

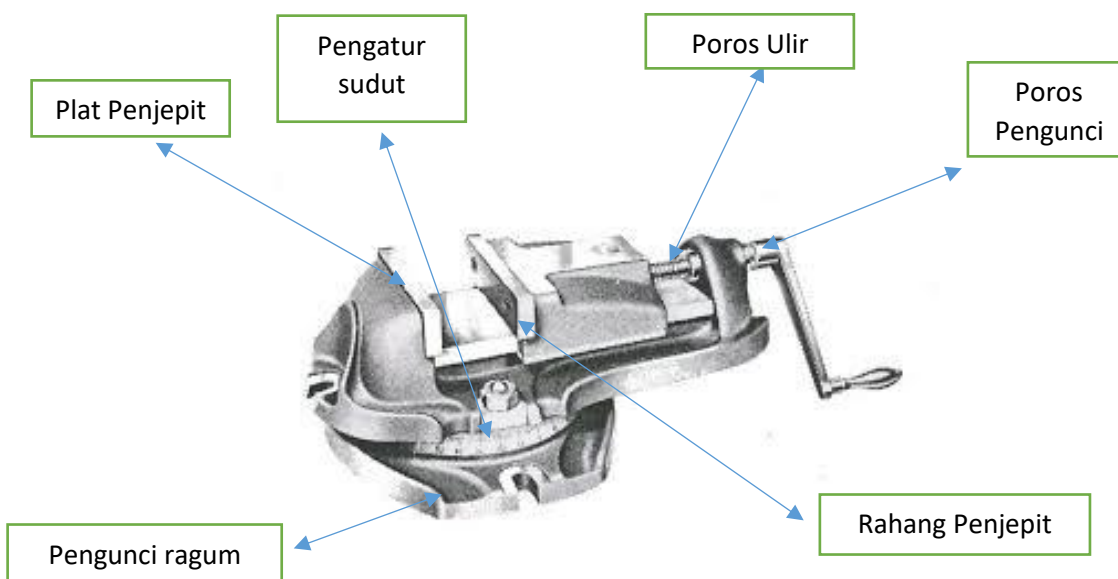
BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Umum Ragum

Ragum adalah suatu alat yang berfungsi sebagai penjepit benda kerja pada mesin frais dan mesin bor. Untuk membuka rahang ragum dilakukan dengan cara memutar tangkai/tuas pemutar ke arah kiri (berlawanan arah jarum jam) sehingga batang berulir akan menarik landasan tidak tetap pada rahang tersebut. Demikian pula sebaliknya untuk pekerjaan pengikatan benda kerja tangkai pemutar diputar ke arah kanan (searah jarum jam). Ragum pada umumnya terbuat dari besi tuang. Dikerjakan diberi parutan bersilang agar penjepitan lebih kuat dan tidak licin. (Hoiri Efendi, 2014)

2.2 Komponen Ragum Mesin Frais



Gambar 2. 1 Ragum Mesin Frais (Hoiri Efendi, 2014)

Komponen pada ragum mesin frais terdiri dari komponen apa saja, dari rahang penjepit, pengatur sudut, poros ulir, poros pengunci, pengunci ke bed mesin, dan plat penjepit. Seperti pada gambar 2.1. Rahang penjepit benda kerja ini berfungsi sebagai penjepit benda kerja, pengunci ragum berfungsi untuk mengunci ragum ke bed mesin supaya tidak bergerak, poros berulir berfungsi untuk maju mundurnya rahang penjepit,

poros pengunci sebagai pengunci rahang penjepit saat benda kerja di cekam, plat penjepit berfungsi untuk penjepit benda kerja dan pemutar sudut berfungsi sebagai pengatur sudut dari ragum itu sendiri.

2.3 Material Ragum

Komponen yang ada pada mesin bubut, mesin frais, dan mesin bor biasanya terbuat dari besi tuang atau besi cor. Besi cor adalah paduan besi-karbon dengan kandungan karbon lebih dari 2% Paduan besi dengan kandungan karbon kurang dari 2% disebut sebagai baja. Unsur paduan utama yang membentuk karakter besi tuang adalah karbon (C) antara 3-3,5% dan silikon (Si) antara 1,8-2,4%. Perbedaan kadar C dan Si menyebabkan titik lebur besi tuang lebih rendah dari baja, yakni sekitar 1.150 sampai 1.200° C. Unsur paduan yang terkandung didalamnya mempengaruhi warna patahannya; besi tuang putih mengandung unsur karbida sedangkan besi tuang kelabu mengandung serpihan grafit. Besi cor yang biasa digunakan pada komponen-komponen mesin bubut adalah besi cor kelabu.

Untuk Tingkat kekuatan mekanik pada bahan besi cor nodular, besi cor kelabu, dan besi cor putih bisa dilihat pada Tabel 2.1 (Hoiri Efendi, 2014)

Tabel 2.1 Tingkat Kekuatan Mekanik (<http://ardra.biz/sain-teknologi>)

