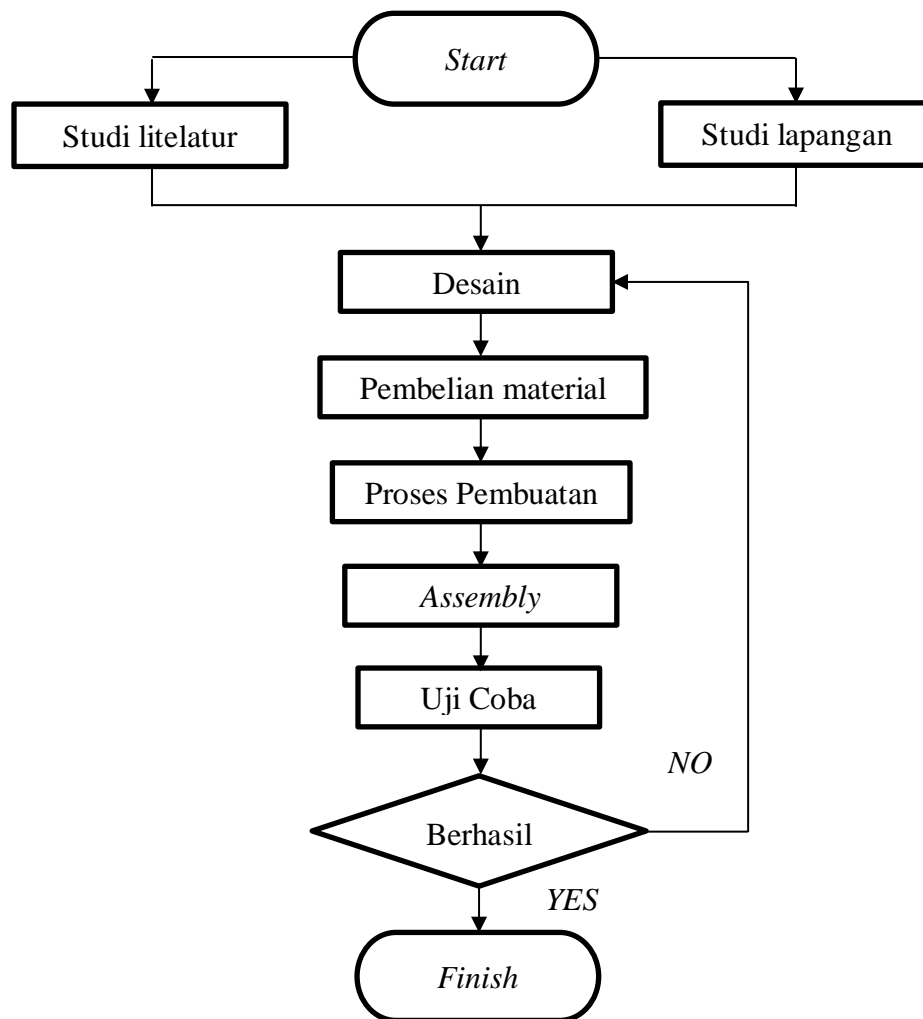


BAB III PEMBAHASAN

A. Diagram Alir

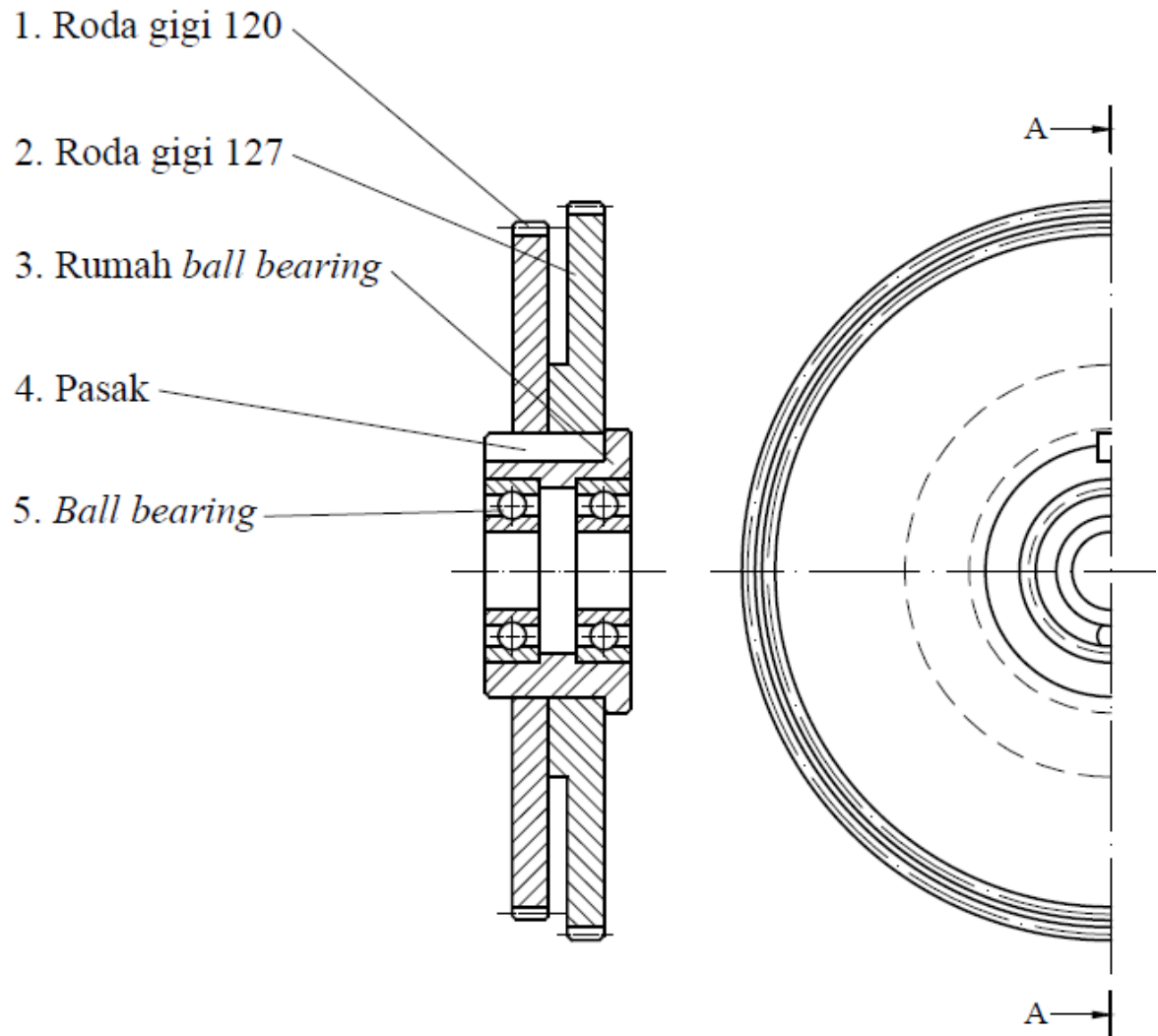
Change gear pada mesin bubut berfungsi untuk metransmisikan putaran dari roda gigi penggerak ke roda gigi yang berhubungan langsung dengan eretan untuk penguliran. Pembuatan komponen *change gear* ini dimulai pada urutan aliran proses dibawah ini :



Gambar 3.1 Diagram alir proses pembuatan komponen *change gear* untuk mesin bubut *knuth basic plus*

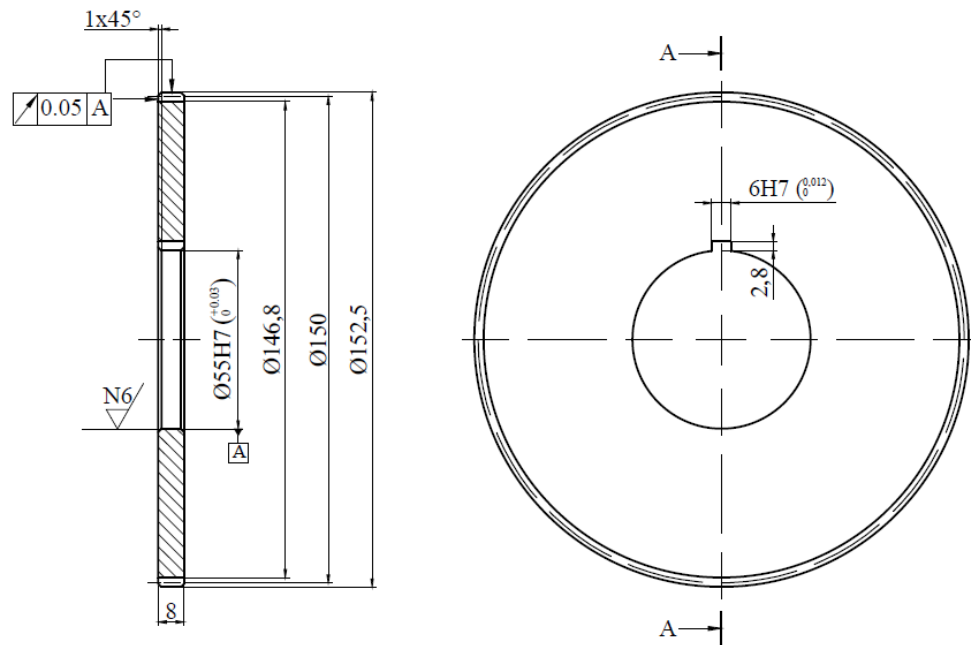
B. Design Gambar Change Gear untuk Mesin Bubut *Knuth Basic Plus*

1. Design Gambar Change Gear Keseluruhan



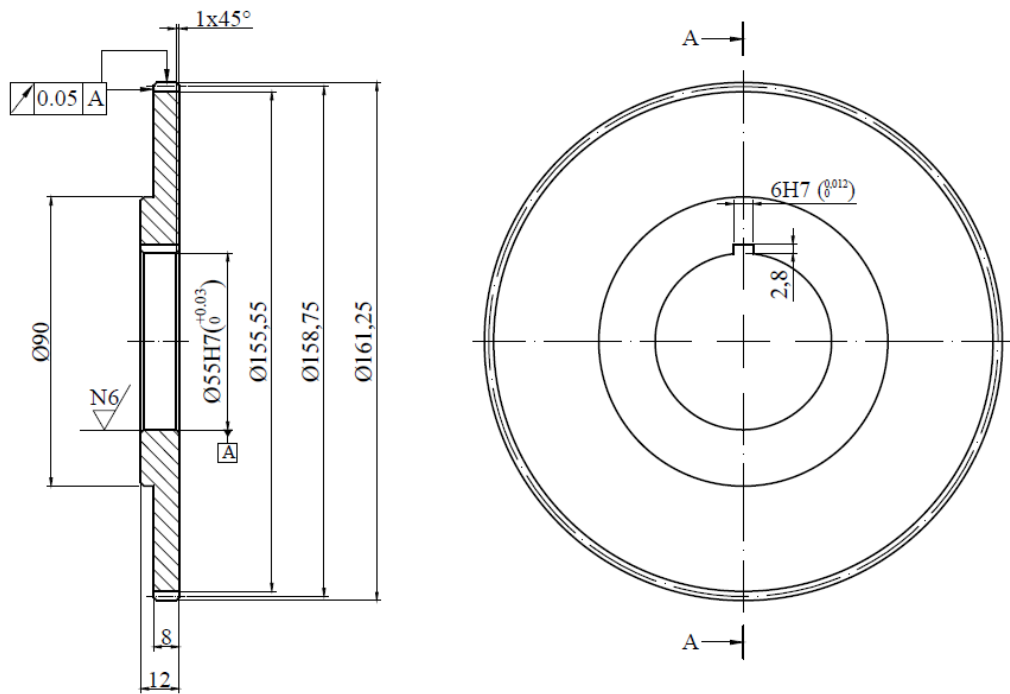
Gambar 3.2 Design *change gear* untuk mesin bubut *knuth basic plus*

2. Design Gambar Roda Gigi 120



Gambar 3.3 Design gambar roda gigi 120

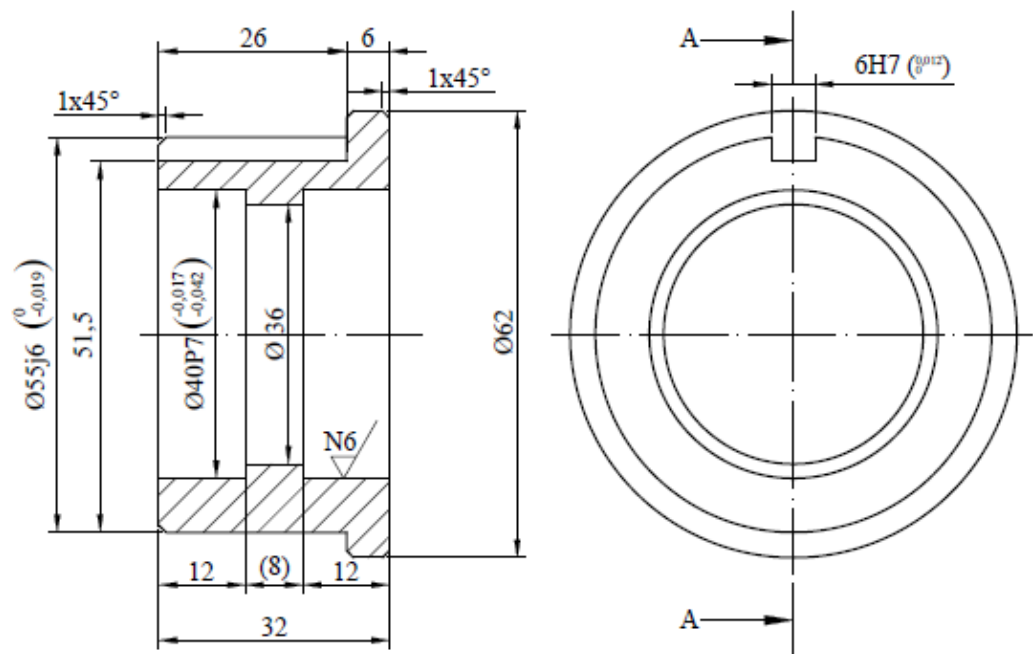
3. Design Gambar Roda Gigi 127



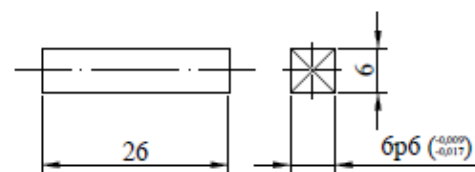
Gambar 3.4 *Design gambar roda gigi 127*

4. *Design Gambar Rumah Ball Bearing dan Pasak*

1. Rumah ball bearing



2. Pasak



Gambar 3.5 Design gambar rumah ball bearing dan pasak

C. Alat-alat yang digunakan

1. Mesin bubut

2. Mesin *frais*
3. Pahat bubut HSS (pahat rata kanan dan pahat bubut dalam)
4. *Center drill* Ø 4mm
5. Mata bor Ø 5mm, Ø 10mm, Ø 20mm, Ø 28mm
6. *Chuck* bor, kunci *chuck* dan kunci *tool post*
7. Pisau modul $M = 1.25$
8. *End mill* Ø 6mm
9. *Dividing head*
10. Jangka sorong
11. Palu plastik
12. Kacamata *safety*
13. Mesin gerinda asah
14. Kikir

D. Material Komponen *Change Gear* untuk Mesin Bubut *Knuth Basic Plus*

Untuk mengetahui material apa yang akan dipakai dalam pembuatan roda gigi, harus memperhatikan beban dinamis (W_D) dan beban statis gigi (W_S) dengan syarat W_S harus lebih besar dari W_D .

1. Beban Tangensial (W_T)

$$\begin{array}{llll} \text{Diketahui : } P & = & 1,5 \text{ Hp} & D & = & 150 \text{ mm} \\ & & n & = & 60 \text{ Rpm} & C_s & = & 1,00 \end{array}$$

$$\text{Ditanyakan : } W_T = \dots ?$$

Jawab:

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

$$v = \frac{3,14 \times 150 \times 60}{1000} = 28,26 \text{ m/menit}$$

Maka

$$W_T = \frac{P \times 4500}{v} \times Cs$$

$$W_T = \frac{1,5 \times 4500}{28,26} \times 1 = 238,85 \text{ Kg}$$

2. Beban Dinamis Gigi (W_D)

Diketahui :	$W_T = 238,85 \text{ Kg}$	$v = 28,26 \text{ m/menit}$
	$b = 0,8 \text{ cm}$	$K = 0,111$
	$E_P = 2 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$	$e = 0,00925 \text{ cm}$
	$E_G = 2 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$	

Ditanyakan : $W_D = \dots ?$

Jawab :

$$c = \frac{K \cdot e}{\frac{1}{E_P} + \frac{1}{E_G}}$$

$$c = \frac{0,111 \times 0,00925}{\frac{1}{2 \times 10^6} + \frac{1}{2 \times 10^6}} = 1026,75 \text{ cm}$$

Maka

$$W_D = W_T + \frac{0,11 v (bc + W_T)}{0,11 v + \sqrt{bc + W_T}}$$

$$W_D = 238,85 + \frac{0,11 \times 28,26 (0,8 \times 1026,75 + 238,85)}{0,11 \times 28,26 + \sqrt{0,8 \times 1026,75 + 238,85}}$$

$$W_D = 238,85 + \frac{3,1 (821,4 + 238,85)}{3,1 + \sqrt{821,4 + 238,85}}$$

$$W_D = 238,85 + \frac{3286,77}{35,66}$$

$$W_D = 238,85 + 92,16 = 331,02 \text{ Kg}$$

Jadi, beban dinamis dengan mengasumsikan material *gear* dan *pinion* adalah baja dengan modulus young (E) $\approx 2 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$ adalah 331,02 Kg.

3. Beban Statis Gigi (W_S)

Diketahui : $f_e = 3500 \text{ Kg/cm}^2$

$b = 0,8 \text{ cm}$

$m = 0,125 \text{ cm}$

$y = 0,452$

Ditanyakan : $W_S = \dots ?$

Jawab :

$$W_S = f_e \cdot b \cdot \pi \cdot m \cdot y$$

$$W_S = 3500 \times 0,8 \times 0,125 \times 0,452 = 496,74 \text{ Kg}$$

Untuk keamanan terhadap kerusakan gigi, beban statis gigi (W_S) harus lebih besar dari beban dinamis gigi (W_D). Saran Buckingham mengikuti hubungan antara W_S dan W_D .

