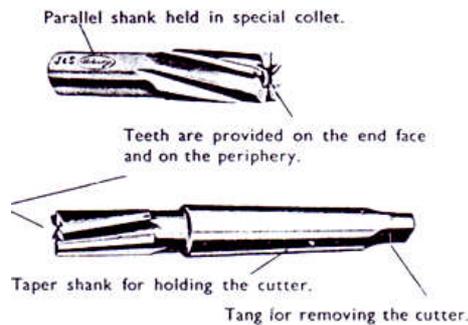
(A. A. Jones & Shipman Ltd.)

Gambar 3.9 metal slitting saw

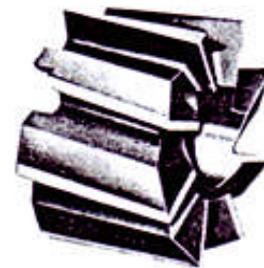
4. *Metal slitting saw*, Gambar 3.9 pisau ini memiliki gigi hanya di bagian keliling saja atau memiliki gigi keduanya di bagian keliling dan sisi sisinya. Digunakan untuk memotong kedalaman celah dan untuk memotong panjang dari material. Ketipisan dari pisau bermacam-macam dari 1 mm – 5 mm dan

ketipisan pada bagian tengah lebih tipis dari bagian tepinya. Hal ini untuk mencegah pisau dari terjepit dicelah.

5. *Frais ujung*. Frais ujung berukuran dari berdiameter 4 mm sampai diameter 40 mm.



Gambar 3.10 End mill cutter & Shell end mill



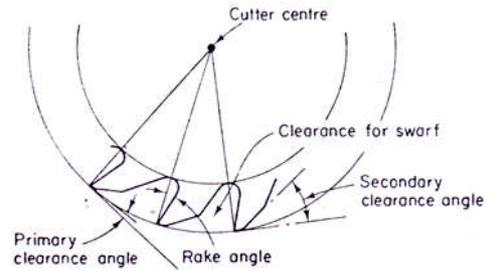
Gambar 3.11 Pisau muka

6. *Shell end mill*, Gambar 3.10 Kelopak frais ujung dibuat untuk disesuaikan di bor pendek yang dipasang di poros. Kelopak frais ujung lebih murah untuk diganti daripada frais ujung padat/solid.
7. *Frais muka*, Gambar 3.11 Pisau ini dibuat untuk mengerjakan pemotongan berat dan juga digunakan untuk menghasilkan permukaan yang datar. Ini lebih akurat daripada cylindrical slab mill/frais slab silindris. Frais muka memiliki gigi di ujung muka dan kelilingnya. Panjang dari gigi di kelilingnya selalu kurang dari separuh diameter dari pisaunya.
8. *Tee-slot cutter*, Gambar 3.12 Pisau ini digunakan untuk frais celah awal. Suatu celah atau alur harus dibuat pada benda kerja sebelum pisau ini digunakan.

Bentuk dari gigi pisau frais ditampilkan pada Gambar 3.13 Pisau gigi banyak membutuhkan sudut bebas kedua seperti diperlihatkan pada diagram Sudut tatal diukur relatif pada garis radial, seperti terlihat.



3.12 T-slot cutter



Gambar 3.13 Bentuk gigi

Ketika menggunakan gigi lurus pisau frais satu gigi melingkapi pemotongan sebelum gigi selanjutnya masuk dalam pengerjaan. Penghentian dalam pemotongan dapat terjadi. Ketika pisau helix digunakan pembelahan dalam pemotongan dicegah oleh karena itu aksi pemotongan harus lebih halus. Kekuatan potong dalam gigi dari pisau helix lebih kecil dari gigi lurus pisau frais, yang artinya bahwa kurangnya pemakaian gigi pada pisau heliks.

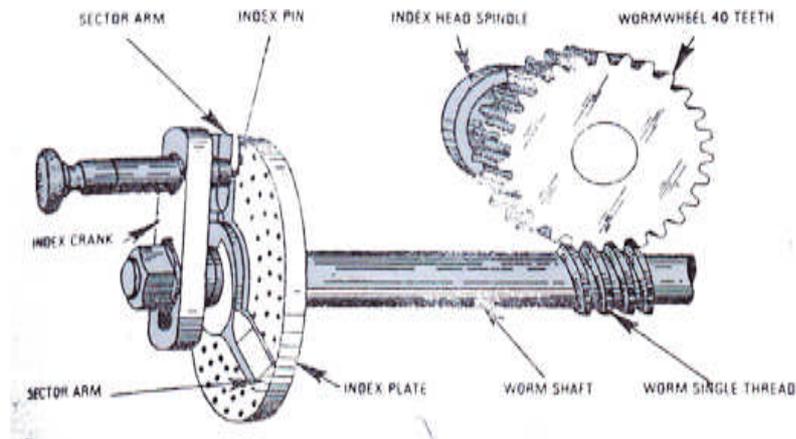
E. Macam-macam Proses Pengefraisan

Mesin frais bisa mengerjakan beberapa hal, antara lain

1. Frais permukaan
2. Frais bertingkat
3. Frais sudut
4. Frais alur
5. Frais roda gigi

F. Perhitungan *Deviding Head*

Deviding head (kepala pembagi) adalah satu bagian yang penting dalam proses frais, terutama untuk pembuatan segi beraturan dan roda gigi. Di dalam kepala pembagi terdapat roda gigi cacing dengan perbandingan 1:40, sehingga jika kita memutar tuas 40 kali maka benda kerja akan berputar 1 kali penuh. Berikut gambar transmisi roda gigi cacing dalam kepala pembagi.