Karakteristik	Besi cor Nodular	Besi cor Kelabu	Besi Cor Putih
Densiti	$6,64 \times 10^3 - 7,2 \times 10^3$ (Kg/m ³)	$7,06 \times 10^3 - 7,34 \times 10^3$ (Kg/m ³)	$7,7 \times 10^3$ (Kg/m ³)
Modulus Elastis	172 (GPa)	124 (GPa)	179 (GPa)
Thermal Exspansion	$11,6 \times 10^{-6}$ (C ⁻¹)	$9,0 \times 10^{-6}$ (C ⁻¹)	$9,0 \times 10^{-6}$ (C ⁻¹)
Specific Heat Capacity	506 (J/(Kg.K))	490 (J/(Kg.K))	-
Konduktivitas Thermal	32,3 (W/(m.K))	53,3 (W/(mxK))	-
Resistivitas Listrik	$6,0 \times 10^{-7}$ (Ohm. m)	$1,1 \times 10^{-7}$ (Ohm x m)	8×10^{-7} (Ohm x m)
Kuat Tarik	496 (MPa)	276 (MPa)	-
Kuat Luluh	345 (MPa)	-	-
Elogenasi	18 (%)	1(%)	-
Kekerasan	130-217 (HB, Hardness Brinell)	180-302 (HB, Hardness Brinell)	-

Untuk Sifat kimia yang ada pada besi cor nodular, besi cor kelabu, dan besi cor putih dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Sifat kimia Bahan besi cor (<http://ardra.biz/sain-teknologi>)

Karakteristik	Besi cor Nodular	Besi cor Kelabu	Besi Cor Putih
C	3,5-3,9 (%)	2,7-4,0 (%)	2,5 (%)
Mn	0,15- 0,35 (%)	0,8 (%)	0,4 (%)
Si	2,25 - 2,75 (%)	1,8-3 (%)	1,3 (%)
S	0,01- 0,025 (%)	0.07 (%) max	0,15 (%)
P	0,05 (%) max	0,2 (%) max	0,15 (%)
Cr	-	-	17 (%)
Ni + Cu	-	-	1,5 (%)
Mo	-	-	0,5 (%)

Material yang diperlukan dalam pembuatan rahang penjepit ini sesuai kebutuhan dan penggunaan dilapangan yang memiliki kekerasan yang tidak terlalu keras dan ekonomis. Untuk membuat rahang penjepit pada mesin ragum mesin frais ini dapat di gunakan material S45C, dengan kandungan carbon $\geq 0,4\%$. Pada umumnya tipe baja karbon ini mempunyai komposisi kimia dengan kandungan kandungan utamanya antara lain : karbon 0.44%C, manganese antara 0.57 – 0.69%Mn, 0.013 – 0.037%P, 0.033 – 0.038%S, 0.16 – 0,20%Si. Sedangkan kandungan – kandungan lain dalam jumlah yang relatif sangat kecil dapat untuk memperbaiki sifat mekanis seperti : Cr, Ni, Cu, dan Al., Berikut ini adalah komposisi kimia dari material S45C dapat dilihat pada tabel berikut ini: (www.steelindopersada.com)

Tabel 2.3 Komposisi Kimia Material S45C (www.steelindopersada.com)

Bahan	C%	Mn%	Si%	S%	P%	V%	Cr%
S45C	0,42- 0,50	0,50- 0,80	0,04	0,035	0,035	%	%

Telah disebutkan di atas bahwa dengan kandungan karbon medium (0.3-0,5%C), baja S45C memungkinkan untuk dikeraskan dengan perlakuan panas (*heat treatment*) untuk membentuk fasa dengan struktur mikro martensit yang keras. Baja ini saat di *supply* di pasaran memiliki kekerasan 160-220 (BHN : Brinell Hardness) dan dapat dikeraskan lagi hingga mencapai 50-55 HRC tergantung proses dan media pendinginan celup cepat (*quenching media*) yang dipakai. Tingkatan Kekuatan mekanik S45C terdiri dari Tensile Strength, Yield Strength, Young's Modulus, Brinell Hardenes, Destiny,

Poisson's ratio. Untuk spesifikasi tingkat kekuatan mekanik Material S45C bisa dilihat pada Tabel 2.4 (www.steelindopersada.com)

Tabel 2.4 Tingkat Kekuatan Mekanik S45C (www.steelindopersada.com)

Properties	Standar	Quencing Tempering
Tensile Strength (Mpa)	569	686
Yield Strength (Mpa)	343	490
Young's Modulus (GPa)	190-210	-
Brinell Hardenes (HB)	160-210	-
Destinity (kg/m ³)	7700-8030	(Annealde)
Poisson's ratio	0,27-0,30	-

Telah di sebutkan di atas bahwa ketika bahan S45C ini ketika di Quencing Tempering akan merubah standar kekuatan Mekanik bahan S45C. Perbandingan kekuatann mekanik bahan S45C dan besi cor ini kita dapat lihat pada tabel 2.5

Tabel 2.5 Perbandingan Kekuatan mekanik antara Besi Cor dan S45C (www.steelindopersada.com)

Properties	Besi Cor	S45C
Tensile Strength (Mpa)	180-400	569
Yield Strength (Mpa)	-	343
Kadar carbon (%)	1,75%	0,4%

Dapat kita simpulkan bahwa bahan S45C ini keras dan lentur di bandingkan besi cor karena bahan S45C mempunyai Yield Strenght (Mpa) sedangkan besi cor tidak memiliki Yield Strenght dan besi cor ini getas dan mudah patah