Untuk beban tetap, $W_S \geq 1.25W_D$

$$496,74 \geq 1.25 \times 331,02$$

$$496,74 \geq 413,77$$

Untuk beban pulsasi, $W_S \geq 1.35W_D$

$$496,74 \geq 1.35 \times 331,02$$

$$496,74 \geq 446,87$$

Untuk beban kejut, $W_S \geq 1.5W_D$

$$496,74 \geq 1.5 \times 331,02$$

$$496,74 \geq 496,53$$

Beban statis gigi dipengaruhi oleh daya tahan lentur (f_e) suatu bahan. Perhitungan diatas menggunakan material baja dengan nilai $f_e = 3500 \text{ Kg/cm}^2$ yang mempunyai nilai kekerasan 200 HB.

Setelah mengetahui beban dinamis gigi (W_D) dan beban statis gigi (W_S), maka dapat ditentukan material yang akan digunakan untuk pembuatan roda gigi adalah baja dengan nilai daya tahan lentur (f_e) = 3500 Kg/cm² dan mempunyai nilai kekerasan 200 HB. Material tersebut diantaranya yaitu, S35C dengan kekerasan 149-207 HB dan S45C dengan kekerasan 167-229 HB. Setelah berkonsultasi dengan dosen pembimbing, maka dipilih material baja S45C.

Menurut literatur yang saya baca, bahwa material S45C adalah termasuk kedalam jenis material *medium carbon steel*. Sehingga berfungsi sebagai *machinery steel* atau baja untuk komponen mesin. Material S45C memiliki kandungan kimia yaitu C : karbon (0,45%), Si : Silicon (0,22%), Mn : Mangan (0,65%), Cr : Kromium (0,34%), Ni : nikel (0,02%) dan Cu : Tembaga (0,015%).

Sedangkan untuk material rumah *ball bearing* dan pasak adalah ST37 dengan kekerasan \pm 170 HB. Material ST37 merupakan baja karbon rendah dengan kandungan karbon kurang dari 0,3%. Material ini juga sering digunakan untuk konstruksi mesin. Material ST37 ini sengaja dipilih karena lebih lemah dari baja S45C, sehingga diharapkan *bearing housing* dan pasak lebih dulu rusak dari pada roda giginya.

E. Rencana Kerja Pembuatan Komponen *Change Gear* untuk Mesin Bubut *Knuth Basic Plus*

1. Rencana Kerja Pembuatan Roda Gigi 120

Material : S45C

Dimensi : $\text{Ø}155 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$

- a. Bubut muka 1, $\text{Ø}155 \text{ mm}$, dari panjang 10 mm menjadi 9 mm.
- b. Bubut muka 2, $\text{Ø}155 \text{ mm}$, dari panjang 9 mm menjadi 8 mm.
- c. Bor $\text{Ø}5$, $\text{Ø}10$, $\text{Ø}20$, $\text{Ø}28 \text{ mm}$ sepanjang 8 mm.
- d. Bubut dalam $\text{Ø}28 \text{ mm}$ menjadi $\text{Ø}55 \text{ mm}$ sepanjang 8 mm.
- e. Bubut rata dari $\text{Ø}155 \text{ mm}$ menjadi $\text{Ø}152,5 \text{ mm}$ sepanjang 8 mm.
- f. *Chamfer* sisi-sisi benda kerja, baik itu sisi bagian dalam maupun sisi bagian luar dengan ukuran $1 \times 45^\circ$.

- g. Pembuatan alur pasak sedalam 2,8 mm dengan lebar 6 mm, sepanjang 8 mm. Menggunakan mesin *frais* dengan pisau *endmill* Ø6 mm dan kikir untuk *finishing*.
- h. Pembuatan gigi menggunakan mesin *frais* dengan modul 1,25, setinggi 2,8 mm.

2. Rencana Kerja Pembuatan Roda Gigi 127

Material : S45C

Dimensi : Ø165 mm × 15 mm

- a. Bubut muka 1, Ø165 mm, dari panjang 15 mm menjadi 13,5 mm.
- b. Bubut muka 2, Ø165 mm, dari panjang 13,5 mm menjadi 12 mm.
- c. Bor Ø5, Ø10, Ø20, Ø28 mm sepanjang 12 mm.
- d. Bubut dalam Ø28 mm menjadi Ø55 mm sepanjang 12 mm.
- e. Bubut rata dari Ø165 mm menjadi Ø161,25 mm sepanjang 12 mm.
- f. Bubut rata dari Ø161,25 mm menjadi Ø90 mm sepanjang 4 mm.
- g. *Chamfer* sisi-sisi benda kerja, baik itu sisi bagian dalam maupun sisi bagian luar dengan ukuran $1 \times 45^\circ$.
- h. Pembuatan alur pasak sedalam 2,8 mm dengan lebar 6 mm, sepanjang 12 mm. Menggunakan mesin *frais* dengan pisau *endmill* Ø6 mm dan kikir untuk *finishing*.
- i. Pembuatan gigi menggunakan mesin *frais* dengan modul 1,25, setinggi 2,8 mm.

3. Rencana Kerja Pembuatan Rumah *Ball Bearing* dan Pasak

Material : ST37

Dimensi : Ø64 mm × 45 mm dan 30 mm × 10 mm × 10 mm

- a. Bubut muka 1, Ø64 mm, dari panjang 45 mm menjadi 44 mm.

- b. Bubut rata dari $\text{Ø}64$ mm menjadi $\text{Ø}62$ mm sepanjang 32 mm.
- c. Bubut rata dari $\text{Ø}62$ mm menjadi $\text{Ø}55$ mm sepanjang 26 mm.
- d. Bubut muka 2, $\text{Ø}64$ mm, dari panjang 44 mm menjadi 32 mm
- e. Bor $\text{Ø}5$, $\text{Ø}10$, $\text{Ø}20$, $\text{Ø}28$ mm sepanjang 32 mm.
- f. Bubut dalam $\text{Ø}28$ mm menjadi $\text{Ø}36$ mm sepanjang 32 mm.
- g. Bubut dalam 1, dari $\text{Ø}36$ mm menjadi $\text{Ø}40$ sepanjang 12 mm.
- h. Bubut dalam 2, dari $\text{Ø}36$ mm menjadi $\text{Ø}40$ sepanjang 12 mm.
- i. *Chamfer* sisi-sisi benda kerja, baik itu sisi bagian dalam maupun sisi bagian luar dengan ukuran $1 \times 45^\circ$.
- j. Pembuatan alur pasak sedalam 3,5 mm, dengan lebar 6 mm dan panjang 26 mm menggunakan mesin *frais* dengan pisau *endmill* $\text{Ø}6$ mm.
- k. Pembuatan pasak dengan ukuran $6 \times 6 \times 26$ mm menggunakan gerinda asah dan kikir.

F. Proses Pembuatan Roda Gigi 120

1. Ukuran Roda Gigi 120

Tabel 3.1 Ukuran roda gigi 120

No	Nama	Simbol	Perhitungan (Rumus)	Hasil (mm)
1	Modul	m		1,25
2	Jumlah Gigi	Z		120
3	Diameter Lingkaran tusuk atau lingkaran bagi atau <i>pitch circle</i>	D	$D = Z \times m$ $D = 120 \times 1,25$ $D = 150$	150
4	Diameter Lingkaran kepala atau <i>addendum circle</i>	Da	$Da = (Z + 2) m$ $Da = (120 + 2) 1,25$ $Da = 152,5$	152,5
5	Diameter Lingkaran kaki atau <i>dedendum circle</i>	Df	$Df = D - 2,5 \times m$ $Df = 150 - 2,5 \times 1,25$ $Df = 146,8$	146,8

No	Nama	Simbol	Perhitungan (Rumus)	Hasil (mm)
6	Tinggi Kepala Gigi atau <i>addendum</i>	Hk	$Hk = 1 \times m$ $Hk = 1 \times 1,25$ $Hk = 1,25$	1,25
7	Kelonggaran atau <i>Clearance</i>	Cl	$Cl = 0,57 \times m$ $Cl = 0,57 \times 1,25$ $Cl = 0,71$	0,71
8	Tusuk atau <i>Circular Pitch</i>	T	$T = m \times \pi$ $T = 1,25 \times 3,14$ $T = 3,9$	3,9
9	Tinggi Kaki Gigi atau <i>dedendum</i>	Hf	$Hf = 1,25 \times m$ $Hf = 1,25 \times 1,25$ $Hf = 1,56$	1,56
10	Tinggi Gigi atau <i>Whole depth</i>	H	$H = Hf + Hk$ $H = 1,56 + 1,25$ $H = 2,81$	2,81
11	Tebal Gigi atau <i>Tooth Thickness</i>	C	$C = \frac{T}{2} = \frac{3,9}{2} = 1,9$	1,9
12	Lebar gigi atau <i>Face Width</i>	<i>b</i>		8

- Cutter modul yang digunakan adalah nomor 7.
- Putaran engkol kepala pembagi.

Diketahui : $I = 40:1$
 $Z = 120$

$$Nk = \frac{I}{Z}$$

$$Nk = \frac{40}{120} = \frac{5}{15}$$

Berarti engkol diputar 0 putaran + 5 lubang dari piring pembagi yang jumlah lubangnya 15.

2. Proses Bubut Roda Gigi 120

a. Bubut muka 1, Ø155 mm, dari panjang 10 mm menjadi 9 mm

1) Kecepatan putaran

$$\text{Diketahui : } vc = 25 \text{ m/menit}$$

$$d = 155 \text{ mm}$$

Jawab :

$$n = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n = \frac{25 \times 1000}{3,14 \times 155}$$

$$n = 51,36 \text{ rpm} \approx 60 \text{ rpm}$$

2) Waktu satu langkah pemakanan

$$\text{Diketahui : } lt = \emptyset 155/2 + 5 = 82,5 \text{ mm}$$

$$f = 0,3 \text{ mm/putaran}$$

$$n = 60 \text{ rpm}$$

Jawab :

$$T = \frac{lt}{f \times n}$$

$$T = \frac{82,5}{0,3 \times 60}$$

$$T = 4,58 \text{ menit}$$

3) Jumlah langkah pemakanan

$$\text{Diketahui : } l_0 = 10 \text{ mm}$$

$$l_1 = 9 \text{ mm}$$

$$a = 1 \text{ mm}$$

Jawab :

$$z = \frac{l_0 - l_1}{a}$$

$$z = \frac{10 - 9}{1}$$

$$z = 1 \text{ kali pemakanan}$$

4) Total waktu pemakanan

$$\text{Diketahui : } T = 4,58 \text{ menit}$$

$$z = 1 \text{ kali pemakanan}$$

Jawab :

$$T_{total} = T \times z$$

$$T_{total} = 4,58 \times 1$$

$$T_{total} = 4,58 \text{ menit}$$

b. Bubut muka 2, Ø155 mm, dari panjang 9 mm menjadi 8 mm

1) Kecepatan putaran

$$\text{Diketahui : } vc = 25 \text{ m/menit}$$

$$d = 155 \text{ mm}$$

Jawab :

$$n = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n = \frac{25 \times 1000}{3,14 \times 155}$$

$$n = 51,36 \text{ rpm} \approx 60 \text{ rpm}$$

2) Waktu satu langkah pemakanan

$$\text{Diketahui : } lt = \frac{\text{Ø}155}{2} + 5 = 82,5 \text{ mm}$$

$$f = 0,3 \text{ mm/putaran}$$

$$n = 60 \text{ rpm}$$

Jawab :

$$T = \frac{lt}{f \times n}$$

$$T = \frac{82,5}{0,3 \times 60}$$

$$T = 4,58 \text{ menit}$$

3) Jumlah langkah pemakanan

$$\text{Diketahui : } l_0 = 9 \text{ mm}$$

$$l_1 = 8 \text{ mm}$$

$$a = 1 \text{ mm}$$

Jawab :

$$z = \frac{l_0 - l_1}{a}$$

$$z = \frac{9 - 8}{1}$$

$$z = 1 \text{ kali pemakanan}$$

4) Total waktu pemakanan

$$\text{Diketahui : } T = 4,58 \text{ menit}$$

$$z = 1 \text{ kali pemakanan}$$

Jawab :

$$T_{total} = T \times z$$

$$T_{total} = 4,58 \times 1$$

$$\mathbf{T_{total} = 4,58 \text{ menit}}$$

c. Proses bor Ø5 mm sepanjang 8 mm

1) Kecepatan putaran

$$\text{Diketahui : } vc = 25 \text{ m/menit}$$

$$d = 5 \text{ mm}$$

Jawab :

$$n = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n = \frac{25 \times 1000}{3,14 \times 5}$$

$$n = 1592,3 \text{ rpm} \approx 1550 \text{ rpm}$$

2) Waktu pemakanan

$$\text{Diketahui : } lt = 8 + 0,3 \times 5 = 9,5 \text{ mm}$$

$$f = 0,1 \text{ mm/putaran}$$

$$n = 1550 \text{ rpm}$$

Jawab :

$$T = \frac{lt}{f \times n}$$

$$T = \frac{9,5}{0,1 \times 1550}$$

$$\mathbf{T = 0,06 \text{ menit}}$$

d. Porses bor Ø10 mm sepanjang 8 mm

1) Kecepatan putaran

$$\text{Diketahui : } vc = 25 \text{ m/menit}$$

$$d = 10 \text{ mm}$$

Jawab :

$$n = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n = \frac{25 \times 1000}{3,14 \times 10}$$

$$n = 796,1 \text{ rpm} \approx 725 \text{ rpm}$$

2) Waktu pemakanan

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } lt &= 8 + 0,3 \times 10 = 11 \text{ mm} \\ f &= 0,1 \text{ mm/putaran} \\ n &= 725 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Jawab :

$$T = \frac{lt}{f \times n}$$

$$T = \frac{11}{0,1 \times 725}$$

$$T = 0,15 \text{ menit}$$

e. Proses bor Ø20 mm sepanjang 8 mm

1) Kecepatan putaran

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } vc &= 25 \text{ m/menit} \\ d &= 20 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jawab :

$$n = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n = \frac{25 \times 1000}{3,14 \times 20}$$

$$n = 398,08 \text{ rpm} \approx 430 \text{ rpm}$$

2) Waktu pemakanan

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } lt &= 8 + 0,3 \times 20 = 14 \text{ mm} \\ f &= 0,1 \text{ mm/putaran} \\ n &= 430 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Jawab :

$$T = \frac{lt}{f \times n}$$

$$T = \frac{14}{0,1 \times 430}$$

$$T = 0,32 \text{ menit}$$

f. Proses bor Ø28 mm sepanjang 8 mm

1) Kecepatan putaran

Diketahui : $vc = 25 \text{ m/menit}$

$d = 28 \text{ mm}$

Jawab :

$$n = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n = \frac{25 \times 1000}{3,14 \times 28}$$

$$n = 284,3 \text{ rpm} \approx 260 \text{ rpm}$$

2) Waktu pemakanan

Diketahui : $lt = 8 + 0,3 \times 28 = 16,4 \text{ mm}$

$f = 0,1 \text{ mm/putaran}$

$n = 260 \text{ rpm}$

Jawab :

$$T = \frac{lt}{f \times n}$$

$$T = \frac{16,4}{0,1 \times 260}$$

$$T = 0,63 \text{ menit}$$

g. Proses bubut dalam Ø28 mm menjadi Ø55 mm sepanjang 8 mm

1) Kecepatan putaran

$$\begin{aligned}
 \text{Diketahui : } v_c \text{ kasar} &= 25 \text{ m/menit} \\
 v_c \text{ halus} &= 70 \text{ m/menit} \\
 d &= \frac{d_o + d_m}{2} \\
 &= \frac{28 + 55}{2} = 41,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jawab :

$$\begin{aligned}
 n \text{ kasar} &= \frac{v_c \times 1000}{\pi \times d} \\
 n \text{ kasar} &= \frac{25 \times 1000}{3,14 \times 41,5} \\
 n \text{ kasar} &= 191,8 \text{ rpm} \approx 200 \text{ rpm} \\
 \\
 n \text{ halus} &= \frac{v_c \times 1000}{\pi \times d} \\
 n \text{ halus} &= \frac{70 \times 1000}{3,14 \times 41,5} \\
 n \text{ halus} &= 537,1 \text{ rpm} \approx 525 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

2) Waktu satu langkah pemakanan

$$\begin{aligned}
 \text{Diketahui : } l_t &= 8 + 5 = 13 \text{ mm} \\
 f \text{ kasar} &= 0,2 \text{ mm/putaran} \\
 f \text{ halus} &= 0,05 \text{ mm/putaran} \\
 n \text{ kasar} &= 200 \text{ rpm} \\
 n \text{ halus} &= 525 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

Jawab :

$$T \text{ kasar} = \frac{lt}{f \times n}$$

$$T \text{ kasar} = \frac{13}{0,2 \times 200}$$

$$T \text{ kasar} = 0,32 \text{ menit}$$

$$T \text{ halus} = \frac{lt}{f \times n}$$

$$T \text{ halus} = \frac{13}{0,05 \times 525}$$

$$T \text{ halus} = 0,49 \text{ menit}$$

3) Jumlah langkah pemakanan

$$\text{Diketahui : } do = 55 \text{ mm}$$

$$dm = 28 \text{ mm}$$

$$a \text{ kasar} = 1 \text{ mm}$$

$$a \text{ halus} = 0,5 \text{ mm}$$

Jawab :

$$z \text{ kasar} = \frac{do - dm}{2a}$$

$$z \text{ kasar} = \frac{54 - 28}{2 \times 1}$$

$$z \text{ kasar} = 13 \text{ kali pemakanan}$$

$$z \text{ halus} = \frac{do - dm}{2a}$$

$$z \text{ halus} = \frac{55 - 44}{2 \times 0,5}$$

$$z \text{ halus} = 1 \text{ kali pemakanan}$$

4) Total waktu pemakanan

Diketahui : $T_{kasar} = 0,32$ menit
 $T_{halus} = 0,49$ menit
 $z_{kasar} = 13$ kali pemakanan
 $z_{halus} = 1$ kali pemakanan

