

BAB II

TEORI DASAR

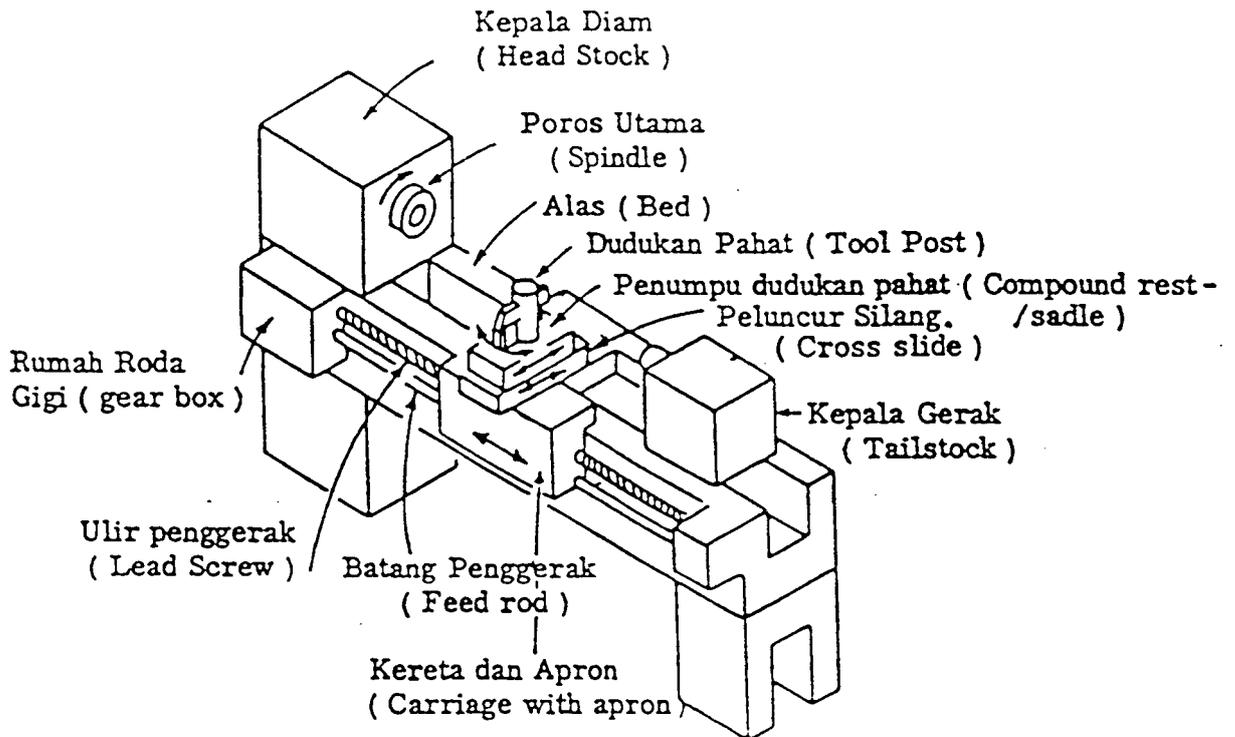
1. ELEMEN DASAR PROSES MEMBUBUT

Dalam mengerjakan komponen mesin Husker yaitu Bracket itu digunakan tiga buah mesin yaitu mesin bubut, mesin sekrap dan mesin drilling.

