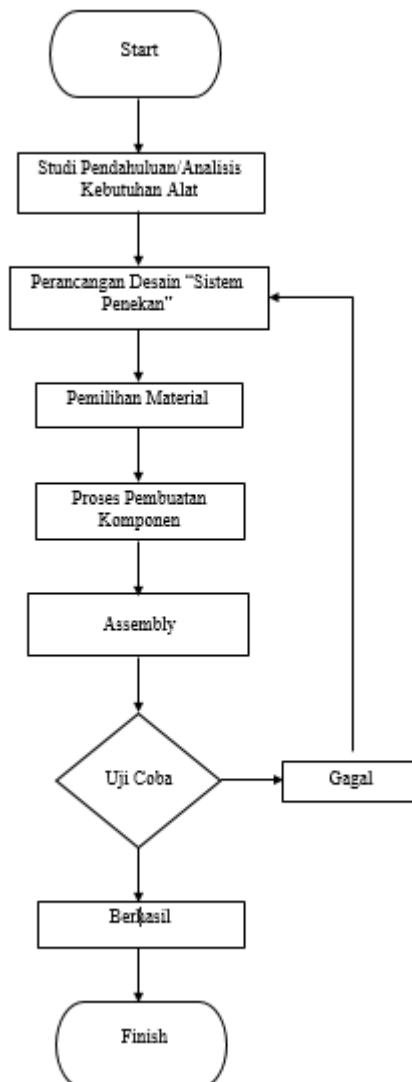


BAB III

PROSES PEMBUATAN SISTEM TEKAN ALAT PEMADAT TATAL

A. Diagram Alir Pembuatan Komponen Sistem Penekan

Proses pembuatan komponen sistem penekan yang akan dilakukan yaitu dengan menyesuaikan dengan rangka utama dan juga *dies* dan *punch* secara bertahap, tahapan pembuatan komponen dijelaskan dalam diagram alir pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Diagram alur proses pembuatan komponen sistem penekan

Berikut penjelasan dari Diagram Alir pada **Gambar 3.1** :

1. *Start*, memulai pembuatan Tugas Akhir
2. Mempelajari dan menganalisa apa yang akan dibuat dan juga alat yang diperlukan
3. Tahap awal pembuatan komponen sistem penekan ialah membuat gambar teknik atau desain awal.
4. Pemilihan material yang akan digunakan untuk membuat komponen, berikut dengan pengukuran sebelum di proses dengan permesinan maupun pemotongan.
5. Proses pembuatan ialah tahap yang dilakukan saat proses pemilihan material telah siap, dalam tahap ini benda benar benar mulai diolah dimulai dari pemotongan bahan dengan gerinda, permesinan seperti mesin bubut, frais, dan juga pengeboran.
6. Tahap selanjutnya ialah penerapan pada rangka utama (*Assembly*), mencakup proses penggabungan tiap komponen dan langsung diterapkan pada rangka utama dan juga *punch*.
7. Setelah semua komponen terpasang pada posisi masing-masing dan terhubung satu sama lain, mulai lah dilakukan tahap ini, yaitu tahap uji coba. Diperhatikan apakah semua komponen bekerja dengan baik dan melakukan fungsi yang seharusnya.
8. Tahap setelah uji coba ialah apabila terjadi kegagalan maka kembali lagi kepada desain awal, menggambar ulang komponen yang menyebabkan kesalahan, ataupun jika posisi salah satu komponen tidak baik.
9. *Finish* atau selesai terjadi jika pada tahap uji coba berhasil dan alat siap untuk digunakan.

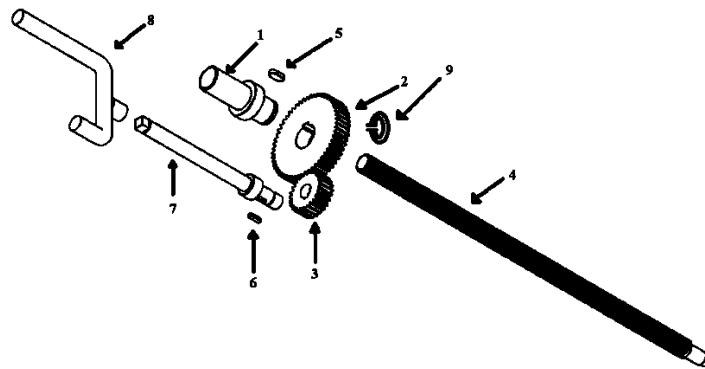
B. Desain Sistem Penekan

Sebelum masuk ke proses pembuatan, perencanaan matang adalah hal yang wajib dilakukan agar tidak terjadi kesalahan saat proses pembuatan. Perencanaan awal yang harus dilakukan adalah pembuatan desain, berikut desain dari sistem penekan (gambar 3.2) :



Gambar 3. 2 Desain Sistem Penekan

Cukup banyak komponen yang terdapat pada sistem penekan, berikut ialah komponen-komponennya.



Gambar 3. 3 Komponen-komponen yang terdapat pada sistem penekan

Komponen yang terdapat pada sistem tekan (gambar 3.3) :

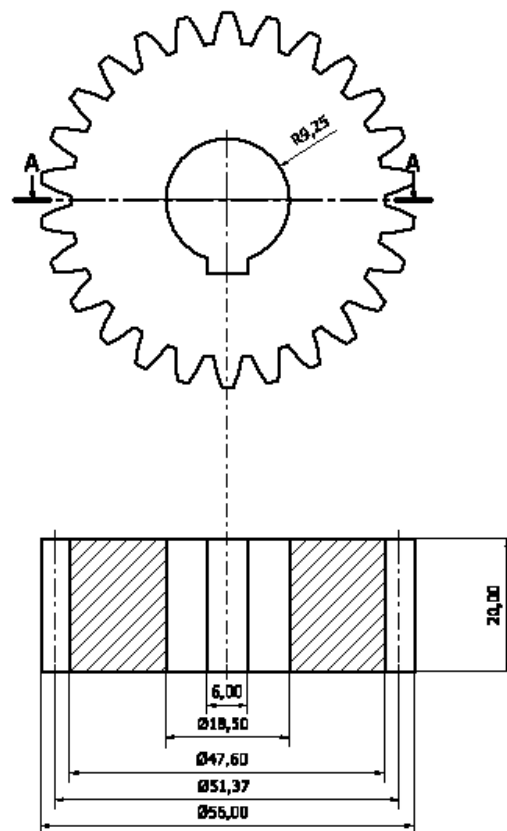
- | | |
|------------------------------------|---------------------------------|
| 1. Poros berulir | 6. Pasak poros penggerak |
| 2. Roda gigi yang digerakan | 7. Poros tuas penggerak |
| 3. Roda gigi penggerak | 8. Tuas penggerak |
| 4. Batang berulir | 9. Snap ring |
| 5. Pasak poros berulir | |

Tulisan yang diberi warna lebih tebal (nomor 1,2,3,4,7) adalah komponen yang akan dibuat. Berikut desain dari komponen yang akan dibuat.

1. Roda Gigi

Roda Gigi berfungsi untuk mentransmisikan daya yang dikerahkan oleh operator pada stir untuk memutar ulir mendorong kebawah. Pemilihan roda gigi disesuaikan dengan rangka utama, agar tidak terlalu membebani dan juga ukurannya sesuai. Menggunakan dua roda gigi untuk transmisi membuat putaran yang diperlukan memang lebih banyak namun tenaga yang dikeluarkan lebih sedikit. Berikut profile roda gigi :

a) Roda Gigi 1 Penggerak (Driver) :



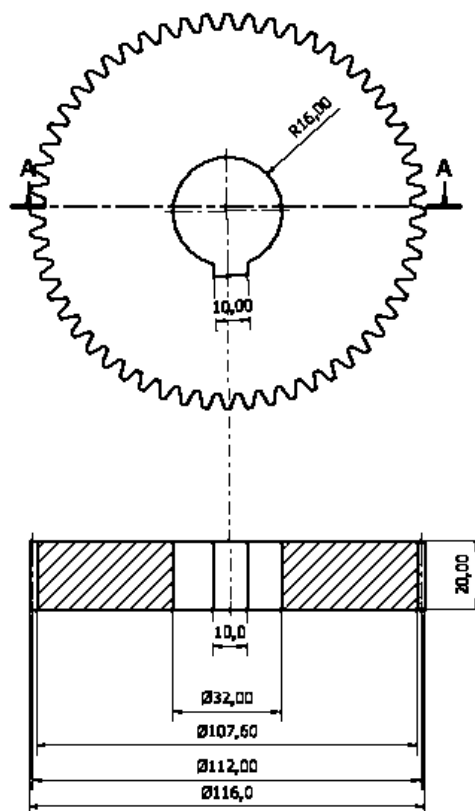
Gambar 3. 4 Desain Roda Gigi Penggerak

Profile Roda Gigi Penggerak :

- Diameter Pitch (D_p) = Jumlah Gigi (z) x Modul (m)
 $= 26 \times 2$
 $= 52\text{mm}$
- Diameter Luar (D_a) = $D_p + (2 \times \text{jarak addendum (ha)})$

$$\begin{aligned}
 &= 52 + (2 \times 2) \\
 &= 52 + 4 \\
 &= 56\text{mm} \\
 - \text{ Diameter dalam (Dd)} &= Dp - (2,2 \times \text{modul}) \\
 &= 52 - 4,4 \\
 &= 47,6\text{mm} \\
 \\
 \text{Addendum} &= 1 \times m &= 2 \\
 \text{Dedenmdum} &= 1,25 \times m &= 2,5 \\
 \text{Kedalaman yang bekerja} &= 2 \times m &= 4 \\
 \text{Ketebalan gigi} &= 1,57 \times m &= 3,14 \\
 \text{Material} &= \text{SS400}
 \end{aligned}$$

b) Roda Gigi 2 Digerakan (Driven) :



Gambar 3.5 Desain Roda Gigi yang Digerakan

Profile Roda Gigi yang digerakan :

- Diameter Pitch (Dp) = Jumlah Gigi (z) x Modul (m)
 - = 56 x 2
 - = 112mm

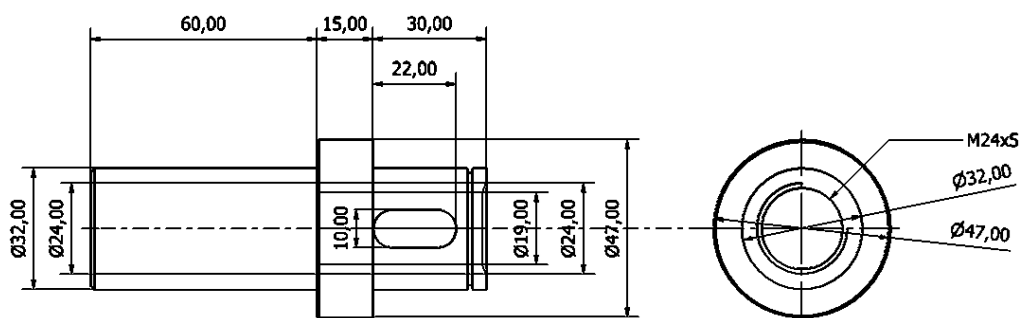
- Diameter Luar (Da) = Dp + (2 x jarak addendum (ha))
 - = 112 + (2 x 2)
 - = 112 + 4
 - = 116mm

- Diameter dalam (Dd) = Dp – (2,2 x modul)
 - = 112 – 4,4
 - = 107,6mm

- Addendum = 1 x m = 2
- Dedenmdum = 1,25 x m = 2,5
- Kedalaman yang bekerja = 2 x m = 4
- Ketebalan gigi = 1,57 x m = 3,14
- Material = SS400

2. Poros Berulir

Poros Berulir adalah komponen yang menghubungkan roda gigi dengan batang berulir. Poros ini memiliki ulir dalam yang berfungsi memutarakan batang berulir, putaran tersebut berasal dari roda gigi. Berikut desain gambar dari poros berulir :