Jawab :

$$T_{total} (kasar) = T \times z$$

$$T_{total} (kasar) = 0,32 \times 13$$

$$T_{total} (kasar) = 4,16 \text{ menit}$$

$$T_{total} (halus) = T \times z$$

$$T_{total} (halus) = 0,49 \times 1$$

$$T_{total} (halus) = 0,49 \text{ menit}$$

Jadi total waktu keseluruhan adalah $4,16 + 0,49 = 4,65$ menit

h. Proses bubut rata dari $\varnothing 155$ mm menjadi $\varnothing 152,5$ mm sepanjang 8 mm

1) Kecepatan putaran

Diketahui : $vc_{kasar} = 25$ m/menit

$vc_{halus} = 70$ m/menit

$$d = \frac{d_o + d_m}{2}$$

$$= \frac{155 + 152,5}{2} = 153,75 \text{ mm}$$

Jawab :

$$n_{kasar} = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n_{kasar} = \frac{25 \times 1000}{3,14 \times 153,75}$$

$$n_{kasar} = 51,78 \text{ rpm} \approx 60 \text{ rpm}$$

$$n \text{ halus} = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n \text{ halus} = \frac{70 \times 1000}{3,14 \times 153,75}$$

$$n \text{ halus} = 144,9 \text{ rpm} \approx 180 \text{ rpm}$$

2) Waktu satu langkah pemakanan

Diketahui : $lt = 8 + 5 = 13 \text{ mm}$

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

$f \text{ halus} = 0,05 \text{ mm/putaran}$

$n \text{ kasar} = 60 \text{ rpm}$

$n \text{ halus} = 180 \text{ rpm}$

Jawab :

$$T \text{ kasar} = \frac{lt}{f \times n}$$

$$T \text{ kasar} = \frac{13}{0,2 \times 60}$$

$$T \text{ kasar} = 1,08 \text{ menit}$$

$$T \text{ halus} = \frac{lt}{f \times n}$$

$$T \text{ halus} = \frac{13}{0,05 \times 180}$$

$$T \text{ halus} = 1,44 \text{ menit}$$

3) Jumlah langkah pemakanan

Diketahui : $do = 155 \text{ mm}$

$dm = 152,5 \text{ mm}$

$a \text{ kasar} = 0,75 \text{ mm}$

$a \text{ halus} = 0,5 \text{ mm}$

Jawab :

$$z \text{ kasar} = \frac{do - dm}{2a}$$

$$z \text{ kasar} = \frac{155 - 153,5}{2 \times 0,75}$$

$$z \text{ kasar} = 1 \text{ kali pemakanan}$$

$$z \text{ halus} = \frac{do - dm}{2a}$$

$$z \text{ halus} = \frac{153,5 - 152,5}{2 \times 0,5}$$

$$z \text{ halus} = 1 \text{ kali pemakanan}$$

4) Total waktu pemakanan

Diketahui : $T \text{ kasar} = 1,08 \text{ menit}$

$T \text{ halus} = 1,44 \text{ menit}$

$z \text{ kasar} = 1 \text{ kali pemakanan}$

$z \text{ halus} = 1 \text{ kali pemakanan}$

Jawab :

$$T_{total} (\text{kasar}) = T \times z$$

$$T_{total} (\text{kasar}) = 1,08 \times 1$$

$$T_{total} (\text{kasar}) = \mathbf{1,08 \text{ menit}}$$

$$T_{total} (\text{halus}) = T \times z$$

$$T_{total} (\text{halus}) = 1,44 \times 1$$

$$T_{total} (\text{halus}) = \mathbf{1,44 \text{ menit}}$$

Jadi total waktu keseluruhan adalah $\mathbf{1,08 + 1,44 = 2,52 \text{ menit}}$

i. Total waktu proses bubut

$$T_{bubut} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7 + T_8$$

$$T_{bubut} = 4,58 + 4,58 + 0,06 + 0,15 + 0,32 + 0,63 + 4,65 + 2,52$$

$$T_{bubut} = 17,49 \text{ menit}$$

3. Proses Frais Roda Gigi 120

a. Proses pembuatan alur pasak

1) Kecepatan putaran

Diketahui : $vc = 17 \text{ m/menit}$

$d = 6 \text{ mm}$

Jawab :

$$n = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n = \frac{17 \times 1000}{3,14 \times 6}$$

$$n = 902,33 \text{ rpm} \approx 720 \text{ rpm}$$

2) Kecepatan pemakanan

Diketahui : $N = 4 \text{ mata pisau}$

$Cpt = 0,1 \text{ mm}$

$n = 720 \text{ rpm}$

Jawab :

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

$$v_f = 4 \times 0,1 \times 720$$

$$v_f = 288 \text{ mm/menit}$$

3) Waktu satu langkah pemakanan

Diketahui : $lt = 2,8 + 5 = 7,8 \text{ mm}$

$v_f = 288 \text{ mm/menit}$

Jawab :

$$T = \frac{lt}{v_f}$$

$$T = \frac{7,8}{288}$$

$$T = 0,02 \text{ menit}$$

4) Jumlah pemakanan menurun

Diketahui : $b = 8 \text{ mm}$

$a = 1 \text{ mm}$

Jawab :

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

$$z = \frac{8}{1}$$

$$z = 8 \text{ kali pemakanan}$$

5) Total waktu pemakanan

$$T_{total} = T \times z$$

$$T_{total} = 0,02 \times 8$$

$$T_{total} = \mathbf{0,16 \text{ menit}}$$

6) *Finishing* menggunakan kikir

Proses kikir dilakukan untuk membentuk alur persegi dengan ukuran lebar 6 mm, panjang 8 mm dan kedalaman 2,8 mm. Karena pada proses sebelumnya yaitu proses milling, menghasilkan alur yang berbentuk radius.

b. Proses pembuatan gigi

1) Kecepatan putaran

Diketahui : $vc = 20 \text{ m/menit}$

$d = 50 \text{ mm}$

Jawab :

$$n = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n = \frac{20 \times 1000}{3,14 \times 50}$$

$$n = 127,38 \text{ rpm}$$

2) Kecepatan pemakanan

Diketahui : $N = 12$ mata pisau

$C_{pt} = 0,1$ mm

$n = 127,38$ rpm

Jawab :

$$v_f = N \times C_{pt} \times n$$

$$v_f = 12 \times 0,1 \times 127,38$$

$$v_f = 152,85 \text{ mm/min}$$

3) Waktu satu langkah pemakanan

Diketahui : $lt = 5 + 8 + 5 = 18$ mm

$v_f = 152,85$ mm/menit

Jawab :

$$T = \frac{lt}{v_f}$$

$$T = \frac{18}{152,85}$$

$$T = 0,11 \text{ menit}$$

4) Jumlah pemakanan menurun

Diketahui : $b = 2,81$ mm

$a = 1$ mm

Jawab :

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

$$z = \frac{2,81}{1}$$

$$z = 2,81 = 3 \text{ kali pemakanan}$$

5) Total waktu pemakanan

$$T_{total} = T \times z \times Z$$

$$T_{total} = 0,11 \times 3 \times 120$$

$$T_{total} = 39,6 \text{ menit}$$

c. Total waktu pengefraisan

$$T_{frais} = T_{frais \text{ alur pasak}} + T_{frais \text{ gigi}}$$

$$T_{frais} = 0,16 + 39,6$$

$$T_{frais} = 39,76 \text{ menit}$$

4. Perhitungan Waktu Proses Pembuatan Roda Gigi 120

a. Waktu proses pembuatan roda gigi 120 pada mesin bubut

Tabel 3.2 Waktu proses pembuatan roda gigi 120 pada mesin bubut

Kegiatan operator bubut pada proses pembuatan roda gigi 120	Persentasi kegiatan untuk jenis proses pemesinan		
	Persentasi pekerjaan (%)	Waktu kerja Efektif (menit)	Waktu kerja nyata (menit)
Kegiatan produktif			
1. Mengawasi mesin yang bekerja (aktif memotong)	36.2	17.49	26.46
2. Memasang benda kerja, penyiapan, pengakhiran, pengambilan produk (mesin tidak memotong, <i>nonproduktif</i>)	13.4	6.47	9.79
3. Mengganti pisau	1.9	0.91	1.38

Kegiatan operator bubut pada proses pembuatan roda gigi 120	Persentasi kegiatan untuk jenis proses pemesinan		
	Persentasi pekerjaan (%)	Waktu kerja Efektif (menit)	Waktu kerja nyata (menit)
4. Mengukur benda kerja (pada atau diluar mesin)	5.6	2.7	4.09
Sub total	57.1	27.57	41.72
Kegiatan persiapan			
1. Memasang / menyetel peralatan bantu / pemegang (<i>jig / fixture</i>)	16.4	7.92	11.98
2. Mempelajari gambar teknik	1.1	0.53	0.8
3. Membersihkan geram atau perbaikan sederhana (<i>simple maintenance</i>)	3.5	1.69	2.55
4. Meminta / mencari pisau atau peralatan lain / mengirim / memindahkan benda kerja	3.5	1.69	2.55
5. Diskusi dengan kepala pabrik / kelompok / membantu operator lain	1.1	0.53	0.8
Sub total	25.6	12.36	18.68
Kegiatan pribadi			
1. Pergi ke kamar kecil	2.9	1.4	2.11
2. Istirahat di dekat mesin	6.8	3.28	4.97
3. Menunggu pekerjaan	4	1.93	2.92
4. Berbincang dengan teman, bersanda gurau dan lain-lain	3.6	1.73	2.63
Sub total	17.3	8.34	12.63
Total	100	48.27	73.03

Jadi waktu kerja teoritis pada mesin bubut adalah 48.27 menit \approx 0.8 jam

Waktu kerja *real* pada mesin bubut adalah 73.03 menit \approx 1.21 jam

b. Waktu proses pembuatan roda gigi 120 pada mesin frais

Tabel 3.3 Waktu proses pembuatan roda gigi 120 pada mesin *frais*

Kegiatan operator <i>frais</i> pada proses pembuatan roda gigi 120	Persentasi kegiatan untuk jenis proses pemesinan		
	Persentasi pekerjaan (%)	Waktu kerja Efektif (menit)	Waktu kerja nyata (menit)
Kegiatan produktif			
1. Mengawasi mesin yang bekerja (aktif memotong)	31.6	39.76	44.5
2. Memasang benda kerja, penyiapan, pengakhiran, pengambilan produk (mesin tidak memotong, <i>nonproduktif</i>)	16.9	21.26	23.8
3. Mengganti pisau	0.8	1	1.12
4. Mengukur benda kerja (pada atau diluar mesin)	8	10.06	11.26
Sub total	57.3	72.08	80.68
Kegiatan persiapan			
1. Memasang / menyetel peralatan bantu / pemegang (<i>jig / fixture</i>)	18.2	22.89	25.63
2. Mempelajari gambar teknik	0.4	0.5	0.56
3. Membersihkan geram atau perbaikan sederhana (<i>simple maintenance</i>)	8	10.06	11.26
4. Meminta / mencari pisau atau peralatan lain / mengirim / memindahkan benda kerja	1.8	2.26	2.53
5. Diskusi dengan kepala pabrik / kelompok / membantu operator lain	0.4	0.5	0.56
Sub total	28.8	36.21	40.54
Kegiatan pribadi			
1. Pergi ke kamar kecil	1.8	2.26	2.53

Kegiatan operator <i>frais</i> pada proses pembuatan roda gigi 120	Persentasi kegiatan untuk jenis proses pemesinan		
	Persentasi pekerjaan (%)	Waktu kerja Efektif (menit)	Waktu kerja nyata (menit)
2. Istirahat di dekat mesin	5.8	7.29	8.14
3. Menunggu pekerjaan	3.6	4.52	5.07
4. Berbincang dengan teman, bersanda gurau dan lain-lain	2.7	3.39	3.8
Sub total	13.9	17.46	19.54
Total	100	125.75	140.76

Jadi waktu kerja teoritis pada mesin *frais* adalah 125.75 menit \approx 2.09 jam

Waktu kerja *real* pada mesin *frais* adalah 140.76 menit \approx 2.34 jam

c. Total waktu proses pembuatan roda gigi 120

Gambar 3.4 Total waktu proses pembuatan roda gigi 120

Nama komponen	Nama proses	Waktu (menit)	
		Teoritis	<i>Real</i>
Roda gigi 120	Bubut	48.27	73.03
	<i>Frais</i>	125.75	140.76
Total		174.02	213.79

Jadi total waktu kerja teoritis dalam pembuatan roda gigi 120 adalah 174.02 menit \approx 2.9 jam

Total waktu kerja *real* dalam pembuatan roda gigi 120 adalah 213.79 menit \approx 3.56 jam

5. Perhitungan Biaya Proses Pembuatan Roda Gigi 120

a. Biaya material roda gigi 120

Diketahui : $\frac{1}{2}$ diameter bahan (r) = 77,5 mm
 Tinggi bahan = 10 mm
 Massa jenis besi = 7,8 g/cm³

$$w = V \times \rho$$

$$V = \pi r^2 \times t$$

$$= 3,14 \times 77,5^2 \times 10$$

$$= 188.596,25 \text{ mm}^3 = 188,59 \text{ cm}^3$$

$$w = 188,59 \times 7,8$$

$$= 1.471,002 \text{ g} = 1,47 \text{ Kg}$$

$$C_m = w \times k$$

$$= 1,47 \times \text{Rp } 32.000$$

$$= \text{Rp } 47.040,00$$

b. Biaya proses pembuatan roda gigi 120 pada mesin bubut

1) Perhitungan biaya berdasarkan waktu kerja teoritis pada mesin bubut

➤ Biaya operator

$$U_{ks} = \text{UMK (Bandung)} : \text{total waktu kerja satu bulan}$$

$$= \text{Rp } 3.091.445,56/\text{bulan} : 160 \text{ jam/bulan}$$

$$= \text{Rp } 19.321,53/\text{jam}$$

$$B_o = U_{ks} \times T_{bubut}$$

$$= \text{Rp } 19.321,53 \times 0,8$$

$$= \text{Rp } 15.457,22$$

➤ Biaya mesin

$$B_m = T_{bubut} \times \text{harga sewa mesin}$$

$$= 0,8 \times \text{Rp } 40.000,00$$

$$= \text{Rp } 32.000,00$$

➤ Biaya lain-lain

C_e = biaya tooling

Nama Tool	Harga Sewa	
Pahat bubut rata	10% × Rp 95.000,00	Rp 9.500,00
Pahat bubut dalam	10% × Rp 95.000,00	Rp 9.500,00
Mata bor Ø5	5% × Rp 25.000,00	Rp 1.250,00
Mata bor Ø10	5% × Rp 65.000,00	Rp 3.250,00
Mata bor Ø20	5% × Rp 105.000,00	Rp 5.250,00
Mata bor Ø28	5% × Rp 220.000,00	Rp 11.000,00
Jumlah		Rp 39.750,00

$$\begin{aligned}
 B_l &= \text{waktu kerja} \times \text{harga/kwh} \\
 &= 0,8 \text{ jam} \times (1,1 \text{ kwh} \times \text{Rp } 1.467,00) \\
 &= \text{Rp } 1.290,96
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B_n &= C_e + B_l \\
 &= \text{Rp } 39.750,00 + \text{Rp } 1.290,96 \\
 &= \text{Rp } 41.040,96
 \end{aligned}$$

➤ Total biaya berdasarkan waktu kerja teoritis pada mesin bubut

$$\begin{aligned}
 C_p &= B_o + B_m + B_n \\
 &= \text{Rp } 15.457,22 + \text{Rp } 32.000,00 + \text{Rp } 41.040,96 \\
 &= \text{Rp } \mathbf{88.498,18}
 \end{aligned}$$

2) Perhitungan biaya berdasarkan waktu kerja *real* pada mesin bubut

➤ Biaya operator

$$\begin{aligned}
 U_{ks} &= \text{UMK (Bandung)} : \text{total waktu kerja satu bulan} \\
 &= \text{Rp } 3.091.445,56/\text{bulan} : 160 \text{ jam/bulan} \\
 &= \text{Rp } 19.321,53/\text{jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B_o &= Uks \times T_{bubut} \\
 &= \text{Rp } 19.321,53 \times 1,21 \\
 &= \text{Rp } 23.379,05
 \end{aligned}$$

➤ Biaya mesin

$$\begin{aligned}
 B_m &= T_{bubut} \times \text{harga sewa mesin} \\
 &= 1,21 \times \text{Rp } 40.000,00 \\
 &= \text{Rp } 48.400,00
 \end{aligned}$$

➤ Biaya lain-lain

$$C_e = \text{biaya tooling}$$

Nama Tool	Harga Sewa	
Pahat bubut rata	10% × Rp 95.000,00	Rp 9.500,00
Pahat bubut dalam	10% × Rp 95.000,00	Rp 9.500,00
Mata bor Ø5	5% × Rp 25.000,00	Rp 1.250,00
Mata bor Ø10	5% × Rp 65.000,00	Rp 3.250,00
Mata bor Ø20	5% × Rp 105.000,00	Rp 5.250,00
Mata bor Ø28	5% × Rp 220.000,00	Rp 11.000,00
Jumlah		Rp 39.750,00

$$\begin{aligned}
 B_l &= \text{waktu kerja} \times \text{harga/kwh} \\
 &= 1,21 \text{ jam} \times (1,1 \text{ kwh} \times \text{Rp } 1.467,00) \\
 &= \text{Rp } 1.952,57
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B_n &= C_e + B_l \\
 &= \text{Rp } 39.750,00 + \text{Rp } 1.952,57 \\
 &= \text{Rp } 41.702,57
 \end{aligned}$$

➤ Total biaya berdasarkan waktu kerja *real* pada mesin bubut

$$\begin{aligned}
 C_p &= B_o + B_m + B_n \\
 &= \text{Rp } 23.379,05 + \text{Rp } 48.400,00 + \text{Rp } 41.702,57 \\
 &= \text{Rp } 113.481,62
 \end{aligned}$$

c. Biaya proses pembuatan roda gigi 120 pada mesin *frais*

1) Perhitungan biaya berdasarkan waktu kerja teoritis pada mesin *frais*

➤ Biaya operator

$$\begin{aligned} U_{ks} &= \text{UMK (Bandung)} : \text{total waktu kerja satu bulan} \\ &= \text{Rp } 3.091.445,56/\text{bulan} : 160 \text{ jam/bulan} \\ &= \text{Rp } 19.321,53/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_o &= U_{ks} \times T_{frais} \\ &= \text{Rp } 19.321,53 \times 2,09 \\ &= \text{Rp } 40.381,99 \end{aligned}$$