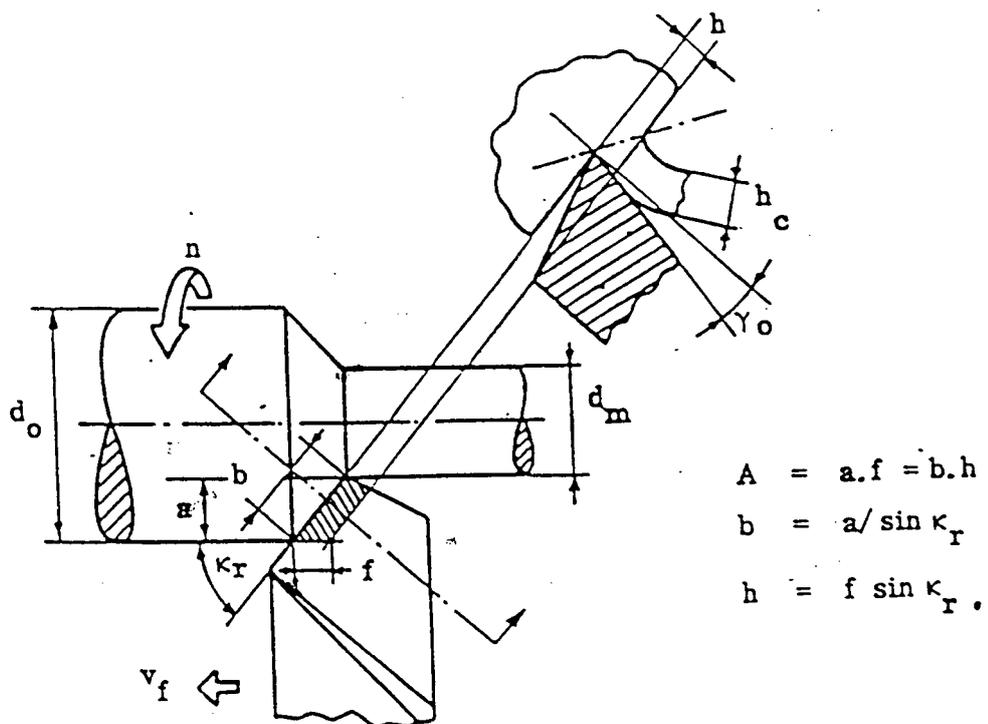
Adapun proses yang dilakukan di mesin bubut (lathe machine) itu ada 3 proses yaitu :

1. Bubut Silindris
2. Facing
3. Boring

Di dalam melakukan ketiga proses tersebut digunakan pahat bermata potong tunggal, dengan gerak makan dilakukan oleh pahat dan gerak potong dilakukan oleh benda kerja. Dan gambar dari mesin bubut dan proses membubut dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.1 Mesin Bubut



Gambar 2.2 Proses Membubut

Elemen dasar dari proses membubut dapat diketahui atau dihitung dengan menggunakan rumus yang dapat diturunkan dengan memperhatikan gambar 2.2.

Kondisi pemotongan ditentukan sebagai berikut :

Benda kerja : d_o = diameter mula; mm

d_m = diameter akhir; mm

l_t = panjang pemesinan; mm

Pahat : k_r = sudut potong utama; °

γ_o = Sudut geram ; °

Mesin Bubut : a = kedalaman potong

$$= (d_o - d_m)/2; \text{ mm} \quad (2.1)$$

f = gerak makan; mm/r

n = putaran poros utama (benda kerja); m/min

Sedangkan elemen dasar dapat dihitung dengan rumus-rumus berikut :

$$1. \text{ Kecepatan potong : } V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} ; \text{ m/min} \quad (2.2)$$

dimana, d = diameter rata-rata

$$= (d_o + d_m)/2, \text{ mm} \quad (2.3)$$

$$2. \text{ Kecepatan makan : } V_f = f \cdot n ; \text{ mm/min} \quad (2.4)$$

$$3. \text{ Waktu pemotongan : } t_c = \frac{l_t}{V_f} ; \text{ min} \quad (2.5)$$

4. Kecepatan penghasilan geram :

$$z = A \cdot V$$

dimana, A = penampang geram sebelum terpotong

$$A = f \cdot a ; \text{ mm}^2 \quad (2.6)$$

$$\text{maka : } z = f \cdot a \cdot V ; \text{ cm}^2/\text{min} \quad (2.7)$$

Pada gambar 2.2 ini diperlihatkan sudut potong utama (k_r , principal cutting edge angle). Untuk harga a dan f yang tetap maka sudut ini menentukan besarnya lebar pemotongan (b , width of cut) dan tebal geram sebelum terpotong (h , undeformed chip thickness) sebagai berikut :

$$\text{- Lebar pemotongan : } b = \frac{a}{\sin k_r}, \text{ mm} \quad (2.8)$$

$$\text{- Tebal geram sebelum terpotong : } h = f \sin k_r ; \text{ mm} \quad (2.9)$$

