

## **BAB III**

### **METODA OPTIMASI**

Pada bab ini akan dibahas kondisi pemotongan optimum dengan menggunakan metode optimasi. Dalam optimasi kondisi pemesinan diperlukan suatu algoritma yaitu urutan langkah logis yang menggunakan suatu model matematik untuk menghitung harga paling baik atau optimum bagi variabel proses pemesinan sehingga tujuan proses pemesinan dapat dipenuhi.

Adapun secara umum kondisi pemotongan optimum itu dibedakan menjadi tiga yaitu :

#### 1. Kondisi Pemotongan Ekonomis

Kondisi untuk menghasilkan produk semurah mungkin. Biasanya dipilih apabila banyak waktu terluang.

#### 2. Kondisi Pemotongan Produktif

Kondisi untuk menghasilkan produk secepat mungkin atau waktu produksi serendah mungkin. Biasanya dipilih apabila waktu sangat sempit, sedangkan target harus dipenuhi.

#### 3. Kondisi Pemotongan Menguntungkan

Kondisi untuk menghasilkan produk dengan keuntungan/laba persatuan waktu sebesar mungkin. Biasanya dipilih bila

ada kemungkinan untuk memilih dari berbagai pekerjaan yang ditawarkan.

Dalam tugas akhir ini pembahasan hanya dibatasi pada kondisi pemotongan ekonomis dan kondisi pemotongan produktif.

## 1. KONDISI PEMOTONGAN OPTIMUM TEORITIK

Pada sub bab ini akan dibahas persamaan-persamaan kondisi pemotongan optimum beserta dengan penurunannya. Dari penurunan persamaan-persamaan tersebut akan didapatkan kondisi pemotongan yang optimum untuk tiap-tiap langkah proses pengerjaan.

### 1.1 Kondisi Pemotongan Ekonomis

Sebagaimana yang telah dibahas pada rumus 2.20, ongkos produksi dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 C_p &= C_r + C_m + C_e \\
 &= C_r + c_m \cdot t_m + c_e \frac{t_c}{T} \\
 &= C_r + c_m \left[ t_a + t_c + t_d \frac{t_c}{T} \right] + c_e \frac{t_c}{T} \\
 &= C_r + c_m \left[ t_a + t_c + t_d \frac{t_c}{T} + \frac{c_e}{c_m} \cdot \frac{t_c}{T} \right]
 \end{aligned}$$

$$= C_r + c_m \left[ t_a + t_c \left\{ 1 + \frac{1}{T} \left( t_d + \frac{c_e}{c_m} \right) \right\} \right]$$

$$\text{Sehingga, } C_p = C_r + c_m \left[ t_a + t_c \cdot \left( 1 + \frac{k_1}{T} \right) \right] \quad (3.1)$$

dimana :

$C_r$  = ongkos perkakas dan persiapan ; Rp/produk

$c_m$  = ongkos operasi pemesinan per menit ; Rp/menit

$t_a$  = waktu non produktif ; menit

$$k_1 = t_d + \frac{c_e}{c_m}$$

$t_d$  = waktu yang diperlukan untuk mengganti pahat ; menit

$c_e$  = ongkos mata potong pahat ; Rp/mata potong

$t_c$  = waktu pemotongan ; menit

$$= \frac{l_t}{V_f} = \frac{l_t}{n \cdot f} = \frac{l_t \cdot \pi \cdot d}{1000 \cdot f} \cdot \frac{1}{V} = k_2 V^{-1}$$

$T$  = umur pahat (menit), menurut rumus Taylor untuk batasan keausan VB, gerak makan  $f$ , dan kedalaman potong  $a$  serta sudut potong utama  $K_r$  yang telah ditetapkan.

$$= (C_{TVB} V B^m h^{-p} b^{-q})^{1/n} V^{-1/n} = k_3 V^{-1/n}$$

Oleh sebab itu rumus (3.1) dapat dituliskan sebagai berikut :

$$C_p = C_r + c_m [ t_a + K_2 V^{-1} \{ 1 + (k_1/k_3) V^{1/n} \} ] \quad (3.2)$$

Sehingga diperoleh  $C_p$  sebagai fungsi dari  $V$ , yang kemudian dapat dideferensiiir terhadap  $V$  dan hasilnya disamakan dengan nol guna mencari harga optimumnya, yaitu :

$$\frac{dC_p}{dV} = 0 + c_m [ 0 + k_2 V^{-1} \left\{ \frac{k_1/k_3}{n} V^{1/n-1} \right\} - k_2 V^{-2} \{ 1 + (k_1/k_3) V^{1/n} \} ]$$