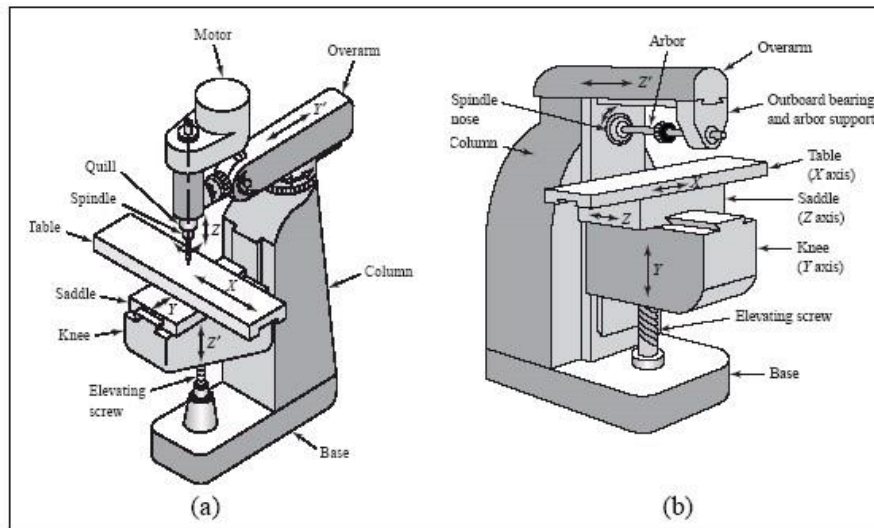
2.4 Mesin Frais

2.4.1 Pengertian

Proses pemesinan frais adalah proses penyayatan benda kerja dengan alat potong dengan mata potong jamak yang berputar. Proses penyayatan dengan gigi

potong yang banyak yang mengitari pahat ini bisa menghasilkan proses pemesinan lebih cepat. Permukaan yang disayat bisa berbentuk datar, menyudut, atau melengkung. Permukaan benda kerja bisa juga berbentuk kombinasi dari beberapa bentuk. Mesin (Gambar 2.2) yang digunakan untuk memegang benda kerja, memutar pahat, dan penyayatannya disebut mesin frais (Milling Machine).

2.2
dari
dan



Gambar
Skematik
gerakan-
gerakan

komponen-komponen dari (a) mesin frais vertikal tipe column and knee dan (b) mesin frais horisontal tipe column and knee (Rahdiyanta, 2010)

2.4.2 Klasifikasi Proses Frais

Proses frais dapat diklasifikasikan dalam tiga jenis. Klasifikasi ini berdasarkan jenis pahat, arah penyayatan, dan posisi relatif pahat terhadap benda kerja (Gambar 2.3).

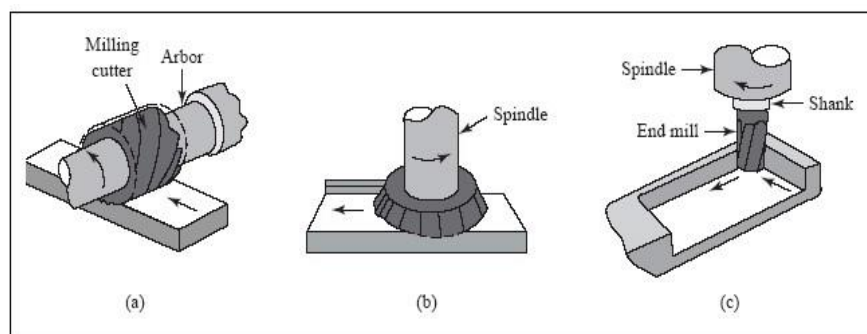


FIGURE 12.2: The three basic milling operations: (a) milling, (b) face milling, (c) end milling

Gambar 2.3 Tiga Klasifikasi proses frais: (a) frais periperal/ slab milling, (b) frais muka/ face milling, (c) frais jari /end milling (Rahdiyanta, 2010)

1. Frais Periperal (*Peripheral Milling*)

Proses frais ini disebut juga slab milling, permukaan yang difrais dihasilkan oleh gigi pahat yang terletak pada permukaan luar badan alat potongnya. Sumbu dari putaran pahat biasanya pada bidang yang sejajar dengan permukaan benda kerja yang disayat.

2. Frais muka (*Face Milling*)

Pada frais muka, pahat dipasang pada spindel yang memiliki sumbu putar tegak lurus terhadap permukaan benda kerja. Permukaan hasil proses frais dihasilkan dari hasil penyayatan oleh ujung dan selubung pahat.

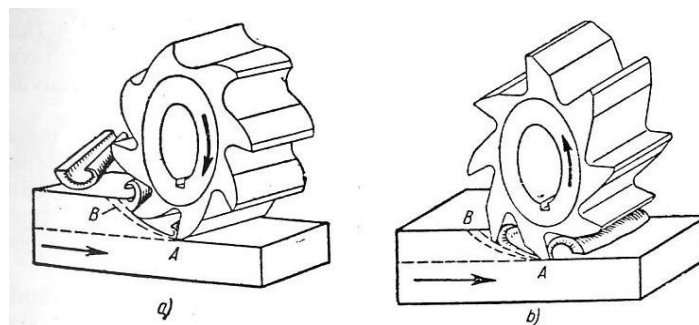
3. Frais jari (*End Milling*)

Pahat pada proses frais ujung biasanya berputar pada sumbu yang tegak lurus permukaan benda kerja.. Pahat dapat

digerakkan menyudut untuk menghasilkan permukaan menyudut. Gigi potong pada pahat terletak pada selubung pahat dan ujung badan pahat.

2.4.3 Metode Mesin Frais

Metode proses frais ditentukan berdasarkan arah relatif gerak makan meja mesin frais terhadap putaran pahat (Gambar 2.4). Metode proses frais ada dua yaitu frais naik dan frais turun.