Dengan demikian penampang geram sebelum terpotong dapat dituliskan sebagai berikut :

$$A = f \cdot a = b \cdot h$$

2. PERSAMAAN UMUR PAHAT TAYLOR

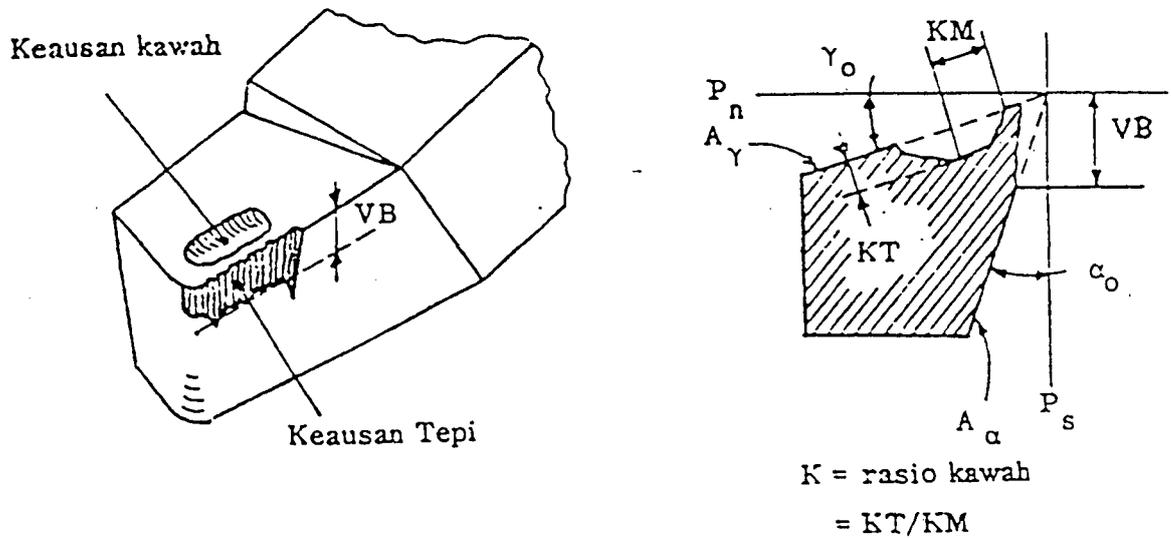
Keausan pahat akan tumbuh atau membesar dengan bertambahnya waktu pemotongan hingga pada suatu saat pahat yang bersangkutan dianggap tidak dapat digunakan lagi. Keausan merupakan faktor yang menentukan umur pahat karena semakin besar keausan/kerusakan yang diderita pahat maka kondisi pahat akan semakin kritis. Jikalau pahat tersebut masih tetap digunakan maka pertumbuhan keausan akan semakin cepat dan pada suatu saat ujung pahat sama sekali akan rusak. Kerusakan fatal seperti ini tidak boleh terjadi sebab gaya pemotongan akan sangat tinggi sehingga dapat merusakkan seluruh pahat, mesin perkakas, dan benda kerja, serta dapat membahayakan operator yang melayani mesin tersebut.

Dalam prakteknya umur pahat tidak hanya dipengaruhi oleh geometri pahat saja melainkan juga oleh semua faktor yang berkaitan dengan proses pemesinan yaitu antara lain jenis material benda kerja dan pahat, kondisi pemotongan (kecepatan potong, kedalaman potong dan gerak makan), cairan pendingin dan jenis proses pemesinan (proses membubut, mengfreis, menggurdi dan sebagainya).

Selama proses pembentukan geram berlangsung, pahat dapat mengalami kegagalan dari fungsinya yang normal karena berbagai sebab antara lain :

- Keausan yang secara bertahap membesar (tumbuh) pada bidang aktif pahat.
- Retak yang menjalar sehingga menimbulkan patahan pada mata potong pahat.
- Deformasi plastis yang akan mengubah bentuk/geometri pahat.

Karena bentuk dan letaknya yang spesifik, keausan pada bidang geram disebut dengan keausan kawah (crater wear) dan keausan pada bidang utama dinamakan sebagai keausan tepi (flank wear), seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.3 Keausan Kawah dan Keausan Tepi

Berdasarkan pengalaman batas keausan yang diijinkan bagi suatu jenis pahat yang digunakan untuk memotong suatu jenis benda kerja adalah :

Pahat	benda kerja	VB* (mm)	K**
HSS	baja & besi tuang	0,3 s.d 0.8	-
Karbida	baja	0.2 s.d 0.6	0.3
Karbida	besi tuang & non ferrous	0.4 s.d 0.6	0.3
Keramik	baja & besi tuang	0.3	-