Gambar 3.1 Transmisi roda gigi cacing dalam kepala pembagi

Dengan adanya perbandingan tersebut maka dapat kita rumuskan

$$\text{pembagian putaran} = \frac{40}{N} \quad \text{dimana } N = \text{nilai pembagian}$$

Misalkan kita akan membuat segi 8 sama sisi, maka $\frac{40}{8} = 5$ putaran penuh,

begitu juga bila kita akan membuat segi tujuh sama sisi maka $\frac{40}{7} = 5 \frac{5}{7}$ putaran.

Untuk pembagian yang lebih presisi, misalnya pembuatan roda gigi maka dibantu plat pembagi dengan jumlah lubang seperti yang ada dalam tabel di bawah ini.

Tabel 3.1 Plat pembagi

PLAT PEMBAGI	
BROWN AND SHARPE	
Plate 1	15 – 16 – 17 – 18 – 19 – 20
Plate 2	21 – 23 – 27 – 29 – 31 – 33
Plate 3	37 – 39 – 41 – 43 – 47 – 49
CINCINNATI STANDARD PLATE	
One side	24 – 25 – 28 – 30 – 34 – 37 – 38 – 39 – 41 – 42 – 43
Other side	46 – 47 – 49 – 51 – 53 – 54 – 57 – 58 – 59 – 62 – 66

Misalkan untuk membuat roda gigi dengan jumlah gigi 27 maka $\frac{40}{27} = 1 \frac{13}{27}$ artinya

1 putaran penuh ditambah 13 lubang pada plat yang berjumlah 27 (plat 2 Brown & Sharpe). Contoh lain bila jumlah gigi 13 maka $\frac{40}{13} = 3 \frac{1}{13}$ karena jumlah lubang 13 tidak ada maka dikalikan 3 pembilang dan penyebutnya jadi $3 \frac{3}{39}$ artinya 3 putaran penuh ditambah 3 lubang pada plat dengan jumlah lubang 39.

Untuk pembagian angular atau derajat dirumuskan:

$$\frac{1}{40} \times 360^\circ = 9^\circ \quad \text{jadi} \quad \text{pembagian dalam derajat} = \frac{\text{derajat yang diinginkan}}{9}$$

$$\text{misalnya untuk } 45^\circ \rightarrow = \frac{45}{9} = 5 \text{ putaran penuh; untuk } 60^\circ \rightarrow = \frac{60}{9} = 6 \frac{2}{3} = 6 \frac{12}{18}.$$

Untuk pembagian menit dirumuskan:

$$9^\circ \times 60' = 540' \rightarrow \text{misalnya untuk pembagian } 24^\circ 30' \text{ maka}$$

$$24^\circ \text{ dikonversikan ke menit menjadi } ((24^\circ \times 60') + 30') = 1470'$$

$$\text{Pembagian } 1470' \text{ dibagi } 540 = 2 \frac{13}{18} \text{ putaran}$$

G. Perhitungan Pembuatan Roda Gigi Lurus

Roda gigi digunakan untuk mentransmisikan daya besar dan putaran tanpa selip, untuk memindahkan daya dari poros-poros yang sejajar bisa digunakan roda gigi lurus. Bentuk/lajur gigi ini sejajar dengan sumbunya. Profil gigi bisa terbentuk melalui penggambaran evolvente dengan sudut tekan $\alpha = 20^\circ$ (gambar 4.) dan cycloide. Sebuah roda gigi mempunyai bagian-bagian tertentu (gambar 4.)

Bila pada sebuah roda gigi lurus z = jumlah gigi, d = diameter lingkaran tusuk, t = tusuk, maka keliling lingkaran tusuk = $d \cdot \pi = z \cdot t$, maka $d = (z \cdot t) / \pi$. Faktor (t/π) disebut modulus (m) dari giginya, sering disingkat modul. Bila $m = t/\pi$, maka $d = z \cdot m$. Penyebutan modul harus diikuti dengan satuannya, misalkan suatu roda gigi mempunyai modul 3 satuannya mm, jadi $m = 3 \text{ mm}$. Berikut dapat dilihat ukuran modul berdasarkan DIN 760.

