

BAB IV

ANALISA PROSES PEMESINAN

1. SUMBER DATA

Data yang digunakan dalam analisa disini adalah proses pemesinan Bracket/Roll Retainer HU 10 MPC yang dilakukan di P.T. Agrindo.

1.1. Data Mesin

Adapun data mesin bubut yang digunakan adalah :

Merk = San Yuen

Type = GF - 1700 HS

Negara pembuat = Taiwan

Putaran Spindle = 30, 50, 80, 125, 175, 290, 475, 725 rpm

Gerak makan = 0,05; 0,06; 0,07; 0,08; 0,09; 0,1; 0,11;
0,12; 0,13; 0,14; 0,15; 0,16; 0,19;
0,2; 0,22; 0,23; 0,24; 0,26; 0,28; 0,29;
0,33; 0,38; 0,4; 0,44; 0,46; 0,48; 0,53;
0,55; 0,58; 0,66 mm/put.

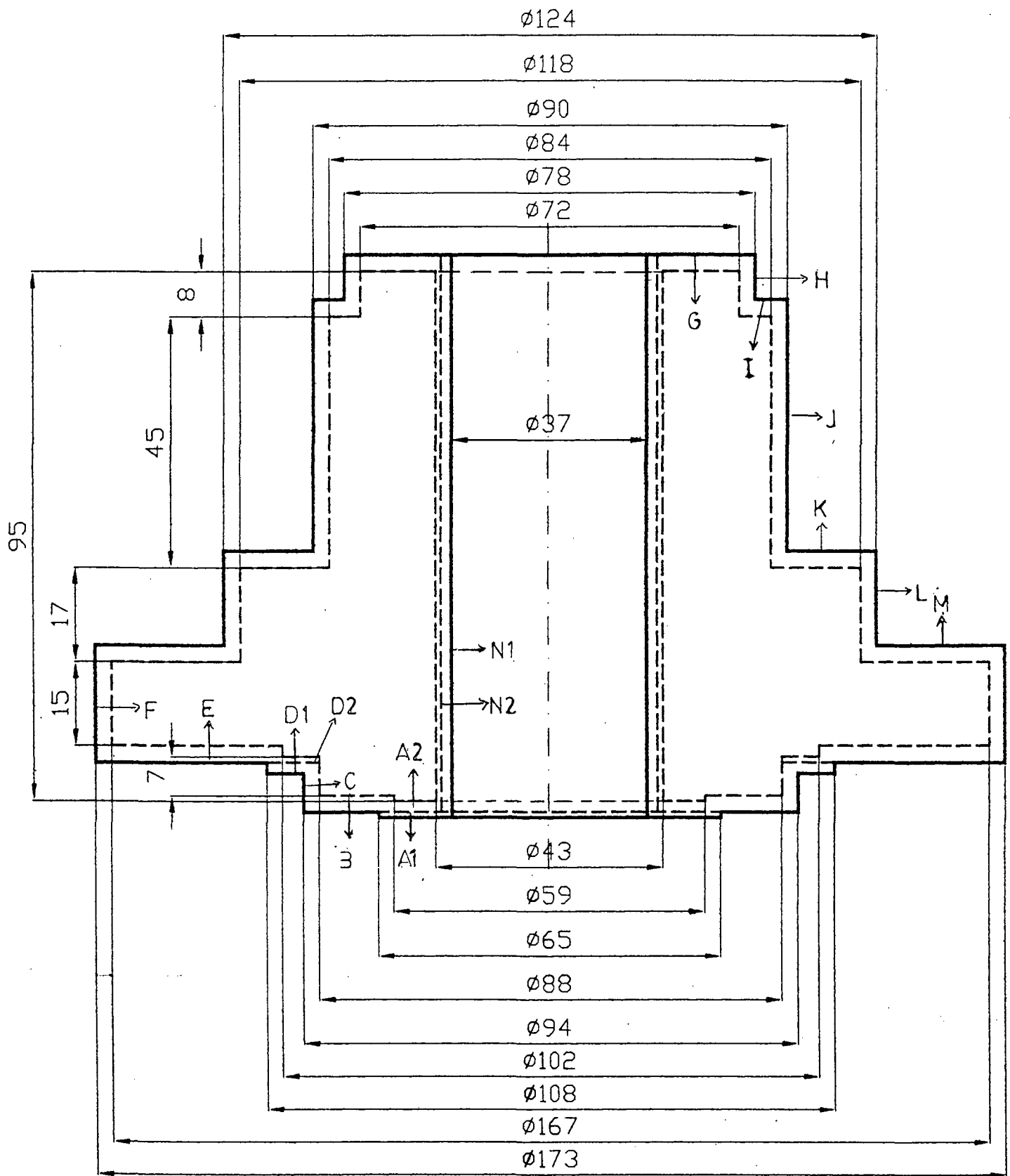
Daya Motor = 5,5 Kw

1.2. Data Material

Komponen HU 10 MPC ini dibuat dari bahan besi tuang hasil pengecoran, yang dibuat dengan kelebihan ukuran 4 mm dan dalam pengerjaannya benda kerja itu dilakukan secara dua tahap yaitu pengkasaran dan penghalusan. Dan pada tugas akhir ini yang dibahas hanya proses pengkasaran.

Material tersebut mempunyai spesifikasi FCD 45 menurut JIS dan ukuran pokok benda kerja sebelum dan setelah proses adalah seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.1.