* VB = harga keausan tepi

** K = rasio kawah (crater ratio) = KT/KM

Tabel 2.1 Tabel Petunjuk Umum Batas Keausan

Keausan pahat akan menimbulkan efek sampingan yaitu :

1. Kenaikan gaya potong
2. Getaran/Chatter
3. Penurunan kehalusan permukaan hasil pemesinan
4. Perubahan dimensi/geometri produk

Untuk menentukan umur pahat, dipakai sebuah rumus yang kemudian dikenal dengan rumus Taylor yaitu :

$$V \cdot T^n = C_T \quad (2.10)$$

dimana :

V = kecepatan potong; m/menit

T = umur pahat ; menit

n = pangkat umur pahat

C_T = konstanta Taylor

Dari hasil penelitian didapatkan kesimpulan bahwa harga n merupakan harga spesifik bagi suatu kombinasi pahat dengan benda kerja.

Harga C_T sendiri dipengaruhi oleh geometri pahat, kombinasi benda kerja, kondisi pemotongan dan batasan keausan maksimum yang diperbolehkan. Secara umum harga C_T adalah :

$$C_T = \frac{C_{TVB} VB^m}{h^p b^q} \quad (2.11)$$

dimana :

VB : Keausan tepi yang dianggap sebagai batas saat berakhirnya umur pahat ; mm.

Tergantung dari keuletan (toughness) pahat dan benda kerja serta berat ringannya kondisi pemotongan, harga batas keausan tersebut dapat dipilih dari 0,3 s/d 1 mm, demi untuk menghindari kerusakan fatal.

m : pangkat untuk batas keausan

Tergantung dari kualitas pahat serta jenis dan kondisi benda kerja ($m = 0,4$ s/d $0,5$; rata-rata = $0,45$)

h : tebal geram sebelum terpotong ; mm

Ditentukan berdasarkan kondisi pemotongan optimum, yaitu sebesar mungkin bila merupakan proses pengkasaran, atau sesuai dengan batas minimum bila merupakan proses penghalusan.

p : Pangkat untuk tebal geram sebelum terpotong

Tergantung pada jenis dan kualitas pahat (sesuai dengan pemakai serta jenis dan kondisi benda kerja). Harga rata-rata pangkat **p** kurang lebih sebagai berikut :

K a r b i d a :					HSS
Keramik	P 10 s/d P 20	P 30 s/d P 40	M 10 s/d K 01	M 30	
0,12	0,26	0,35	0,15	0,20	0,40

b : lebar pemotongan ; mm

Ditentukan berdasarkan dimensi mula dan akhir benda kerja. Menentukan jumlah langkah pemotongan untuk mencapai obyektif yaitu dimensi produk.

q : Pangkat dari lebar pemotongan.

Harganya relatif kecil, berkisar antara $0,05$ s/d $0,13$.

Kadangkala pengaruh lebar pemotongan diabaikan.

C_{TVB} : Kecepatan potong ekstrapolatif (m/min) yang secara teoritis akan menghasilkan umur pahat sebesar 1 menit, untuk $V_B = 1$ mm, $h = 1$ mm dan $b = 1$ mm. Merupakan harga spesifik bagi kombinasi suatu jenis pahat dan benda kerja. Dipengaruhi oleh geometri pahat terutama sudut potong utama efektif, kekakuan sistem pemotongan, gaya pemotongan dan kondisi benda.

Tabel 2.2 Harga eksponen n, p, m dan konstanta C_{TVB}

Benda Kerja (Standar DIN)	Kekerasan (HB)	Kekuatan Trykik (N/mm ²)	Pahat (ISO)	n	p	m	C_{TVB} (m/min) untuk κ_r		
							90°	75°**	45°***
Baja : St 50 St 70 St 90		500 500 s/d 700 700 s/d 900	P 10	0,27 0,28 0,30	0,26 0,26 0,29	0,45 0,45 0,45	622	625	650
							434	520	540
							324	435	450
Best Tuang Kelabu =	< 200 200 s/d 250	- -	K 10	0,23 0,23	0,15 0,19	0,45 0,45	245	262	271
							180	193	200
Baja Paduan : 25 Cr Mo 4 42 Cr Mo 4	210 s/d 270 270 s/d 330	700 s/d 900 900 s/d 1100	P 30	0,26 0,36	0,38 0,50	0,45 0,45	140	187	194
							127	170	176
Stainless Steel : X 22 Cr Ni 17 X 5 Cr Ni 18-9 X 5 Cr Ni Mo 18-2	240 s/d 320 150 s/d 200 150 s/d 200	800 s/d 1000 500 s/d 700 500 s/d 700	P 30	0,20 0,25 0,25	0,10 0,36 0,41	0,60 0,45 0,45	168	226	235
							176	236	245
							182	244	255