Gambar 2.4 Metode Proses Frais (a) *frais naik (up milling)* dan (b) *frais turun* (Dwi Rahdiyanta, 2010)

1. Frais naik (*Up Milling*)

Frais naik biasanya disebut frais konvensional (*conventional milling*). Gerak dari putaran pahat berlawanan arah terhadap gerak makan meja mesin frais. Sebagai contoh, pada proses frais naik apabila pahat berputar searah jarum jam, benda kerja disayat ke arah kanan. Penampang melintang bentuk

beram (chips) untuk proses frais naik adalah seperti koma diawali dengan ketebalan minimal kemudian menebal. Proses frais ini sesuai untuk mesin frais konvensional/ manual, karena pada mesin konvensional backlash ulir transportirnya relatif besar dan tidak dilengkapi backlash compensation.

2. Frais turun (*Down Milling*)

Proses frais turun dinamakan juga climb milling. Arah dari putaran pahat sama dengan arah gerak makan meja mesin frais. Sebagai contoh jika pahat berputar berlawanan arah jarum jam, benda kerja disayat kekanan. Penampang melintang bentuk beram (chips) untuk proses frais naik adalah seperti koma diawali dengan ketebalan maksimal kemudian menipis. Proses frais ini sesuai untuk mesin frais CNC, karena pada mesin CNC gerakan meja dipandu oleh ulir dari bola baja, dan dilengkapi backlash compensation. Untuk mesin frais konvensional tidak direkomendasikan melaksanakan proses frais turun, karena meja mesin frais akan tertekan dan ditarik oleh pahat.

2.4.4 Parameter Pemesinan Pada Mesin Frais

1. Kecepatan Potong

Kecepatan potong adalah panjang dari keliling benda dalam satu menit, kecepatan potong dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$v = \frac{\pi \times D \times n}{1000}$$

(Taufiq Rochim, 1993:19)

Dimana: v = Kecepatan potong (m/min)

D = Diameter pisau (mm)

n = Putaran mesin (rpm)

Harga kecepatan potong umumnya dapat diketahui pada table berdasarkan kesesuaian jenis materialnya. Kecepatan potong ditentukan atas pertimbangan jenis material benda kerja dan material. Harga kecepatan potong mesin frais untuk berbagai jenis benda kerja dapat dilihat pada Table berikut:

Tabel 2.6 Kecepatan Potong Mesin Frais

Material	High Speed Steel Cutter		Carbide Cutter	
	ft/menit	m/menit	ft/menit	m/menit
Alloy steel	40 – 70	12 – 20	150 – 250	45 – 75
Aluminium	500 – 1000	150 – 300	1000 – 2000	300 – 600
Bronze	65 – 120	20 – 35	200 – 400	60 – 120
Cast iron	50 – 80	15 – 25	125 – 200	40 – 60
Free machining steel	100 – 150	30 – 45	400 – 600	120 – 180
Machine steel	70 – 100	21 – 30	150 – 250	45 – 75
Stainless steel	30 – 80	10 – 25	100 – 300	30 – 90
Tool steel	60 – 70	18 – 20	125 – 200	40 – 60

(Krar, Gill. Smid, 2011:470)



Gambar 2.5 Putaran Mesin Frais EMCO F3

(Workshop Produksi dan Perancangan FPTK UPI)

2. Kecepatan Pergeseran Pisau (*Feeding*)

Kecepatan pergeseran pisau (*feeding*) adalah jarak pergeseran pisau dalam satu putaran benda kerja. Dalam pelaksanaannya pengaturan kecepatan pergeseran pisau (*feeding*) dilakukan melalui tuas pengatur yang terdapat pada mesin. Kecepatan pergeseran pisau (*feeding*) ditentukan oleh bahan dan pisau yang digunakan.

Yevy Cahyadi, 2019

PEMBUATAN RAHANG PENJEPIT PADA RAGUM MESIN FRAIS BERBAHAN DASAR S45C

Universitas Pendidikan Indonesia | Repository.upi.edu | Perpustakaan.upi.edu

$$v_f = N \times Cpt \times n$$

(S.F. Krar, 1986:340)

- lt = Panjang total (mm)
- v_f = Kecepatan pergeseran pisau (mm)
- N = Jumlah mata sayat pada pisau (mm)
- Cpt = Harga Feed per Tooth
- n = Kecepatan putaran (rpm)

Untuk kecepatan pemakanan menggunakan pisau (High Speed Cutters) dapat dilihat pada Tabel 2.7

Tabel 2.7 Recommended Feed per Tooth (High-Speed Cutters)

Material	Face Mills		Helical Mills		Sloting and Side Mills		End Mills		From Relieved Cutters		Circular Saw	
	Inch	Mm	Inch	Mm	Inch	Mm	Inch	mm	inch	mm	inch	Mm
<i>Alloy steel</i>	0,006	0,15	0,005	0,12	0,004	0,1	0,003	0,07	0,002	0,05	0,002	0,05
<i>Alumunium</i>	0,022	0,55	0,018	0,45	0,013	0,33	0,011	0,28	0,007	0,18	0,005	0,13
<i>Brass and bronze (medium)</i>	0,014	0,35	0,011	0,28	0,008	0,2	0,007	0,18	0,004	0,1	0,003	0,08
<i>Cash iron (medium)</i>	0,013	0,33	0,010	0,25	0,007	0,18	0,007	0,18	0,004	0,1	0,003	0,08
<i>Free machining steel</i>	0,012	0,3	0,010	0,25	0,007	0,17	0,006	0,15	0,004	0,1	0,003	0,07
<i>Machine steel</i>	0,012	0,3	0,010	0,25	0,007	0,18	0,006	0,15	0,004	0,1	0,003	0,08
<i>Stanless steel</i>	0,006	0,15	0,005	0,13	0,004	0,1	0,003	0,08	0,002	0,05	0,002	0,05
<i>Tool steel (medium)</i>	0,010	0,25	0,008	0,2	0,006	0,15	0,005	0,13	0,003	0,08	0,003	0,08