Material FCD 45 / besi tuang itu mempunyai sifat fisis brittle (rapuh) dan hardness (keras).



Gambar 4.1. Benda Kerja Sebelum Proses

2. PROSEDUR Pengerjaan

Dalam menentukan urutan proses pemesinan, yang harus diingat adalah permukaan benda kerja yang akan dimachining. Adapun urutannya sebagai berikut :

Langkah	Proses	do (mm)	dm (mm)	a (mm)	lt (mm)	tc (min)	Ket. gbr
1 - 1	Bubut Facing I	65	37	1	14	0,241	A ₁
1 - 2	Bubut Facing	94	59	3	17,5	0,302	B
1 - 3	Bubut Facing II	59	37	2	11	0,146	A ₂
1 - 4	Bubut Silindris	94	88	3	4	0,069	C
1 - 5	Bubut Facing I	108	88	2	10	0,133	D ₁
1 - 6	Bubut Facing	173	102	3	35,5	0,612	E
1 - 7	Bubut Facing II	102	88	1	7	0,121	D ₂
1 - 8	Bubut Silindris	173	167	3	18	0,31	F
	Benda kerja dibalik						
1 - 9	Bubut Facing	78	37	3	20,5	0,353	G
1 -10	Bubut Silindris	78	72	3	5	0,086	H
1 -11	Bubut Facing	90	72	3	9	0,155	I
1 -12	Bubut Silindris	90	84	3	42	0,724	J
1 -13	Bubut Facing	124	84	3	20	0,345	K
1 -14	Bubut Silindris	124	118	3	14	0,241	L
1 -15	Bubut Facing	167	118	3	24,5	0,422	M
1 -16	Bubut Boring I	37	41	2	95	1,13	N ₁
1 -17	Bubut Boring II	41	43	1	95	1,13	N ₂

Tabel 4.1. Urutan Proses

3. PAHAT POTONG

Pahat yang digunakan adalah pahat dengan standard yang dikeluarkan oleh Mitsubishi Materials Corporation.

Adapun untuk pemegang pahat yang dipakai adalah :

No.	Holder	Csh (X1000)	Insert		Kr	γ°
			Jenis	Coti (X1000)		
1.	PCLNR 2525 M12	Rp 181	CNMA120404 U505	Rp 15	95°	-6°
2.	S25RSCLCR 12	Rp 530	CCMW09T308 U505	Rp 12,5	95°	-5°

Tabel 4.2. Jenis dan harga insert dan holder

4. PERHITUNGAN PROSES PEMESINAN

Di bawah ini disajikan perhitungan proses pemesinan untuk mendapatkan kondisi pemotongan dengan ongkos termurah (ekonomis) dan kondisi pemotongan dengan waktu produksi tersingkat (produktif).

4.1. Langkah 1-1

Adapun data proses adalah sebagai berikut :

- Diameter awal (d_o) = 65 mm
- Diameter akhir (d_m) = 37 mm
- Kedalaman potong (a) = 1 mm
- Panjang pemotongan (l_t) = 14 mm
- Diameter rata-rata (d) = $(d_o + d_m)/2$
 $= (65 + 37)/2 = 51 \text{ mm}$

4.1.1. Menentukan Gerak Makan (f)

Harga f dihitung dengan rumus

$$f = \sqrt{8 R_t r_e / C_r}$$

$$R_t = 32 \text{ } \mu\text{m}$$

$$r_e = \text{radius pojok pahat} = 0,4 \text{ mm}$$

$$C_r = 2300$$

$$\begin{aligned} f &= \sqrt{8 \cdot 32 \cdot 0,4 / 2300} \\ &= 0,21 \text{ mm / rev} \end{aligned}$$

Periksa harga f terhadap rasio kerampingan geram (δ) dengan rumus :

$$\delta = a / f (\sin K_r)^2$$

Untuk $a \leq 2$ digunakan $3 \leq \delta \leq 8$

$$a/8 (\sin K_r)^2 \leq f \leq a/3 (\sin K_r)^2$$

Untuk $K_r = 95^\circ$ maka

$$1/8 (\sin 95^\circ)^2 \leq f \leq 1/3 (\sin 95^\circ)^2$$

$$0,126 \leq f \leq 0,336$$

Terlihat bahwa harga f memenuhi persyaratan

$$f = 0,2 \text{ mm/rev}$$

Lebar geram :

$$b = a/\sin k_r = 1/\sin 95^\circ = 1,004 \text{ mm}$$

Tebal geram sebelum terpotong :

$$h = f \sin k_r = 0,2 \sin 95^\circ = 0,199 \text{ mm}$$

4.1.2. Perhitungan Umur Pahat

Dengan putaran spindel (n) sebesar 290 rpm, maka :

$$V_f = f \cdot n = 0,2 \cdot 290 = 58 \text{ mm/min}$$

$$t_c = l_t/V_f = 14/58 = 0,241 \text{ menit}$$

$$V = \pi \cdot d \cdot n/1000 = \pi \cdot 51 \cdot 290/1000$$

$$= 46,441 \text{ m/min}$$

Menurut tabel gradasi pahat U505 setara dengan K 01 s/d K 10 menurut standard ISO sehingga dari tabel 2.1 s/d 2.2 diperoleh :

$$C_{TVB} = 245$$

$$n = 0,23$$

$$p = 0,15$$

$$m = 0,45$$

$$V_B = 0,4 \text{ mm}$$

$$q = 0,09$$

Konstanta umur pahat :