3. GAYA DAN DAYA PEMOTONGAN

Besarnya gaya dan daya pemotongan merupakan informasi yang amat diperlukan dalam perencanaan mesin perkakas, karena hal ini merupakan titik tolak setiap perhitungan dan analisa perencanaan bagi setiap jenis mesin perkakas.

Demikian pula halnya dalam perencanaan proses pemesinan, di mana gaya dan daya pemotongan akan merupakan faktor kendala (constraint) yang perlu diperhitungkan. Gaya pemotongan yang bereaksi pada pahat dan benda kerja, yang selanjutnya diteruskan pada bagian-bagian tertentu mesin perkakas, akan mengakibatkan lenturan. Kondisi pemotongan dapat direncanakan, dan dari hasil perhitungan daya pemotongan maka dapat ditentukan ukuran/kemampuan mesin perkakas yang akan dipilih, atau mungkin juga diperlukan modifikasi kondisi pemotongan tersebut disebabkan dengan keterbatasan daya mesin perkakas yang tersedia.

Karena itu sangat dibutuhkan adanya suatu bentuk rumus empirik yang menggambarkan hubungan antara gaya pemotongan dengan variabel-variabel dalam proses pemesinan. Rumus empirik gaya potong dapat diperkirakan bentuknya sebagai berikut :

$$F_v = K_s \cdot A \quad (2.14)$$

$$K_s = K_{s1.1} \cdot f^{-z} \cdot C_k \cdot C_\gamma \cdot C_{VB} \cdot C_v \quad (2.15)$$

dimana :

F_v = gaya potong ; N

K_s = gaya potong spesifik (Spesifik cutting Force),
N/mm²

A = b.h = a.f = penampang geram sebelum terpotong;
mm²

K_{S1.1} = gaya potong spesifik referensi ; N/mm²

z = pangkat tebal geram; rata-rata berharga = 0,2

f = gerak makan ; mm/r

C_k, C_γ, C_{VB} dan C_v = faktor koreksi

Benda kerja	σ_u , Kekuatan Tarik (UTS), atau ke - kerasan Brinell; N/mm ²	Pangkat h rata-rata $z = 0,2$
		$k_{s1.1}$ (N/mm ²)
Baja struktur , C 0,35 %	500	1500
C 0,35-0,6%	500 s.d. 700	1650
C 0,6 -1%	700 s.d.1000	1800
Baja Paduan (kondisi annealed)	700 s.d. 850	1650
	850 s.d.1000	1800
	1000 s.d.1400	1950
	1400 s.d.1800	2170
Baja Manganese, M _n Steel (annealed)	500 s.d. 800	1650
Baja Antikarat (Stainles Steel) kondisi = Austenitic	-	1720
Feritic	-	1500
Baja Tuang (Cast Steel)		
GS 40	500	1300
GS 50	500 s.d. 650	1420
GS 65	650	1570
Besi Tuang (Cast Iron)	BHN < 200	960
	BHN > 200	1300
White Cast Iron	BHN < 500	2020
	BHN > 500	2250
Annealed Cast Iron	-	1050
Tembaga (Copper)	-	750
Perunggu (Phosfor Bronze)	-	1200
Kuningan (Brass)	-	530
Paduan Al. Mg	-	370
Plastik, Ebonit, Fiber	-	190

Tabel 2.3 Tabel Harga $K_{s1.1}$

K_r	Jenis Pahat	
	Karbida	Keramik
90°	1	1
80°	1.014	1.016
60°	1.014	1.059
55°	1.057	1.083
50°	1.077	1.110
45°	1.102	1.149

Tabel 2.4 Faktor Koreksi C_k .