Gambar 3. 6 Desain Poros Berulir

Ulir dalam memiliki ukuran :

Major diameter = 24 mm

Minor diameter = 21,5mm

Pitch = 5 mm

Panjang ulir = 45 mm

Material = SS400

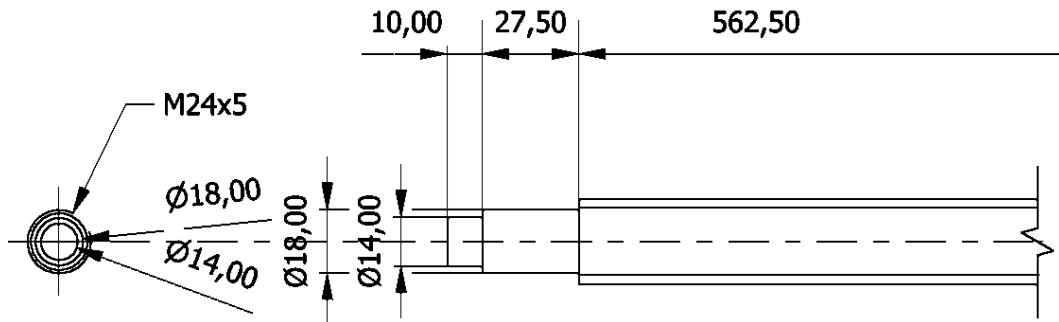
Panjang Komponen keseluruhan = 105 mm

Rencana kerja pembuatan poros berulir ialah sebagai berikut :

- a) Bubut *facing* kedua ujung sisi untuk meratakan permukaan dan mengurangi ukuran panjang agar sesuai ukuran yang diperlukan, dari 110 mm menjadi 105mm
- b) Bubut rata dari bidang 1 untuk mengurangi diameter dari \varnothing 50mm menjadi \varnothing 32mm sejauh 60mm
- c) Bubut rata dari bidang 2 untuk mengurangi diameter dari \varnothing 50mm menjadi \varnothing 32mm sejauh 30mm
- d) Membuat alur untuk tempat *snap ring* dengan ukuran 0,5mm x 0,5mm berjarak 5mm dari bidang 2
- e) Bor pada bidang 2 sedalam 45mm dengan ukuran lubang \varnothing 21,5mm
- f) Buat ulir dalam dari lubang pada bidang 2 sepanjang 45mm, dengan pitch 5mm (M24x2,5)
- g) Buat lubang di bidang 1 sedalam 60mm dengan ukuran \varnothing 30mm
- h) Membuat alur pasak dengan mesin frais ukuran 20mm x 10mm kedalaman 3mm

3. Batang Berulir

Ulir adalah alat atau bagian pada permesinan yang dapat mengubah gaya putar menjadi gaya dorong. Ulir biasanya sepasang, ulir luar dan dalam layaknya mur dan baut. Pada saat mur diputar pada baut, mur tersebut akan berpindah posisi. Fungsi dari batang berulir pada sistem penekan ialah mengubah gaya putar yang diberikan roda gigi menjadi gaya dorong yang terhubung pada punch. Berikut ini adalah desain ulir persegi :

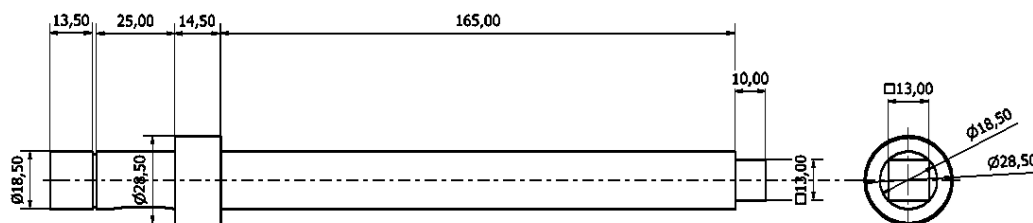


Gambar 3. 7 Desain Batang Berulir

Major Diameter (d_o)	= 24 mm
Minor Diameter (d_c)	= 19 mm
Diameter rata-rata (d)	= $d_o - \frac{p}{2} = 24 - 2,5 = 21,5$ mm
Pitch (p)	= 5mm
Kisar	= Tunggal
Tebal ulir (t)	= $\frac{pitch}{2} = \frac{5}{2} = 2,5$
Panjang ulir	= 562,5 mm
Panjang Komponen Keseluruhan	= 600 mm
Material	= SS400

4. Poros Tuas Penggerak

Poros tuas penggerak adalah komponen yang menghubungkan tuas pemutar dengan roda gigi penggerak. Komponen ini materialnya SS400 Berikut adalah desain gambar dari poros tuas penggerak (gambar 3.8) :



Gambar 3. 8 Desain Poros Tuas Penggerak

Panjang komponen keseluruhan= 230 mm

Material = SS400

C. Mesin dan Alat yang Digunakan

1. Mesin bubut

Mesin yang digunakan untuk membuat komponen ialah mesin bubut, selain digunakan untuk proses pembubutan, mesin ini dapat digunakan untuk proses pengeboran, dengan mengganti senter putar dengan mata bor.



Gambar 3. 9 Mesin Bubut

2. Mesin Frais

Mesin Frais yang digunakan ada dua macam, frais vertikal dan horizontal. Yang digunakan untuk membuat roda gigi ialah mesin frais horizontal, sedangkan mesin frais vertikal untuk membuat alur pasak.



Gambar 3. 10 Mesin Frais Vertikal (kiri) dan Mesin Frais Horizontal (kanan)

3. Pisau/*Cutting tool*

Pemilihan pisau/*cutting tool* dilakukan berdasarkan kebutuhan dalam pembuatan komponen. Adapun *cutting tool* yang digunakan dalam pembuatan komponen sistem penekan sebagai berikut :

- Pahat bubut rata
- Pahat bubut facing
- Mata bor Ø8
- Mata bor Ø10
- Mata bor Ø15
- Endmill Ø10

4. Alat Bantu

- Gerinda tangan
- Penyiku
- *Water Pass*
- Sigmat

D. Perhitungan Sistem Penekan

1. Data Pengukuran

- Major Diameter (d_o) = 24 mm

- Minor Diameter (d_c) = 19 mm
- Diameter rata-rata (d) = $d_o - \frac{p}{2} = 24 - 2,5 = 21,5\text{mm}$
- Pitch (p) = 5mm
- Kisar = Tunggal
- Tebal ulir (t) = $\frac{pitch}{2} = \frac{5}{2} = 2,5$
- Tinggi mur (h) = 45mm
- Ulir Aktif (n) = $\frac{h}{p} = \frac{45}{5} = 9$ ulir aktif
- Panjang Lengan (l) = 80 mm
- Gaya dorong lengan (P_1) = 15kg
- Gaya dorong total (P_t) = 30 kg
- Koef ulir persegi (μ_1) = 0,18

2. Kekuatan pada ulir

Torsi yang terjadi :

$$T = P_t \times l$$

$$T = 30 \times 80 = 240 \text{ kg.mm}$$

Maka gaya yang digunakan untuk menekan atau menorong adalah

$$T = P \times \frac{d}{2}$$

$$240 = P \times \frac{21,5}{2}$$

$$240 = P \times 10,75$$

$$P = \frac{240}{10,75}$$

$$P = 22,32 \text{ kg}$$

3. Beban Aksial (W)

$$P = W \tan (\alpha + \mu)$$

$$P = W \left(\frac{\tan \alpha + \tan \theta}{1 - \tan \alpha \times \tan \theta} \right)$$

$$\tan \alpha = \frac{p}{\pi d} = \frac{5}{3,14 \times 21,5} = \frac{5}{67,51} = 0,074$$

$$22,32 \text{ kg} = W \left(\frac{0,074 + 0,18}{1 - (0,074 \times 0,18)} \right)$$

$$22,32 \text{ kg} = W \left(\frac{0,254}{0,986} \right)$$

$$22,32 \text{ kg} = W (0,257)$$

$$W = \frac{22,32}{0,257} = 86,70$$

$$W = 86,70 \text{ kg}$$

4. Tegangan Geser akibat gaya puntir/torsi

$$\tau = \frac{16T}{\pi(dc)^3} = \frac{16 \times 240}{3,14 \times (19)^3} = \frac{3840}{763,8} = 5,027$$

$$\tau = 5,027 \text{ kg/mm}^2$$

5. Tegangan Geser akibat beban aksial

a) Tegangan geser pada ulir

$$\tau = \frac{W}{\pi \times n \times dc \times t} = \frac{86,70}{3,14 \times 19 \times 9 \times 2,5} = \frac{86,70}{1342,25} = 0,064 \text{ kg/mm}^2$$

b) Tegangan pada mur

$$\tau = \frac{W}{\pi \times n \times do \times t} = \frac{86,70}{3,14 \times 24 \times 9 \times 2,5} = \frac{86,70}{1695,6} = 0,051 \text{ kg/mm}^2$$

c) Tekanan tekan akibat gaya aksial

$$\sigma_c = \frac{W}{A_c}$$

$$A_c = \frac{\pi}{4} (dc)^2 = 0,785 \times 361 = 283,385$$

$$\sigma_c = \frac{86,70}{283,385} = 0,305 \text{ kg/mm}^2$$

6. Tegangan Geser Maksimum

$$\tau_{(\max)} = \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_c)^2 + 4\tau^2}$$

$$\tau_{(\max)} = \frac{1}{2} \sqrt{(0,305)^2 + 4(5,027)^2}$$

$$\tau_{(\max)} = \frac{1}{2} \sqrt{0,093 + 101,08}$$

$$\tau_{(\max)} = \frac{1}{2} \sqrt{101,175}$$

$$\tau_{(\max)} = \frac{1}{2} \times 10,058$$

$$\tau_{(\max)} = 5,029 \text{ kg/mm}^2$$

7. Kekuatan Roda Gigi

n_1 = putaran roda gigi 1

n_2 = putaran roda gigi 2

d_1 = diameter pitch roda gigi 1

d_2 = diameter pitch roda gigi 2

z_1 = jumlah gigi roda gigi 1

z_2 = jumlah gigi roda gigi 2

a) Perhitungan putaran

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{z_1}{z_2}$$

$$\frac{n_2}{60} = \frac{26}{56}$$

$$n_2 = \frac{26 \times 60}{56} = \frac{1560}{56} = 27,85 \text{ rpm}$$

b) Perbandingan putaran

$$u = \frac{27,85}{60} = 0,46$$

c) Perbandingan roda gigi penggerak dan *driven*

$$i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{56}{26} = 2,15$$

d) Kecepatan keliling (tanpa pembebanan)

$$V = \frac{\pi \times d_2 \times n_2}{60 \times 1000} = \frac{3,14 \times 112 \times 27,85}{60.000} = 0,16 \text{ m/s}$$

e) Bahan Roda Gigi SS400

$$\text{Kekuatan tarik } (\sigma_B) = 58 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{Kekuatan lentur } (\sigma_a) = 30 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{Kekerasan Permukaan } (H_B) = 167$$

f) Besar beban lentur yang diizinkan F_b^1 (kg/mm)

$$Y = 0,408$$

$$m = 2 \qquad z_2 = 56$$

$$F_v = \frac{3}{3+v} = \frac{3}{3+0,16} = 0,94$$

$$F_b^1 = \sigma_a \times m \times Y \times F_v$$

$$= 30 \times 2 \times 0,408 \times 0,94 = 23,24 \text{ kg/mm}$$

g) Faktor tegangan kontak yang diizinkan adalah

$$K = 2 \times F_v \times K_h$$

$$= 2 \times 0,94 \times 0,053 = 0,099$$

E. Rencana Kerja

Sebelum melakukan proses pembuatan sistem penekan pada alat pemadat tatal ini, diperlukan perencanaan pengerjaan seperti desain dan juga identifikasi atau analisa terhadap kinerja dasar agar kebutuhan-kebutuhan yang diperlukan dalam pembuatan komponen-komponen yang akan digunakan bisa berguna dengan tepat dan juga agar dapat terwujud hasil memuaskan. Berikut rencana pembuatannya :

1. Roda Gigi Penggerak

Rencana kerja pembuatan roda gigi penggerak ialah sebagai berikut :

- 1) Bubut *facing* kedua ujung sisi untuk meratakan permukaan dan mengurangi ukuran panjang agar sesuai ukuran yang diperlukan, dari \emptyset 30mm menjadi \emptyset 20mm
- 2) Bor pada bidang 1 sampai ke bidang 2 dengan diameter lubang \emptyset 18,5mm
- 3) Frais gigi pada mesin frais dengan jumlah gigi 26, modul 2.
- 4) Alur pasak di lubang dengan volume 6,5mm x 3,5mm x 20mm

2. Roda Gigi Driven

Rencana kerja pembuatan roda gigi yang digerakan ialah sebagai berikut :

- 1) Bubut *facing* kedua ujung sisi untuk meratakan permukaan dan mengurangi ukuran panjang agar sesuai ukuran yang diperlukan, dari \emptyset 30mm menjadi \emptyset 20mm
- 2) Bor pada bidang 1 sampai ke bidang 2 dengan diameter lubang \emptyset 32mm
- 3) Frais gigi pada mesin frais dengan jumlah gigi 56, modul 2.