$$C_T = C_{TVB} \cdot V_B^m \cdot h^{-p} \cdot b^{-q}$$

$$= 245 \cdot 0,4^{0,45} \cdot 0,199^{-0,15} \cdot 1,004^{-0,09}$$

$$= 206,59$$

$$\text{Sehingga : } VT^n = C_T$$

$$T = \left[\frac{C_T}{V} \right]^{1/n}$$

$$T = \left[\frac{206,59}{46,441} \right]^{1/0,23}$$

$$= 658,104 \text{ menit}$$

4.1.3. Perhitungan Gaya dan Daya Pemotongan

Untuk menghitung gaya dan pemotongan yang terjadi, sebelumnya harus dihitung dulu gaya potong spesifiknya, dengan rumus :

$$K_S = K_{S \ 1.1} \cdot f^{-Z} \cdot C_K \cdot C_\gamma \cdot C_{VB} \cdot C_V$$

dan harganya dapat dilihat pada tabel 2.5 s/d 2.9

$$K_{S \ 1.1} = 960$$

$$Z = 0,2$$

$$C_K = 1$$

$$C_\gamma = 1,12$$

$$C_{VB} = 1,16$$

$$C_V = 1,06$$

maka :

$$\begin{aligned} K_S &= 960 \cdot 0,2^{-0,2} \cdot 1 \cdot 1,12 \cdot 1,16 \cdot 1,06 \\ &= 1824,094 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} F_V &= K_S \cdot A = K_S \cdot b \cdot h \\ &= 1824,094 \cdot 1,004 \cdot 0,199 \\ &= 364,447 \text{ N} \end{aligned}$$

Daya yang dibutuhkan :

$$\eta_c = 0,68$$

$$\begin{aligned} N_c &= F_V \cdot V/60.000 \cdot \eta_c \\ &= 364,447 \cdot 46,441/60.000 \cdot 0,68 \\ &= 0,415 \text{ KW} \end{aligned}$$

4.1.4. Perhitungan Waktu Pemesinan

Waktu pemesinan dihitung dengan rumus :

$$t_m = t_a + t_c + t_d \frac{t_c}{T}$$

karena waktu non produktif tidak diketahui secara pasti maka dalam perhitungan dimisalkan X_1 .

$$t_d = 0,67 \text{ menit}$$

$$t_m = X_1 + 0,241 + 0,67 \cdot \frac{0,241}{658,104}$$

$$= 0,2412 + X_1 \text{ menit/produk}$$

4.1.5. Perhitungan Ongkos Produksi

Ongkos produksi dihitung dengan menggunakan rumus 2.20 yaitu :

$$C_p = C_r + C_m + C_e$$

dimana :

C_r = ongkos penyiapan dan peralatan = Rp 0

C_m = ongkos pemesinan dihitung dulu dengan rumus 2.22 yaitu :

$$C_m = c_m \cdot t_m$$

$$c_m = \text{Rp } 42,5/\text{menit}$$

$$t_m = 0,2412 + X_1 \text{ menit/produk}$$

$$\text{Sehingga : } C_m = 42,5 \cdot (0,2412 + X_1)$$

$$= \text{Rp } 10,251 + 42,5 \cdot X_1/\text{produk}$$

dan

C_e = ongkos pahat dihitung dulu dengan rumus 2.23 yaitu :

$$C_e = c_e \cdot \frac{t_c}{T}$$

$$\text{dimana } c_e = \frac{C_{oti}}{e} + \frac{C_{sh}}{r} + c_s \cdot t_s$$

$$= \frac{15.000}{4} + \frac{181.000}{750} + 0$$

$$= \text{Rp } 3991,333/\text{mata potong}$$

Sehingga :

$$C_e = 3991,333 \cdot \frac{0,241}{658,104}$$

$$= \text{Rp } 1,462/\text{produk}$$

maka ongkos produksinya adalah

$$C_p = C_r + C_m + C_e$$

$$= 0 + 10,251 + 42,5 \cdot X_1 + 1,462$$

$$= \text{Rp } 11,713 + 42,5 \cdot X_1/\text{produk}$$

4.1.6. Kondisi Pemotongan Optimum

Selanjutnya dihitung dulu harga-harga K_1 , K_2

dan K_3 dengan rumus :

$$K_1 = t_d + c_e/c_m$$

$$= 0,67 + 3991,333/42,5$$

$$= 94,584$$

$$K_2 = l_t \cdot \pi \cdot d/1000 \cdot f$$

$$= 14 \cdot \pi \cdot 51/1000 \cdot 0,2$$

$$= 11,21$$

$$K_3^n = C_T = 206,59$$

4.1.7. Kondisi Ekonomis

Umur pahat pada kondisi ekonomis :

$$T,e = k_1 \cdot ((1/n)^{-1})$$

$$= 94,584 \cdot ((1/0,23)^{-1})$$

$$= 316,651 \text{ menit}$$

Kecepatan potongnya :

$$V,e = k_3^n \cdot T,e^{-n}$$

$$= 206,59 \cdot (316,651)^{-0,23}$$

$$= 54,951 \text{ m/menit}$$

Putaran Spindel :

$$\begin{aligned} n_e &= 1000 \cdot V_e / \pi \cdot d \\ &= 1000 \cdot 54,951 / \pi \cdot 51 \\ &= 343,143 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Ternyata $n_e = 343,143 \text{ rpm}$ tidak ada maka dipilih yang $n_e = 475 \text{ rpm}$.