Tabel 3.2. Ukuran Modul menurut DIN 760

Ukuran Modul menurut DIN 760							
No	Modul (mm)	No	Modul (mm)	No	Modul (mm)	No	Modul (mm)
1	0,3	16	3	31	12	46	36
2	0,4	17	3,25	32	13	47	39
3	0,5	18	3,5	33	14	48	42
4	0,6	19	3,75	34	15	49	45
5	0,7	20	4	35	16	50	50
6	0,8	21	4,5	36	17	51	55
7	0,9	22	5	37	18	52	60
8	1	23	5,5	38	19	53	65
9	1,25	24	6	39	20	54	70
10	1,5	25	6,5	40	22	55	75
11	1,75	26	7	41	23		
12	2	27	8	42	24		
13	2,25	28	9	43	27		
14	2,5	29	10	44	30		
15	2,75	30	11	45	33		

Berikut perhitungan parameter roda gigi lurus

Tabel 3.3 Parameter roda gigi lurus

Roda gigi lurus			
No	Nama	Simbol	Rumus
1	Modul (<i>module</i>)	m	$m = \frac{t}{\pi} = \frac{d_1}{z_1} = \frac{dk_1}{z_1 + z_2}$ $= \frac{dk_1 - d_1}{z_1} = \frac{2a}{z_1 + z_2}$
2	Tusuk (<i>circular pitch</i>)	t	$t = m\pi = \frac{d_1 \cdot \pi}{z_1} = \frac{dk_1 + \pi}{z_1 + 2}$
3	Jumlah gigi (<i>number of teeth</i>)	z	$z_1 = \frac{d_1}{m} = \frac{d_1 \cdot \pi}{t} = \frac{dk_1 - 2m}{m}$ $= \frac{2a}{m} - z_2 = z_2 \cdot \frac{n_2}{n_1}$
4	Diameter lingkaran tusuk (<i>pitch diameter</i>)	d	$d_1 = z_1 m = dk_1 - 2m$ $= \frac{z_1 dk_1}{z_1 + z_2} = 2a - d_2$

5	Diameter lingkaran tusuk (penggerak)	d_1	$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{d_2}{d_1}$ $d_1 = \frac{2.a}{1+i}$
6	Diameter lingkaran tusuk (digerakan)	d_2	$d_2 = \frac{2.a.i}{1+i}$
7	Tinggi kepala gigi (<i>addendum</i>)	hk	$hk = 1.m$
8	Diameter lingkaran kepala (<i>outside diameter</i>)	dk	$dk_1 = d_1 + 2m = m(z_1 + 2)$
9	Tinggi kaki gigi (<i>dedendum</i>)	hf	$hf = 1,166.m$ (menurut DIN 780)
10	Tinggi gigi (<i>whole depth</i>)	h	$h = hk + hf = 2.1/6.m = 2,166.m$
11	Diameter lingkaran kaki (<i>inside diameter</i>)	df	$df = d_1 - 2\frac{1}{3}m = m(z_1 - z\frac{1}{3})$
12	Jarak hati roda-roda gigi yang berpasangan	a	$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = m\left(\frac{z_1 + z_2}{2}\right)$ $= m.z_1\left(\frac{1+i}{2}\right) = m.z_2\left(\frac{1+i}{2.1}\right)$
13	Lebar gigi	b	$b = 6.m$ s/d $8.m$ (dikerjakan dengan pengecoran) $b = 10.m$ s/d $15.m$ (pemesinan konvensional) $b = 15.m$ s/d $30.m$ (pemesinan CNC)
14	Tebal pelek	k	$k \geq 1,6.m$

Contoh soal:

Pasangan roda gigi lurus, $z_1 = 32$ buah, $z_2 = 64$ buah, modul 1,5 mm hitunglah parameter roda gigi yang dibutuhkan.

Jawab:

Roda gigi dengan $z = 32$ buah

$$z_1 = 32 \text{ buah, } m = 1,5 \text{ mm}$$

$$d_1 = z_1 \cdot m = 32 \cdot 1,5 = 48 \text{ mm}$$

$$dk_1 = m(z_1 + 2) = 1,5 (32 + 2) = 51 \text{ mm}$$

$$h = 2,166 \cdot m = 2,166 \cdot 1,5 = 3,249 \text{ mm}$$

Roda gigi dengan $z = 64$ buah

$$z_2 = 64 \text{ buah, } m = 1,5 \text{ mm}$$

$$d_2 = z_2 \cdot m = 64 \cdot 1,5 = 96 \text{ mm}$$

$$dk_2 = m(z_2 + 2) = 1,5 (64 + 2) = 99 \text{ mm}$$

$$h = 2,166 \cdot m = 2,166 \cdot 1,5 = 3,249 \text{ mm}$$

$$a = m \left(\frac{z_1 + z_2}{2} \right) = 1,5 \left(\frac{32 + 64}{2} \right) = 72 \text{ mm}$$

Selanjutnya dipilih nomor pisau berdasarkan jumlah gigi seperti yang ada dalam tabel berikut ini:

Tabel 3.4 Nomor Pisau Berdasarkan Jumlah Gigi.

Nomor Pisau Berdasarkan Jumlah Gigi	
Nomor pisau frais	Untuk roda gigi bergigi antara
1	12 – 13 gigi
2	14 – 16 gigi
3	17 – 20 gigi
4	21 – 25 gigi
5	26 – 34 gigi
6	35 – 54 gigi
7	55 – 134 gigi
8	135 – batang gigi