- 4) Alur pasak di lubang dengan volume 10mm x 4mm x 20mm

3. Poros Berulir

Rencana kerja pembuatan roda gigi yang digerakan ialah sebagai berikut :

- 1) Bubut *facing* kedua ujung sisi untuk meratakan permukaan dan mengurangi ukuran panjang agar sesuai ukuran yang diperlukan, dari Ø 30mm menjadi Ø 20mm
- 2) Bor pada bidang 1 sampai ke bidang 2 dengan diameter lubang Ø 32mm
- 3) Frais gigi pada mesin frais dengan jumlah gigi 56, modul 2.
- 4) Alur pasak di lubang dengan volume 10mm x 4mm x 20mm

4. Batang Berulir

Rencana kerja pembuatan batang berulir ialah sebagai berikut :

- 1) Bubut *facing* pada bidang 1 dari ukuran panjang 610mm menjadi 600mm
- 2) Bubut rata dari bidang 1 untuk mengurangi diameter dari Ø25mm menjadi Ø24mm sejauh 600mm
- 3) Bubut rata dari bidang 1 untuk mengurangi diameter dari Ø24mm menjadi Ø18mm sejauh 37,5mm
- 4) Bubut rata dari bidang 1 untuk mengurangi diameter dari Ø18mm menjadi Ø14mm sejauh 10mm
- 5) Mulai membubut ulir dari bidang berdiameter Ø24mm, dengan pitch sebesar 5mm sepanjang 562,5mm (M24x2,5)

5. Poros Tuas Penggerak

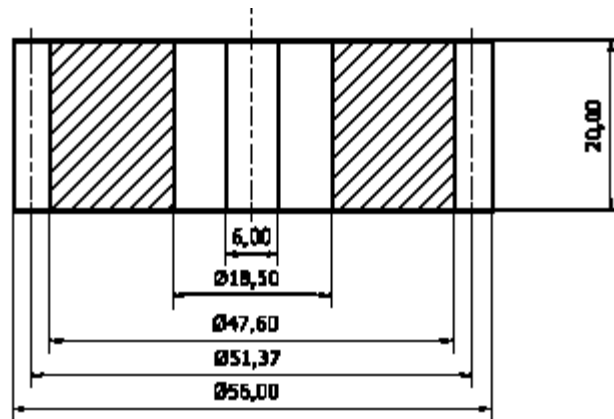
Rencana kerja pembuatan poros tuas penggerak ialah sebagai berikut :

- 1) Bubut *facing* pada bidang 1 dari ukuran 240mm menjadi 230mm
- 2) Bubut rata dari bidang 1 untuk mengurangi diameter dari Ø20mm menjadi Ø18,5mm sejauh 175mm
- 3) Bubut rata dari bidang 1 untuk mengurangi diameter dari Ø20mm menjadi Ø18,5mm sejauh 40mm
- 4) Membuat alur untuk tempat *snap ring* dengan ukuran 0,5mm x 0,5mm berjarak 5mm dari bidang 2

- 5) Membuat alur pasak dengan mesin frais ukuran 20mm x 6,5mm kedalaman 3mm

F. Proses Pembuatan

1. Roda Gigi Penggerak



Gambar 3. 11 Proses Kerja Roda Gigi Penggerak

- a) Proses 1 bubut benda kerja dari ketebalan 30mm menjadi 20mm

Diketahui :

- d = diameter benda kerja
 f = pemakanan dalam satu putaran (mm/putaran)
 n = putaran benda kerja (Rpm)
 l = panjang pembubutan muka (mm)
 la = jarak start pahat (mm)
 L = panjang total pembubutan muka (mm)
 F = kecepatan pemakanan setiap menit (mm/menit)
 Vc = kecepatan potong (meter/menit)

- 1) Perhitungan putaran :

$$V_c = 25 \text{ m/min} \quad D=56 \text{ mm}$$

$$n = \frac{1000 \times V_c}{3,14 \times 56} = \frac{25000}{175,84} = 142 \text{ rpm} \quad \approx 130 \text{ rpm}$$

- 2) Perhitungan Kecepatan pemakanan (Feed = F)

Pergeseran pahat bubut (f) = 0,1 mm

Putaran mesin (n) = 130 rpm

$F = f \times n$ (mm/menit)

$F = 0,1 \times 130 = 13$ mm/menit

3) Waktu pemakanan satu langkah pembubutan (t_m):

$l_a = 1$ mm

$l = 5$ mm

$L = l + l_a$

$= 5 + 1 = 6$ mm

$F = 13$ mm/menit

$t_m = \frac{L}{F}$ menit

$= \frac{6}{13} = 0,46$ menit ≈ 27 detik

4) Jumlah langkah pembubutan

Diketahui : $b = 28$ mm $a = 10$ mm

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

$z = \frac{28}{10} = 2,8$ kali pemakanan ≈ 3 kali pemakanan

5) Total waktu pemakanan

Diketahui : $t_m = 27$ detik $z = 3$ kali pemakanan

Perhitungan : $T(\text{total}) = t_m \times z$

$T(\text{total}) = 27 \times 3$

$T(\text{total}) = 81$ detik ≈ 1 menit 21 detik

6) Total waktu pemakann seluruhnya

Diketahui : $T(\text{total}) = 81$ detik $y = 2$ kali (karena 2 sisi)

Perhitungan : $T' = T(\text{total}) \times y$

$T' = 81 \times 2$

$T' = 162$ detik ≈ 2 menit 42 detik

b) Proses 2 pembuatan lubang mandrill dan poros dengan diameter $\varnothing 32$ mm

1) Perhitungan putaran

Diketahui : $V_c = 25$ m/menit $d = 8$ mm

Perhitungan :

$$n = \frac{1000 \times V_c}{3,14 \times 8} = \frac{25000}{25,12} = 995 \text{ rpm} \quad \approx 940 \text{ rpm}$$

2) Waktu pemotongan pertama

$$\begin{aligned} L &= l + 0,3d \\ &= 20 + 0,3 \times 8 \\ &= 20 + 2,4 = 22,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F &= f \times n \\ &= 0,1 \times 940 = 94 \text{ mm/menit} \end{aligned}$$

$$t_m = \frac{L}{F} = \frac{22,4}{94} = 0,23 \text{ menit} \quad \approx 14,2 \text{ detik}$$

3) Perhitungan putaran

$$\text{Diketahui : } V_c = 25 \text{ m/menit} \quad d = 15 \text{ mm}$$

Perhitungan :

$$n = \frac{1000 \times V_c}{3,14 \times 15} = \frac{25000}{47,1} = 530 \text{ rpm} \quad \approx 460 \text{ rpm}$$

4) Waktu pemotongan kedua

$$\begin{aligned} L &= l + 0,3d \\ &= 20 + 0,3 \times 15 \\ &= 20 + 5 = 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F &= f \times n \\ &= 0,1 \times 460 = 46 \text{ mm/menit} \end{aligned}$$

$$t_m = \frac{L}{F} = \frac{25}{46} = 0,54 \text{ menit} \quad \approx 32 \text{ detik}$$

5) Perhitungan putaran

$$V_c = 25 \text{ m/min} \quad D = 18,5 \text{ mm}$$

$$n = \frac{1000 \times V_c}{3,14 \times 18,5} = \frac{25000}{58} = 430 \text{ rpm} \quad \approx 460 \text{ rpm}$$

6) Perhitungan Kecepatan pemakanan (Feed = F)

$$\text{Pergeseran pahat bubut (f)} = 0,1 \text{ mm}$$

$$\text{Putaran mesin (n)} = 460 \text{ rpm}$$

$$F = f \times n \text{ (mm/menit)}$$

$$F = 0,1 \times 460 = 46 \text{ mm/menit}$$

7) Waktu pemakanan satu langkah pembubutan (t_m):

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

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

$$L = l + l_a$$

$$= 20+1 = 21 \text{ mm}$$

$$F = 46 \text{ mm/menit}$$

$$t_m = \frac{L}{F} \text{ menit}$$

$$= \frac{21}{46} = 0,45 \text{ menit} \quad \approx 27 \text{ detik}$$

8) Total waktu pembuatan lubang

Tabel 3. 1 Total waktu pembuatan lubang roda gigi penggerak

No	Proses pengerjaan	Waktu
1	Bor	14,2 detik
2	Bor	32 detik
3	Bubut dalam	27 detik
	Total	73,2 detik

Total waktu pembuatan lubang pada roda gigi penggerak adalah 73,2 detik atau sama dengan **1 menit 13,2 detik**

c) Proses 3 frais pembuatan gigi bermodul 2 dengan jumlah gigi 26

1) Perhitungan putaran

$$V_c = 25 \text{ m/min} \quad D = 30 \text{ mm}$$

$$n = \frac{1000 \times V_c}{3,14 \times 30} = \frac{25000}{94,2} = 265 \text{ rpm} \quad \approx 210 \text{ rpm}$$

2) Kecepatan pemakanan

Diketahui :

$$\text{Pergeseran pahat bubut (f)} = 0,1 \text{ mm}$$

$$\text{Putaran mesin (n)} = 210 \text{ rpm}$$

$$F = f \times n \text{ (mm/menit)}$$

$$F = 0,1 \times 210 = 21 \text{ mm/menit}$$

3) Waktu pemakanan satu langkah pengefraisan (t_m):

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

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

$$L = l + l_a$$

$$= 20+1 = 21 \text{ mm}$$

$$F = 21 \text{ mm/menit}$$

$$t_m = \frac{L}{F} \text{ menit}$$

$$= \frac{21}{21} = 1 \text{ menit} \quad \approx 60 \text{detik}$$

4) Total waktu pengefraisan

Dikarenakan ada 26 gigi yang dibuat maka dari itu terjadi 56 langkah pengefraisan

$$T'(\text{Total}) = 26 \times 60 \text{ detik}$$

$$= 1560 \text{ detik} \quad \approx 26 \text{ menit}$$

5) Total waktu pembuatan roda gigi yang digerakan

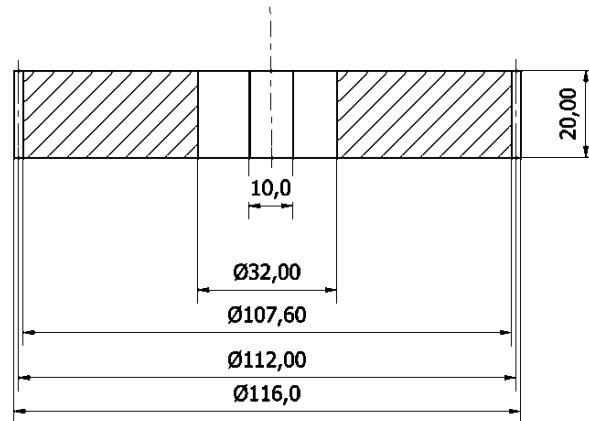
Tabel 3. 2 Total waktu proses pembuatan Roda Gigi Penggerak

No.	Proses yang dilakukan	Mesin atau Alat	Waktu
1	Proses bubut	Mesin Bubut	2 menit 42 detik
2	Proses Pembuatan lubang	Mesin Bubut	1 menit 13,2 detik
3	Proses Pembuatan gigi	Mesin Frais	26 menit
	Total		29 menit 55,2 detik

Total waktu keseluruhan pembuatan roda gigi penggerak adalah 29 menit 55,2 detik

2. Roda Gigi yang digerakan (*Driven*)

Langkah-langkah yang harus dilakukan untuk membuat roda gigi lurus adalah sebagai berikut.