Jadi,

$$k_2 V^{-1} \left[ \frac{k_1/k_3}{n} V^{1/n-1} \right] = k_2 V^{-2} \left[ 1 + \left( \frac{k_1}{k_3} \right) V^{1/n} \right]$$

$$\frac{k_1/k_3}{n} V^{1/n} = 1 + \left( \frac{k_1}{k_3} \right) V^{1/n}$$

$$\frac{k_1}{k_3 V^{-1/n}} = n \cdot \left[ 1 + \frac{k_1}{k_3 V^{-1/n}} \right]$$

$$\frac{k_1}{T} = n \left[ 1 + \frac{k_1}{T} \right]$$

$$T = k_1 \left[ \frac{1}{n} - 1 \right]$$

Kondisi pemotongan yang akan memberikan ongkos produksi terkecil dapat dicapai apabila umur pahat berikut dipenuhi, yaitu :

$$T, e = k_1 \left[ \frac{1}{n} - 1 \right] \quad (3.3)$$

dimana :

$T, e$  = umur pahat ekonomis ; menit

$$k_1 = t_d + c_e/c_m ; \text{ menit}$$

$n$  = pangkat dari umur pahat dalam rumus Taylor

Dengan menggunakan rumus Taylor, maka kecepatan potong ekonomis dapat diusahakan, yaitu :

$$V, e = k_3^n T, e^{-n} \quad (3.4)$$

dimana :

$V, e$  = kecepatan potong ekonomis ; m/min

$$k_3 = (C_{TVB} V B^m h^{-P} b^{-Q})^{1/n}$$

Dengan demikian ongkos produksi termurah adalah :

$$\begin{aligned} C_{P, e} &= C_r + c_m [t_a + k_2 V, e^{-1} \{1 + (k_1/k_3) V, e^{1/n}\}] \\ &= C_r + c_m [t_a + k_2 V, e^{-1} \{1 + k_1/T, e\}] \end{aligned} \quad (3.5)$$

dimana :

$C_{P, e}$  = ongkos produksi termurah (ekonomis) ; Rp/produk

$$k_2 = l_t \cdot \pi \cdot d / 1000 \cdot f$$

$l_t$  = panjang pemesinan ; mm

$d$  = diameter rata-rata benda kerja yang dibubut ; mm

$f$  = gerak makan dalam membubut ; mm/r

Dan waktu pemesinan pada kondisi ekonomis adalah :

$$\begin{aligned} t_{m, e} &= t_a + t_c (1 + t_d/T) \\ t_{m, e} &= t_a + k_2 V, e^{-1} (1 + t_d/T, e^{-1}), \text{ menit} \end{aligned} \quad (3.6)$$

### 1.2 Kondisi Pemotongan Produktif

Waktu pemesinan dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} t_m &= t_a + t_c (1 + t_d/T) \\ &= t_a + k_2 V^{-1} (1 + t_d V^{1/n}/k_3) \end{aligned} \quad (3.7)$$

Untuk memperoleh waktu pemotongan terkecil (kondisi pemesinan paling produktif), maka rumus 3,7 ini

dideferensiir terhadap  $V$  dan hasilnya disamakan dengan nol, yaitu :

$$\frac{d_{tm}}{d_v} = 0 + K_2 V^{-1} t_d V^{1/n-1}/(n k_3) - k_2 V^{-2} (1 + t_d V^{1/n}/k_3)$$

$$\text{jadi, } k_2 V^{-1} t_d V^{1/n-1}/(n k_3) = k_2 V^{-2} (1 + t_d V^{1/n}/k_3)$$

$$t_d V^{1/n}/(n k_3) = 1 + t_d V^{1/n}/k_3$$

$$t_d/(n T) = 1 + t_d/T$$

$$T = t_d (1/n - 1)$$

Kondisi pemotongan yang menghasilkan waktu pemesinan paling singkat dapat dicapai apabila umur pahat berikut dipenuhi, yaitu :

$$T_{p} = t_d (1/n - 1) \quad (3.8)$$

dimana :