➤ Biaya mesin

$$\begin{aligned} B_m &= T_{frais} \times \text{harga sewa mesin} \\ &= 2,09 \times \text{Rp } 50.000,00 \\ &= \text{Rp } 104.500,00 \end{aligned}$$

➤ Biaya lain-lain

$$C_e = \text{biaya tooling}$$

Nama Tool	Harga Sewa	
Pisau endmill Ø6	10% × Rp 41.000,00	Rp 4.100,00
Pisau modul 1,25 no 7	10% × Rp 105.000,00	Rp 10.500,00
Kikir	5% × Rp 35.000,00	Rp 1.750,00
Jumlah		Rp 16.350,00

$$\begin{aligned} B_l &= \text{waktu kerja} \times \text{harga/kwh} \\ &= 2,09 \text{ jam} \times (1,1 \text{ kwh} \times \text{Rp } 1.467,00) \\ &= \text{Rp } 3.372,63 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_n &= C_e + B_l \\ &= \text{Rp } 16.350,00 + \text{Rp } 3.372,63 \\ &= \text{Rp } 19.722,63 \end{aligned}$$

- Total biaya berdasarkan waktu kerja teoritis pada mesin *frais*

$$\begin{aligned} C_p &= B_o + B_m + B_n \\ &= \text{Rp } 40.381,99 + \text{Rp } 104.500,00 + \text{Rp } 19.722,63 \\ &= \mathbf{\text{Rp } 164.604,62} \end{aligned}$$

- 2) Perhitungan biaya berdasarkan waktu kerja *real* pada mesin *frais*

- Biaya operator

$$\begin{aligned} U_{ks} &= \text{UMK (Bandung)} : \text{total waktu kerja satu bulan} \\ &= \text{Rp } 3.091.445,56/\text{bulan} : 160 \text{ jam/bulan} \\ &= \text{Rp } 19.321,53/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_o &= U_{ks} \times T_{frais} \\ &= \text{Rp } 19.321,53 \times 2,34 \\ &= \text{Rp } 45.212,38 \end{aligned}$$

- Biaya mesin

$$\begin{aligned} B_m &= T_{frais} \times \text{harga sewa mesin} \\ &= 2,34 \times \text{Rp } 50.000,00 \\ &= \text{Rp } 117.000,00 \end{aligned}$$

- Biaya lain-lain

$$C_e = \text{biaya tooling}$$

Nama Tool	Harga Sewa	
Pisau endmill Ø6	10% × Rp 41.000,00	Rp 4.100,00
Pisau modul 1,25 no 7	10% × Rp 105.000,00	Rp 10.500,00
Kikir	5% × Rp 35.000,00	Rp 1.750,00
Jumlah		Rp 16.350,00

$$\begin{aligned} B_l &= \text{waktu kerja} \times \text{harga/kwh} \\ &= 2,34 \text{ jam} \times (1,1 \text{ kwh} \times \text{Rp } 1.467,00) \\ &= \text{Rp } 3.776,05 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B_n &= C_e + B_l \\
 &= \text{Rp } 16.350,00 + \text{Rp } 3.776,05 \\
 &= \text{Rp } 20.126,05
 \end{aligned}$$

➤ Total biaya berdasarkan waktu kerja *real* pada mesin *frais*

$$\begin{aligned}
 C_p &= B_o + B_m + B_n \\
 &= \text{Rp } 45.212,38 + \text{Rp } 117.000,00 + \text{Rp } 20.126,05 \\
 &= \text{Rp } 182.338,43
 \end{aligned}$$

d. Total biaya proses pembuatan roda gigi 120

1) Total biaya proses pembuatan roda gigi 120 berdasarkan waktu kerja teoritis

$$\begin{aligned}
 C_p &= C_p \text{ bubut} + C_p \text{ frais} \\
 &= \text{Rp } 88.498,18 + \text{Rp } 164.604,62 \\
 &= \text{Rp } 253.102,8
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_p \text{ total} &= C_m + C_p \\
 &= \text{Rp } 47.040,00 + \text{Rp } 253.102,8 \\
 &= \text{Rp } 300.142,8
 \end{aligned}$$

2) Total biaya proses pembuatan roda gigi 120 berdasarkan waktu kerja *real*

$$\begin{aligned}
 C_p &= C_p \text{ bubut} + C_p \text{ frais} \\
 &= \text{Rp } 113.481,62 + \text{Rp } 182.338,43 \\
 &= \text{Rp } 295.820,05
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_p \text{ total} &= C_m + C_p \\
 &= \text{Rp } 47.040,00 + \text{Rp } 295.820,05 \\
 &= \text{Rp } 342.860,05
 \end{aligned}$$

G. Proses Pembuatan Roda Gigi 127

1. Ukuran Roda Gigi 127

Tabel 3.5 Ukuran roda gigi 127

No	Nama	Simbol	Perhitungan (Rumus)	Hasil (mm)
1	Modul	m		1,25
2	Jumlah Gigi	Z		127
3	Diameter Lingkaran tusuk atau lingkaran bagi atau <i>pitch circle</i>	D	$D = Z \times m$ $D = 120 \times 1,25$ $D = 150$	158,75
4	Diameter Lingkaran kepala atau <i>addendum circle</i>	Da	$Da = (Z + 2) m$ $Da = (120 + 2) 1,25$ $Da = 152,5$	161,25
5	Diameter Lingkaran kaki atau <i>dedendum circle</i>	Df	$Df = D - 2,5 \times m$ $Df = 150 - 2,5 \times 1,25$ $Df = 146,8$	155,6
6	Tinggi Kepala Gigi atau <i>addendum</i>	Hk	$Hk = 1 \times m$ $Hk = 1 \times 1,25$ $Hk = 1,25$	1,25
7	Kelonggaran atau <i>Clearance</i>	$C1$	$C1 = 0,57 \times m$ $C1 = 0,57 \times 1,25$ $C1 = 0,71$	0,71
8	Tusuk atau <i>Circular Pitch</i>	T	$T = m \times \pi$ $T = 1,25 \times 3,14$ $T = 3,9$	3,9
9	Tinggi Kaki Gigi atau <i>dedendum</i>	Hf	$Hf = 1,25 \times m$ $Hf = 1,25 \times 1,25$ $Hf = 1,56$	1,56
10	Tinggi Gigi atau <i>Whole depth</i>	H	$H = Hf + Hk$ $H = 1,56 + 1,25$ $H = 2,81$	2,81
11	Tebal Gigi atau <i>Tooth Thickness</i>	C	$C = \frac{T}{2} = \frac{3,9}{2} = 1,9$	1,9
12	Lebar gigi atau <i>Face Width</i>	B		8

- *Cutter* modul yang digunakan adalah nomor 7.
- Putaran engkol kepala pembagi.

Diketahui : $I = 40:1$

$Z = 127$

$$Nk = \frac{I}{Z}$$

$$Nk = \frac{40}{127}$$

Karena tidak ditemukan piringan yang sesuai dengan dengan 127, maka dicari angka terdekat dari 127 yang bisa dikerjakan dengan pembagian tidak langsung atau disebut Z bayangan (Z°).

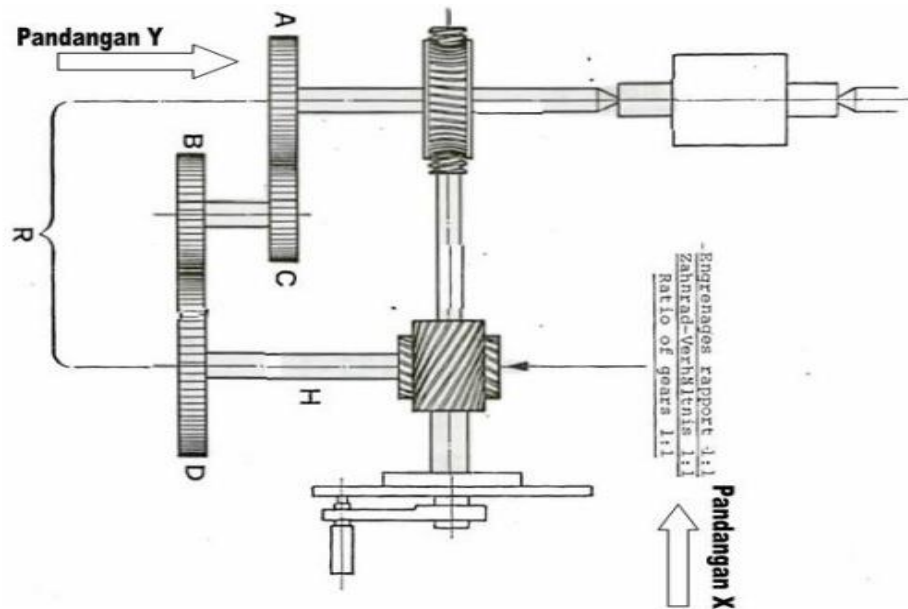
$$Z^\circ = 128$$

$$Nk = \frac{40}{128} = \frac{5}{16}$$

Berarti engkol diputar 0 putaran + 5 lubang dari piring pembagi yang jumlah lubangnya 16.

Kemudian dicari pasangan roda gigi ganti :

$$RRG = \frac{A \times B}{C \times D}$$



$$RRG = I \times \frac{Z^\circ - Z}{Z^\circ}$$

$$RRG = 40 \times \frac{128 - 127}{128}$$

$$RRG = \frac{40}{128} = \frac{5 \times 8}{8 \times 16} \times \frac{4}{4}$$

$$RRG = \frac{20 \times 32}{32 \times 64}$$

Jadi roda gigi ganti yang digunakan adalah :

$$A = 20 \quad C = 32$$

$$B = 32 \quad D = 64$$

2. Proses Bubut Roda Gigi 127

a. Bubut muka 1, Ø165 mm, dari panjang 15 mm menjadi 13,5 mm

1) Kecepatan putaran

$$\text{Diketahui : } vc = 25 \text{ m/menit}$$

$$d = 165 \text{ mm}$$

Jawab :

$$n = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n = \frac{25 \times 1000}{3,14 \times 165}$$

$$n = 48,25 \text{ rpm} \approx 60 \text{ rpm}$$

2) Waktu satu langkah pemakanan

$$\text{Diketahui : } lt = \frac{\text{Ø}165}{2} + 5 = 87,5 \text{ mm}$$

$$f = 0,3 \text{ mm/putaran}$$

$$n = 60 \text{ rpm}$$

Jawab :

$$T = \frac{lt}{f \times n}$$

$$T = \frac{87,5}{0,3 \times 60}$$

$$T = 4,86 \text{ menit}$$

3) Jumlah langkah pemakanan

Diketahui : $l_0 = 15 \text{ mm}$

$$l_1 = 13,5 \text{ mm}$$

$$a = 1 \text{ mm}$$

Jawab :

$$z = \frac{l_0 - l_1}{a}$$

$$z = \frac{15 - 13,5}{1}$$

$$z = 1,5 = 2 \text{ kali pemakanan}$$

4) Total waktu pemakanan

Diketahui : $T = 4,86 \text{ menit}$

$$z = 2 \text{ kali pemakanan}$$

Jawab :

$$T_{total} = T \times z$$

$$T_{total} = 4,86 \times 2$$

$$T_{total} = 9,72 \text{ menit}$$

b. Bubut muka 2, Ø165 mm, dari panjang 13,5 mm menjadi 12 mm

1) Kecepatan putaran

Diketahui : $vc = 25 \text{ m/menit}$

$$d = 165 \text{ mm}$$

Jawab :

$$n = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n = \frac{25 \times 1000}{3,14 \times 165}$$

$$n = 48,25 \text{ rpm} \approx 60 \text{ rpm}$$

2) Waktu satu langkah pemakanan

Diketahui : $lt = \varnothing 165/2 + 5 = 87,5 \text{ mm}$

$$f = 0,3 \text{ mm/putaran}$$

$$n = 60 \text{ rpm}$$

Jawab :

$$T = \frac{lt}{f \times n}$$

$$T = \frac{87,5}{0,3 \times 60}$$

$$T = 4,86 \text{ menit}$$

3) Jumlah langkah pemakanan

Diketahui : $l_0 = 13,5 \text{ mm}$

$$l_1 = 12 \text{ mm}$$

$$a = 1 \text{ mm}$$

Jawab :

$$z = \frac{l_0 - l_1}{a}$$

$$z = \frac{13,5 - 12}{1}$$

$$z = 1,5 = 2 \text{ kali pemakanan}$$

4) Total waktu pemakanan

Diketahui : $T = 4,86 \text{ menit}$

$$z = 2 \text{ kali pemakanan}$$

Jawab :

$$T_{total} = T \times z$$

$$T_{total} = 4,86 \times 2$$

$$T_{total} = \mathbf{9,72 \text{ menit}}$$

c. Proses bor Ø5 mm sepanjang 12 mm

1) Kecepatan putaran

Diketahui : $vc = 25 \text{ m/menit}$

$d = 5 \text{ mm}$

Jawab :

$$n = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n = \frac{25 \times 1000}{3,14 \times 5}$$

$$n = 1592,3 \text{ rpm} \approx 1550 \text{ rpm}$$

2) Waktu pemakanan

Diketahui : $lt = 12 + 0,3 \times 5 = 13,5 \text{ mm}$

$f = 0,1 \text{ mm/putaran}$

$n = 1550 \text{ rpm}$

Jawab :

$$T = \frac{lt}{f \times n}$$

$$T = \frac{13,5}{0,1 \times 1550}$$

$$T = \mathbf{0,08 \text{ menit}}$$

d. Proses bor Ø10 mm sepanjang 12 mm

1) Kecepatan putaran

Diketahui : $vc = 25 \text{ m/menit}$

$d = 10 \text{ mm}$

Jawab :

$$n = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n = \frac{25 \times 1000}{3,14 \times 10}$$

$$n = 796,1 \text{ rpm} \approx 725 \text{ rpm}$$

2) Waktu pemakanan

$$\text{Diketahui : } lt = 12 + 0,3 \times 10 = 15 \text{ mm}$$

$$f = 0,1 \text{ mm/putaran}$$

$$n = 725 \text{ rpm}$$

Jawab :

$$T = \frac{lt}{f \times n}$$

$$T = \frac{15}{0,1 \times 725}$$

$$T = 0,2 \text{ menit}$$

e. Proses bor Ø20 mm sepanjang 12 mm

1) Kecepatan putaran

$$\text{Diketahui : } vc = 25 \text{ m/menit}$$

$$d = 20 \text{ mm}$$

Jawab :

$$n = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n = \frac{25 \times 1000}{3,14 \times 20}$$

$$n = 398,08 \text{ rpm} \approx 430 \text{ rpm}$$

2) Waktu pemakanan

$$\text{Diketahui : } lt = 12 + 0,3 \times 20 = 18 \text{ mm}$$

$$f = 0,1 \text{ mm/putaran}$$

$$n = 430 \text{ rpm}$$

Jawab :

$$T = \frac{lt}{f \times n}$$

$$T = \frac{18}{0,1 \times 430}$$

$$T = 0,41 \text{ menit}$$

f. Proses bor Ø28 mm sepanjang 12 mm

1) Kecepatan putaran

$$\text{Diketahui : } vc = 25 \text{ m/menit}$$

$$d = 28 \text{ mm}$$

Jawab :

$$n = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n = \frac{25 \times 1000}{3,14 \times 28}$$

$$n = 284,3 \text{ rpm} \approx 260 \text{ rpm}$$

2) Waktu pemakanan

$$\text{Diketahui : } lt = 8 + 0,3 \times 28 = 20,4 \text{ mm}$$

$$f = 0,1 \text{ mm/putaran}$$

$$n = 260 \text{ rpm}$$

Jawab :

$$T = \frac{lt}{f \times n}$$

$$T = \frac{20,4}{0,1 \times 260}$$

$$T = 0,78 \text{ menit}$$

g. Proses bubut dalam Ø28 mm menjadi Ø55 mm sepanjang 12 mm

1) Kecepatan putaran

Diketahui : vc kasar = 25 m/menit

vc halus = 70 m/menit

$$d = \frac{do+dm}{2}$$

$$= \frac{28+55}{2} = 41,5 \text{ mm}$$

Jawab :

$$n \text{ kasar} = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n \text{ kasar} = \frac{25 \times 1000}{3,14 \times 41,5}$$

$$n \text{ kasar} = 191,8 \text{ rpm} \approx 200 \text{ rpm}$$

$$n \text{ halus} = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n \text{ halus} = \frac{70 \times 1000}{3,14 \times 41,5}$$

$$n \text{ halus} = 537,1 \text{ rpm} \approx 525 \text{ rpm}$$

2) Waktu satu langkah pemakanan

$$\begin{aligned}
 \text{Diketahui : } lt &= 12 + 5 = 17 \text{ mm} \\
 f \text{ kasar} &= 0,2 \text{ mm/putaran} \\
 f \text{ halus} &= 0,05 \text{ mm/putaran} \\
 n \text{ kasar} &= 200 \text{ rpm} \\
 n \text{ halus} &= 525 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