Gambar 3. 12 Proses Kerja Roda Gigi yang digerakan

a) Proses 1 bubut benda kerja dari ketebalan 30mm menjadi 20mm

Diketahui :

- d = diameter benda kerja
- f = pemakanan dalam satu putaran (mm/putaran)
- n = putaran benda kerja (Rpm)
- l = panjang pembubutan muka (mm)
- la = jarak start pahat (mm)
- L = panjang total pembubutan muka (mm)
- F = kecepatan pemakanan setiap menit (mm/menit)
- Vc = kecepatan potong (meter/menit)

1) Perhitungan putaran :

$$Vc = 25 \text{ m/min} \quad D=116 \text{ mm}$$

$$n = \frac{1000 \times Vc}{3,14 \times 116} = \frac{25000}{364,24} = 68,63 \text{ rpm} \quad \approx 64 \text{ rpm}$$

2) Perhitungan Kecepatan pemakanan (Feed = F)

$$\text{Pergeseran pahat bubut (f)} = 0,1 \text{ mm}$$

$$\text{Putaran mesin (n)} = 64 \text{ rpm}$$

$$F = f \times n \text{ (mm/menit)}$$

$$F = 0,1 \times 64 = 6,4 \text{ mm/menit}$$

3) Waktu pemakanan satu langkah pembubutan (tm):

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

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

$$L = l + la$$

$$= 5+1 = 6 \text{ mm}$$

$$F = 6,4 \text{ mm/menit}$$

$$t_m = \frac{L}{F} \text{ menit}$$

$$= \frac{6}{6,4} = 0,93 \text{ menit} \quad \approx 56 \text{ detik}$$

4) Jumlah langkah pembubutan

$$\text{Diketahui :} \quad b = 58\text{mm} \quad a = 10\text{mm}$$

$$\text{Perhitungan:} \quad z = \frac{b}{a}$$

$$z = \frac{58}{10} = 5,8 \text{ kali pemakanan} \quad \approx 6 \text{ kali pemakanan}$$

5) Total waktu pemakanan

$$\text{Diketahui :} \quad t_m = 56 \text{ detik} \quad z = 6 \text{ kali pemakanan}$$

$$\text{Perhitungan :} \quad T(\text{total}) = t_m \times z$$

$$T(\text{total}) = 56 \times 6$$

$$T(\text{total}) = 337,5 \text{ detik} \quad \approx 5 \text{ menit } 37,5 \text{ detik}$$

6) Total waktu pemakann seluruhnya

$$\text{Diketahui :} \quad T(\text{total}) = 337,5 \text{ detik } y = 2 \text{ kali (karena 2 sisi)}$$

$$\text{Perhitungan :} \quad T' = T(\text{total}) \times y$$

$$T' = 337,5 \times 2$$

$$T' = 675 \text{ detik} \quad \approx 11 \text{ menit } 15 \text{ detik}$$

d) Proses 2 pembuatan lubang mandrill dan poros dengan diameter $\varnothing 18,5\text{mm}$

1) Perhitungan putaran

$$\text{Diketahui :} \quad V_c = 25\text{m/menit} \quad d = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Perhitungan :}$$

$$n = \frac{1000 \times V_c}{3,14 \times d} = \frac{25000}{25,12} = 995 \text{ rpm} \quad \approx 940 \text{ rpm}$$

2) Waktu pemotongan pertama

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

$$= 20 + 0,3 \times 8$$

$$= 20 + 2,4 = 22,4\text{mm}$$

$$F = f \times n$$

$$= 0,1 \times 940 = 94 \text{ mm/menit}$$

$$t_m = \frac{L}{F} = \frac{22,4}{94} = 0,23 \text{ menit} \quad \approx 14 \text{ detik}$$

3) Perhitungan putaran

Diketahui : $V_c = 25 \text{ m/menit}$ $d = 15 \text{ mm}$

Perhitungan :

$$n = \frac{1000 \times V_c}{3,14 \times 15} = \frac{25000}{47,1} = 530 \text{ rpm} \quad \approx 460 \text{ rpm}$$

4) Waktu pemotongan kedua

$$L = l + 0,3d$$

$$= 20 + 0,3 \times 15$$

$$= 20 + 5 = 25 \text{ mm}$$

$$F = f \times n$$

$$= 0,1 \times 460 = 46 \text{ mm/menit}$$

$$t_m = \frac{L}{F} = \frac{25}{46} = 0,54 \text{ menit} \quad \approx 32 \text{ detik}$$

5) Perhitungan Putaran

Diketahui : $V_c = 25 \text{ m/menit}$ $d = 30$

Perhitungan :

$$n = \frac{1000 \times V_c}{3,14 \times 30} = \frac{25000}{94,2} = 265 \text{ rpm} \quad \approx 210 \text{ rpm}$$

6) Waktu pemotongan Ketiga

$$L = l + 0,3d$$

$$= 20 + 0,3 \times 30 = 30 \text{ mm}$$

$$F = f \times n$$

$$= 0,1 \times 210 = 21 \text{ mm/menit}$$

$$t_m = \frac{L}{F} = \frac{30}{21} = 1,4 \text{ menit} \quad \approx 84 \text{ detik}$$

7) Perhitungan putaran

$V_c = 25 \text{ m/min}$ $D = 32 \text{ mm}$

$$n = \frac{1000 \times V_c}{3,14 \times 32} = \frac{25000}{100,48} = 248,8 \text{ rpm} \quad \approx 210 \text{ rpm}$$

8) Perhitungan Kecepatan pemakanan (Feed = F)

$$\text{Pergeseran pahat bubut (f)} = 0,1 \text{ mm}$$

$$\text{Putaran mesin (n)} = 210 \text{ rpm}$$

$$F = f \times n \text{ (mm/menit)}$$

$$F = 0,1 \times 210 = 21 \text{ mm/menit}$$

9) Waktu pemakanan satu langkah pembubutan (t_m):

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

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

$$L = l + l_a$$

$$= 20 + 1 = 21 \text{ mm}$$

$$F = 21 \text{ mm/menit}$$

$$t_m = \frac{L}{F} \text{ menit}$$

$$= \frac{21}{21} = 1 \text{ menit} \quad \approx 60 \text{ detik}$$

10) Total waktu pembuatan lubang

Tabel 3.3 Total waktu pembuatan lubang roda gigi *driven*

No	Proses Pembuatan	Waktu
1	Bor	14 detik
2	Bor	32 detik
3	Bor	83 detik
4	Bubut	60 detik
	Total	190 detik

Total waktu proses pembuatan lubang pada roda gigi yang digerakan adalah 190 detik atau sama dengan 3 menit 10 detik

b) Proses 3 frais pembuatan gigi bermodul 2 dengan jumlah gigi 56

1) Perhitungan putaran

$$V_c = 25 \text{ m/min} \quad D = 30 \text{ mm}$$

$$n = \frac{1000 \times V_c}{3,14 \times 30} = \frac{25000}{94,2} = 265 \text{ rpm} \quad \approx 210 \text{ rpm}$$

2) Kecepatan pemakanan

$$\begin{aligned} \text{Diketahui :} \quad & \text{Pergeseran pahat bubut (f)} &= 0,1 \text{ mm} \\ & \text{Putaran mesin (n)} &= 210 \text{ rpm} \\ & F = f \times n \text{ (mm/menit)} \\ & F = 0,1 \times 210 = 21 \text{ mm/menit} \end{aligned}$$

3) Waktu pemakanan satu langkah pengefraisan (t_m):

$$\begin{aligned} l_a &= 1 \text{ mm} \\ l &= 20 \text{ mm} \\ L &= l + l_a \\ &= 20 + 1 = 21 \text{ mm} \\ F &= 21 \text{ mm/menit} \\ t_m &= \frac{L}{F} \text{ menit} \\ &= \frac{21}{21} = 1 \text{ menit} && \approx 60 \text{ detik} \end{aligned}$$

4) Total waktu pengefraisan

Dikarenakan ada 56 gigi yang dibuat maka dari itu terjadi 56 langkah pengefraisan

$$\begin{aligned} T'(\text{Total}) &= 56 \times 60 \text{ detik} \\ &= 3360 \text{ detik} && \approx 56 \text{ menit} \end{aligned}$$

5) Total waktu pembuatan roda gigi yang digerakan

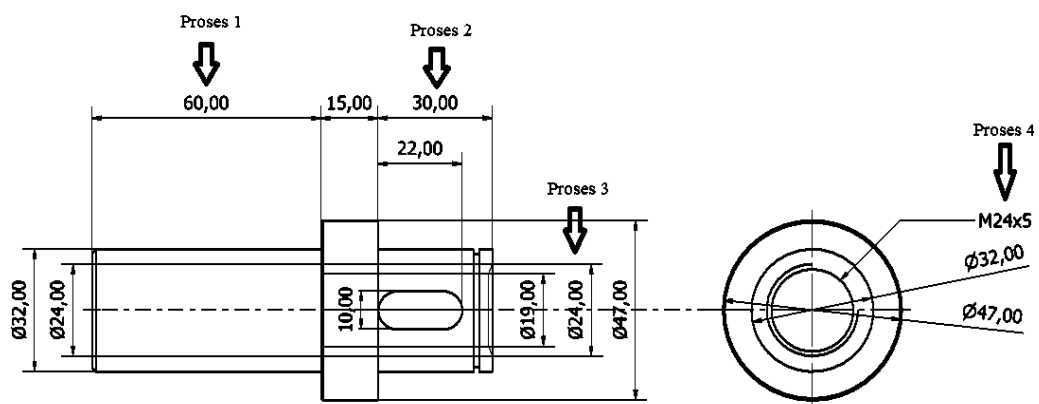
Tabel 3. 4 Total waktu proses pembuatan roda gigi yang digerakan

No.	Proses yang dilakukan	Mesin atau Alat	Waktu
-----	-----------------------	-----------------	-------

1	Proses bubut	Mesin Bubut	11 menit 15 detik
2	Proses Pembuatan lubang	Mesin Bubut	3 menit 10 detik
3	Proses Pembuatan gigi	Mesin Frais	56 menit
	Total		70 menit 25 detik

Total waktu proses pembuatan roda gigi yang digerakan adalah 70 menit 25 detik.