$T_p$  = umur pahat produktif ; menit

$t_d$  = waktu untuk mengganti pahat ; menit

$n$  = pangkat dari umur pahat dalam rumus Taylor

Catatan, rumus 3.8 sebetulnya mengandung pembatasan yaitu harga  $T_p$  paling kecil harus sama dengan  $t_c$ , sebab apabila tidak berarti pahat harus diganti ditengah jalan (panjang pemotongan belum diselesaikan).

Dari rumus 3.8 dapat diturunkan rumus kecepatan potong produktif ongkos pemotongan pada kecepatan potong produktif dan waktu pemesinan tersingkat sebagai berikut :

$$V_{p} = K_3^n T_{p}^{-n} \quad (3.9)$$

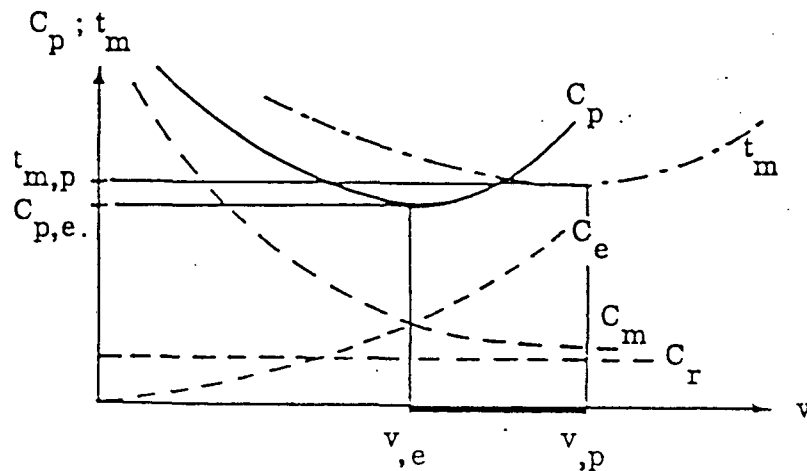
$$C_{p,p} = C_r + c_m [t_a + k_2 V_{p}^{-1} (1 + k_1 T_{p}^{-1})] \quad (3.10)$$

$$t_{m,p} = t_a + k_2 V_{p}^{-1} (1 + t_d/T_p) \quad (3.11)$$

Dan dari kedua kondisi pemotongan tersebut dapat disimpulkan bahwa :

$$T_{,e} > T_{,p} \qquad C_{p,e} < C_{p,p}$$

$$V_{,e} < V_{,p} \qquad t_{m,e} > t_{m,p}$$



Gambar 3.1 Ongkos produksi ( $C_p = C_r + C_m + C_e$ ) dan waktu pemesinan ( $t_m = t_a + t_c + t_d + t_c/T$ ) sebagai fungsi  $V$ . Daerah optimum dapat dikatakan terletak diantara  $V_{,e}$  dan  $V_{,p}$ .

## 2. PROSEDUR PENENTUAN KONDISI PEMOTONGAN OPTIMUM

Kondisi pemotongan optimum yang diperoleh dari penurunan secara matematis belum tentu dapat diterapkan dalam praktek. Hal ini disebabkan oleh adanya beberapa kendala (constraints) atau faktor-faktor pembatas dalam proses pemesinan yang secara umum dapat dibagi dalam dua kelompok yaitu, kendala pada proses pembentukan geram dan kendala dalam sistem pemotongan.

a. Kendala pada proses pembentukan geram.

Proses pemotongan dianggap berhasil apabila geram dapat dihasilkan secara normal.

Geram terbentuk secara normal apabila perbandingan antara lebar geram dengan tebal geram atau rasio kerampingan geram berharga disekitar suatu harga tertentu.

b. Kendala dalam sistem pemotongan.