Sehingga :

$$\begin{aligned} V_e &= \pi \cdot d \cdot n_e / 1000 \\ &= \pi \cdot 51 \cdot 475 / 1000 \\ &= 76,067 \text{ m/menit} \end{aligned}$$

maka umur pahatnya :

$$V_e = k_3^n, T_e^{-n}$$

$$T_e^n = \frac{k_3^n}{V_e}$$

$$T_e = \left[\frac{k_3^n}{V_e} \right]^{1/n}$$

$$T_e = \left[\frac{206,59}{76,067} \right]^{1/0,23}$$

$$= 77,016 \text{ menit}$$

Ongkos produksi termurah :

$$\begin{aligned} C_{p,e} &= C_r + c_m [t_a + k_2 V_e^{-1} \{1 + k_1/T_e\}] \\ &= 0 + 42,5 [X_1 + 11,21 \cdot 76,067^{-1} \{1 + 94,584/77,016\}] \\ &= \text{Rp } 13,774 + 42,5 \cdot X_1/\text{produk} \end{aligned}$$

Waktu pemesinannya ;

$$\begin{aligned}
 t_{m,e} &= t_a + k_2 \cdot V,e^{-1} (1 + t_d/T,e) \\
 &= X_1 + 11,21 \cdot 76,067^{-1} (1 + 0,67/77,016) \\
 &= 0,149 + X_1 \text{ menit/produk}
 \end{aligned}$$

Gaya potongnya :

$$\begin{aligned}
 K_{s1.1} &= 960 & C_\gamma &= 1,12 \\
 Z &= 0,2 & C_{VB} &= 1,16 \\
 C_k &= 1 & C_v &= 1,06 \\
 K_s &= 960 \cdot 0,2^{-0,2} \cdot 1 \cdot 1,12 \cdot 1,16 \cdot 1,06 \\
 &= 1824,094 \text{ N/mm}^2 \\
 F_{v,e} &= k_s \cdot b \cdot h \\
 &= 1824,094 \cdot 1,004 \cdot 0,199 \\
 &= 364,447 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Daya pemesinan yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 N,e &= F_v \cdot V,e/60.000 \eta_c \\
 &= 364,447 \cdot 76,067/60.000 \cdot 0,68 \\
 &= 0,679 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

4.1.8. Kondisi Produktif

Umur pahat pada kondisi produktif :

$$\begin{aligned}
 T,p &= t_d ((1/n) - 1) \\
 &= 0,67 ((1/0,23) - 1) \\
 &= 2,243 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Kecepatan potongnya :

$$\begin{aligned}
 V,p &= k_3^n \cdot T,p^{-n} \\
 &= 206,59 (2,243)^{-0,23} \\
 &= 171,561 \text{ m/menit}
 \end{aligned}$$

Putaran Spindel :

$$\begin{aligned} n_p &= 1000 \cdot V_p / \pi \cdot d \\ &= 1000 \cdot 171,561 / \pi \cdot 51 \\ &= 1071,319 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Ternyata $n_p = 1071,319 \text{ rpm}$ tidak ada maka dipilih yang $n_p = 725 \text{ rpm}$.

Sehingga :

$$\begin{aligned} V_p &= \pi \cdot d \cdot n_p / 1000 \\ &= \pi \cdot 51 \cdot 725 / 1000 \\ &= 116,102 \text{ m/menit} \end{aligned}$$

maka umur pahatnya :

$$V_p = k_3^n \cdot T_p^{-n}$$

$$T_p^n = \frac{k_3^n}{V_p}$$

$$T_p = \left[\frac{k_3^n}{V_p} \right]^{1/n}$$

$$\begin{aligned} T_p &= \left[\frac{206,59}{116,102} \right]^{1/0,23} \\ &= 12,25 \text{ menit} \end{aligned}$$

Ongkos produksi :

$$\begin{aligned} C_{p,p} &= C_r + c_m [t_a + k_2 V_p^{-1} \{1 + k_1 T_p^{-1}\}] \\ &= 0 + 42,5 [X_1 + 11,21 \cdot 116,102^{-1} \{1 + 94,584/12,25\}] \\ &= \text{Rp } 35,787 + 42,5 \cdot X_1 / \text{produk} \end{aligned}$$

Waktu pemesinannya :

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

$$\begin{aligned}
 &= X_1 + 11,21 \cdot 116,102^{-1} (1 + 0,67/12,25) \\
 &= 0,102 + X_1 \text{ menit/produk}
 \end{aligned}$$

Gaya potongnya :

$$\begin{aligned}
 K_{s1.1} &= 960 & C_\gamma &= 1,12 \\
 Z &= 0,2 & C_{VB} &= 1,16 \\
 C_k &= 1 & C_v &= 1,06 \\
 K_s &= 960 \cdot 0,2^{-0,2} \cdot 1 \cdot 1,12 \cdot 1,16 \cdot 1 \\
 &= 1720,84 \text{ N/mm}^2 \\
 F_{v,p} &= k_s \cdot b \cdot h \\
 &= 1720,84 \cdot 1,004 \cdot 0,199 \\
 &= 343,82 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Daya pemesian yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 N_{,p} &= F_v \cdot V_{,p}/60.000 \eta_c \\
 &= 343,82 \cdot 116,102/60.000 \cdot 0,68 \\
 &= 0,978 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