3. Poros Berulir



Gambar 3. 13 Proses Kerja Poros Berulir

- a) Proses 1 Pembubutan dari diameter $\text{Ø}50\text{mm}$ menjadi $\text{Ø}32\text{mm}$ sejauh 60mm (proses 1)

- 1) Perhitungan putaran :

$$V_c = 25 \text{ m/min} \quad D=50 \text{ mm}$$

$$n = \frac{1000 \times V_c}{3,14 \times D} = \frac{25000}{157} = 159 \text{ rpm} \quad \approx 210 \text{ rpm}$$

- 2) Perhitungan Kecepatan pemakanan (Feed = F)

$$\text{Pergeseran pahat bubut (f)} = 0,1 \text{ mm}$$

$$\text{Putaran mesin (n)} = 210 \text{ rpm}$$

$$F = f \times n \text{ (mm/menit)}$$

$$F = 0,1 \times 210 = 21 \text{ mm/menit}$$

3) Waktu pemakanan satu langkah pembubutan (t_m):

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

$$l = 60 \text{ mm}$$

$$L = l + l_a$$

$$= 60 + 1 = 61 \text{ mm}$$

$$F = 21 \text{ mm/menit}$$

$$t_m = \frac{L}{F} \text{ menit}$$

$$= \frac{61}{21} = 2,9 \text{ menit} \quad \approx 174 \text{ detik}$$

4) Jumlah langkah pembubutan

Diketahui :

$$\text{pemakanan dalam satu langkah (a)} = 3 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah ketebalan yang akan dimakan (b)} = 18 \text{ mm}$$

$$\text{Perhitungan} \quad z = \frac{b}{a}$$

$$z = \frac{18}{3} = 6 \text{ kali pemakanan}$$

5) Total waktu pemakanan

$$\text{Diketahui :} \quad t_m = 174 \text{ detik } z = 6 \text{ kali pemakanan}$$

$$\text{Perhitungan :} \quad T(\text{total}) = t_m \times z$$

$$T(\text{total}) = 174 \text{ detik} \times 6 \text{ kali pemakanan}$$

$$T(\text{total}) = 1044 \text{ detik} \approx 17,4 \text{ menit}$$

b) Proses 2 pembubutan dari diameter $\varnothing 50 \text{ mm}$ menjadi $\varnothing 32 \text{ mm}$ sejauh 30 mm

1) Perhitungan putaran :

$$V_c = 25 \text{ m/min}$$

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

$$n = \frac{1000 \times V_c}{3,14 \times D} = \frac{25000}{157} = 159 \text{ rpm} \quad \approx 210 \text{ rpm}$$

2) Perhitungan Kecepatan pemakanan (Feed = F)

Pergeseran pahat bubut (f) = 0,1 mm

Putaran mesin (n) = 210 rpm

$$F = f \times n \text{ (mm/menit)}$$

$$F = 0,1 \times 210 = 21 \text{ mm/menit}$$

3) Waktu pemakanan satu langkah pembubutan (t_m):

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

$$l = 30 \text{ mm}$$

$$L = l + l_a$$

$$= 30 + 1 = 31 \text{ mm}$$

$$F = 16 \text{ mm/menit}$$

$$t_m = \frac{L}{F} \text{ menit}$$

$$= \frac{31}{21} = 1,47 \text{ menit} \quad \approx 88 \text{ detik}$$

4) Jumlah langkah pembubutan

Diketahui :

pemakanan dalam satu langkah (a) = 3mm

Jumlah ketebalan yang akan dimakan (b) = 18mm

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

$$z = \frac{18}{3} = 6 \text{ kali pemakanan}$$

5) Total waktu pemakanan

Diketahui : $t_m = 88 \text{ detik}$ $z = 6 \text{ kali pemakanan}$

Perhitungan : $T(\text{total}) = t_m \times z$

$$T(\text{total}) = 88 \text{ detik} \times 6 \text{ kali pemakanan}$$

$$T(\text{total}) = 531 \text{ detik} \quad \approx 8,8 \text{ menit}$$

c) Proses 3 Pembuatan lubang untuk ulir sebesar $\varnothing 19 \text{ mm}$

1) Perhitungan putaran

Diketahui : $V_c = 25 \text{ m/menit}$ $d = 8 \text{ mm}$

Perhitungan :

$$n = \frac{1000 \times V_c}{3,14 \times d} = \frac{25000}{25,12} = 995 \text{ rpm} \quad \approx 940 \text{ rpm}$$

2) Waktu pemotongan pertama

$$\begin{aligned}
 L &= l + 0,3d \\
 &= 105 + 0,3 \times 8 \\
 &= 105 + 2,4 = 107,4\text{mm} \\
 F &= f \times n \\
 &= 0,1 \times 940 = 94 \text{ mm/menit} \\
 t_m &= \frac{L}{F} = \frac{107,4}{94} = 1,14 \text{ menit} \quad \approx 68,5 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

3) Perhitungan putaran

$$\begin{aligned}
 \text{Diketahui : } & V_c = 25\text{m/menit} \quad d = 15\text{mm} \\
 \text{Perhitungan :} & \\
 n = \frac{1000 \times V_c}{3,14 \times d} &= \frac{25000}{47,1} = 530 \text{ rpm} \quad \approx 460 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

4) Waktu pengeboran kedua

$$\begin{aligned}
 L &= l + 0,3d \\
 &= 105 + 0,3 \times 15 \\
 &= 105 + 5 = 110 \text{ mm} \\
 F &= f \times n \\
 &= 0,1 \times 460 = 46 \text{ mm/menit} \\
 t_m &= \frac{L}{F} = \frac{110}{46} = 2,39 \text{ menit} \quad \approx 143,4 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

5) Perhitungan Putaran

$$\begin{aligned}
 \text{Diketahui : } & V_c = 25 \text{ m/menit} \quad d = 21,5 \\
 \text{Perhitungan :} & \\
 n = \frac{1000 \times V_c}{3,14 \times d} &= \frac{25000}{67,51} = 370 \text{ rpm} \quad \approx 380 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

6) Waktu pemakanan satu langkah pembubutan (t_m):

$$\begin{aligned}
 l_a &= 1\text{mm} \\
 l &= 45 \text{ mm} \\
 L &= l + l_a \\
 &= 45+1 = 46 \text{ mm} \\
 F &= 0,1 \times n
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,1 \times 380 = 38 \text{ mm/menit} \\
 \text{tm} &= \frac{L}{F} \text{ menit} \\
 &= \frac{21}{38} = 0,55 \text{ menit} \qquad \approx 33 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

d) Pembubutan dalam untuk memperbesar lubang menjadi sebesar $\varnothing 19\text{mm}$

1) Perhitungan Putaran

Diketahui : $V_c = 25 \text{ m/menit}$ $d = 28$

Perhitungan :

$$n = \frac{1000 \times V_c}{3,14 \times d} = \frac{25000}{87,92} = 284 \text{ rpm} \qquad \approx 210 \text{ rpm}$$

2) Waktu pemakanan satu langkah pembubutan (t_m):

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

$$l = 45 \text{ mm}$$

$$L = l + l_a$$

$$= 45 + 1 = 46 \text{ mm}$$

$$F = 0,1 \times n$$

$$= 0,1 \times 210 = 21 \text{ mm/menit}$$

$$\text{tm} = \frac{L}{F} \text{ menit}$$

$$= \frac{46}{21} = 2,19 \text{ menit} \qquad \approx 131 \text{ detik}$$

3) Total waktu pembuatan lubang

Tabel 3. 5 Total waktu pembuatan lubang poros berulir

No	Proses Pembuatan	Waktu
1	Bor	68,5 detik
2	Bor	143,4 detik

3	Bubut	33 detik
4	Bubut	60 detik
	Total	304,9 detik

e) Proses 4 pembubutan ulir dalam dengan profil M24x5

1) Perhitungan putaran

$$\begin{aligned}
 V_c &= n \times 3,14 \times 24 \\
 &= 45 \times 3,14 \times 24 \\
 &= 3391 \text{ mm/menit} \approx 3,391 \text{ m/menit}
 \end{aligned}$$

2) Waktu pemakanan 1 langkah pembubutan (t_m):

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

$$l = 45 \text{ mm}$$

$$L = l + l_a$$

$$= 45 + 1 = 46 \text{ mm}$$

$$F = f \times n \text{ mm/menit}$$

$$F = 0,1 \times 45 \text{ mm/menit} = 4,5 \text{ mm/menit}$$

$$t_m = \frac{L}{F} \text{ menit}$$

$$= \frac{46}{4,5} = 10,22 \text{ menit} \approx 613 \text{ detik}$$

3) Jumlah pemakanan

$$\text{Diketahui :} \quad b = 2,5 \text{ mm} \quad a = 1 \text{ mm}$$

Perhitungan:

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

$$z = \frac{2,5}{1} = 2,5 \text{ kali pemakanan} \approx 3 \text{ kali pemakanan}$$

4) Total waktu pemakanan

$$\text{Diketahui :} \quad t_m = 613 \text{ detik} \quad z = 3 \text{ kali pemakanan}$$

$$\text{Perhitungan :} \quad T(\text{total}) = t_m \times z$$

$$T(\text{total}) = 613 \times 3$$

$$T(\text{total}) = 1840 \text{ detik} \approx 30 \text{ menit } 40 \text{ detik}$$

f) Pengeboran pada permukaan proses 2 menggunakan bor Ø8mm

1) Perhitungan putaran

$$V_c = 25 \text{ m/min} \quad D=8 \text{ mm}$$

$$n = \frac{1000 \times V_c}{3,14 \times D} = \frac{25000}{25,12} = 995 \text{ rpm} \quad \approx 940 \text{ rpm}$$

2) Waktu pengeboran

$$L = l + 0,3d$$

$$= 3 + 0,3 \times 10 = 6 \text{ mm}$$

$$F = f \times n$$

$$= 0,1 \times 940 = 94 \text{ mm/menit}$$

$$t_m = \frac{L}{F} = \frac{6}{94} = 0,06 \text{ menit} \quad \approx 3,8 \text{ detik}$$

g) Pengfraisan pada hasil bor dengan endmill Ø8

1) Perhitungan putaran

$$V_c = 25 \text{ m/min} \quad D=8 \text{ mm}$$

$$n = \frac{1000 \times V_c}{3,14 \times D} = \frac{25000}{25,12} = 996 \text{ rpm} \quad \approx 940 \text{ rpm}$$

2) Kecepatan pemakanan

Diketahui : $C_{pt} = 0,28$ $n = 940 \text{ rpm}$
 $N = 6$ mata sayaat

Perhitungan : $vf = C_{pt} \times n \times N$
 $vf = 0,28 \times 940 \times 6$
 $vf = 1579 \text{ mm/menit}$

3) Waktu pemakanan satu langkah pengfraisan

Diketahui : $l_w = 10 \text{ mm}$ $D = 10 \text{ mm}$
 $l_v = 0 \text{ mm}$ $vf = 1579 \text{ mm/menit}$

Perhitungan ; $l_n = \frac{l_w}{2} \times 3$
 $l_n = 15$
 $l_t = 0 + 10 + 10 = 20 \text{ mm}$

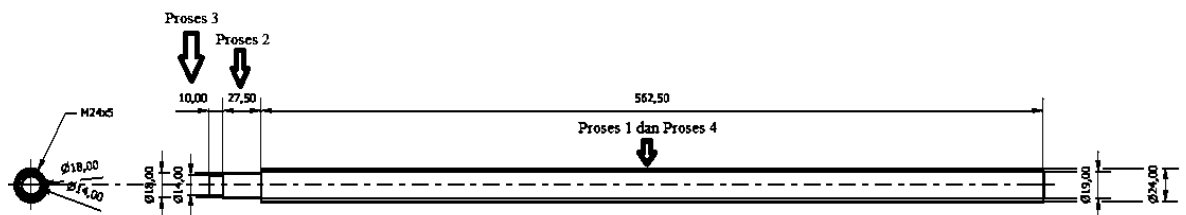
$$t_c = \frac{20}{1579} = 0,012 \text{ menit} \quad \approx 1 \text{ detik}$$

h) Total waktu pembuatan poros berulir

Tabel 3. 6 Total Waktu Pembuatan Poros Berulir

No.	Proses yang dilakukan	Mesin atau Alat	Waktu
1	Proses perubahan diameter benda kerja	Mesin Bubut	2 menit 42 detik
2	Proses Pembuatan lubang	Mesin Bubut	5 menit 4,9 detik
3	Proses Pembuatan ulir	Mesin Bubut	30 menit 40 detik
4	Proses Pembuatan alur pasak	Mesin Frais	3,8 detik
Total			38 menit 30,7 detik

4. Batang berulir



Gambar 3. 14 Proses Kerja Batang Berulir

a) Proses 1 pembubutan ukuran $\text{Ø}25\text{mm}$ menjadi $\text{Ø}24\text{mm}$