(Krar, Gill. Smid, 2011, hlm. 472)

Untuk kecepatan pemakanan menggunakan pisau (Cemented-Carbide-Tipped Cutters) dapat dilihat pada tabel 2.8

Tabel 2.8 Recommended Feed per Tooth (Cemented-Carbide-Tipped Cutters)

Material	Face Mills		Helical Mills		Slotting and Side Mills		End Mills		Form Relieved Cutters		Circular Saw	
	Inch	Mm	Inch	Mm	Inch	Mm	Inch	mm	inch	mm	inch	Mm
<i>Aluminium</i>	0,020	0,50	0,016	0,40	0,012	0,3	0,010	0,25	0,006	0,15	0,005	0,13
<i>Brass and bronze (medium)</i>	0,012	0,30	0,010	0,25	0,007	0,18	0,006	0,15	0,004	0,1	0,003	0,08
<i>Cash iron (medium)</i>	0,016	0,40	0,013	0,33	0,010	0,25	0,008	0,2	0,005	0,13	0,004	0,1
<i>Machine steel</i>	0,016	0,40	0,013	0,33	0,009	0,23	0,008	0,2	0,005	0,13	0,004	0,1
<i>Tool steel (medium)</i>	0,014	0,35	0,011	0,28	0,008	0,2	0,007	0,18	0,004	0,1	0,004	0,1
<i>Stanless steel</i>	0,010	0,25	0,008	0,2	0,006	0,15	0,005	0,13	0,003	0,08	0,003	0,08

(Krar, Gill. Smid, 2011, hlm. 472)

3. Kedalaman Pemakanan (*depth of cut*)

Kedalaman pemakanan (*depth of cut*) sama dengan tebal geram benda yang akan disayat oleh pisau. Kedalaman maksimal untuk pisau jenis *carbide* dan *HSS* adalah 0.15 mm s.d. 0.4 mm.

(Krar, Gill. Smid, 2011:234)

4. Waktu Pemotongan

$$lt = lv + lw + ln$$

$$ln = \frac{d^2}{2}$$

$$lv = \sqrt{a(d - a)}$$

(Taufiq Rochim, 1993:21)

Dimana: T = Waktu pemotongan (menit)

lt = Panjang total (mm)

lv = Jarak bebas pisau (mm)

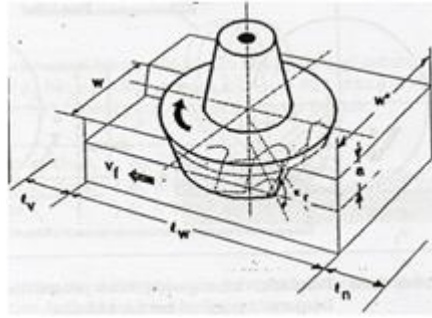
lw = Panjang benda kerja (mm)

ln = Jarak lebih pisau (mm)

f = Kecepatan pemakanan (m/menit)

n = Kecepatan putaran (rpm)

d_a = Diameter pisau (mm)



Gambar 2.6 Proses Frais Vertikal (Taufiq Rochim, 1993:21)

5. Banyaknya pemakanan

Banyaknya pemakanan dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$z = \frac{b}{a}$$

(Wardaya, 2005:5)

Dimana: z = Banyaknya pemakanan

b = Tebal yang harus dipotong (mm)

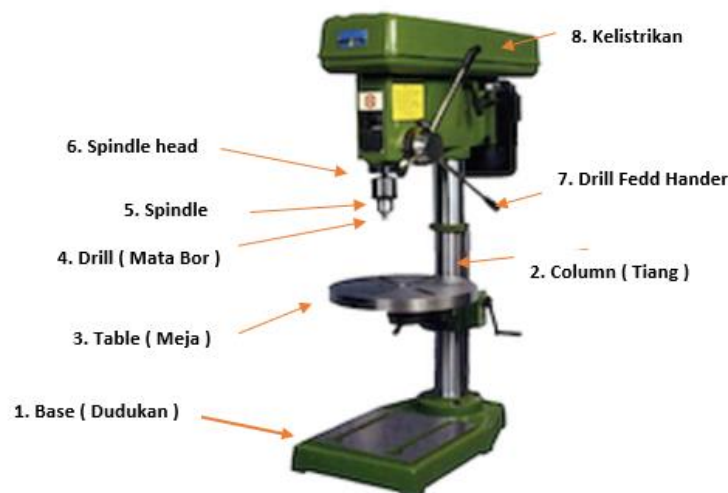
a = Tebal pemotongan (mm)

2.5 Mesin Bor (*Drilling*)

2.5.1 Pengertian

Mesin bor adalah suatu jenis mesin gerakanya memutar alat pemotong yang arah pemakanan mata bor hanya pada sumbu mesin tersebut (pengerjaan pelubangan). Sedangkan Pengeboran adalah operasi menghasilkan lubang berbentuk bulat dalam lembaran-kerja dengan menggunakan pemotong berputar yang disebut bor.

2.5.2 Bagian Utama Mesin Bor



Gambar 2.7 Bagian Mesin Bor (Rahdiyanta, 2010)

1. Dudukan (*base*)

Base ini merupakan penopang dari semua komponen mesin bor. Base terletak paling bawah menempel pada lantai, biasanya dibaut. Pemasangannya harus kuat karena akan mempengaruhi keakuratan pengeboran akibat dari getaran yang terjadi.