γ_o	C_γ	γ_o	C_γ
15°	0.91	0°	1.06
10°	0.96	-6°	1.12
6°	1.0		

Tabel 2.5 Faktor Koreksi C_γ

VB	C_{VB}	VB	C_{VB}	VB	C_{VB}	VB	C_{VB}
0,1	1.04	0,3	1.12	0,5	1.20	0,7	1.28
0,2	1.08	0,4	1.16	0,6	1.24	0,8	1.32

Tabel 2.6 Faktor Koreksi C_{VB}

v; m/min	C_v	Digunakan bagi sejenis pahat tertentu dalam pemotongan baja
30 s.d 50	1.11	bagi pahat HSS
50 s.d 100	1.06] bagi pahat Karbida
100 s.d 200	1.0	
diatas 200	0.94	bagi pahat keramik

Tabel 2.7 Faktor Koreksi C_v

Sedangkan komponen daya pemotongan dapat diberikan dengan persamaan.

$$N_c = \frac{F_v \cdot V}{60.000 \eta_c}$$

dimana : N_c = daya potong ; kw

F_v = gaya potong ; N

η_c = efisiensi mesin

4. KOMPONEN WAKTU PRODUKSI

Waktu untuk menghasilkan produk atau waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan (memotong bagian tertentu produk) dengan cara yang tertentu (digunakan suatu jenis pahat) adalah merupakan variabel yang penting dalam rangka penentuan kondisi pemesinan optimum. Untuk jumlah produk yang cukup besar maka secara kasar dapat ditentukan waktu pemesinan rata-rata untuk mengerjakan satu produk, yaitu dengan cara membagi seluruh waktu yang digunakan dengan jumlah produk yang dihasilkan.

Akan tetapi, cara ini tidak mungkin dilaksanakan karena tidak memberikan informasi yang jelas mengenai komponen waktu (bagian waktu total) yang berkaitan dengan setiap langkah pengerjaan secara garis besar dapat dikelompokkan 2 macam komponen waktu yaitu :

1. Komponen yang dipengaruhi oleh variabel proses
2. Komponen waktu yang bebas

4.1 Komponen Waktu yang Dipengaruhi Oleh Variabel Proses

a) t_c = waktu pemotongan sesungguhnya (real cutting time)

$$= \frac{l_t}{V_f} = \frac{l_t}{n \cdot f} ; \text{ min/produk} \quad (2.17)$$

dimana :

l_t = panjang pemesinan ; mm

V_f = kecepatan makan ; mm/min

b) $t_d \frac{t_c}{T}$ = waktu penggantian pahat yang dibagi rata untuk sejumlah produk yang dihasilkan sejak pahat yang baru dipasang sampai pahat tersebut harus diganti karena telah aus; min/produk.

dimana :

t_d = waktu penggantian atau pemasangan pahat; min
(tool changing time).

T = Umur pahat ; min

$\frac{t_c}{T}$ = bagian dari umur pahat yang digunakan untuk menyelesaikan satu produk (harus diusahakan lebih kecil dari 1).

4.2 Komponen waktu bebas (Non Produktif)

$$c) t_a = t_{LW} + t_{AT} + t_{RT} + t_{UW} + \frac{t_s}{n_1} ; \text{ min/produk} \quad (2.18)$$

dimana :

t_a = waktu non produktif (auxiliary time) ; min/produk

t_{LW} = waktu pemasangan benda kerja (time for loading the workpiece) ; min/produk.

t_{AT} = waktu penyiapan; yaitu waktu yang diperlukan untuk membawa pahat/menggerakkan pahat dari posisi mula sampai pada posisi siap untuk memotongi min/produk (advancing time).

t_{RT} = waktu pengakhiran; yaitu waktu yang diperlukan untuk membawa/menggerakkan pahat kembali ke posisi mula (retracting time); min/produk.

t_{UW} = waktu pengambilan produk; min/produk.
(time for unloading the work piece).

$\frac{t_s}{n_1}$ = bagian dari waktu penyiapan mesin beserta perlengkapannya (fixture dan attachments) yang dibagi rata untuk sejumlah produk yang direncanakan untuk dibuat saat itu (n_1 , lot size).