1) Perhitungan putaran :

$$V_c = 25 \text{ m/min}$$

$$D = 25 \text{ mm}$$

$$n = \frac{1000 \times V_c}{3,14 \times 25} = \frac{25000}{78,5} = 318 \text{ rpm} \quad \approx 380 \text{ rpm}$$

2) Perhitungan Kecepatan pemakanan (Feed = F)

$$\text{Pergeseran pahat bubut (f)} = 0,1 \text{ mm}$$

$$\text{Putaran mesin (n)} = 380 \text{ rpm}$$

$$F = f \times n \text{ (mm/menit)}$$

$$F = 0,1 \times 380 = 38 \text{ mm/menit}$$

3) Waktu pemakanan satu langkah pembubutan (t_m):

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

$$l = 600 \text{ mm}$$

$$L = l + l_a$$

$$= 600 + 1 = 601 \text{ mm}$$

$$F = 38 \text{ mm/menit}$$

$$t_m = \frac{L}{F} \text{ menit}$$

$$= \frac{601}{38} = 15,8 \text{ menit} \quad \approx 950 \text{ detik}$$

b) Proses 2 pembubutan ukuran $\varnothing 24 \text{ mm}$ menjadi $\varnothing 18 \text{ mm}$

1) Perhitungan putaran

$$V_c = 25 \text{ m/min} \quad D = 24 \text{ mm}$$

$$n = \frac{1000 \times V_c}{3,14 \times D} = \frac{25000}{75,36} = 332 \text{ rpm} \quad \approx 380 \text{ rpm}$$

2) Perhitungan Kecepatan pemakanan (Feed = F)

$$\text{Pergeseran pahat bubut (f)} = 0,1 \text{ mm}$$

$$\text{Putaran mesin (n)} = 380 \text{ rpm}$$

$$F = f \times n \text{ (mm/menit)}$$

$$F = 0,1 \times 380 = 38 \text{ mm/menit}$$

3) Waktu pemakanan satu langkah pembubutan (t_m):

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

$$l = 37,5 \text{ mm}$$

$$L = l + l_a$$

$$= 37,5 + 1 = 38,5 \text{ mm}$$

$$F = 38 \text{ mm/menit}$$

$$t_m = \frac{L}{F} \text{ menit}$$

$$= \frac{38,5}{38} = 1,01 \text{ menit} \quad \approx 60 \text{ detik}$$

c) Proses 3 pembubutan ukuran $\varnothing 18 \text{ mm}$ menjadi $\varnothing 14 \text{ mm}$

1) Perhitungan putaran

$$V_c = 25 \text{ m/min} \quad D = 18 \text{ mm}$$

$$n = \frac{1000 \times V_c}{3,14 \times D} = \frac{25000}{56,52} = 442 \text{ rpm} \quad \approx 460 \text{ rpm}$$

2) Perhitungan Kecepatan pemakanan (Feed = F)

$$\text{Pergeseran pahat bubut (f)} = 0,1 \text{ mm}$$

$$\text{Putaran mesin (n)} = 460 \text{ rpm}$$

$$F = f \times n \text{ (mm/menit)}$$

$$F = 0,1 \times 460 = 46 \text{ mm/menit}$$

3) Waktu pemakanan satu langkah pembubutan (t_m):

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

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

$$L = l + l_a$$

$$= 10 + 1 = 11 \text{ mm}$$

$$F = 46 \text{ mm/menit}$$

$$t_m = \frac{L}{F} \text{ menit}$$

$$= \frac{11}{46} = 0,24 \text{ menit} \quad \approx 14 \text{ detik}$$

d) Proses 4 pembubutan ulir pada ruas dengan diameter $\varnothing 24$ mm dengan M24x5

1) Perhitungan putaran

$$V_c = n \times 3,14 \times 24$$

$$= 60 \times 3,14 \times 24$$

$$= 4521 \text{ mm/menit} \approx 4,521 \text{ m/menit}$$

2) Waktu pemakanan 1 langkah pembubutan (t_m):

$$l_a = 1 \text{ mm} \quad l = 562,5 \text{ mm}$$

$$L = l + l_a$$

$$= 562,5 + 1 = 563,5 \text{ mm}$$

$$F = f \times n \text{ mm/menit}$$

$$= 0,1 \times 60 \text{ mm/menit} = 6 \text{ mm/menit}$$

$$\begin{aligned}
 t_m &= \frac{L}{F} \text{ menit} \\
 &= \frac{563,5}{6} = 93 \text{ menit} \qquad \approx 5635 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

3) Jumlah pemakanan

Diketahui : $b = 2,5 \text{ mm}$ $a = 1,25 \text{ mm}$

Perhitungan:

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

$$z = \frac{2,5}{1,25} = 2 \text{ kali pemakanan}$$

4) Total waktu pemakanan

Diketahui : $t_m = 5635 \text{ detik}$ $z = 2 \text{ kali pemakanan}$

Perhitungan : $T(\text{total}) = t_m \times z$

$$T(\text{total}) = 5635 \times 2$$

$$T(\text{total}) = 11270 \text{ detik} \qquad \approx 187 \text{ menit } 50 \text{ detik}$$

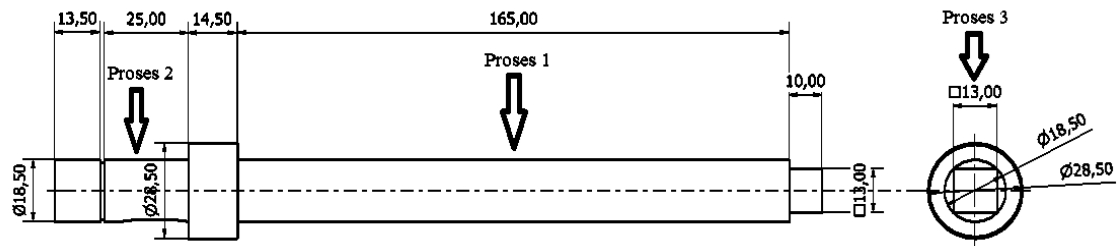
e) Total waktu proses pembuatan batang berulir

Tabel 3. 7 Total waktu proses pembuatan batang berulir

No.	Proses yang dilakukan	Mesin atau Alat	Waktu
1	Proses perubahan diameter benda kerja	Mesin Bubut	17 menit 3 detik
2	Proses pembuatan ulir	Mesin Bubut	187 menit 50 detik
	Total		204 menit 53 detik

Total waktu proses pembuatan batang berulir adalah 204 menit 53 detik.

5. Pembuatan poros penggerak



Gambar 3. 15 Proses Kerja Poros Penggerak

a) Proses 1 Pembubutan dari diameter $\text{Ø}20$ menjadi $\text{Ø}18,5$ sepanjang 165mm

1) Perhitungan putaran :

$$V_c = 25 \text{ m/min} \quad D=20 \text{ mm}$$

$$n = \frac{1000 \times V_c}{3,14 \times D} = \frac{25000}{62,8} = 398 \text{ rpm} \quad \approx 380 \text{ rpm}$$

2) Perhitungan Kecepatan pemakanan (Feed = F)

$$\text{Pergeseran pahat bubut (f)} = 0,1 \text{ mm}$$

$$\text{Putaran mesin (n)} = 380 \text{ rpm}$$

$$F = f \times n \text{ (mm/menit)}$$

$$F = 0,1 \times 380 = 38 \text{ mm/menit}$$

3) Waktu pemakanan satu langkah pembubutan (t_m):

$$l_a = 1 \text{ mm} \quad l = 175 \text{ mm}$$

$$L = l + l_a$$

$$= 175 + 1 = 176 \text{ mm}$$

$$F = 38 \text{ mm/menit}$$

$$t_m = \frac{L}{F} \text{ menit}$$

$$= \frac{176}{38} = 4,6 \text{ menit} \quad \approx 277 \text{ detik}$$

b) Proses 2 pembubutan dari diameter $\text{Ø}20$ menjadi $\text{Ø}18,5$ sepanjang 40mm

1) Perhitungan putaran :

$$V_c = 25 \text{ m/min} \quad D=20 \text{ mm}$$

$$n = \frac{1000 \times V_c}{3,14 \times D} = \frac{25000}{62,8} = 398 \text{ rpm} \quad \approx 380 \text{ rpm}$$

2) Perhitungan Kecepatan pemakanan (Feed = F)

$$\text{Pergeseran pahat bubut (f)} = 0,1 \text{ mm}$$

$$\text{Putaran mesin (n)} = 380 \text{ rpm}$$

$$F = f \times n \text{ (mm/menit)}$$

$$F = 0,1 \times 380 = 38 \text{ mm/menit}$$

3) Waktu pemakanan satu langkah pembubutan (t_m):

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

$$l = 40 \text{ mm}$$

$$L = l + l_a$$

$$= 40 + 1 = 41 \text{ mm}$$

$$F = 38 \text{ mm/menit}$$

$$t_m = \frac{L}{F} \text{ menit}$$

$$= \frac{41}{38} = 1,07 \text{ menit} \quad \approx 64 \text{ detik}$$

c) Pengeboran pada permukaan proses 2

1) Perhitungan putaran

$$V_c = 25 \text{ m/min} \quad D = 10 \text{ mm}$$

$$n = \frac{1000 \times V_c}{3,14 \times D} = \frac{25000}{31,4} = 796 \text{ rpm} \quad \approx 790 \text{ rpm}$$

2) Waktu pengeboran

$$L = l + 0,3d$$

$$= 3 + 0,3 \times 10$$

$$= 3 + 3 = 6 \text{ mm}$$

$$F = f \times n$$

$$= 0,1 \times 790 = 79 \text{ mm/menit}$$

$$t_m = \frac{L}{F} = \frac{6}{79} = 0,07 \text{ menit} \quad \approx 4,5 \text{ detik}$$

d) Pengefraisan pada hasil bor dengan endmill Ø10 pada permukaan proses 2

1) Perhitungan putaran

$$V_c = 25 \text{ m/min} \quad D = 10 \text{ mm}$$

$$n = \frac{1000 \times V_c}{3,14 \times D} = \frac{25000}{31,4} = 796 \text{ rpm} \quad \approx 790 \text{ rpm}$$

2) Kcepatan pemakanan

$$\text{Diketahui :} \quad C_{pt} = 0,28 \quad n = 790 \text{ rpm}$$

$$N = 6 \text{ mata sayaat}$$

Perhitungan : $vf = C_{pt} \times n \times N$

$$vf = 0.28 \times 790 \times 6$$

$$vf = 1372 \text{ mm/menit}$$

3) Waktu pemakanan satu langkah pengefraisan

Diketahui : $lw = 10 \text{ mm}$ $D = 10 \text{ mm}$

$$lv = 0 \text{ mm} \quad vf = 1372 \text{ mm/menit}$$

Perhitungan ; $ln = \frac{10}{2} \times 3$

$$ln = 12$$

$$lt = 0 + 10 + 10$$

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

$$tc = \frac{20}{1372} = 0,014 \text{ menit} \quad \approx 1 \text{ detik}$$

e) Proses 3 Pengefraisan kubus

1) Perhitungan putaran

$$V_c = 25 \text{ m/min} \quad D = 10 \text{ mm}$$

$$n = \frac{1000 \times V_c}{3,14 \times D} = \frac{25000}{31,4} = 796 \text{ rpm} \quad \approx 790 \text{ rpm}$$

2) Kcepatan pemakanan

Diketahui : $C_{pt} = 0,28$ $n = 790 \text{ rpm}$

$$N = 6 \text{ mata sayaat}$$

Perhitungan : $vf = C_{pt} \times n \times N$

$$vf = 0.28 \times 790 \times 6$$

$$vf = 1372 \text{ mm/menit}$$

3) Waktu pemakanan satu langkah pengefraisan

Diketahui : $lw = 10 \text{ mm}$ $D = 10 \text{ mm}$

$$lv = 2 \text{ mm} \quad vf = 1372 \text{ mm/menit}$$

Perhitungan ; $ln = \frac{10}{2} \times 3$

$$ln = 12$$

$$l_t = 2 + 10 + 13$$

$$l_t = 25\text{mm}$$

$$t_c = \frac{25}{1372} = 0,018 \text{ menit} \approx 1 \text{ detik}$$

4) Total waktu pengefraisan

Diketahui: $T(\text{total}) = 1 \text{ detik}$ $y = 4 \text{ kali}$ (karena ada 4 sisi)