Jawab :

$$T \text{ kasar} = \frac{lt}{f \times n}$$

$$T \text{ kasar} = \frac{17}{0,2 \times 200}$$

$$T \text{ kasar} = 0,42 \text{ menit}$$

$$T \text{ halus} = \frac{lt}{f \times n}$$

$$T \text{ halus} = \frac{17}{0,05 \times 525}$$

$$T \text{ halus} = 0,64 \text{ menit}$$

3) Jumlah langkah pemakanan

$$\begin{aligned}
 \text{Diketahui : } do &= 55 \text{ mm} \\
 dm &= 28 \text{ mm} \\
 a \text{ kasar} &= 1 \text{ mm} \\
 a \text{ halus} &= 0,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jawab :

$$z \text{ kasar} = \frac{do - dm}{2a}$$

$$z \text{ kasar} = \frac{54 - 28}{2 \times 1}$$

$$z \text{ kasar} = 13 \text{ kali pemakanan}$$

$$z \text{ halus} = \frac{do - dm}{2a}$$

$$z \text{ halus} = \frac{55 - 54}{2 \times 0,5}$$

$$z \text{ halus} = 1 \text{ kali pemakanan}$$

4) Total waktu pemakanan

Diketahui : $T \text{ kasar} = 0,42 \text{ menit}$

$T \text{ halus} = 0,64 \text{ menit}$

$z \text{ kasar} = 13 \text{ kali pemakanan}$

$z \text{ halus} = 1 \text{ kali pemakanan}$

Jawab :

$$T_{total} (\text{kasar}) = T \times z$$

$$T_{total} (\text{kasar}) = 0,42 \times 13$$

$$T_{total} (\text{kasar}) = \mathbf{5,46 \text{ menit}}$$

$$T_{total} (\text{halus}) = T \times z$$

$$T_{total} (\text{halus}) = 0,64 \times 1$$

$$T_{total} (\text{halus}) = \mathbf{0,64 \text{ menit}}$$

Jadi total waktu keseluruhan adalah $\mathbf{5,46 + 0,64 = 6,1 \text{ menit}}$

h. Proses bubut rata dari Ø165 mm menjadi Ø161,25 mm sepanjang 12 mm

1) Kecepatan putaran

Diketahui : $vc \text{ kasar} = 25 \text{ m/menit}$

$vc \text{ halus} = 70 \text{ m/menit}$

$$d = \frac{do + dm}{2}$$

$$= \frac{165 + 161,25}{2} = 163,125 \text{ mm}$$

Jawab :

$$n \text{ kasar} = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n \text{ kasar} = \frac{25 \times 1000}{3,14 \times 163,125}$$

$$n \text{ kasar} = 48,8 \text{ rpm} \approx 60 \text{ rpm}$$

$$n \text{ halus} = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n \text{ halus} = \frac{70 \times 1000}{3,14 \times 163,125}$$

$$n \text{ halus} = 136,66 \text{ rpm} \approx 180 \text{ rpm}$$

2) Waktu satu langkah pemakanan

$$\text{Diketahui : } lt = 12 + 5 = 17 \text{ mm}$$

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

$$f \text{ halus} = 0,05 \text{ mm/putaran}$$

$$n \text{ kasar} = 60 \text{ rpm}$$

$$n \text{ halus} = 180 \text{ rpm}$$

Jawab :

$$T \text{ kasar} = \frac{lt}{f \times n}$$

$$T \text{ kasar} = \frac{17}{0,2 \times 60}$$

$$T \text{ kasar} = 1,41 \text{ menit}$$

$$T \text{ halus} = \frac{lt}{f \times n}$$

$$T \text{ halus} = \frac{17}{0,05 \times 180}$$

$$T \text{ halus} = 1,88 \text{ menit}$$

3) Jumlah langkah pemakanan

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } do &= 165 \text{ mm} \\ dm &= 161,25 \text{ mm} \\ a \text{ kasar} &= 1 \text{ mm} \\ a \text{ halus} &= 0,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jawab :

$$z \text{ kasar} = \frac{do - dm}{2a}$$

$$z \text{ kasar} = \frac{165 - 161,25}{2 \times 1}$$

$$z \text{ kasar} = 1,375 = 2 \text{ kali pemakanan}$$

$$z \text{ halus} = \frac{do - dm}{2a}$$

$$z \text{ halus} = \frac{162,25 - 161,25}{2 \times 0,5}$$

$$z \text{ halus} = 1 \text{ kali pemakanan}$$

4) Total waktu pemakanan

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } T \text{ kasar} &= 1,41 \text{ menit} \\ T \text{ halus} &= 1,88 \text{ menit} \\ z \text{ kasar} &= 2 \text{ kali pemakanan} \\ z \text{ halus} &= 1 \text{ kali pemakanan} \end{aligned}$$

Jawab :

$$T_{total} (\text{kasar}) = T \times z$$

$$T_{total} (\text{kasar}) = 1,41 \times 2$$

$$T_{total} (\text{kasar}) = 2,82 \text{ menit}$$

$$T_{total} (halus) = T \times z$$

$$T_{total} (halus) = 1,88 \times 1$$

$$T_{total} (halus) = 1,88 \text{ menit}$$

Jadi total waktu keseluruhan adalah $2,82 + 1,88 = 4,7$ menit

i. Proses bubut rata dari Ø161,25 mm menjadi Ø90 mm sepanjang 4 mm

1) Kecepatan putaran

Diketahui : vc kasar = 25 m/menit

vc halus = 70 m/menit

$$d = \frac{d_o + d_m}{2}$$

$$= \frac{161,25 + 90}{2} = 125,625 \text{ mm}$$

Jawab :

$$n \text{ kasar} = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n \text{ kasar} = \frac{25 \times 1000}{3,14 \times 125,625}$$

$$n \text{ kasar} = 63,37 \text{ rpm} \approx 60 \text{ rpm}$$

$$n \text{ halus} = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n \text{ halus} = \frac{70 \times 1000}{3,14 \times 125,625}$$

$$n \text{ halus} = 177,45 \text{ rpm} \approx 180 \text{ rpm}$$

2) Waktu satu langkah pemakanan

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } lt &= 4 + 5 = 9 \text{ mm} \\ f \text{ kasar} &= 0,2 \text{ mm/putaran} \\ f \text{ halus} &= 0,05 \text{ mm/putaran} \\ n \text{ kasar} &= 60 \text{ rpm} \\ n \text{ halus} &= 180 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Jawab :

$$T \text{ kasar} = \frac{lt}{f \times n}$$

$$T \text{ kasar} = \frac{9}{0,2 \times 60}$$

$$T \text{ kasar} = 0,75 \text{ menit}$$

$$T \text{ halus} = \frac{lt}{f \times n}$$

$$T \text{ halus} = \frac{9}{0,05 \times 180}$$

$$T \text{ halus} = 1 \text{ menit}$$

3) Jumlah langkah pemakanan

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } do &= 161,25 \text{ mm} \\ dm &= 90 \text{ mm} \\ a \text{ kasar} &= 2 \text{ mm} \\ a \text{ halus} &= 0,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jawab :

$$z \text{ kasar} = \frac{do - dm}{2a}$$

$$z \text{ kasar} = \frac{161,25 - 91}{2 \times 2}$$

$$z \text{ kasar} = 17,56 = 18 \text{ kali pemakanan}$$

$$z \text{ halus} = \frac{d_o - d_m}{2a}$$

$$z \text{ halus} = \frac{91 - 90}{2 \times 0,5}$$

$$z \text{ halus} = 1 \text{ kali pemakanan}$$

4) Total waktu pemakanan

$$\text{Diketahui : } T \text{ kasar} = 0,75 \text{ menit}$$

$$T \text{ halus} = 1 \text{ menit}$$

$$z \text{ kasar} = 18 \text{ kali pemakanan}$$

$$z \text{ halus} = 1 \text{ kali pemakanan}$$

Jawab :

$$T_{total} (\text{kasar}) = T \times z$$

$$T_{total} (\text{kasar}) = 0,75 \times 18$$

$$T_{total} (\text{kasar}) = \mathbf{13,5 \text{ menit}}$$

$$T_{total} (\text{halus}) = T \times z$$

$$T_{total} (\text{halus}) = 1 \times 1$$

$$T_{total} (\text{halus}) = \mathbf{1 \text{ menit}}$$

Jadi total waktu keseluruhan adalah $\mathbf{13,5 + 1 = 14,5 \text{ menit}}$

j. Total waktu proses bubut

$$T_{bubut} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7 + T_8 + T_9$$

$$T_{bubut} = 9,72 + 9,72 + 0,08 + 0,2 + 0,41 + 0,78 + 6,1 + 4,7 + 14,5$$

$$T_{bubut} = \mathbf{46,21 \text{ menit}}$$

3. Proses *Frais* Roda Gigi 127

a. Proses pembuatan alur pasak

1) Kecepatan putaran

$$\text{Diketahui : } v_c = 17 \text{ m/menit}$$

$$d = 6 \text{ mm}$$

Jawab :

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n = \frac{17 \times 1000}{3,14 \times 6}$$

$$n = 902,33 \text{ rpm} \approx 720 \text{ rpm}$$

2) Kecepatan pemakanan

$$\text{Diketahui : } N = 4 \text{ mata pisau}$$

$$C_{pt} = 0,1 \text{ mm}$$

$$n = 720 \text{ rpm}$$

Jawab :

$$v_f = N \times C_{pt} \times n$$

$$v_f = 4 \times 0,1 \times 720$$

$$v_f = 288 \text{ mm/menit}$$

3) Waktu satu langkah pemakanan

$$\text{Diketahui : } l_t = 2,8 + 5 = 7,8 \text{ mm}$$

$$v_f = 288 \text{ mm/menit}$$

Jawab :

$$T = \frac{l_t}{v_f}$$

$$T = \frac{7,8}{288}$$

$$T = 0,02 \text{ menit}$$

4) Jumlah pemakanan menurun

$$\text{Diketahui : } b = 8 \text{ mm}$$

$$a = 1 \text{ mm}$$

Jawab :

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

$$z = \frac{8}{1}$$

$$z = 8 \text{ kali pemakanan}$$

5) Total waktu pemakanan

$$T_{total} = T \times z$$

$$T_{total} = 0,02 \times 8$$

$$T_{total} = \mathbf{0,16 \text{ menit}}$$

6) *Finishing* menggunakan kikir

Proses kikir dilakukan untuk membentuk alur persegi dengan ukuran lebar 6 mm, panjang 8 mm dan kedalaman 2,8 mm. Karena pada proses sebelumnya yaitu proses milling, menghasilkan alur yang berbentuk radius.

b. Proses pembuatan gigi

1) Kecepatan putaran

$$\text{Diketahui : } vc = 20 \text{ m/menit}$$

$$d = 50 \text{ mm}$$

Jawab :

$$n = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n = \frac{20 \times 1000}{3,14 \times 50}$$

$$n = 127,38 \text{ rpm}$$

2) Kecepatan pemakanan

$$\text{Diketahui : } N = 12 \text{ mata pisau}$$

$$C_{pt} = 0,1 \text{ mm}$$

$$n = 127,38 \text{ rpm}$$

Jawab :

$$v_f = N \times C_{pt} \times n$$

$$v_f = 12 \times 0,1 \times 127,38$$

$$v_f = 152,85 \text{ mm/menit}$$

3) Waktu satu langkah pemakanan

$$\text{Diketahui : } lt = 5 + 8 + 5 = 18 \text{ mm}$$

$$v_f = 152,85 \text{ mm/menit}$$

Jawab :

$$T = \frac{lt}{v_f}$$

$$T = \frac{18}{152,85}$$

$$T = 0,11 \text{ menit}$$

4) Jumlah pemakanan menurun

$$\text{Diketahui : } b = 2,81 \text{ mm}$$

$$a = 1 \text{ mm}$$

Jawab :

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

$$z = \frac{2,81}{1}$$

$$z = 2,81 = 3 \text{ kali pemakanan}$$

5) Total waktu pemakanan

$$T_{total} = T \times z \times Z$$

$$T_{total} = 0,11 \times 3 \times 127$$

$$T_{total} = \mathbf{41,91 \text{ menit}}$$

c. Total waktu pengefraisan

$$T_{frais} = T_{frais \text{ alur pasak}} + T_{frais \text{ gigi}}$$

$$T_{frais} = 0,16 + 41,91$$

$$T_{frais} = \mathbf{42,07 \text{ menit}}$$

4. Perhitungan Waktu Proses Pembuatan Roda Gigi 127

a. Waktu proses pembuatan roda gigi 127 pada mesin bubut

Tabel 3.6 Waktu proses pembuatan roda gigi 127 pada mesin bubut

Kegiatan operator bubut pada proses pembuatan roda gigi 127	Persentasi kegiatan untuk jenis proses pemesinan		
	Persentasi pekerjaan (%)	Waktu kerja Efektif (menit)	Waktu kerja nyata (menit)
Kegiatan produktif			
1. Mengawasi mesin yang bekerja (aktif memotong)	36.2	46.21	55.21
2. Memasang benda kerja, penyiapan, pengakhiran, pengambilan produk (mesin tidak memotong, <i>nonproduktif</i>)	13.4	17.1	20.43
3. Mengganti pisau	1.9	2.42	2.89
4. Mengukur benda kerja (pada atau diluar mesin)	5.6	7.14	8.54
Sub total	57.1	72.87	87.07
Kegiatan persiapan			
1. Memasang / menyetel peralatan bantu / pemegang (<i>jig / fixture</i>)	16.4	20.93	25.01

Kegiatan operator bubut pada proses pembuatan roda gigi 127	Persentasi kegiatan untuk jenis proses pemesinan		
	Persentasi pekerjaan (%)	Waktu kerja Efektif (menit)	Waktu kerja nyata (menit)
2. Mempelajari gambar teknik	1.1	1.4	1.67
3. Membersihkan geram atau perbaikan sederhana (<i>simple maintenance</i>)	3.5	4.46	5.33
4. Meminta / mencari pisau atau peralatan lain / mengirim / memindahkan benda kerja	3.5	4.46	5.33
5. Diskusi dengan kepala pabrik / kelompok / membantu operator lain	1.1	1.4	1.67
Sub total	25.6	32.65	39.01
Kegiatan pribadi			
1. Pergi ke kamar kecil	2.9	3.7	4.42
2. Istirahat di dekat mesin	6.8	8.68	10.37
3. Menunggu pekerjaan	4	5.1	6.1
4. Berbincang dengan teman, bersanda gurau dan lain-lain	3.6	4.59	5.49
Sub total	17.3	22.07	26.38
Total	100	127.59	152.46

Jadi waktu kerja teoritis pada mesin bubut adalah 127.59 menit \approx 2.12 jam

Waktu kerja *real* pada mesin bubut adalah 152.46 menit \approx 2.54 jam

b. Waktu proses pembuatan roda gigi 127 pada mesin frais

Tabel 3.7 Waktu proses pembuatan roda gigi 127 pada mesin *frais*

Kegiatan operator <i>frais</i> pada proses pembuatan roda gigi 127	Persentasi kegiatan untuk jenis proses pemesinan		
	Persentasi pekerjaan (%)	Waktu kerja Efektif (menit)	Waktu kerja nyata (menit)
Kegiatan produktif			
1. Mengawasi mesin yang bekerja (aktif memotong)	31.6	42.07	47.26
2. Memasang benda kerja, penyiapan, pengakhiran, pengambilan produk (mesin tidak memotong, <i>nonproduktif</i>)	16.9	22.49	25.27
3. Mengganti pisau	0.8	1.06	1.19
4. Mengukur benda kerja (pada atau diluar mesin)	8	10.65	11.96
Sub total	57.3	76.27	85.68
Kegiatan persiapan			
1. Memasang / menyetel peralatan bantu / pemegang (<i>jig / fixture</i>)	18.2	24.22	27.21
2. Mempelajari gambar teknik	0.4	0.53	0.59
3. Membersihkan geram atau perbaikan sederhana (<i>simple maintenance</i>)	8	10.65	11.96
4. Meminta / mencari pisau atau peralatan lain / mengirim / memindahkan benda kerja	1.8	2.39	2.69
5. Diskusi dengan kepala pabrik / kelompok / membantu operator lain	0.4	0.53	0.59
Sub total	28.8	38.32	43.04

Kegiatan operator <i>frais</i> pada proses pembuatan roda gigi 127	Persentasi kegiatan untuk jenis proses pemesinan		
	Persentasi pekerjaan (%)	Waktu kerja Efektif (menit)	Waktu kerja nyata (menit)
Kegiatan pribadi			
1. Pergi ke kamar kecil	1.8	2.39	2.69
2. Istirahat di dekat mesin	5.8	7.72	8.67
3. Menunggu pekerjaan	3.6	4.79	5.38
4. Berbincang dengan teman, bersanda gurau dan lain-lain	2.7	3.59	4.03
Sub total	13.9	18.49	20.77
Total	100	133.08	149.49

Jadi waktu kerja teoritis pada mesin *frais* adalah 133.08 menit \approx 2.21 jam

Waktu kerja *real* pada mesin *frais* adalah 149.49 menit \approx 2.49 jam

c. **Total waktu proses pembuatan roda gigi 127**

Gambar 3.8 Total waktu proses pembuatan roda gigi 127

Nama komponen	Nama proses	Waktu (menit)	
		Teoritis	<i>Real</i>
Roda gigi 127	Bubut	127.59	152.46
	<i>Frais</i>	133.08	149.49
Total		260.67	301.95

Jadi total waktu kerja teoritis dalam pembuatan roda gigi 127 adalah 260.67 menit \approx 4.34 jam

Total waktu kerja *real* dalam pembuatan roda gigi 127 adalah 301.95 menit \approx 5.03 jam

5. Perhitungan Biaya Proses Pembuatan Roda Gigi 127

a. Biaya material roda gigi 127

Diketahui : $\frac{1}{2}$ diameter bahan (r) = 82,5 mm
 Tinggi bahan = 15 mm
 Massa jenis besi = 7,8 g/cm³

$$w = V \times \rho$$

$$\begin{aligned} V &= \pi r^2 \times t \\ &= 3,14 \times 82,5^2 \times 15 \\ &= 320.574,37 \text{ mm}^3 = 320,57 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} w &= 320,57 \times 7,8 \\ &= 2.500,446 \text{ g} = 2,5 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_m &= w \times k \\ &= 2,5 \times \text{Rp } 32.000 \\ &= \text{Rp } 80.000,00 \end{aligned}$$

b. Biaya proses pembuatan roda gigi 127 pada mesin bubut

1) Perhitungan biaya berdasarkan waktu kerja teoritis pada mesin bubut

➤ Biaya operator

$$\begin{aligned} U_{ks} &= \text{UMK (Bandung)} : \text{total waktu kerja satu bulan} \\ &= \text{Rp } 3.091.445,56/\text{bulan} : 160 \text{ jam/bulan} \\ &= \text{Rp } 19.321,53/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_o &= U_{ks} \times T_{bubut} \\ &= \text{Rp } 19.321,53 \times 2,12 \\ &= \text{Rp } 40.961,64 \end{aligned}$$