4.2. Langkah 1-2

Adapun data proses adalah sebagai berikut :

- Diameter awal (d_o) = 94 mm
- Diameter akhir (d_m) = 59 mm
- Kedalaman potong (a) = 3 mm
- Panjang pemotongan (l_t) = 17,5 mm
- Diameter rata-rata (d) = $(d_o + d_m)/2$
 $= 94 + 59/2 = 76,5 \text{ mm}$

4.2.1. Menentukan Gerak Makan (f)

Harga f dihitung dengan rumus :

$$f = \sqrt{8 R_t r_e / C_r}$$

$$R_t = 32 \text{ } \mu\text{m}$$

$$r_e = \text{radius pojok pahat} = 0,4 \text{ mm}$$

$$C_r = 2300$$

$$f = \sqrt{8 \cdot 32 \cdot 0,4 / 2300}$$

$$= 0,21 \text{ mm / rev}$$

Periksa harga f terhadap rasio kerampingan geram (δ)
dengan rumus :

$$\delta = a / f (\sin K_r)^2$$

Untuk $a > 2$ digunakan $5 \leq \delta \leq 20$

$$a/20 (\sin K_r)^2 \leq f \leq a/5 (\sin K_r)^2$$

Untuk $K_r = 95^\circ$ maka

$$3/20 (\sin 95^\circ)^2 \leq f \leq 3/5 (\sin 95^\circ)^2$$

$$0,151 \leq f \leq 0,605$$

Terlihat bahwa harga f memenuhi persyaratan

$$f = 0,2 \text{ mm/rev}$$

Lebar geram :

$$b = a/\sin k_r = 3/\sin 95^\circ = 3,011 \text{ mm}$$

Tebal geram sebelum terpotong :

$$h = f \sin k_r = 0,2 \sin 95^\circ = 0,199 \text{ mm}$$

4.2.2. Perhitungan Umur Pahat

Dengan putaran spindel (n) sebesar 290 rpm, maka :

$$V_f = f \cdot n = 0,2 \cdot 290 = 58 \text{ mm/min}$$

$$t_c = l_t/V_f = 17,5/58 = 0,302 \text{ menit}$$

$$V = \pi \cdot d \cdot n/1000 = \pi \cdot 76,5 \cdot 290/1000$$

$$= 69,661 \text{ m/min}$$

Menurut tabel gradasi pahat U505 setara dengan K 01 s/d K 10 menurut standard ISO sehingga dari tabel 2.1 s/d 2.2 diperoleh :

$$C_{TVB} = 245$$

$$n = 0,23$$

$$p = 0,15$$

$$m = 0,45$$

$$VB = 0,4 \text{ mm}$$

$$q = 0,09$$

Konstanta umur padat :

$$\begin{aligned} C_T &= C_{TVB} \cdot VB^m \cdot h^{-p} \cdot b^{-q} \\ &= 245 \cdot 0,4^{0,45} \cdot 0,199^{-0,15} \cdot 3,011^{-0,09} \\ &= 187,146 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$VT^n = C_T$$

$$T = \left[\frac{C_T}{V} \right]^{1/n}$$

$$T = \left[\frac{187,146}{69,661} \right]^{1/0,23}$$

$$T = 73,459 \text{ menit}$$

4.2.3. Perhitungan Gaya dan Daya Pemotongan

Untuk menghitung gaya pemotong yang terjadi, sebelumnya harus dihitung dulu gaya potong spesifiknya, dengan rumus :

$$K_S = k_{S \ 1.1} \cdot f^{-z} \cdot C_k \cdot C_\gamma \cdot C_{VB} \cdot C_v$$

dan harganya dapat dilihat pada tabel 2.5 s/d 2.9

$$K_{S \ 1.1} = 960$$

$$z = 0,2$$

$$C_k = 1$$

$$C_\gamma = 1,12$$

$$C_{VB} = 1,16$$

$$C_v = 1,06$$

maka :

$$\begin{aligned} K_S &= 960 \cdot 0,2^{-0,2} \cdot 1 \cdot 1,12 \cdot 1,16 \cdot 1,06 \\ &= 1824,094 \end{aligned}$$

sehingga :

$$\begin{aligned} F_v &= k_S \cdot A = k_S \cdot b \cdot h \\ &= 1824,094 \cdot 3,011 \cdot 0,199 \\ &= 1092,977 \text{ N} \end{aligned}$$

Data yang dibutuhkan :

$$\eta_c = 0,68$$

$$\begin{aligned} N_c &= F_v \cdot V/60.000 \cdot \eta_c \\ &= 1092,977 \cdot 69,661/60.000 \cdot 0,68 = 1,866 \text{ KW} \end{aligned}$$

4.2.4. Perhitungan Waktu Pemesinan

Waktu pemesinan dihitung dengan rumus :

$$t_m = t_a + t_c + t_d \frac{t_c}{T}$$

Karena waktu non produktif tidak diketahui maka dalam perhitungan dimisalkan X_2 .