Perhitungan : $T' = T(\text{total}) \times y$

$$T' = 1 \times 4$$

$$T' = 4 \text{ detik}$$

f) Total waktu proses pembuatan poros penggerak

Tabel 3. 8 Total waktu proses pembuatan poros penggerak

No.	Proses yang dilakukan	Mesin atau Alat	Waktu
1	Proses perubahan diameter benda kerja	Mesin Bubut	5 menit 45 detik
2	Proses bor untuk alur pasak	Mesin Frais	4,5 detik
3	Proses Pembuatan alur pasak	Mesin Frais	1 detik
4	Proses pembuatan segiempat	Mesin Frais	4 detik
	Total		5 menit 50,5 detik

Total waktu pembuatan poros penggerak ialah 5 menit 50,5 detik

G. Perhitungan Waktu dan Biaya Produksi

1. Roda Gigi Penggerak

Perbandingan waktu dan biaya pada pembuatan Roda Gigi Penggerak adalah sebagai berikut :

a. Pembubutan

Tabel 3. 9 Perhitungan waktu proses bubut roda gigi penggerak

No	Kegiatan Operator	Presentasi Kegiatan Untuk Jenis Proses Permesinan		
		Persentase Pekerjaan (%)	Waktu Efektif (Menit)	Waktu Real (Menit)
Kegiatan Produksi				
1	Mengawasi mesin yang bekerja	36,2	2,7	3
2	Memasang benda kerja, penyiapan, finishing, pengambilan produk (mesin tidak memotong, non produktif)	13,4	0,99	1,3
3	Mengganti pisau	1,9	0,14	0,18
4	Mengukur benda kerja (pada atau diluar bersih)	5,6	0,4	0,5
	Sub total	57,1	4,25	4,98
Kegiatan Persiapan				
5	Memasang peralatan bantu (ragum)	16,4	2,4	3,12
6	Mempelajari gambar teknik	1,1	0,16	0,20

No	Kegiatan Operator	Presentasi Kegiatan Untuk Jenis Proses Permesinan		
		Persentase Pekerjaan (%)	Waktu Efektif (Menit)	Waktu Real (Menit)

7	Membersihkan geram atau perbaikan sederhana (<i>Simple maintenance</i>)	3,5	0,51	1,37
8	Mencari pisau/memindahkan benda kerja	3,5	0,51	1,03
9	Diskusi dengan kepala <i>workshop</i> /kelompok/membantu operator lain	1,1	0,16	0,20
	Sub total	25,6	3,74	5,92
	Kegiatan Pribadi			
10	Ke kamar kecil	2,9	-	-
11	Istirahat di dekat mesin	6,8	-	-
12	Menunggu pekerjaan	4,0	-	-
13	Berbincang dengan teman dan lain-lain	3,6	-	-
	Sub total	17,3	-	-
	total	100%	7,99	10,9

Jumlah waktu pembubutan secara teoritis adalah 7,99 menit \approx 0,13 jam

Jumlah waktu pembubutan secara *realtime* adalah 10,9 menit \approx 0,18 jam

Biaya pembuatan roda gigi penggerak proses pembubutan :

a) Secara Teoritis

1) Biaya Operator = Upah Kerja Standar (UKS) x Waktu Kerja

UKS = UMK (Bandung Tahun 2020) : total waktu kerja satu bulan

= Rp. 3.623.778,91 /bulan : 160 jam/bulan

= Rp. 22.648,61/jam

Bo = Rp. 22.648,61 x 0.13 jam

= Rp. 2.944,32

2) Biaya mesin = Total waktu kerja komponen x harga sewa (per jam)

$$\begin{aligned} B_m &= 0,13 \text{ jam} \times \text{Rp. } 50.000,00 \\ &= \text{Rp. } 6.500 \end{aligned}$$

3) Biaya Listrik = Total waktu kerja x harga (per kwh)

$$\begin{aligned} B_l &= 0,13 \text{ jam} \times \text{Rp. } 1.358,00 \\ &= \text{Rp. } 176,54 \end{aligned}$$

4) Biaya Pisau

$$\begin{aligned} - \text{ Pahat bubut rata HSS} &= \frac{Cotb+rg \times cg}{rg+1} \\ &= \frac{25000+15 \times 4000}{15+1} \\ &= \frac{25000+15 \times 4000}{16} \\ &= \frac{85000}{16} \\ &= \text{Rp. } 5.312,5 \end{aligned}$$

5) Biaya lain-lain (Bn) = Biaya Listrik + Biaya Tooling
 = Rp. 176,54 + Rp. 5.312,5
 = Rp. 5.489,04

Jadi untuk total biaya pembuatan komponen berdasarkan teoritis yaitu:

$$\begin{aligned} C_p &= B_o + B_m + B_n \\ &= \text{Rp. } 2.944,32 + \text{Rp. } 6.500 + \text{Rp. } 5.489,04 \\ &= \text{Rp. } 14.933,36 \end{aligned}$$

b) Secara Real

1) Biaya Operator = Upah Kerja Standar (UKS) x Waktu Kerja

$$\text{UKS} = \text{Rp. } 22.648,61/\text{jam} \text{ (d disesuaikan perhitungan teoritis)}$$

$$\begin{aligned} B_o &= \text{Rp. } 22.648,61 \times 0,18 \text{ jam} \\ &= \text{Rp. } 4.076,75 \end{aligned}$$

2) Biaya mesin = Total waktu kerja komponen x harga sewa (per jam)

$$\begin{aligned} B_m &= 0,18 \text{ jam} \times \text{Rp. } 50.000,00 \\ &= \text{Rp. } 9.000 \end{aligned}$$

3) Biaya Listrik = Total waktu kerja x harga sewa (per jam)

$$\begin{aligned} B_l &= 0,18 \text{ jam} \times \text{Rp. } 1.358,00 \\ &= \text{Rp. } 244,44 \end{aligned}$$

4) Biaya Pisau

- Pahat bubut rata HSS = Rp.5.312,5 (d disesuaikan perhitungan teoritis)

5) Biaya lain-lain = Biaya Listrik + Biaya Tooling

$$\begin{aligned} &= \text{Rp. } 244,44 + \text{Rp. } 5.312,5 \\ &= \text{Rp. } 5.556,94 \end{aligned}$$

Jadi untuk total biaya pembuatan komponen berdasarkan real yaitu:

$$\begin{aligned} C_p &= B_o + B_m + B_n \\ &= \text{Rp. } 4.076,75 + \text{Rp. } 9.000 + \text{Rp. } 5.556,94 \\ &= \text{Rp. } 18.633,69 \end{aligned}$$

b. Pengeboran

Tabel 3. 10 Perhitungan waktu proses bor roda gigi penggerak

No	Kegiatan Operator	Presentasi Kegiatan Untuk Jenis Proses Permesinan		
		Persentase Pekerjaan (%)	Waktu Efektif (Menit)	Waktu Real (Menit)
Kegiatan Produksi				
1	Mengawasi mesin yang bekerja	34,9	1,22	2,1
2	Memasang benda kerja, penyiapan, finishing, pengambilan produk (mesin tidak memotong, non produktif)	15,7	0,548	0,7
3	Mengganti pisau	1,8	0,06	1

4	Mengukur benda kerja (pada atau diluar bersih)	3,5	0,122	0,5
	Sub total Kegiatan Persiapan	55,9	1,95	4,3
5	Memasang peralatan bantu (ragum)	12,0	2,29	3,12
6	Mempelajari gambar teknik	0,5	0,09	0,12
7	Membersihkan geram atau perbaikan sederhana (<i>Simple maintenance</i>)	5,3	1,01	1,3
8	Mencari pisau/memindahkan benda kerja	4,0	0,76	1,03

No	Kegiatan Operator	Presentasi Kegiatan Untuk Jenis Proses Permesinan		
		Persentase Pekerjaan (%)	Waktu Efektif (Menit)	Waktu Real (Menit)
9	Diskusi dengan kepala <i>workshop</i> /kelompok/membantu operator lain	0,5	0,009	0,5
	Sub total Kegiatan Pribadi	22,3	4,25	6,07
10	Ke kamar kecil	2,4	-	-
11	Istirahat di dekat mesin	10,1	-	-
12	Menunggu pekerjaan	2,7	-	-
13	Berbincang dengan teman dan lain-lain	6,6	-	-
	Sub total total	21,8	-	-
		100%	6,2	10,37

Jumlah waktu pengeboran secara teoritis adalah 6,2 menit \approx 0,103 jam

Jumlah waktu pengeboran secara *realtime* adalah 10,37 menit \approx 0,17 jam

Biaya pembuatan roda gigi penggerak proses pengeboran:

a) Secara Teoritis

1) Biaya Operator = Upah Kerja Standar (UKS) x Waktu Kerja

UKS = UMK (Bandung Tahun 2020) : total waktu kerja satu bulan

$$= \text{Rp. } 3.623.778,91 / \text{bulan} : 160 \text{ jam/bulan}$$

$$= \text{Rp. } 22.648,61/\text{jam}$$

$$\text{Bo} = \text{Rp. } 22.648,61 \times 0.103 \text{ jam}$$

$$= \text{Rp. } 2.332,74$$

2) Biaya mesin = Total waktu kerja komponen x harga sewa (per jam)

$$\text{Bm} = 0,103 \text{ jam} \times \text{Rp. } 50.000,00$$

$$= \text{Rp. } 5.150$$

3) Biaya Listrik = Total waktu kerja x harga (per kwh)

$$\text{Bl} = 0,103 \text{ jam} \times \text{Rp. } 1.358,00$$

$$= \text{Rp. } 139,87$$

4) Biaya Pisau

$$\begin{aligned} - \text{ Matabor } \varnothing 8 \text{ HSS} &= \frac{\text{Cotb} + \text{rg} \times \text{cg}}{\text{rg} + 1} \\ &= \frac{21000 + 15 \times 4000}{15 + 1} \\ &= \frac{21000 + 15 \times 4000}{16} \\ &= \frac{81000}{16} \\ &= \text{Rp. } 5.062,50 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{ Matabor } \varnothing 15 \text{ HSS} &= \frac{\text{Cotb} + \text{rg} \times \text{cg}}{\text{rg} + 1} \\ &= \frac{30000 + 15 \times 4000}{15 + 1} \\ &= \frac{30000 + 15 \times 4000}{16} \\ &= \frac{90000}{16} \\ &= \text{Rp. } 5.625 \end{aligned}$$

5) Biaya lain-lain (Bn) = Biaya Listrik + Biaya Tooling

$$= \text{Rp. } 139,87 + (\text{Rp. } 5.062,50 + \text{Rp. } 5.625)$$

$$= \text{Rp. } 10.826,87$$

Jadi untuk total biaya pembuatan komponen berdasarkan teoritis yaitu:

$$\begin{aligned} C_p &= B_o + B_m + B_n \\ &= \text{Rp. } 2.332,74 + \text{Rp. } 5.150 + \text{Rp. } 10.826,87 \\ &= \text{Rp. } 18.309,61 \end{aligned}$$

b) Secara Real

1) Biaya Operator = Upah Kerja Standar (UKS) x Waktu Kerja

$$\begin{aligned} \text{UKS} &= \text{Rp. } 22.648,61/\text{jam (d disesuaikan perhitungan} \\ &\text{teoritis)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_o &= \text{Rp. } 22.648,61 \times 0,17 \text{ jam} \\ &= \text{Rp. } 3.850,26 \end{aligned}$$

2) Biaya mesin = Total waktu kerja komponen x harga sewa (per jam)

$$\begin{aligned} B_m &= 0,17 \text{ jam} \times \text{Rp. } 50.000,00 \\ &= \text{Rp. } 8.500 \end{aligned}$$