➤ Biaya mesin

$$\begin{aligned} B_m &= T_{bubut} \times \text{harga sewa mesin} \\ &= 2,12 \times \text{Rp } 40.000,00 \\ &= \text{Rp } 84.800,00 \end{aligned}$$

➤ Biaya lain-lain

C_e = biaya tooling

Nama Tool	Harga Sewa	
Pahat bubut rata	10% × Rp 95.000,00	Rp 9.500,00
Pahat bubut dalam	10% × Rp 95.000,00	Rp 9.500,00
Mata bor Ø5	5% × Rp 25.000,00	Rp 1.250,00
Mata bor Ø10	5% × Rp 65.000,00	Rp 3.250,00
Mata bor Ø20	5% × Rp 105.000,00	Rp 5.250,00
Mata bor Ø28	5% × Rp 220.000,00	Rp 11.000,00
Jumlah		Rp 39.750,00

$$\begin{aligned}
 B_l &= \text{waktu kerja} \times \text{harga/kwh} \\
 &= 2,12 \text{ jam} \times (1,1 \text{ kwh} \times \text{Rp } 1.467,00) \\
 &= \text{Rp } 3.421,04
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B_n &= C_e + B_l \\
 &= \text{Rp } 39.750,00 + \text{Rp } 3.421,04 \\
 &= \text{Rp } 43.171,04
 \end{aligned}$$

➤ Total biaya berdasarkan waktu kerja teoritis pada mesin bubut

$$\begin{aligned}
 C_p &= B_o + B_m + B_n \\
 &= \text{Rp } 40.961,64 + \text{Rp } 84.800,00 + \text{Rp } 43.171,04 \\
 &= \text{Rp } \mathbf{168.932,68}
 \end{aligned}$$

2) Perhitungan biaya berdasarkan waktu kerja *real* pada mesin bubut

➤ Biaya operator

$$\begin{aligned}
 U_{ks} &= \text{UMK (Bandung)} : \text{total waktu kerja satu bulan} \\
 &= \text{Rp } 3.091.445,56/\text{bulan} : 160 \text{ jam/bulan} \\
 &= \text{Rp } 19.321,53/\text{jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B_o &= Uks \times T_{bubut} \\
 &= \text{Rp } 19.321,53 \times 2,54 \\
 &= \text{Rp } 49.076,68
 \end{aligned}$$

➤ Biaya mesin

$$\begin{aligned}
 B_m &= T_{bubut} \times \text{harga sewa mesin} \\
 &= 2,54 \times \text{Rp } 40.000,00 \\
 &= \text{Rp } 101.600,00
 \end{aligned}$$

➤ Biaya lain-lain

$$C_e = \text{biaya tooling}$$

Nama Tool	Harga Sewa	
Pahat bubut rata	10% × Rp 95.000,00	Rp 9.500,00
Pahat bubut dalam	10% × Rp 95.000,00	Rp 9.500,00
Mata bor Ø5	5% × Rp 25.000,00	Rp 1.250,00
Mata bor Ø10	5% × Rp 65.000,00	Rp 3.250,00
Mata bor Ø20	5% × Rp 105.000,00	Rp 5.250,00
Mata bor Ø28	5% × Rp 220.000,00	Rp 11.000,00
Jumlah		Rp 39.750,00

$$\begin{aligned}
 B_l &= \text{waktu kerja} \times \text{harga/kwh} \\
 &= 2,54 \text{ jam} \times (1,1 \text{ kwh} \times \text{Rp } 1.467,00) \\
 &= \text{Rp } 4.098,79
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B_n &= C_e + B_l \\
 &= \text{Rp } 39.750,00 + \text{Rp } 4.098,79 \\
 &= \text{Rp } 43.848,79
 \end{aligned}$$

- Total biaya berdasarkan waktu kerja *real* pada mesin bubut

$$\begin{aligned} C_p &= B_o + B_m + B_n \\ &= \text{Rp } 49.076,68 + \text{Rp } 101.600,00 + \text{Rp } 43.848,79 \\ &= \text{Rp } 194.525,47 \end{aligned}$$

c. Biaya proses pembuatan roda gigi 127 pada mesin *frais*

- 1) Perhitungan biaya berdasarkan waktu kerja teoritis pada mesin *frais*

- Biaya operator

$$\begin{aligned} U_{ks} &= \text{UMK (Bandung)} : \text{total waktu kerja satu bulan} \\ &= \text{Rp } 3.091.445,56/\text{bulan} : 160 \text{ jam/bulan} \\ &= \text{Rp } 19.321,53/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_o &= U_{ks} \times T_{frais} \\ &= \text{Rp } 19.321,53 \times 2,21 \\ &= \text{Rp } 42.700,58 \end{aligned}$$

- Biaya mesin

$$\begin{aligned} B_m &= T_{frais} \times \text{harga sewa mesin} \\ &= 2,21 \times \text{Rp } 50.000,00 \\ &= \text{Rp } 110.500,00 \end{aligned}$$

- Biaya lain-lain

$$C_e = \text{biaya tooling}$$

Nama Tool	Harga Sewa	
Pisau endmill Ø6	10% × Rp 41.000,00	Rp 4.100,00
Pisau modul 1,25 no 7	10% × Rp 105.000,00	Rp 10.500,00
Kikir	5% × Rp 35.000,00	Rp 1.750,00
Jumlah		Rp 16.350,00

$$\begin{aligned}
 B_l &= \text{waktu kerja} \times \text{harga/kwh} \\
 &= 2,21 \text{ jam} \times (1,1 \text{ kwh} \times \text{Rp } 1.467,00) \\
 &= \text{Rp } 3.566,27
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B_n &= C_e + B_l \\
 &= \text{Rp } 16.350,00 + \text{Rp } 3.566,27 \\
 &= \text{Rp } 19.916,27
 \end{aligned}$$

- Total biaya berdasarkan waktu kerja teoritis pada mesin *frais*

$$\begin{aligned}
 C_p &= B_o + B_m + B_n \\
 &= \text{Rp } 42.700,58 + \text{Rp } 110.500,00 + \text{Rp } 19.916,27 \\
 &= \mathbf{\text{Rp } 173.116,85}
 \end{aligned}$$

- 2) Perhitungan biaya berdasarkan waktu kerja *real* pada mesin *frais*

- Biaya operator

$$\begin{aligned}
 U_{ks} &= \text{UMK (Bandung)} : \text{total waktu kerja satu bulan} \\
 &= \text{Rp } 3.091.445,56/\text{bulan} : 160 \text{ jam/bulan} \\
 &= \text{Rp } 19.321,53/\text{jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B_o &= U_{ks} \times T_{frais} \\
 &= \text{Rp } 19.321,53 \times 2,49 \\
 &= \text{Rp } 48.110,60
 \end{aligned}$$

- Biaya mesin

$$\begin{aligned}
 B_m &= T_{frais} \times \text{harga sewa mesin} \\
 &= 2,49 \times \text{Rp } 50.000,00 \\
 &= \text{Rp } 124.500,00
 \end{aligned}$$

➤ Biaya lain-lain

C_e = biaya tooling

Nama Tool	Harga Sewa	
Pisau endmill Ø6	10% × Rp 41.000,00	Rp 4.100,00
Pisau modul 1,25 no 7	10% × Rp 105.000,00	Rp 10.500,00
Kikir	5% × Rp 35.000,00	Rp 1.750,00
Jumlah		Rp 16.350,00

$$\begin{aligned}
 B_l &= \text{waktu kerja} \times \text{harga/kwh} \\
 &= 2,49 \text{ jam} \times (1,1 \text{ kwh} \times \text{Rp } 1.467,00) \\
 &= \text{Rp } 4.018,11
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B_n &= C_e + B_l \\
 &= \text{Rp } 16.350,00 + \text{Rp } 4.018,11 \\
 &= \text{Rp } 20.368,11
 \end{aligned}$$

➤ Total biaya berdasarkan waktu kerja *real* pada mesin *frais*

$$\begin{aligned}
 C_p &= B_o + B_m + B_n \\
 &= \text{Rp } 48.110,60 + \text{Rp } 124.500,00 + \text{Rp } 20.368,11 \\
 &= \text{Rp } 192.978,71
 \end{aligned}$$

d. Total biaya proses pembuatan roda gigi 127

- 1) Total biaya proses pembuatan roda gigi 127 berdasarkan waktu kerja teoritis

$$\begin{aligned}
 C_p &= C_p \text{ bubut} + C_p \text{ frais} \\
 &= \text{Rp } 168.932,68 + \text{Rp } 173.116,85 \\
 &= \text{Rp } 342.049,53
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_p \text{ total} &= C_m + C_p \\
 &= \text{Rp } 80.000,00 + \text{Rp } 342.049,53 \\
 &= \text{Rp } 422.049,53
 \end{aligned}$$

- 2) Total biaya proses pembuatan roda gigi 127 berdasarkan waktu kerja *real*

$$\begin{aligned} C_p &= C_{p \text{ bubut}} + C_{p \text{ frais}} \\ &= \text{Rp } 194.525,47 + \text{Rp } 192.978,71 \\ &= \text{Rp } 387.504,18 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{p \text{ total}} &= C_m + C_p \\ &= \text{Rp } 80.000,00 + \text{Rp } 387.504,18 \\ &= \text{Rp } 467.504,18 \end{aligned}$$

H. Proses Pembuatan Rumah *Ball Bearing* dan Pasak

1. Proses Bubut Rumah *Ball Bearing*

a. Bubut muka 1, Ø64 mm dari panjang 45 mm menjadi 44 mm

- 1) Kecepatan putaran

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } v_c &= 25 \text{ m/menit} \\ d &= 64 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jawab :

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n = \frac{25 \times 1000}{3,14 \times 64}$$

$$n = 124,40 \text{ rpm} \approx 90 \text{ rpm}$$

- 2) Waktu satu langkah pemakanan

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } l_t &= \text{Ø}64/2 + 5 = 37 \text{ mm} \\ f &= 0,3 \text{ mm/putaran} \\ n &= 90 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Jawab :

$$T = \frac{lt}{f \times n}$$

$$T = \frac{37}{0,3 \times 90}$$

$$T = 1,37 \text{ menit}$$

3) Jumlah langkah pemakanan

Diketahui : $l_0 = 45 \text{ mm}$

$l_1 = 44 \text{ mm}$

$a = 1 \text{ mm}$

Jawab :

$$z = \frac{l_0 - l_1}{a}$$

$$z = \frac{45 - 44}{1}$$

$$z = 1 \text{ kali pemakanan}$$

4) Total waktu pemakanan

Diketahui : $T = 1,37 \text{ menit}$

$z = 1 \text{ kali pemakanan}$

Jawab :

$$T_{total} = T \times z$$

$$T_{total} = 1,37 \times 1$$

$$T_{total} = \mathbf{1,37 \text{ menit}}$$

b. Proses bubut rata dari Ø64 mm menjadi Ø62 mm sepanjang 32 mm

1) Kecepatan putaran

$$\text{Diketahui : } v_c \text{ kasar} = 25 \text{ m/menit}$$

$$v_c \text{ halus} = 70 \text{ m/menit}$$

$$d = \frac{d_o + d_m}{2}$$

$$= \frac{64 + 62}{2} = 63 \text{ mm}$$

Jawab :

$$n \text{ kasar} = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n \text{ kasar} = \frac{25 \times 1000}{3,14 \times 63}$$

$$n \text{ kasar} = 126,37 \text{ rpm} \approx 90 \text{ rpm}$$

$$n \text{ halus} = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n \text{ halus} = \frac{70 \times 1000}{3,14 \times 63}$$

$$n \text{ halus} = 353,85 \text{ rpm} \approx 320 \text{ rpm}$$

2) Waktu satu langkah pemakanan

$$\text{Diketahui : } l_t = 32 + 5 = 37 \text{ mm}$$

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

$$f \text{ halus} = 0,05 \text{ mm/putaran}$$

$$n \text{ kasar} = 90 \text{ rpm}$$

$$n \text{ halus} = 320 \text{ rpm}$$

Jawab :

$$T \text{ kasar} = \frac{lt}{f \times n}$$

$$T \text{ kasar} = \frac{37}{0,2 \times 90}$$

$$T \text{ kasar} = 2,05 \text{ menit}$$

$$T \text{ halus} = \frac{lt}{f \times n}$$

$$T \text{ halus} = \frac{37}{0,05 \times 320}$$

$$T \text{ halus} = 2,31 \text{ menit}$$

3) Jumlah langkah pemakanan

$$\text{Diketahui : } do = 64 \text{ mm}$$

$$dm = 62 \text{ mm}$$

$$a \text{ kasar} = 0,5 \text{ mm}$$

$$a \text{ halus} = 0,5 \text{ mm}$$

Jawab :

$$z \text{ kasar} = \frac{do - dm}{2a}$$

$$z \text{ kasar} = \frac{64 - 62}{2 \times 0,5}$$

$$z \text{ kasar} = 1 \text{ kali pemakanan}$$

$$z \text{ halus} = \frac{do - dm}{2a}$$

$$z \text{ halus} = \frac{63 - 62}{2 \times 0,5}$$

$$z \text{ halus} = 1 \text{ kali pemakanan}$$

4) Total waktu pemakanan

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } T_{kasar} &= 2,05 \text{ menit} \\ T_{halus} &= 2,31 \text{ menit} \\ z_{kasar} &= 1 \text{ kali pemakanan} \\ z_{halus} &= 1 \text{ kali pemakanan} \end{aligned}$$

Jawab :

$$T_{total} (kasar) = T \times z$$

$$T_{total} (kasar) = 2,05 \times 1$$

$$\mathbf{T_{total} (kasar) = 2,05 \text{ menit}}$$

$$T_{total} (halus) = T \times z$$

$$T_{total} (halus) = 2,31 \times 1$$

$$\mathbf{T_{total} (halus) = 2,31 \text{ menit}}$$

Jadi total waktu keseluruhan adalah $2,05 + 2,31 = 4,36$ menit**c. Proses bubut rata dari Ø62 mm menjadi Ø55 mm sepanjang 26 mm**

1) Kecepatan putaran

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } vc_{kasar} &= 25 \text{ m/menit} \\ vc_{halus} &= 70 \text{ m/menit} \\ d &= \frac{d_o + d_m}{2} \\ &= \frac{62 + 55}{2} = 58,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jawab :

$$n_{kasar} = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n_{kasar} = \frac{25 \times 1000}{3,14 \times 58,5}$$

$$n_{kasar} = 136,09 \text{ rpm} \approx 180 \text{ rpm}$$

$$n \text{ halus} = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n \text{ halus} = \frac{70 \times 1000}{3,14 \times 58,5}$$

$$n \text{ halus} = 381,07 \text{ rpm} \approx 430 \text{ rpm}$$

2) Waktu satu langkah pemakanan

Diketahui : $lt = 26 + 5 = 31 \text{ mm}$

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

$f \text{ halus} = 0,05 \text{ mm/putaran}$

$n \text{ kasar} = 180 \text{ rpm}$

$n \text{ halus} = 430 \text{ rpm}$

Jawab :

$$T \text{ kasar} = \frac{lt}{f \times n}$$

$$T \text{ kasar} = \frac{31}{0,2 \times 180}$$

$$T \text{ kasar} = 0,86 \text{ menit}$$

$$T \text{ halus} = \frac{lt}{f \times n}$$

$$T \text{ halus} = \frac{31}{0,05 \times 430}$$

$$T \text{ halus} = 1,44 \text{ menit}$$

3) Jumlah langkah pemakanan

Diketahui : $do = 62 \text{ mm}$

$dm = 55 \text{ mm}$

$a \text{ kasar} = 1 \text{ mm}$

$a \text{ halus} = 0,5 \text{ mm}$

Jawab :

$$z \text{ kasar} = \frac{do - dm}{2a}$$

$$z \text{ kasar} = \frac{62 - 56}{2 \times 1}$$

$$z \text{ kasar} = 3 \text{ kali pemakanan}$$

$$z \text{ halus} = \frac{do - dm}{2a}$$

$$z \text{ halus} = \frac{56 - 55}{2 \times 0,5}$$

$$z \text{ halus} = 1 \text{ kali pemakanan}$$

4) Total waktu pemakanan

Diketahui : $T \text{ kasar} = 0,86 \text{ menit}$

$T \text{ halus} = 1,44 \text{ menit}$

$z \text{ kasar} = 3 \text{ kali pemakanan}$

$z \text{ halus} = 1 \text{ kali pemakanan}$

Jawab :

$$T_{total} (\text{kasar}) = T \times z$$

$$T_{total} (\text{kasar}) = 0,86 \times 3$$

$$\mathbf{T_{total} (\text{kasar}) = 2,58 \text{ menit}}$$

$$T_{total} (\text{halus}) = T \times z$$

$$T_{total} (\text{halus}) = 1,44 \times 1$$

$$\mathbf{T_{total} (\text{halus}) = 1,44 \text{ menit}}$$

Jadi total waktu keseluruhan adalah $2,58 + 1,44 = 4,02 \text{ menit}$

d. Bubut muka 2, Ø64 mm dari panjang 44 mm menjadi 32 mm

1) Kecepatan putaran

$$\text{Diketahui : } vc = 25 \text{ m/menit}$$

$$d = 64 \text{ mm}$$

Jawab :

$$n = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n = \frac{25 \times 1000}{3,14 \times 64}$$

$$n = 124,40 \text{ rpm} \approx 90 \text{ rpm}$$

2) Waktu satu langkah pemakanan

$$\text{Diketahui : } lt = \frac{\text{Ø}64}{2} + 5 = 37 \text{ mm}$$

$$f = 0,3 \text{ mm/putaran}$$

$$n = 90 \text{ rpm}$$

Jawab :

$$T = \frac{lt}{f \times n}$$

$$T = \frac{37}{0,3 \times 90}$$

$$T = 1,37 \text{ menit}$$

3) Jumlah langkah pemakanan

$$\text{Diketahui : } l_0 = 44 \text{ mm}$$

$$l_1 = 32 \text{ mm}$$

$$a = 2 \text{ mm}$$

Jawab :