$$t_d = 0,67 \text{ menit}$$

maka :

$$t_m = X_2 + 0,302 + 0,67 \cdot \frac{0,302}{73,459}$$

$$t_m = 0,305 + X_2 \text{ menit/produk}$$

4.2.5. Perhitungan Ongkos Produksi

Ongkos produksi dihitung dengan menggunakan rumus 2.20 yaitu :

$$C_p = C_r + C_m + C_e$$

dimana :

$$C_r = \text{ongkos penyiapan dan peralatan} = \text{Rp } 0$$

C_m = ongkos pemesinan dihitung dulu dengan rumus 2.22 yaitu :

$$C_m = c_m \cdot t_m$$

$$c_m = \text{Rp } 42,5/\text{menit}$$

$$t_m = 0,305 + X_2 \text{ menit/produk}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga : } C_m &= 42,5 \cdot (0,305 + X_2) \\ &= \text{Rp } 12,963 + 42,5 \cdot X_2/\text{produk} \end{aligned}$$

dan

C_e = ongkos pahat dihitung dulu dengan rumus 2.23 yaitu :

$$C_e = c_e \cdot \frac{t_c}{T}$$

$$\begin{aligned} \text{dimana } c_e &= \frac{C_{oti}}{e} + \frac{C_{sh}}{r} + c_s \cdot t_s \\ &= \frac{15.000}{4} + \frac{181.000}{750} + 0 \\ &= \text{Rp } 3991,333/\text{mata potong} \end{aligned}$$

$$\text{Sehingga : } C_e = 3991,333 \cdot \frac{0,302}{73,459}$$

$$= \text{Rp } 16,409/\text{produk}$$

Maka ongkos produksinya adalah :

$$\begin{aligned} C_p &= C_r + C_m + C_e \\ &= 0 + 12,963 + 42,5 \cdot X_2 + 16,409 \\ &= \text{Rp } 29,37 + 42,5 \cdot X_2/\text{produk} \end{aligned}$$

4.2.6. Kondisi Pemotongan Optimum

Sebelumnya dihitung dulu harga-harga k_1 , k_2 dan k_3 dengan rumus :

$$\begin{aligned} K_1 &= t_d + c_e/c_m \\ &= 0,67 + 3991,333/42,5 \\ &= 94,584 \\ K_2 &= l_t \cdot \pi \cdot d/1000 \cdot f \\ &= 17,5 \cdot \pi \cdot 76,5/1000 \cdot 0,2 \\ &= 21,018 \\ K_3 &= C_T = 187,146 \end{aligned}$$

4.2.7. Kondisi Ekonomis

Umur pahat pada kondisi ekonomis :

$$\begin{aligned} T,e &= k_1 \cdot ((1/n) - 1) \\ &= 94,584 \cdot ((1/0,23) - 1) \\ &= 316,651 \text{ menit} \end{aligned}$$

Kecepatan potongnya :

$$\begin{aligned} V,e &= k_3^n \cdot T,e^{-n} \\ &= 187,146 \cdot (316,651)^{-0,23} \\ &= 49,779 \text{ m/menit} \end{aligned}$$

Putaran Spindel :

$$\begin{aligned} n_e &= 1000 \cdot V_e / \pi \cdot d \\ &= 1000 \cdot 49,779 / \pi \cdot 76,5 \\ &= 207,231 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Ternyata $n_e = 207,231$ rpm tidak ada maka dipilih yang $n_e = 290$ rpm.

Sehingga :

$$\begin{aligned} V_e &= \pi \cdot d \cdot n_e / 1000 \\ &= \pi \cdot 76,5 \cdot 290 / 1000 \\ &= 69,661 \text{ m/menit} \end{aligned}$$

maka umur pahatnya :

$$V_e = k_3^n \cdot T_e^{-n}$$

$$T_e = \frac{k_3^n}{V_e}$$

$$T_e = \left[\frac{k_3^n}{V_e} \right]^{1/n}$$

$$T_e = \left[\frac{187,146}{69,661} \right]^{1/0,23}$$

$$= 73,459 \text{ menit}$$

Ongkos produksi termurah :

$$\begin{aligned} C_{p,e} &= C_r + c_m [t_a + k_2 \cdot V_e^{-1} \{1 + k_1/T_e\}] \\ &= 0 + 42,5 [X_2 + 21,018 \cdot 69,661^{-1} \{1 + 94,584/73,459\}] \\ &= \text{Rp } 29,37 + 42,5 \cdot X_2/\text{produk} \end{aligned}$$

Waktu pemesinan :

$$t_{m,e} = t_a + k_2 \cdot V_e^{-1} (1 + t_d/T_e)$$

$$\begin{aligned}
 &= X_2 + 21,018 \cdot 69,661^{-1} (1 + 0,67/73,459) \\
 &= 0,305 + X_2 \text{ menit/produk}
 \end{aligned}$$

Gaya potongnya :

$$\begin{aligned}
 K_{S1.1} &= 960 & C_{\gamma} &= 1,12 \\
 Z &= 0,2 & C_{VB} &= 1,16 \\
 C_k &= 1 & C_v &= 1,06 \\
 K_S &= 960 \cdot 0,2^{-0,2} \cdot 1 \cdot 1,12 \cdot 1,16 \cdot 1,06 \\
 &= 1824,094 \text{ N/mm}^2 \\
 F_{v,e} &= k_S \cdot b \cdot h \\
 &= 1824,094 \cdot 3,011 \cdot 0,199 \\
 &= 1092,977 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Daya pemesian yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 N_{,e} &= F_v \cdot V_{,e}/60.000 \eta_c \\
 &= 1092,977 \cdot 69,661/60.000 \cdot 0,68 \\
 &= 1,866 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

4.2.8. Kondisi Produktif

Umur pahat pada kondisi produktif :

$$\begin{aligned}
 T_{,p} &= t_d \left((1/n) - 1 \right) \\
 &= 0,67 \left((1/0,23) - 1 \right) \\
 &= 2,243 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Kecepatan potongnya :

$$\begin{aligned}
 V_p &= k_3^n \cdot T_{,p}^{-n} \\
 &= 187,146 \cdot (2,243)^{-0,23} \\
 &= 155,414 \text{ m/menit}
 \end{aligned}$$

Putaran Spindel :

$$\begin{aligned} n_p &= 1000 \cdot V_p / \pi \cdot d \\ &= 1000 \cdot 155,414 / \pi \cdot 76,5 \\ &= 646,992 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Ternyata $n_p = 646,992 \text{ rpm}$ tidak ada maka dipilih $n_p = 475 \text{ rpm}$.