2. Tiang (*column*)

Bagian dari mesin bor yang digunakan untuk menyangga bagian-bagian yang digunakan untuk proses pengeboran. Kolom berbentuk silinder yang mempunyai alur atau rel untuk jalur gerak vertikal dari meja kerja.

3. Meja (*table*)

Bagian yang digunakan untuk meletakkan benda kerja yang akan di bor. Meja kerja dapat disesuaikan secara vertikal untuk mengakomodasi ketinggian pekerjaan yang berbeda atau bisa berputar ke kiri dan ke kanan dengan sumbu poros pada ujung yang melekat pada tiang (*column*).

Untuk meja yang berbentuk lingkaran bisa diputar 3600 dengan poros ditengah-tengah meja. Kesemuanya itu dilengkapi pengunci (*table clamp*) untuk menjaga agar posisi meja sesuai dengan yang dibutuhkan. Untuk menjepit benda kerja agar diam menggunakan ragum yang diletakkan di atas meja.

4. Mata Bor

Suatu alat pembuat lubang atau alur yang efisien. Mata bor yang paling sering digunakan adalah bor spiral, karena daya hantarnya yang baik,

penyaluran serpih (geram) yang baik karena alur-alurnya yang berbentuk sekrup, sudut-sudut sayat yang menguntungkan dan bidang potong dapat diasah tanpa mengubah diameter bor. Bidang-bidang potong bor spiral tidak radial tetapi digeser sehingga membentuk garis-garis singgung pada lingkaran kecil yang merupakan hati bor.

5. *Spindel*

Bagian yang menggerakkan chuck atau pencekam, yang memegang / mencekam mata bor.

6. *Spindel Head*

Merupakan rumah dari konstruksi *spindle* yang digerakkan oleh motor dengan sambungan berupa *belt* dan diatur oleh *drill feed handle* untuk proses pemakanannya.

7. *Drill Feed Handle*

Handel untuk menurunkan atau menekankan *spindle* dan mata bor ke benda kerja (memakankan).

8. Motor Listrik

Penggerak utama dari mesin bor adalah motor listrik, untuk kelengkapannya mulai dari kabel power dan kabel penghubung, fuse/sekring, lampu indicator, saklar on/off dan saklar pengatur kecepatan.

2.5.3 Parameter pada Pemesinan Mesin Bor

1. Kecepatan Putar

Rumus dibawah ini untuk mencari kecepatan putar pada mesin bor

$$n = \frac{v \times 1000}{\pi \times D}$$

(Westermann Tables, 1961:106)

Dimana: v = Kecepatan potong (m/min)

D = Diameter pisau (mm)

n = Putaran mesin (rpm)

2. Kecepatan Potong

Rumus dibawah ini untuk mencari kecepatan potong pada mesin bor

$$v = \frac{\pi \times D \times n}{1000}$$

(Westermann Tables, 1961:106)

Dimana: v = Kecepatan potong (m/min)

D = Diameter pisau (mm)

n = Putaran mesin (rpm)

Untuk kecepatan potong mesin bor dengan perbedaan jenis material dan diameter bor dapat dilihat pada tabel 2.9

Tabel 2.9 Feed dan Cutting Speed Mesin Bor

Material		Diameter of Drill (mm)						
		Ø5	Ø 10	Ø 15	Ø 20	Ø 25	Ø 30	Ø 35
Steel up to 40 kgf/mm ²	Feed (mm/rev)	0,1	0,18	0,25	0,28	0,31	0,34	0,36
	Cutting speed (m/min)	15	18	22	26	29	32	35
Up to 60 kgf/mm ²	Cutting speed (m/min)	13	16	20	23	26	28	29
Up to 80 kgf/mm ²	Feed (mm/rev)	0,07	0,13	0,16	0,19	0,21	0,23	0,25
	Cutting speed (m/min)	12	14	16	18	21	23	24
Up to 100 kgf/mm ²	Cutting speed (m/min)	8	10	13	15	17	18	19
Beyond 100 kg/mm ²	Feed (mm/rev)	0,015 s.d 0,17						
	Cutting speed (m/min)	6 s.d 12						
Material		Diameter of Drill (mm)						
		Ø5	Ø 10	Ø 15	Ø 20	Ø 25	Ø 30	Ø 35
Grey cast iron Up to 18 kg/mm ²	Feed (mm/rev)	0,15	0,24	0,3	0,32	0,35	0,38	0,4
	Cutting speed (m/min)	24	28	32	34	37	39	40
Up to 22 kg/mm ²	Cutting speed (m/min)	16	18	21	24	26	27	28
Grey cast iron up to 30 kg/mm ²	Feed (mm/rev)	0,1	0,16	0,2	0,24	0,28	0,3	0,3
	Cutting speed (m/min)	12	14	16	18	20	21	22
Brass up to 40 kg/mm ²	Feed (mm/rev)	0,1	0,15	0,22	0,27	0,3	0,32	0,36
	Cutting speed (m/min)	60 s.d 70						