Dengan demikian waktu pemesinan per produk rata-rata adalah :

$$t_m = t_a + t_c + t_d \frac{t_c}{T} ; \text{ min/produk} \quad (2.19)$$

Karena itu untuk menaikkan produktivitas, maka perlu diusahakan pengecilan waktu pemesinan, yaitu dengan jalan :

1. Memperkecil waktu non produktif t_a

Waktu non produktif mungkin masih dapat diperkecil dengan menggunakan fixture untuk mempermudah dan mempercepat pemasangan dan pembongkaran benda kerja, mempercepat t_{AT} dan t_{RT} serta menaikkan jumlah produksi. Apabila produksi belum pernah dilakukan, maka waktu non produktif ini hanya dapat diperkirakan berdasarkan pengalaman. Sebaliknya bagi proses produksi yang telah berjalan, maka dapat dilakukan pengamatan secara langsung (Time & Motion Study) sehingga dapat diketahui harga rata-ratanya dan sekaligus bila perlu dapat diusulkan rencana perbaikan rencana kerja.

2. Menurunkan waktu pemotongan t_c

Waktu pemotongan dapat diturunkan dengan memperbesar kecepatan makan V_f . Bagi proses membubut (turning, boring, facing), hal ini dapat dicapai dengan menaikkan gerak makan f atau putaran spindel n . Pembesaran gerak makan akan menaikkan gaya potong dan permukaan produk akan makin kasar, sedangkan pembesaran putaran spindel akan menaikkan daya potong. Apabila hal ini memungkinkan maka masih harus dipertimbangkan pengaruh penurunan umur pahat karena pembesaran n atau v dan f . Semakin besar harga yang dipilih umur pahat akan semakin pendek dan semakin sering diganti. Akibatnya pada suatu kondisi tertentu produktivitas tidak mungkin dinaikkan lagi malah akan menurun dengan diperkecilnya waktu pemotongan t_c . Harus pula diingat bahwa semakin sering pahat diganti/diasah maka ongkos pemakaian pahat akan semakin

tinggi, sehingga pada suatu kondisi tertentu ongkos produksi tidak mengecil lagi, melainkan membesar kembali.

Hal ini menunjukkan suatu gambaran bahwa ada suatu kondisi pemotongan yang memberikan suatu harga t_c tertentu yang menghasilkan produktivitas tertinggi atau ongkos pemesinan termurah.

3. Mempercepat Cara Penggantian Pahat t_d

Kemudahan penggantian pahat yang telah aus dengan pahat yang baru (tajam) ditentukan oleh jenis pahat dan sistem pemegangnya. Penggantian pahat bubut dari HSS atau Karbida yang dipatri keras (Brazed Carbide Tip) pada tool post mesin bubut jelas akan lebih lama dibandingkan dengan mengganti sisipan karbida (Throwaway Carbide Tip) pada badan pahat (tool shank). Apabila pahat yang baru tidak tersedia di dekat mesin, maka berarti operator harus mencari penggantinya atau mengasah sendiri, dan waktu yang hilang ini akan termasuk dalam waktu penggantian pahat. Oleh sebab itu perlu dipertimbangkan untuk menyediakan pahat cadangan atau mewujudkan bagian pabrik yang mengurus pahat (tools crib, dengan tugas menyimpan, mengasah dan mempersiapkan segala jenis pahat).

5. KOMPONEN ONGKOS PRODUKSI

Bagi suatu industri pemesinan adalah mutlak untuk mengetahui berapa ongkos sebenarnya dalam pembuatan suatu

produk/komponen mesin. Dengan mengetahui harga jual produk atau harga penawaran kontrak pembuatan sejumlah produk (Sub contract parts) maka dapat dibayangkan keuntungan yang akan diperoleh. Dalam kenyataan, penghitungan, ongkos pembuatan tersebut tidak selalu mudah, tergantung pada ukuran perusahaan, ragam dan kompleksitas produk yang ditanganinya dan struktur penghitungan ongkos yang dianut oleh perusahaan yang bersangkutan. Ongkos pembuatan dapat ditentukan dari beberapa komponen ongkos yang membentuknya. Berbagai bentuk struktur komponen-komponen ongkos telah diajukan orang, masing-masing dengan cara pendekatan yang berbeda-beda dengan anggapan dan penyederhanaan yang berlainan, disesuaikan dengan kondisi atau ukuran perusahaan, guna mempermudah penghitungan ongkos. Terlepas dari perbedaan yang ada tersebut, dapatlah dikatakan bahwa semakin teliti penentuan ongkos pembuatan maka keuntungan yang bakal diperoleh akan semakin pasti atau perusahaan semakin berani untuk mengajukan penawaran yang serendah mungkin. Hal ini dapat dimaklumi, karena perusahaan dapat mengetahui dan berusaha untuk menekan bilamana mungkin pada salah satu atau berapa komponen ongkos pembuatannya.