Sehingga :

$$\begin{aligned} V_p &= \pi \cdot d \cdot n_p / 1000 \\ &= \pi \cdot 76,5 \cdot 475 / 1000 \\ &= 114,1 \text{ m/menit} \end{aligned}$$

maka umur pahatnya :

$$V_p = k_3^n \cdot T_p^{-n}$$

$$T_p = \frac{k_3^n}{V_p}$$

$$T_p = \left[\frac{k_3^n}{V_p} \right]^{1/n}$$

$$T_p = \left[\frac{187,146}{114,1} \right]^{1/0,23}$$

$$= 8,597 \text{ menit}$$

Ongkos produksi :

$$\begin{aligned} C_{p,p} &= C_r + c_m [t_a + k_2 \cdot V_p^{-1} (1 + k_1 \cdot T_p^{-1})] \\ &= 0 + 42,5 [X_2 + 21,018 \cdot 114,1^{-1} (1 + 94,584/8,597)] \\ &= \text{Rp } 93,96 + 42,5 \cdot X_2/\text{produk} \end{aligned}$$

Waktu pemesinannya :

$$\begin{aligned}
 t_{m,p} &= t_a + k_2 \cdot V_{p}^{-1} (1 + t_d/T_{p}) \\
 &= X_2 + 21,018 \cdot 114,1^{-1} (1 + 0,67/8,597) \\
 &= 0,199 + X_2 \text{ menit/produk}
 \end{aligned}$$

Gaya potongnya :

$$\begin{aligned}
 K_{s1.1} &= 960 & C_{\gamma} &= 1,12 \\
 Z &= 0,2 & C_{VB} &= 1,16 \\
 C_k &= 1 & C_v &= 1 \\
 K_s &= 960 \cdot 0,2^{-0,2} \cdot 1 \cdot 1,12 \cdot 1,16 \cdot 1 \\
 &= 1720,84 \text{ N/mm}^2 \\
 F_{v,p} &= k_s \cdot b \cdot h \\
 &= 1720,84 \cdot 3,011 \cdot 0,199 \\
 &= 1031,11 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Daya pemesinan yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 N_{p} &= F_v \cdot V_{p}/60.000 \eta_c \\
 &= 1031,11 \cdot 114,1/60.000 \cdot 0,68 \\
 &= 2,884 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan selengkapnya untuk semua proses dapat dilihat pada tabel 4.3 s/d 4.5.

Tabel 4.3 Analisa Rinci Proses Pemesinan (Pengkasaran) pada Kondisi Lapangan tanpa Waktu non Produktif Ongkos non Produktif.

Langkah	d (mm)	F (mm/rev)	F_v (N)	Kondisi Sebelumnya					
				T (menit)	V (m / menit)	n (rpm)	t_m menit/ produk	C_p (Rp / produk)	N_c (KW)
1 - 1	51	0,2	364,447	658,104	46,441	290	0,2412	11,713	0,415
1 - 2	76,5	0,2	1092,977	73,459	69,661	290	0,305	29,37	1,866
1 - 3	48	0,26	900,165	549,97	43,709	290	0,1462	7,274	0,964
1 - 4	91	0,2	1094,456	34,51	82,865	290	0,07	10,964	2,223
1 - 5	98	0,26	900,165	24,639	89,284	290	0,137	27,368	1,97
1 - 6	137,5	0,2	1031,11	5,727	125,271	290	0,684	455,593	3,166
1 - 7	95	0,2	364,447	43,931	86,551	290	0,123	16,221	0,773
1 - 8	170	0,2	1031,11	2,277	154,881	290	0,401	560,439	3,914
Benda kerja dibalik									
1 - 9	57,5	0,2	1092,977	253,628	52,386	290	0,354	20,6	1,403
1 -10	75	0,2	1092,977	79,887	68,33	290	0,087	7,995	1,83
1 -11	81	0,2	1092,977	57,169	73,796	290	0,157	17,495	1,977
1 -12	87	0,2	1092,977	41,903	79,262	290	0,736	100,242	2,123
1 -13	104	0,2	1092,977	19,285	94,75	290	0,357	86,576	2,538
1 -14	121	0,2	1031,11	9,985	110,238	290	0,257	107,259	2,786
1 -15	142,5	0,2	1031,11	4,904	129,826	290	0,48	363,863	3,281
1 -16	39	0,29	973,958	1260,215	35,531	290	1,131	54,306	0,848
1 -17	42	0,29	486,979	1197,467	38,265	290	1,131	54,633	0,457
Total							6,7974	1931,911	
							+ Σt_a	+ $\Sigma c_m \cdot t_a$	

Tabel 4.4 Analisa Rinci Proses Pemessinan (Pengkasaran) pada Kondisi Ekonomis tanpa Waktu non Produktif Ongkos non Produktif.