$$z = \frac{l_0 - l_1}{a}$$

$$z = \frac{44 - 32}{2}$$

$$z = 6 \text{ kali pemakanan}$$

4) Total waktu pemakanan

$$\text{Diketahui : } T = 1,37 \text{ menit}$$

$$z = 6 \text{ kali pemakanan}$$

Jawab :

$$T_{total} = T \times z$$

$$T_{total} = 1,37 \times 6$$

$$\mathbf{T_{total} = 8,22 \text{ menit}}$$

e. Proses bor Ø5 mm sepanjang 32 mm

1) Kecepatan putaran

$$\text{Diketahui : } vc = 25 \text{ m/menit}$$

$$d = 5 \text{ mm}$$

Jawab :

$$n = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n = \frac{25 \times 1000}{3,14 \times 5}$$

$$n = 1592,3 \text{ rpm} \approx 1550 \text{ rpm}$$

2) Waktu pemakanan

$$\text{Diketahui : } lt = 32 + 0,3 \times 5 = 33,5 \text{ mm}$$

$$f = 0,1 \text{ mm/putaran}$$

$$n = 1550 \text{ rpm}$$

Jawab :

$$T = \frac{lt}{f \times n}$$

$$T = \frac{33,5}{0,1 \times 1550}$$

$$\mathbf{T = 0,21 \text{ menit}}$$

f. Proses bor Ø10 mm sepanjang 32 mm

1) Kecepatan putaran

$$\text{Diketahui : } vc = 25 \text{ m/menit}$$

$$d = 10 \text{ mm}$$

Jawab :

$$n = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n = \frac{25 \times 1000}{3,14 \times 10}$$

$$n = 796,1 \text{ rpm} \approx 725 \text{ rpm}$$

2) Waktu pemakanan

$$\text{Diketahui : } lt = 32 + 0,3 \times 10 = 35 \text{ mm}$$

$$f = 0,1 \text{ mm/putaran}$$

$$n = 725 \text{ rpm}$$

Jawab :

$$T = \frac{lt}{f \times n}$$

$$T = \frac{35}{0,1 \times 725}$$

$$T = 0,48 \text{ menit}$$

g. Proses bor Ø20 mm sepanjang 32 mm

1) Kecepatan putaran

$$\text{Diketahui : } vc = 25 \text{ m/menit}$$

$$d = 20 \text{ mm}$$

Jawab :

$$n = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n = \frac{25 \times 1000}{3,14 \times 20}$$

$$n = 398,08 \text{ rpm} \approx 430 \text{ rpm}$$

2) Waktu pemakanan

$$\text{Diketahui : } lt = 32 + 0,3 \times 20 = 38 \text{ mm}$$

$$f = 0,1 \text{ mm/putaran}$$

$$n = 430 \text{ rpm}$$

Jawab :

$$T = \frac{lt}{f \times n}$$

$$T = \frac{38}{0,1 \times 430}$$

$$T = 0,88 \text{ menit}$$

h. Proses bor Ø28 mm sepanjang 32 mm

1) Kecepatan putaran

$$\text{Diketahui : } vc = 25 \text{ m/menit}$$

$$d = 28 \text{ mm}$$

Jawab :

$$n = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n = \frac{25 \times 1000}{3,14 \times 28}$$

$$n = 284,3 \text{ rpm} \approx 260 \text{ rpm}$$

2) Waktu pemakanan

$$\text{Diketahui : } lt = 32 + 0,3 \times 28 = 44,4 \text{ mm}$$

$$f = 0,1 \text{ mm/putaran}$$

$$n = 260 \text{ rpm}$$

Jawab :

$$T = \frac{lt}{f \times n}$$

$$T = \frac{44,4}{0,1 \times 260}$$

$$T = 1,7 \text{ menit}$$

i. Proses bubut dalam dari Ø28 mm menjadi Ø36 mm sepanjang 32 mm

1) Kecepatan putaran

$$\text{Diketahui : } vc \text{ kasar} = 25 \text{ m/menit}$$

$$vc \text{ halus} = 70 \text{ m/menit}$$

$$d = \frac{do+dm}{2}$$

$$= \frac{28+36}{2} = 32 \text{ mm}$$

Jawab :

$$n \text{ kasar} = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n \text{ kasar} = \frac{25 \times 1000}{3,14 \times 32}$$

$$n \text{ kasar} = 248,8 \text{ rpm} \approx 240 \text{ rpm}$$

$$n \text{ halus} = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n \text{ halus} = \frac{70 \times 1000}{3,14 \times 32}$$

$$n \text{ halus} = 696,65 \text{ rpm} \approx 700 \text{ rpm}$$

2) Waktu satu langkah pemakanan

$$\begin{aligned}
 \text{Diketahui : } lt &= 32 + 5 = 37 \text{ mm} \\
 f \text{ kasar} &= 0,2 \text{ mm/putaran} \\
 f \text{ halus} &= 0,05 \text{ mm/putaran} \\
 n \text{ kasar} &= 240 \text{ rpm} \\
 n \text{ halus} &= 700 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

Jawab :

$$T \text{ kasar} = \frac{lt}{f \times n}$$

$$T \text{ kasar} = \frac{37}{0,2 \times 240}$$

$$T \text{ kasar} = 0,77 \text{ menit}$$

$$T \text{ halus} = \frac{lt}{f \times n}$$

$$T \text{ halus} = \frac{37}{0,05 \times 700}$$

$$T \text{ halus} = 1,05 \text{ menit}$$

3) Jumlah langkah pemakanan

$$\begin{aligned}
 \text{Diketahui : } do &= 36 \text{ mm} \\
 dm &= 28 \text{ mm} \\
 a \text{ kasar} &= 1 \text{ mm} \\
 a \text{ halus} &= 0,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jawab :

$$z \text{ kasar} = \frac{do - dm}{2a}$$

$$z \text{ kasar} = \frac{35 - 28}{2 \times 1}$$

$$z \text{ kasar} = 3,5 = 4 \text{ kali pemakanan}$$

$$z \text{ halus} = \frac{do - dm}{2a}$$

$$z \text{ halus} = \frac{36 - 35}{2 \times 0,5}$$

$$z \text{ halus} = 1 \text{ kali pemakanan}$$

4) Total waktu pemakanan

Diketahui : $T \text{ kasar} = 0,77 \text{ menit}$

$T \text{ halus} = 1,05 \text{ menit}$

$z \text{ kasar} = 4 \text{ kali pemakanan}$

$z \text{ halus} = 1 \text{ kali pemakanan}$

Jawab :

$$T_{total} (\text{kasar}) = T \times z$$

$$T_{total} (\text{kasar}) = 0,77 \times 4$$

$$T_{total} (\text{kasar}) = 3,08 \text{ menit}$$

$$T_{total} (\text{halus}) = T \times z$$

$$T_{total} (\text{halus}) = 1,05 \times 1$$

$$T_{total} (\text{halus}) = 1,05 \text{ menit}$$

Jadi total waktu keseluruhan adalah $3,08 + 1,05 = 4,13 \text{ menit}$

j. Proses bubut dalam 1, dari Ø36 mm menjadi Ø40 mm sepanjang 12 mm

1) Kecepatan putaran

Diketahui : $vc \text{ kasar} = 25 \text{ m/menit}$

$vc \text{ halus} = 70 \text{ m/menit}$

$$d = \frac{do + dm}{2}$$

$$= \frac{36 + 40}{2} = 38 \text{ mm}$$

Jawab :

$$n \text{ kasar} = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n \text{ kasar} = \frac{25 \times 1000}{3,14 \times 38}$$

$$n \text{ kasar} = 209,52 \text{ rpm} \approx 200 \text{ rpm}$$

$$n \text{ halus} = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n \text{ halus} = \frac{70 \times 1000}{3,14 \times 38}$$

$$n \text{ halus} = 586,65 \text{ rpm} \approx 525 \text{ rpm}$$

2) Waktu satu langkah pemakanan

$$\text{Diketahui : } lt = 12 + 5 = 17 \text{ mm}$$

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

$$f \text{ halus} = 0,05 \text{ mm/putaran}$$

$$n \text{ kasar} = 200 \text{ rpm}$$

$$n \text{ halus} = 525 \text{ rpm}$$

Jawab :

$$T \text{ kasar} = \frac{lt}{f \times n}$$

$$T \text{ kasar} = \frac{17}{0,2 \times 200}$$

$$T \text{ kasar} = 0,42 \text{ menit}$$

$$T \text{ halus} = \frac{lt}{f \times n}$$

$$T \text{ halus} = \frac{17}{0,05 \times 525}$$

$$T \text{ halus} = 0,64 \text{ menit}$$

3) Jumlah langkah pemakanan

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } do &= 40 \text{ mm} \\ dm &= 36 \text{ mm} \\ a \text{ kasar} &= 0,75 \text{ mm} \\ a \text{ halus} &= 0,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jawab :

$$z \text{ kasar} = \frac{do - dm}{2a}$$

$$z \text{ kasar} = \frac{39 - 36}{2 \times 0,75}$$

$$z \text{ kasar} = 2 \text{ kali pemakanan}$$

$$z \text{ halus} = \frac{do - dm}{2a}$$

$$z \text{ halus} = \frac{40 - 39}{2 \times 0,5}$$

$$z \text{ halus} = 1 \text{ kali pemakanan}$$

4) Total waktu pemakanan

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } T \text{ kasar} &= 0,42 \text{ menit} \\ T \text{ halus} &= 0,64 \text{ menit} \\ z \text{ kasar} &= 2 \text{ kali pemakanan} \\ z \text{ halus} &= 1 \text{ kali pemakanan} \end{aligned}$$

Jawab :

$$T_{total} (\text{kasar}) = T \times z$$

$$T_{total} (\text{kasar}) = 0,64 \times 2$$

$$T_{total} (\text{kasar}) = \mathbf{1,28 \text{ menit}}$$

$$T_{total} (halus) = T \times z$$

$$T_{total} (halus) = 0,64 \times 1$$

$$T_{total} (halus) = 0,64 \text{ menit}$$

Jadi total waktu keseluruhan adalah $1,28 + 0,64 = 1,92$ menit

k. Proses bubut dalam 2, dari Ø36 mm menjadi Ø40 mm sepanjang 12 mm

1) Kecepatan putaran

$$\text{Diketahui : } vc \text{ kasar} = 25 \text{ m/menit}$$

$$vc \text{ halus} = 70 \text{ m/menit}$$

$$d = \frac{d_o + d_m}{2}$$

$$= \frac{36 + 40}{2} = 38 \text{ mm}$$

Jawab :

$$n \text{ kasar} = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n \text{ kasar} = \frac{25 \times 1000}{3,14 \times 38}$$

$$n \text{ kasar} = 209,52 \text{ rpm} \approx 200 \text{ rpm}$$

$$n \text{ halus} = \frac{vc \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n \text{ halus} = \frac{70 \times 1000}{3,14 \times 38}$$

$$n \text{ halus} = 586,65 \text{ rpm} \approx 525 \text{ rpm}$$

2) Waktu satu langkah pemakanan

$$\begin{aligned}
 \text{Diketahui : } lt &= 12 + 5 = 17 \text{ mm} \\
 f \text{ kasar} &= 0,2 \text{ mm/putaran} \\
 f \text{ halus} &= 0,05 \text{ mm/putaran} \\
 n \text{ kasar} &= 200 \text{ rpm} \\
 n \text{ halus} &= 525 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

Jawab :

$$T \text{ kasar} = \frac{lt}{f \times n}$$

$$T \text{ kasar} = \frac{17}{0,2 \times 200}$$

$$T \text{ kasar} = 0,42 \text{ menit}$$

$$T \text{ halus} = \frac{lt}{f \times n}$$

$$T \text{ halus} = \frac{17}{0,05 \times 525}$$

$$T \text{ halus} = 0,64 \text{ menit}$$

3) Jumlah langkah pemakanan

$$\begin{aligned}
 \text{Diketahui : } do &= 40 \text{ mm} \\
 dm &= 36 \text{ mm} \\
 a \text{ kasar} &= 0,75 \text{ mm} \\
 a \text{ halus} &= 0,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jawab :

$$z \text{ kasar} = \frac{do - dm}{2a}$$

$$z \text{ kasar} = \frac{39 - 36}{2 \times 0,75}$$

$$z \text{ kasar} = 2 \text{ kali pemakanan}$$

$$z \text{ halus} = \frac{d_o - d_m}{2a}$$

$$z \text{ halus} = \frac{40 - 39}{2 \times 0,5}$$

$$z \text{ halus} = 1 \text{ kali pemakanan}$$

4) Total waktu pemakanan

Diketahui : $T \text{ kasar} = 0,42 \text{ menit}$

$T \text{ halus} = 0,64 \text{ menit}$

$z \text{ kasar} = 2 \text{ kali pemakanan}$

$z \text{ halus} = 1 \text{ kali pemakanan}$

Jawab :

$$T_{total} (\text{kasar}) = T \times z$$

$$T_{total} (\text{kasar}) = 0,42 \times 2$$

$$T_{total} (\text{kasar}) = 0,84 \text{ menit}$$

$$T_{total} (\text{halus}) = T \times z$$

$$T_{total} (\text{halus}) = 0,64 \times 1$$

$$T_{total} (\text{halus}) = 0,64 \text{ menit}$$

Jadi total waktu keseluruhan adalah $0,84 + 0,64 = 1,48 \text{ menit}$

1. Total waktu proses bubut

$$T_{bubut} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7 + T_8 + T_9 + T_{10} + T_{11}$$

$$T_{bubut} = 1,37 + 4,36 + 4,02 + 8,22 + 0,21 + 0,48 + 0,88 + 1,7 + 4,13 + 1,92 + 1,92$$

$$T_{bubut} = 29,21 \text{ menit}$$

2. Proses *Frais* Rumah *Ball Bearing*

a. Kecepatan putaran

$$\text{Diketahui : } v_c = 17 \text{ m/menit}$$

$$d = 6 \text{ mm}$$

Jawab :

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times d}$$

$$n = \frac{17 \times 1000}{3,14 \times 6}$$

$$n = 902,33 \text{ rpm} \approx 720 \text{ rpm}$$

b. Kecepatan pemakanan

$$\text{Diketahui : } N = 4 \text{ mata pisau}$$

$$C_{pt} = 0,1 \text{ mm}$$

$$n = 720 \text{ rpm}$$

Jawab :

$$v_f = N \times C_{pt} \times n$$

$$v_f = 4 \times 0,1 \times 720$$

$$v_f = 288 \text{ mm/menit}$$

c. Waktu satu langkah pemakanan

$$\text{Diketahui : } l_t = 26 + 5 = 31 \text{ mm}$$

$$v_f = 288 \text{ mm/menit}$$

Jawab :

$$T = \frac{l_t}{v_f}$$

$$T = \frac{31}{288}$$

$$T = 0,1 \text{ menit}$$

d. Jumlah pemakanan menurun

$$\text{Diketahui : } b = 3,5 \text{ mm}$$

$$a = 1 \text{ mm}$$

Jawab :

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

$$z = \frac{3,5}{1}$$

$$z = 3,5 = 4 \text{ kali pemakanan}$$

e. Total waktu pemakanan

$$T_{total} = T \times z$$

$$T_{total} = 0,1 \times 4$$

$$T_{total} = \mathbf{0,4 \text{ menit}}$$

3. Proses Pembuatan Pasak

Proses pembuatan pasak dari ukuran panjang 30 mm, lebar 10 mm dan tinggi 10 mm menjadi ukuran panjang 26 mm, lebar 6 mm dan tinggi 6 mm. Proses ini menggunakan mesin gerinda asah dan *difinishing* dengan menggunakan kikir. Waktu proses menggunakan mesin gerinda asah sekitar \pm **5 menit**.