Dalam hal ini untuk keseluruhan perhitungan yang berhubungan dengan ongkos hanya akan dibahas tentang ongkos salah satu produksi yang disebut ongkos produksi. Adapun komponen pembentuk dari ongkos produksi itu terdiri dari :

- Ongkos penyiapan dengan peralatan khusus
- Ongkos pemesinan
- Ongkos pahat

Ketiga komponen pembentuk di atas tersebut ditulis :

$$C_p = C_r + C_m + C_e ; \text{Rp/produk} \quad (2.20)$$

dimana :

$$C_p = \text{ongkos produksi; Rp/produk}$$

$$C_r = \text{ongkos penyiapan dan peralatan; Rp/produk}$$

$$C_m = \text{Ongkos pemesinan; Rp/produk}$$

$$C_e = \text{ongkos pahat ; Rp/produk}$$

Ongkos penyiapan dan peralatan dihitung dari :

$$C_r = (C_{set} + C_{fix} + C_{pr})/n_l ; \text{Rp/produk} \quad (2.21)$$

dimana :

$$C_r = \text{ongkos penyiapan \& peralatan khusus ; Rp}$$

$$C_{set} = \text{ongkos pengaturan/setting mesin ; Rp}$$

$$= c_m \cdot t_{set}$$

$$C_{fix} = \text{ongkos peralatan bantu/fixture ; Rp}$$

$$C_{pr} = \text{ongkos penyiapan program NC (hanya berlaku bagi mesin perkakas NC).}$$

$$n_l = \text{Jumlah produk yang dibuat ; buah}$$

Ongkos pemesinan dihitung berdasarkan waktu pemesinan rata-rata per produk dan ongkos operasi persatuan waktu (menit) dengan demikian dipengaruhi oleh laju kecepatan produksi. Ongkos pemesinan ditulis dalam rumus :

$$C_m = c_m \cdot t_m ; \text{Rp/produk} \quad (2.22)$$

dimana :

$$C_m = \text{ongkos pemesinan ; Rp/produk.}$$

$$c_m = \text{ongkos operasi (mesin, operator, overhead) per-satuan waktu; Rp/min}$$

$$t_m = \text{waktu pemesinan; min/produk.}$$

Dengan waktu pemesinan . adalah total waktu untuk menghasilkan produk atau waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan dengan cara yang tertentu.

Sedangkan ongkos pahat perlu ditetapkan sebagai komponen ongkos yang terpisah karena mempunyai kaitan langsung dengan umur pahat yang merupakan variabel utama dalam proses pemesinan. Ongkos pahat ditulis dalam bentuk :

$$C_e = c_e \frac{t_c}{T} \quad (2.23)$$

dimana :

C_e = ongkos pahat; Rp/produk

c_e = ongkos pahat permata potong; Rp/mata potong

$\frac{t_c}{T}$ = Sebagian dari umur pahat (yang berkurang akibat pemakaiannya setiap menghasilkan satu produk) merupakan rasio antara waktu pemotongan efektif t_c dengan umur pahat T ; mata potong/produk.

Pada pahat bubut dengan sistim sisipan/tanpa pengasahan, maka ongkos mata potong pahat dapat dicari dari :

$$c_e = \frac{C_{oti}}{e} + \frac{C_{sh}}{r} + c_s t_s ; \text{Rp/mata potong} \quad (2.24)$$

dimana :

c_e = ongkos mata potong pahat; Rp/mata potong

C_{oti} = harga sisipan Karbida (Carbide tip/insert) Rp

e = jumlah mata potong sisipan karbida

C_{sh} = harga badan pahat (pemegang sisipan) termasuk peralatan/komponen dan suku cadangnya, Rp.

r = jumlah pemakaian badan pahat sampai aus/rusak (di-
perkirakan sekitar 500 s.d 1000 kali penggantian/
penyetelan karbida sisipannya).

$c_s t_s$ = ongkos penyetelan pahat di luar mesin (dilakukan
oleh bagian Pahat & Perkakas), di mana c_s adalah
ongkos penyetelan per menit dan t_s adalah waktu
penyetelan; menit.