Up to 60 kg/mm ²	Feed (mm/rev)	0,07	0,12	0,18	0,24	0,25	0,28	0,32
	Cutting speed (m/min)	40 s.d 60						
Bronze up to 30 kg/mm ²	Feed (mm/rev)	0,1	0,15	0,22	0,27	0,3	0,32	0,36
	Cutting speed (m/min)	30 s.d 40						
Material		Diameter Of Drill (Cm)						
		Ø5	Ø10	Ø15	Ø20	Ø25	Ø30	Ø35
Up to 70 kg/mm ²	Feed (mm/rev)	0,05	0,08	0,12	0,18	0,2	0,22	0,26
	Cutting speed (m/min)	25 s.d 35						
Aluminium (pure)	Feed (mm/rev)	0,05	0,12	0,2	0,3	0,35	0,4	0,6
	Cutting speed (m/min)	80 s.d 120						
Aluminium alloys	Feed (mm/rev)	0,12	0,2	0,3	0,4	0,46	0,5	0,6
	Cutting speed (m/min)	100 s.d 150						
Magnesium alloys	Feed (mm/rev)	0,15	0,2	0,3	0,38	0,4	0,45	0,5
	Cutting speed (m/min)	200 s.d 250						

3. Waktu Pemotongan

Rumus dibawah ini untuk mencari waktu pemotongan pada mesin bor (Westermann Tables, 1961:104)

$$Tm = \frac{L}{Sr \times n}$$

(Westermann Tables, 1961:106)

Dimana: Tm = Waktu Pemotongan (menit)

L = Kedalaman Pemakanan (mm)

$$= 1 + 0,3.d$$

n = Putaran mesin (rpm)

Sr = Pemakanan (mm/rev)

Besar kecepatan putar mesin dapat dilihat pada Tabel 2.10

Tabel 2.10 Kecepatan Putar Mesin Bor

<i>Spindel</i>	rpm	<i>Spindel</i>	Rpm	<i>Spindel</i>	rpm
----------------	------------	----------------	------------	----------------	------------

(1) A – 4	210	(5) B – 3	500	(9) D – 3	1370
(2) A – 3	300	(6) C – 4	540	(10) C – 1	1480
(3) B – 4	350	(7) B – 1	1190	(11) D – 2	1580
(4) A – 2	420	(8) C – 2	1240	(12) D – 1	2220

(DPTM FPTK UPI)

2.6 Tinjauan Umum Alat Bantu yang Digunakan

2.6.1 Jangka Sorong (*vernier caliper*)

Jangka sorong (*vernier caliper*) adalah alat ukur yang ketelitiannya dapat mencapai seperseratus milimeter (Gambar 2,9). Terdiri dari dua bagian, bagian diam dan bagian bergerak. Pembacaan hasil pengukuran sangat bergantung pada keahlian dan ketelitian pengguna maupun alat.

Sebagian keluaran terbaru sudah dilengkapi dengan *display* digital. Pada versi analog, umumnya tingkat ketelitian adalah 0.05mm untuk jangka sorong dibawah 30cm dan 0.01mm untuk yang diatas 30cm. Fungsi dari jangka sorong tersebut berguna sebagai untuk mengukur bagian luar, bagian dalam, dan panjang



Gambar 2.1 Jangka Sorong (teknik otomotif.com)

2.6.2 Kikir

Kikir adalah alat perkakas tangan yang berguna untuk pengikisan benda kerja (Gambar 2.9) . Kegunaan kikir pada pekerjaan penyayatan untuk meratakan dan menghaluskan suatu bidang, membuat rata dan menyiku antara bidang satu dengan bidang lainnya, membuat rata dan sejajar, membuat bidang-bidang berbentuk dan sebagainya.



Gambar 2.2 Kikir (teknik otomotif.com)

2.7 Tinjauan Umum Waktu Produksi

Setiap proses pembuatan suatu produk diperlukan perhitungan waktu produksi, hal ini penting dikarenakan dengan mengetahui berapa lama waktu produksi untuk membuat benda yang diinginkan, maka dapat melakukan perhitungan waktu yang diperlukan untuk setiap proses produksi. Waktu produksi yang di perlukan dapat dikelompokan menjadi dua bagian, yaitu:

2.7.1 Waktu yang dipengaruhi oleh variabel proses

Perhitungan waktu yang dibutuhkan untuk dipengaruhinya oleh variabel pada benda kerja adalah mengikuti rumus berikut.

$$tc = \frac{lt}{vf} - \frac{lt}{nf}$$

(Taufiq Rochim, 1993)

Dimana: tc = Waktu pemotongan sesungguhnya (*real cutting time*)
 lt = Diameter batu gerinda (mm)
 vf = Kecepatan makan (mm/min)

$$td = \frac{tc}{T}$$

(Taufiq Rochim, 1993)

Dimana: td = Waktu penggantian atau pemasangan pahat (min)
 T = Umur pahat (min)
 $\frac{tc}{T}$ = Bagian dari umur pahat yang digunakan untuk menyelesaikan satu produk

2.7.2 Waktu bebas (non produktif)

Perhitungan waktu yang dibutuhkan untuk waktu bebas benda kerja mengikuti rumus berikut.

$$t_a = t_{LW} + t_{AT} + t_{RT} + t_{UW} + \frac{t_s}{n_t}$$

(Taufiq Rochim, 1993)

Dimana :

- t_a = waktu non produktif (*auxiliary time*) (min/produk)
- t_{LW} = waktu pemasangan benda kerja (*time for loading the workpiece*)
- t_{AT} = waktu penyiapan; yaitu waktu yang diperlukan untuk membawa/menggerakkan pahat dari posisi mulai sampai pada posisi siap untuk memotong (*advance time*) (menit/produk)
- t_{RT} = waktu pengakhiran; yaitu waktu yang diperlukan untuk membawa/menggerakkan pahat kembali ke posisi semula (*retracting time*) (menit/produk)
- t_{UW} = waktu pengambilan produk (*time for unloading the workpiece*) (menit/produk)
- $\frac{t_s}{n_t}$ = bagian dari waktu penyiapan mesin beserta perlengkapannya (*fixture & attachments*) yang dibagi rata untuk sejumlah produk yang direncanakan untuk dibuat saat itu (n_t , *lot size*)