Langkah	d (mm)	F (mm/rev)	F _v (N)	Kondisi Ekonomis					
				T (menit)	V (m / menit)	n (rpm)	t _m menit/ produk	C _p (Rp / produk)	N _c (KW)
1 - 1	51	0,2	364,447	77,016	76,067	475	0,149	13,774	0,679
1 - 2	76,5	0,2	1092,977	73,459	69,661	290	0,305	29,37	1,866
1 - 3	48	0,26	900,165	64,362	71,592	475	0,09	9,349	1,58
1 - 4	91	0,2	1094,456	310,226	50,004	175	0,115	6,338	1,341
1 - 5	98	0,26	900,165	221,503	53,878	175	0,22	13,329	1,189
1 - 6	137,5	0,2	1094,456	222,351	53,996	125	1,424	86,021	1,448
1 - 7	95	0,2	364,447	43,931	86,551	290	0,123	16,221	0,773
1 - 8	170	0,2	1094,456	88,388	66,759	125	0,725	63,344	1,79
Benda kerja dibalik									
1 - 9	57,5	0,2	1092,977	253,628	52,386	290	0,354	20,6	1,403
1 -10	75	0,2	1092,977	79,887	68,33	290	0,087	7,995	1,83
1 -11	81	0,2	1092,977	57,169	73,796	290	0,157	17,495	1,977
1 -12	87	0,2	1092,977	41,903	79,262	290	0,736	100,242	2,123
1 -13	104	0,2	1092,977	173,362	57,177	175	0,574	37,536	1,532
1 -14	121	0,2	1092,977	89,76	66,523	175	0,403	34,913	1,782
1 -15	142,5	0,2	1092,977	190,361	55,96	125	0,983	62,344	1,499
1 -16	39	0,29	973,958	147,469	58,198	475	0,693	61,978	1,389
1 -17	42	0,29	486,979	140,138	62,675	475	0,693	63,686	0,748
Total							7,831 + Σt_a	644,535 + $\Sigma c_m \cdot t_a$	

Tabel 4.5 Analisa Rinci Proses Pemesinan (Pengkasaran) pada Kondisi Produktif tanpa Waktu Non Produktif dan Ongkos non Produktif.

Langkah	d (mm)	F (mm/rev)	F _v (N)	Kondisi Produktif					
				T (menit)	V (m / menit)	n (rpm)	t _m menit/ produk	C _p (Rp / produk)	N _c (KW)
1 - 1	51	0,2	343,82	12,25	116,102	725	0,102	35,787	0,978
1 - 2	76,5	0,2	1031,11	8,597	114,1	475	0,199	93,96	2,884
1 - 3	48	0,26	849,09	10,215	109,327	725	0,0622	25,433	2,275
1 - 4	91	0,2	1031,11	4,038	135,727	475	0,049	43,7	3,43
1 - 5	98	0,26	849,09	2,883	146,241	475	0,099	116,338	3,043
1 - 6	137,5	0,2	1031,11	5,727	125,271	290	0,684	455,593	3,166
1 - 7	95	0,2	344,16	5,141	141,764	475	0,083	60,748	1,196
1 - 8	170	0,2	1031,11	2,277	154,881	290	0,401	560,439	3,914
Benda kerja dibalik									
1 - 9	57,5	0,2	1031,11	4,721	130,965	725	0,161	126,392	3,31
1 -10	75	0,2	1031,11	9,349	111,919	475	0,056	24,865	2,828
1 -11	81	0,2	1031,11	6,69	120,873	475	0,104	60,95	3,055
1 -12	87	0,2	1031,11	4,904	129,826	475	0,503	381,186	3,281
1 -13	104	0,2	1031,11	2,257	155,195	475	0,273	383,909	3,922
1 -14	121	0,2	1031,11	9,985	110,238	290	0,257	107,259	2,786
1 -15	142,5	0,2	1031,11	4,904	129,826	290	0,48	363,863	3,281
1 -16	39	0,29	973,958	23,455	88,829	725	0,465	153,768	2,12
1 -17	42	0,29	486,979	22,29	95,661	725	0,465	160,8	1,142
Total							4,443 + Σt_a	3154,99 + $\Sigma c_m \cdot t_a$	

Dari hasil perhitungan rinci (tiap langkah), tampak pada tabel 4.4 dan 4.5, harga kecepatan potong tiap langkah untuk kondisi pemotongan ekonomis dan produktif. Kecepatan optimum terletak diantara kecepatan ekonomis dan kecepatan produktif.

Besarnya waktu pemesinan untuk kondisi pemotongan ekonomis adalah $(7,831 + \sum t_a)$ menit dan untuk kondisi produktif adalah $(4,443 + \sum t_a)$ menit.

Ongkos produksi untuk kondisi pemotongan ekonomis adalah Rp $(644,535 + \sum c_m \cdot t_a)/\text{produk}$, sedang untuk kondisi produktif adalah Rp $(3154,99 + \sum c_m \cdot t_a)/\text{produk}$. Ongkos produksi yang sedemikian besar pada kondisi produktif ini disebabkan karena kecepatan potong yang besar, sehingga pahat cepat menjadi aus dan harus diganti. Sebaliknya pada kondisi ekonomis umur pahat besar, sehingga ongkos penggantian pahat bisa diperkecil.