Sistim pemotongan terdiri atas pahat dan benda kerja serta cara pemegangan dan konstruksi komponen pemegang kedua benda tersebut, termasuk mesin perkakas yang digunakan. Kecepatan penghasilan geram yang besar hampir selalu diikuti gaya pemotongan yang besar. Gaya ini mungkin mengakibatkan lenturan yang besar baik pada benda kerja maupun pahat yang dapat menyebabkan getaran yang berlebihan, sehingga produk mempunyai permukaan yang kasar dan ketelitian geometrinya rendah. Gaya yang besar dan kecepatan potong yang tinggi akan menghasilkan daya pemesinan yang terlampau tinggi. Sedangkan daya tersedia pada mesin perkakas terbatas. Pada mesin perkakas konvensional, putaran spindel dan gerak/kecepatan makan umumnya tidak dapat diatur/dipilih secara berkesinambungan melainkan secara bertahap/bertingkat. Apabila kondisi pemotongan teoritik ternyata berharga diantara dua harga tingkatan tersebut maka harus dipilih, harga yang besar atau yang kecil.

Dengan adanya kendala ini, proses pemesinan harus

direncanakan sebaik mungkin supaya kondisi pemotongan optimum teoritik dipenuhi/didekati.

### 2.1 Pemilihan Jenis dan Geometri Pahat

Pahat dipilih sesuai dengan pekerjaan yang akan dilakukan. Material pahat ditentukan berdasarkan material benda kerja dan kondisi pemotongan.

### 2.2 Penentuan Kedalaman Potong (a) dan Gerak Makan (f)

Supaya proses pembentukan geram berlangsung dengan baik, maka rasio kerampingan  $\delta$  ditentukan sebagai berikut :

Kedalaman potong	$\delta = b/h = a/f (\sin kr)^2$
$a \leq 2$	$3 \leq \delta \leq 8$
$a \geq 2$	$5 \leq \delta \leq 20$

Tabel 3.1 Tabel kedalaman potong dengan rasio kerampingan geram

Radius ujung pahat disesuaikan dengan kedalaman potong, sebagai berikut :

a (mm)	re (mm)
s/d 3	0,5 - 0,8
3 - 10	0,8 - 1,5
10 - 20	1,5 - 2

Tabel 3.2 Tabel Kedalaman potong dengan radius ujung pahat

Adapun untuk menentukan gerak makan  $f$  digunakan rumus :

$$f = \sqrt{8 R_t \cdot r_e / C_r} \quad (3.12)$$

dimana :

$f$  = gerak makan ; mm/r

$R_t$  = parameter kekasaran ;  $\mu\text{m}$

$r_e$  = radius ujung pahat, mm

$C_r$  = konstanta dipengaruhi oleh sistem pemotongan (benda kerja, pahat)

= 2000 ; untuk sistem yang kaku

= 2300 ; untuk sistem yang sedang

= 3000 ; untuk sistem yang lemah.

Harga  $f$  yang diperoleh dari rumus diatas adalah merupakan harga terkecil yang mungkin digunakan untuk mendapatkan harga  $R_t$  yang dimaksud. Apabila ternyata hasilnya lebih halus dari yang dimaksud, maka harga  $f$  dapat dinaikkan demi untuk mencapai kecepatan pembentukan geram  $z$  yang tinggi. Sebaliknya bila tingkat kekasaran terlalu besar karena adanya getaran, maka radius ujung pahat harus diperkecil.

### 2.3 Penentuan Kecepatan Potong

Penampang geram yang besar pada proses pengkasaran benda kerja baja atau besi tuang akan selalu diikuti oleh gaya pemotongan yang besar, karena kecepatan potong produktif yang sangat tinggi, maka daya mesin bubut biasanya tidak mencukupi. Dalam hal ini harga kecepatan potong produktif harus diturunkan yang mungkin sampai

mendekati harga kecepatan potong ekonomis.

Sedangkan karakteristik proses penghalusan adalah penampang geram yang kecil sehingga gaya pemotongan akan rendah. Daya pemotongan tidak akan tinggi meskipun digunakan kecepatan potong yang tinggi. Dengan demikian daya nominal mesin tidak lagi merupakan kendala.

Untuk kondisi ekonomis, seandainya putaran spindel tidak ada yang tepat maka dipilih tingkat putaran yang lebih tinggi.

### 3. DIAGRAM ALIR METODA OPTIMASI

Secara garis besar analisa optimasi kondisi pemotongan dapat diberikan dalam diagram alir di bawah ini.