Dengan demikian waktu pemasangan perproduk rata-rata adalah:

$$t_m = t_a + t_c + t_d \frac{t_c}{T} \quad (\text{min/produk})$$

(Taufiq Rochim, 1993)

Untuk kegiatan Operator dan Mesin dapat dilihat pada tabel 2.11

Tabel 2.11 Kegiatan Operator dan Mesin (Konvensional)

Kegiatan operator	Persentasi kegiatan untuk jenis proses pemesinan	
	Mengefrais	Mengebor

	(%)	(%)
Kegiatan produktif		
1. Mengawasi mesin yang bekerja (aktif memotong)	36,2	34,9
2. Memasang benda kerja, penyiapan, pengakhiran, pengambilan produk (mesin tidak memotong, <i>nonproduktif</i>)	13,4	15,7
3. Mengganti pisau	1,9	1,8
4. Mengukur benda kerja (pada atau diluar mesin)	5,6	3,5
Sub total	57,1	55,9
Kegiatan persiapan		
1. Memasang / menyetel peralatan bantu / pemegang (<i>jig / fixture</i>)	16,4	12,0
2. Mempelajari gambar teknik	1,1	0,5
3. Membersihkan geram atau perbaikan sederhana (<i>simple maintenance</i>)	3,5	5,3
4. Meminta / mencari pisau atau peralatan lain / mengirim / memindahkan benda kerja	3,5	4,0
5. Diskusi dengan kepala pabrik / kelompok / membantu operator lain	1,1	0,5
Sub total	25,6	22,3
Kegiatan pribadi		
1. Pergi ke kamar kecil	2,9	2,4
2. Istirahat di dekat mesin	6,8	10,1
3. Menunggu pekerjaan	4,0	2,7
4. Berbincang dengan teman, bersanda gurau dan lain-lain	3,6	6,6
Sub total	17,3	21,8
Total	100%	100%

(Taufiq Rochim, 1993)

2.8 Tinjauan Umum Biaya Produksi

2.8.1 Definisi Biaya Produksi

Setiap proses pembuatan produk diperlukan perhitungan biaya produksi, hal ini penting karena dengan mengetahui besarnya biaya produksi dapat melakukan perhitungan besarnya biaya yang diperlukan untuk setiap proses produksi. Biaya produksi yang diperlukan untuk membuat komponen rahang penjepit pada ragum mesin frais, yaitu:

Yevy Cahyadi, 2019

PEMBUATAN RAHANG PENJEPIT PADA RAGUM MESIN FRAIS BERBAHAN DASAR S45C

Universitas Pendidikan Indonesia | Repository.upi.edu | Perpustakaan.upi.edu

2.8.2 Biaya Material

Perhitungan biaya material yang dibutuhkan bisa dilihat pada rumus berikut

$$C_M = w \times k$$

(Taufiq Rochim, 1993)

Dimana: C_M = Biaya material (Rp/produk)

w = berat material (Kg/produk)

k = harga material (Rp/Kg)

2.8.3 Biaya Pemesinan

Perhitungan biaya pemesinan yang dibutuhkan bisa dilihat pada rumus berikut

$$C_m = c_m \times t_m$$

(Taufiq Rochim, 1993)

Dimana: C_m = ongkos pemesinan (Rp/produk)

c_m = ongkos operasi mesin (mesin, operator, *overhead*)

persatuan waktu (Rp/min)

t_m = waktu pemesinan (min/produk)

2.8.4 Biaya Listrik

Perhitungan biaya listrik yang dibutuhkan bisa dilihat pada rumus berikut

$$B_l = w_k + h_l$$

(Taufiq Rochim, 1993)

Dimana: B_l = Biaya listrik (Rp)

w_k = Waktu kerja (Rp)

h_l = Harga listrik/kWh (Rp)

2.8.5 Biaya Tooling

Perhitungan biaya *Tooling* yang dibutuhkan bisa dilihat pada rumus berikut

$$C_e = \frac{C_{otb} + r_g C_g}{r_g + 1}$$

(Taufiq Rochim, 1993)

Dimana: C_e = biaya *tooling* (Rp)

C_{otb} = harga pisau HSS atau karbida dalam kondisi siap pakai
(tajam) (Rp)

r_g = jumlah pengasahan sampai mata potong pisau pendek
(diperkirakan sekitar 4 s/d 15 kali)

C_g = ongkos pengasahan pisau tergantung pada ongkos operasi
permenit untuk proses pengasahan (Rp)
(standar empirik ongkos pengasahan Rp. 1.500 s/d Rp. 4.000)

2.8.6 Biaya Lain-Lain

Perhitungan biaya lain-lain yang dibutuhkan bisa dilihat pada rumus berikut

$$B_n = B_1 + C_e$$

(Taufiq Rochim, 1993)

Dimana: B_n = Biaya lain-lain (Rp)

B_1 = Biaya listrik (Rp)

C_e = Biaya *tooling* (Rp)

2.8.7 Biaya Produksi

Perhitungan biaya produksi yang dibutuhkan bisa dilihat pada rumus berikut.

$$C_p = B_o + B_m + B_n$$

(Taufiq Rochim, 1993)

$B_m = 0$ C_p = ongkos produksi (Rp) Di

$B_n = 0$ B_o = ongkos operator (Rp)