4. Perhitungan Waktu Proses Pembuatan Rumah *Ball Bearing* dan Pasak

a. Waktu proses pembuatan rumah *ball bearing* pada mesin bubut

Tabel 3.9 Waktu proses pembuatan rumah *ball bearing* pada mesin bubut

Kegiatan operator bubut pada proses pembuatan rumah <i>ball bearing</i>	Persentasi kegiatan untuk jenis proses pemesinan		
	Persentasi pekerjaan (%)	Waktu kerja Efektif (menit)	Waktu kerja nyata (menit)
Kegiatan produktif			
1. Mengawasi mesin yang bekerja (aktif memotong)	36.2	29.21	37.91
2. Memasang benda kerja, penyiapan, pengakhiran, pengambilan produk (mesin tidak memotong, <i>nonproduktif</i>)	13.4	10.81	14.03
3. Mengganti pisau	1.9	1.53	1.98
4. Mengukur benda kerja (pada atau diluar mesin)	5.6	4.51	5.86
Sub total	57.1	46.06	59.78
Kegiatan persiapan			
1. Memasang / menyetel peralatan bantu / pemegang (<i>jig / fixture</i>)	16.4	13.23	17.17
2. Mempelajari gambar teknik	1.1	0.88	1.15
3. Membersihkan geram atau perbaikan sederhana (<i>simple maintenance</i>)	3.5	2.82	3.66
4. Meminta / mencari pisau atau peralatan lain / mengirim / memindahkan benda kerja	3.5	2.82	3.66
5. Diskusi dengan kepala pabrik / kelompok / membantu operator lain	1.1	0.88	1.15
Sub total	25.6	20.63	26.79

Kegiatan operator bubut pada proses pembuatan rumah <i>ball bearing</i>	Persentasi kegiatan untuk jenis proses pemesinan		
	Persentasi pekerjaan (%)	Waktu kerja Efektif (menit)	Waktu kerja nyata (menit)
Kegiatan pribadi			
1. Pergi ke kamar kecil	2.9	2.34	3.03
2. Istirahat di dekat mesin	6.8	5.48	7.12
3. Menunggu pekerjaan	4	3.22	4.18
4. Berbincang dengan teman, bersanda gurau dan lain-lain	3.6	2.9	3.77
Sub total	17.3	13.94	18.1
Total	100	80.63	104.67

Jadi waktu kerja teoritis pada mesin bubut adalah 80.63 menit \approx 1.34 jam

Waktu kerja *real* pada mesin bubut adalah 104.67 menit \approx 1.74 jam

b. Waktu proses pembuatan rumah *ball bearing* pada mesin frais

Tabel 3.10 Waktu proses pembuatan rumah *ball bearing* pada mesin *frais*

Kegiatan operator <i>frais</i> pada proses pembuatan rumah <i>ball bearing</i>	Persentasi kegiatan untuk jenis proses pemesinan		
	Persentasi pekerjaan (%)	Waktu kerja Efektif (menit)	Waktu kerja nyata (menit)
Kegiatan produktif			
1. Mengawasi mesin yang bekerja (aktif memotong)	31.6	0.4	3.37
2. Memasang benda kerja, penyiapan, pengakhiran, pengambilan produk (mesin tidak memotong, <i>nonproduktif</i>)	16.9	0.21	1.8
3. Mengganti pisau	0.8	0.01	0.08

Kegiatan operator <i>frais</i> pada proses pembuatan rumah <i>ball bearing</i>	Persentasi kegiatan untuk jenis proses pemesinan		
	Persentasi pekerjaan (%)	Waktu kerja Efektif (menit)	Waktu kerja nyata (menit)
4. Mengukur benda kerja (pada atau diluar mesin)	8	0.1	0.85
Sub total	57.3	0.72	6.1
Kegiatan persiapan			
1. Memasang / menyetel peralatan bantu / pemegang (<i>jig / fixture</i>)	18.2	0.22	1.94
2. Mempelajari gambar teknik	0.4	0.005	0.04
3. Membersihkan geram atau perbaikan sederhana (<i>simple maintenance</i>)	8	0.1	0.85
4. Meminta / mencari pisau atau peralatan lain / mengirim / memindahkan benda kerja	1.8	0.02	0.19
5. Diskusi dengan kepala pabrik / kelompok / membantu operator lain	0.4	0.005	0.04
Sub total	28.8	0.35	3.06
Kegiatan pribadi			
1. Pergi ke kamar kecil	1.8	0.02	0.19
2. Istirahat di dekat mesin	5.8	0.07	0.61
3. Menunggu pekerjaan	3.6	0.04	0.38
4. Berbincang dengan teman, bersanda gurau dan lain-lain	2.7	0.03	0.28
Sub total	13.9	0.16	1.46
Total	100	1.23	10.62

Jadi waktu kerja teoritis pada mesin *frais* adalah 1.23 menit \approx 0.02 jam

Waktu kerja *real* pada mesin *frais* adalah 10.62 menit \approx 0.17 jam

c. Waktu proses pembuatan pasak

Tabael 3.11 Waktu proses pembuatan pasak

Nama mesin	Nama kegiatan	Waktu (menit)
Gerinda asah	Proses gerinda	5
	Penyiapan, pengukuran, pengambilan produk.	2.5
Total		7.5

Jadi waktu proses menggunakan mesin gerinda asah adalah 7.5 menit \approx 0.12 jam

d. Total waktu pembuatan rumah *ball bearing* dan pasak

Tabel 3.12 Total waktu proses pembuatan rumah *ball bearing* dan pasak

Nama komponen	Nama proses	Waktu (menit)	
		Teoritis	<i>Real</i>
Rumah <i>ball bearing</i> dan pasak	Bubut	80.63	104.67
	<i>Frais</i>	1.23	10.62
	Gerinda asah	7.5	
Total		89.36	122.79

Jadi total waktu kerja teoritis dalam pembuatan rumah *ball bearing* dan pasak adalah 89.36 menit \approx 1.48 jam

Total waktu kerja *real* dalam pembuatan rumah *ball bearing* dan pasak adalah 122.79 menit \approx 2.04 jam

5. Perhitungan Biaya Proses Pembuatan Rumah *Ball Bearing* dan Pasak

a. Biaya material rumah *ball bearing* dan pasak

1. Biaya material rumah *ball bearing*

Diketahui : $\frac{1}{2}$ diameter bahan (r) = 32 mm

Tinggi bahan = 45 mm

massa jenis besi = 7,8 g/cm³

$$w = V \times \rho$$

$$V = \pi r^2 \times t$$

$$= 3,14 \times 32^2 \times 15$$

$$= 48.230,4 \text{ mm}^3 = 48,23 \text{ cm}^3$$

$$w = 48,23 \times 7,8$$

$$= 376,19 \text{ g} = 0,37 \text{ Kg}$$

$$C_m = w \times k$$

$$= 0,37 \times \text{Rp } 20.000$$

$$= \text{Rp } 7.400,00$$

2. Biaya material pasak

Diketahui : Panjang bahan = 30 mm

Lebar bahan = 10 mm

Tinggi bahan = 10 mm

Massa jenis besi = 7,8 g/cm³

$$w = V \times \rho$$

$$v = p \times l \times t$$

$$= 30 \times 10 \times 10$$

$$= 3.000 \text{ mm}^3 = 3 \text{ cm}^3$$

$$w = 3 \times 7,8$$

$$= 23,4 \text{ g} = 0,02 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned}
 C_m &= w \times k \\
 &= 0,02 \times \text{Rp } 20.000 \\
 &= \text{Rp } 400,00
 \end{aligned}$$

3. Total biaya material

$$\begin{aligned}
 C_m &= C_m \text{ bearing housing} + C_m \text{ pasak} \\
 &= \text{Rp } 7.400,00 + \text{Rp } 400,00 \\
 &= \text{Rp } 7.800,00
 \end{aligned}$$

b. Biaya proses pembuatan rumah *ball bearing* pada mesin bubut

1. Perhitungan biaya berdasarkan waktu kerja teoritis pada mesin bubut

➤ Biaya operator

$$\begin{aligned}
 U_{ks} &= \text{UMK (Bandung)} : \text{total waktu kerja satu bulan} \\
 &= \text{Rp } 3.091.445,56/\text{bulan} : 160 \text{ jam/bulan} \\
 &= \text{Rp } 19.321,53/\text{jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B_o &= U_{ks} \times T_{bubut} \\
 &= \text{Rp } 19.321,53 \times 1,34 \\
 &= \text{Rp } 25.890,85
 \end{aligned}$$

➤ Biaya mesin

$$\begin{aligned}
 B_m &= T_{bubut} \times \text{harga sewa mesin} \\
 &= 1,34 \times \text{Rp } 40.000,00 \\
 &= \text{Rp } 53.600,00
 \end{aligned}$$

➤ Biaya lain-lain

C_e = biaya tooling

Nama Tool	Harga Sewa	
Pahat bubut rata	10% × Rp 95.000,00	Rp 9.500,00
Pahat bubut dalam	10% × Rp 95.000,00	Rp 9.500,00
Mata bor Ø5	5% × Rp 25.000,00	Rp 1.250,00
Mata bor Ø10	5% × Rp 65.000,00	Rp 3.250,00
Mata bor Ø20	5% × Rp 105.000,00	Rp 5.250,00
Mata bor Ø28	5% × Rp 220.000,00	Rp 11.000,00
Jumlah		Rp 39.750,00

$$\begin{aligned}
 B_l &= \text{waktu kerja} \times \text{harga/kwh} \\
 &= 1,34 \text{ jam} \times (1,1 \text{ kwh} \times \text{Rp } 1.467,00) \\
 &= \text{Rp } 2.162,35
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B_n &= C_e + B_l \\
 &= \text{Rp } 39.750,00 + \text{Rp } 2.162,35 \\
 &= \text{Rp } 41.912,35
 \end{aligned}$$

➤ Total biaya berdasarkan waktu kerja teoritis pada mesin bubut

$$\begin{aligned}
 C_p &= B_o + B_m + B_n \\
 &= \text{Rp } 25.890,85 + \text{Rp } 53.600,00 + \text{Rp } 41.912,35 \\
 &= \text{Rp } 121.403,2
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan biaya berdasarkan waktu kerja *real* pada mesin bubut

➤ Biaya operator

$$\begin{aligned}
 U_{ks} &= \text{UMK (Bandung)} : \text{total waktu kerja satu bulan} \\
 &= \text{Rp } 3.091.445,56/\text{bulan} : 160 \text{ jam/bulan} \\
 &= \text{Rp } 19.321,53/\text{jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B_o &= Uks \times T_{bubut} \\
 &= \text{Rp } 19.321,53 \times 1,74 \\
 &= \text{Rp } 33.619,46
 \end{aligned}$$

➤ Biaya mesin

$$\begin{aligned}
 B_m &= T_{bubut} \times \text{harga sewa mesin} \\
 &= 1,74 \times \text{Rp } 40.000,00 \\
 &= \text{Rp } 69.600,00
 \end{aligned}$$

➤ Biaya lain-lain

$$C_e = \text{biaya tooling}$$

Nama Tool	Harga Sewa	
Pahat bubut rata	10% × Rp 95.000,00	Rp 9.500,00
Pahat bubut dalam	10% × Rp 95.000,00	Rp 9.500,00
Mata bor Ø5	5% × Rp 25.000,00	Rp 1.250,00
Mata bor Ø10	5% × Rp 65.000,00	Rp 3.250,00
Mata bor Ø20	5% × Rp 105.000,00	Rp 5.250,00
Mata bor Ø28	5% × Rp 220.000,00	Rp 11.000,00
Jumlah		Rp 39.750,00

$$\begin{aligned}
 B_l &= \text{waktu kerja} \times \text{harga/kwh} \\
 &= 1,74 \text{ jam} \times (1,1 \text{ kwh} \times \text{Rp } 1.467,00) \\
 &= \text{Rp } 2.807,83
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B_n &= C_e + B_l \\
 &= \text{Rp } 39.750,00 + \text{Rp } 2.807,83 \\
 &= \text{Rp } 42.557,83
 \end{aligned}$$

➤ Total biaya berdasarkan waktu kerja *real* pada mesin bubut

$$\begin{aligned}
 C_p &= B_o + B_m + B_n \\
 &= \text{Rp } 33.619,46 + \text{Rp } 69.600,00 + \text{Rp } 42.557,83 \\
 &= \text{Rp } 145.777,29
 \end{aligned}$$

c. Biaya proses pembuatan rumah *ball bearing* pada mesin *frais*

1. Perhitungan biaya berdasarkan waktu kerja teoritis pada mesin *frais*

➤ Biaya operator

$$\begin{aligned} U_{ks} &= \text{UMK (Bandung)} : \text{total waktu kerja satu bulan} \\ &= \text{Rp } 3.091.445,56/\text{bulan} : 160 \text{ jam/bulan} \\ &= \text{Rp } 19.321,53/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_o &= U_{ks} \times T_{frais} \\ &= \text{Rp } 19.321,53 \times 0,02 \\ &= \text{Rp } 386,43 \end{aligned}$$

➤ Biaya mesin

$$\begin{aligned} B_m &= T_{frais} \times \text{harga sewa mesin} \\ &= 0,02 \times \text{Rp } 50.000,00 \\ &= \text{Rp } 1.000,00 \end{aligned}$$

➤ Biaya lain-lain

$$C_e = \text{biaya tooling}$$

Nama Tool	Harga Sewa	
Pisau endmill Ø6	10% × Rp 41.000,00	Rp 4.100,00
Jumlah		Rp 4.100,00

$$\begin{aligned} B_l &= \text{waktu kerja} \times \text{harga/kwh} \\ &= 0,02 \text{ jam} \times (1,1 \text{ kwh} \times \text{Rp } 1.467,00) \\ &= \text{Rp } 32,27 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_n &= C_e + B_l \\ &= \text{Rp } 4.100,00 + \text{Rp } 32,27 \\ &= \text{Rp } 4.132,27 \end{aligned}$$

- Total biaya berdasarkan waktu kerja teoritis pada mesin *frais*

$$\begin{aligned} C_p &= B_o + B_m + B_n \\ &= \text{Rp } 386,43 + \text{Rp } 1.000,00 + \text{Rp } 4.132,27 \\ &= \mathbf{\text{Rp } 5.518,7} \end{aligned}$$

2. Perhitungan biaya berdasarkan waktu kerja *real* pada mesin *frais*

- Biaya operator

$$\begin{aligned} U_{ks} &= \text{UMK (Bandung)} : \text{total waktu kerja satu bulan} \\ &= \text{Rp } 3.091.445,56/\text{bulan} : 160 \text{ jam/bulan} \\ &= \text{Rp } 19.321,53/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_o &= U_{ks} \times T_{frais} \\ &= \text{Rp } 19.321,53 \times 0,17 \\ &= \text{Rp } 328,53 \end{aligned}$$

- Biaya mesin

$$\begin{aligned} B_m &= T_{frais} \times \text{harga sewa mesin} \\ &= 0,17 \times \text{Rp } 50.000,00 \\ &= \text{Rp } 8.500,00 \end{aligned}$$

- Biaya lain-lain

$$C_e = \text{biaya tooling}$$

Nama Tool	Harga Sewa	
Pisau endmill Ø6	10% × Rp 41.000,00	Rp 4.100,00
Jumlah		Rp 4.100,00

$$\begin{aligned} B_l &= \text{waktu kerja} \times \text{harga/kwh} \\ &= 0,17 \text{ jam} \times (1,1 \text{ kwh} \times \text{Rp } 1.467,00) \\ &= \text{Rp } 274,32 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_n &= C_e + B_l \\ &= \text{Rp } 4.100,00 + \text{Rp } 274,32 \\ &= \text{Rp } 4.374,32 \end{aligned}$$

- Total biaya berdasarkan waktu kerja *real* pada mesin *frais*

$$\begin{aligned} C_p &= B_o + B_m + B_n \\ &= \text{Rp } 328,53 + \text{Rp } 8.500,00 + \text{Rp } 4.374,32 \\ &= \text{Rp } 13.202,85 \end{aligned}$$

d. Biaya proses pembuatan pasak pada mesin gerinda asah

- Biaya operator

$$\begin{aligned} U_{ks} &= \text{UMK (Bandung)} : \text{total waktu kerja satu bulan} \\ &= \text{Rp } 3.091.445,56/\text{bulan} : 160 \text{ jam/bulan} \\ &= \text{Rp } 19.321,53/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_o &= U_{ks} \times T_{gerinda} \\ &= \text{Rp } 19.321,53 \times 0,12 \\ &= \text{Rp } 2.318,58 \end{aligned}$$

- Biaya mesin

$$\begin{aligned} B_m &= T_{gerinda} \times \text{harga sewa mesin} \\ &= 0,12 \times \text{Rp } 7.000,00 \\ &= \text{Rp } 840,00 \end{aligned}$$

- Biaya lain-lain

$$C_e = \text{biaya tooling}$$

Nama Tool	Harga Sewa	
Kikir	5% × Rp 35.000,00	Rp 1.750,00
Jumlah		Rp 1.750,00

$$\begin{aligned} B_i &= \text{waktu kerja} \times \text{harga/kwh} \\ &= 0,12 \text{ jam} \times \text{Rp } 1.467,00 \\ &= \text{Rp } 176,04 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B_n &= C_e + B_l \\
 &= \text{Rp } 1.750,00 + \text{Rp } 176,04 \\
 &= \text{Rp } 1.926,04
 \end{aligned}$$

➤ Total biaya proses pembuatan pasak

$$\begin{aligned}
 C_p &= B_o + B_m + B_n \\
 &= \text{Rp } 2.318,58 + \text{Rp } 840,00 + \text{Rp } 1.926,04 \\
 &= \text{Rp } 5.084,62
 \end{aligned}$$

e. Total biaya proses pembuatan rumah *ball bearing* dan pasak

1) Total biaya proses pembuatan rumah *ball bearing* dan pasak berdasarkan waktu kerja teoritis

$$\begin{aligned}
 C_p &= C_p \text{ bubut} + C_p \text{ frais} + C_p \text{ gerinda} \\
 &= \text{Rp } 121.403,2 + \text{Rp } 5.518,7 + 5.084,62 \\
 &= \text{Rp } 132.006,52
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{p \text{ total}} &= C_m + C_p \\
 &= \text{Rp } 7.800,00 + \text{Rp } 132.006,52 \\
 &= \text{Rp } 139.806,52
 \end{aligned}$$

2) Total biaya proses pembuatan rumah *ball bearing* dan pasak berdasarkan waktu kerja *real*

$$\begin{aligned}
 C_p &= C_p \text{ bubut} + C_p \text{ frais} + C_p \text{ gerinda} \\
 &= \text{Rp } 145.777,29 + \text{Rp } 13.202,85 + \text{Rp } 5.084,62 \\
 &= \text{Rp } 176.038,85
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{p \text{ total}} &= C_m + C_p \\
 &= \text{Rp } 7.800,00 + \text{Rp } 176.038,85 \\
 &= \text{Rp } 164.064,76
 \end{aligned}$$

I. Total Waktu dan Biaya Pembuatan Komponen *Change Gear* untuk Mesin Bubut *Knuth Basic Plus*

1. Total Waktu Proses Pembuatan Komponen *Change Gear* untuk Mesin Bubut *Knuth Basic Plus*

Tabel 3.13 Total waktu proses pembuatan komponen *change gear* untuk mesin bubut *knuth basic plus*

Waktu pembuatan komponen <i>change gear</i> mesin bubut <i>knuth basic plus</i>			
No	Nama komponen	Waktu (menit)	
		Teoritis	Real
1	Roda gigi 120	174.02	213.79
2	Roda gigi 127	260.67	301.95
3	Rumah <i>ball bearing</i> dan pasak	89.36	122.79
Total		524.05	638.53

Jadi total waktu kerja teoritis adalah 524.05 menit \approx 8.73 jam.

Total waktu kerja *real* adalah 638.53 menit \approx 10.64 jam

2. Total Biaya Proses Pembuatan Komponen *Change Gear* untuk Mesin Bubut *Knuth Basic Plus*

Tabel 3.14 Total biaya proses pembuatan komponen *change gear* untuk mesin bubut *knuth basic plus*

Biaya pembuatan komponen <i>change gear</i> mesin bubut <i>knuth basic plus</i>			
No	Nama komponen	Biaya	
		Teoritis	Real
1	Roda gigi 120	Rp 300.142,8	Rp 342.860,05
2	Roda gigi 127	Rp 422.049,53	Rp 467.504,18
3	Rumah <i>ball bearing</i> dan pasak	Rp 139.806,52	Rp 164.064,76
Total		Rp 861.998,85	Rp 974.428,99

Jadi total biaya teoritis adalah Rp 861.998,85

Total biaya *real* adalah Rp 974.428,99