3) Biaya Listrik = Total waktu kerja x harga sewa (per jam)

$$\begin{aligned} B_l &= 0,17 \text{ jam} \times \text{Rp. } 1.358,00 \\ &= \text{Rp. } 230,86 \end{aligned}$$

4) Biaya Pisau

$$\begin{aligned} - \text{ Matabor } \phi 8 + \phi 15 \text{ HSS} &= \text{Rp. } 5.062,50 + \text{Rp. } 5.625 \\ &= \text{Rp. } 10.687,5 \text{ (d disesuaikan perhitungan} \\ &\text{teoritis)} \end{aligned}$$

5) Biaya lain-lain = Biaya Listrik + Biaya Tooling

$$\begin{aligned} &= \text{Rp. } 230,86 + \text{Rp. } 10.687,5 \\ &= \text{Rp. } 10.918,36 \end{aligned}$$

Jadi untuk total biaya pembuatan komponen berdasarkan real yaitu:

$$\begin{aligned}
 C_p &= B_o + B_m + B_n \\
 &= \text{Rp. } 3.850,26 + \text{Rp. } 8.500 + \text{Rp. } 10.918,36 \\
 &= \text{Rp. } 23.268,62
 \end{aligned}$$

c. Pengefraiss

Tabel 3. 11 Perhitungan waktu proses fraiss roda gigi penggerak

No	Kegiatan Operator	Presentasi Kegiatan Untuk Jenis Proses Permesinan		
		Persentase Pekerjaan (%)	Waktu Efektif (Menit)	Waktu Real (Menit)
Kegiatan Produksi				
1	Mengawasi mesin yang bekerja	31,6	26	30
2	Memasang benda kerja, penyiapan, finishing, pengambilan produk (mesin tidak memotong, non produktif)	16,9	13,9	15
3	Mengganti pisau	0,8	0,65	1,5
4	Mengukur benda kerja (pada atau diluar bersih)	8	6,5	7
	Sub total	57,3	47,14	53,5
Kegiatan Persiapan				
No	Kegiatan Operator	Presentasi Kegiatan Untuk Jenis Proses Permesinan		
		Persentase Pekerjaan (%)	Waktu Efektif (Menit)	Waktu Real (Menit)
5	Memasang peralatan bantu (ragum)	18,2	2,29	2,54

6	Mempelajari gambar teknik	0,4	0,09	0,10
7	Membersihkan geram atau perbaiki sederhana (<i>Simple maintenance</i>)	8,0	1,01	1,1
8	Mencari pisau/memindahkan benda kerja	1,8	0,76	1,03
9	Diskusi dengan kepala <i>workshop</i> /kelompok/membantu operator lain	0,4	0,009	0,2
	Sub total	28,8	4,25	4,97
	Kegiatan Pribadi			
10	Ke kamar kecil	1,8	-	-
11	Istirahat di dekat mesin	5,8	-	-
12	Menunggu pekerjaan	3,6	-	-
13	Berbincang dengan teman dan lain-lain	2,7	-	-
	Sub total	13,9	-	-
	total	100%	51,39	58,47

Waktu kerja teoritis proses frais adalah 51,39 menit \approx 0,85 jam

Waktu kerja real proses frais adalah 58,47 menit \approx 0,97 jam

Biaya pembuatan roda gigi penggerak proses frais:

a) Secara Teoritis

1) Biaya Operator = Upah Kerja Standar (UKS) x Waktu Kerja

UKS = UMK (Bandung Tahun 2020) : total waktu kerja satu bulan

= Rp. 3.623.778,91 /bulan : 160 jam/bulan

= Rp. 22.648,61/jam

Bo = Rp. 22.648,61 x 0.85 jam

= Rp. 19.251,31

2) Biaya mesin = Total waktu kerja komponen x harga sewa (per jam)

Bm = 0,85 x Rp. 50.000,00

$$= \text{Rp. } 42.500,00$$

$$3) \text{ Biaya Listrik} = \text{Total waktu kerja} \times \text{harga (per kwh)}$$

$$\text{Bl} = 0,85 \text{ jam} \times \text{Rp. } 1.358,00$$

$$= \text{Rp. } 1.154,00$$

$$4) \text{ Biaya Pisau}$$

$$\begin{aligned} - \text{ Pisau modul no.5 HSS} &= \frac{\text{Cotb} + \text{rg} \times \text{cg}}{\text{rg} + 1} \\ &= \frac{200000 + 15 \times 4000}{15 + 1} \\ &= \frac{200000 + 15 \times 4000}{16} \\ &= \frac{260000}{16} \\ &= \text{Rp. } 43.333,33 \end{aligned}$$

$$5) \text{ Biaya lain-lain (Bn)} = \text{Biaya Listrik} + \text{Biaya Tooling}$$

$$= \text{Rp. } 1.154 + \text{Rp. } 43.333,33$$

$$= \text{Rp. } 44.487,33$$

Jadi untuk total biaya pembuatan komponen berdasarkan teoritis yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Cp} &= \text{Bo} + \text{Bm} + \text{Bn} \\ &= \text{Rp. } 19.251,31 + \text{Rp. } 42.500,00 + \text{Rp. } 44.487,33 \\ &= \text{Rp. } 106.238,00 \end{aligned}$$

b) Secara Real

$$1) \text{ Biaya Operator} = \text{Upah Kerja Standar (UKS)} \times \text{Waktu Kerja}$$

$$\text{UKS} = \text{Rp. } 22.648,61/\text{jam (d disesuaikan perhitungan teoritis)}$$

$$\text{Bo} = \text{Rp. } 22.648,61 \times 0,97 \text{ jam}$$

$$= \text{Rp. } 21.968,56$$

$$2) \text{ Biaya mesin} = \text{Total waktu kerja komponen} \times \text{harga sewa (per jam)}$$

$$\text{Bm} = 0,97 \times \text{Rp. } 50.000,00$$

$$= \text{Rp. } 48.500$$

$$\begin{aligned}
 3) \text{ Biaya Listrik} &= \text{Total waktu kerja} \times \text{harga sewa (per jam)} \\
 \text{Bl} &= 0,97 \text{ jam} \times \text{Rp. } 1.358,00 \\
 &= \text{Rp. } 1.317,26
 \end{aligned}$$

4) Biaya Pisau

- Pisau modul no.7 HSS = Rp. Rp. 43.333,33 (d disesuaikan perhitungan teoritis)

$$\begin{aligned}
 5) \text{ Biaya lain-lain} &= \text{Biaya Listrik} + \text{Biaya Tooling} \\
 &= \text{Rp. } 1.317,26 + \text{Rp. Rp. } 43.333,33 \\
 &= \text{Rp. } 44.650,59
 \end{aligned}$$

Jadi untuk total biaya pembuatan komponen berdasarkan real yaitu:

$$\begin{aligned}
 \text{Cp} &= \text{Bo} + \text{Bm} + \text{Bn} \\
 &= \text{Rp. } 21.968,56 + \text{Rp. } 48.500 + \text{Rp. } \\
 &\quad 44.650,59 \\
 &= \text{Rp. } 115.119,153
 \end{aligned}$$

2. Roda Gigi yang digerakan (Driven)

a. Pembubutan

Tabel 3. 12 Perhitungan waktu proses bubut roda gigi *driven*

No	Kegiatan Operator	Presentasi Kegiatan Untuk Jenis Proses Permesinan		
		Persentase Pekerjaan (%)	Waktu Efektif (Menit)	Waktu Real (Menit)
Kegiatan Produksi				
1	Mengawasi mesin yang bekerja	36,2	14,2	15
2	Memasang benda kerja, penyiapan, finishing, pengambilan produk (mesin tidak memotong, non produktif)	13,4	5,2	3,5
3	Mengganti pisau	1,9	0,74	0,54
4	Mengukur benda kerja (pada atau diluar bersih)	5,6	2,19	1,9
Sub total		57,1	22,3	20,94

Kegiatan Persiapan

5	Memasang peralatan bantu (ragum)	16,4	2,4	3,12
6	Mempelajari gambar teknik	1,1	0,16	0,20
7	Membersihkan geram atau perbaikan sederhana (<i>Simple maintenance</i>)	3,5	0,51	1,37

Presentasi Kegiatan Untuk Jenis Proses Permesinan				
No	Kegiatan Operator	Persentase Pekerjaan (%)	Waktu Efektif (Menit)	Waktu Real (Menit)
8	Mencari pisau/memindahkan benda kerja	3,5	0,51	1,03
9	Diskusi dengan kepala <i>workshop</i> /kelompok/membantu operator lain	1,1	0,16	0,20
	Sub total	25,6	3,74	5,92
	Kegiatan Pribadi			
10	Ke kamar kecil	2,9	-	-
11	Istirahat di dekat mesin	6,8	-	-
12	Menunggu pekerjaan	4,0	-	-
13	Berbincang dengan teman dan lain-lain	3,6	-	-
	Sub total	17,3	-	-
	total	100%	26,04	26,86

Jumlah waktu pembubutan secara teoritis adalah **26,04** menit \approx 0,43 jam

Jumlah waktu pembubutan secara *realtime* adalah **26,86** menit \approx 0,447 jam

Biaya pembuatan roda gigi penggerak proses pembubutan :

a) Secara Teoritis

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Biaya Operator} &= \text{Upah Kerja Standar (UKS)} \times \text{Waktu Kerja} \\
 \text{UKS} &= \text{UMK (Bandung Tahun 2020)} : \text{total waktu} \\
 &\text{kerja satu bulan} \\
 &= \text{Rp. 3.623.778,91 /bulan} : 160 \text{ jam/bulan} \\
 &= \text{Rp. 22.648,61/jam}
 \end{aligned}$$

$$\text{Bo} = \text{Rp. 22.648,61} \times 0,43 \text{ jam}$$

$$= \text{Rp. } 10.139,02$$

2) Biaya mesin = Total waktu kerja komponen x harga sewa (per jam)

$$\begin{aligned} B_m &= 0,43 \text{ jam} \times \text{Rp. } 50.000,00 \\ &= \text{Rp. } 21.500,00 \end{aligned}$$

3) Biaya Listrik = Total waktu kerja x harga (per kwh)

$$\begin{aligned} B_l &= 0,43 \text{ jam} \times \text{Rp. } 1.358,00 \\ &= \text{Rp. } 583,94 \end{aligned}$$

4) Biaya Pisau

$$\begin{aligned} - \text{ Pahat bubut rata HSS} &= \frac{\text{Cotb} + r g \times c g}{r g + 1} \\ &= \frac{25000 + 15 \times 4000}{15 + 1} \\ &= \frac{25000 + 15 \times 4000}{16} \\ &= \frac{85000}{16} \\ &= \text{Rp. } 5.312,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{ Matabor } \varnothing 8 \text{ HSS} &= \frac{\text{Cotb} + r g \times c g}{r g + 1} \\ &= \frac{21000 + 15 \times 4000}{15 + 1} \\ &= \frac{81000}{16} \\ &= \text{Rp. } 5.062,50 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{ Matabor } \varnothing 15 \text{ HSS} &= \frac{\text{Cotb} + r g \times c g}{r g + 1} \\ &= \frac{30000 + 15 \times 4000}{15 + 1} \\ &= \frac{90000}{16} \\ &= \text{Rp. } 5.625 \end{aligned}$$

5) Biaya lain-lain (Bn) = Biaya Listrik + Biaya Tooling

$$= \text{Rp. } 583,94 + \text{Rp. } 5.312,5 + \text{Rp. } 5.062,50 + \text{Rp. } 5.625$$

$$= \text{Rp. } 16.583,94$$

Jadi untuk total biaya pembuatan komponen berdasarkan teoritis yaitu:

$$\begin{aligned} C_p &= B_o + B_m + B_n \\ &= \text{Rp. } 10.139,02 + \text{Rp. } 21.500,00 + \text{Rp. } 16.583,94 \\ &= \text{Rp. } 48.222,96 \end{aligned}$$

b) Secara Real

1) Biaya Operator = Upah Kerja Standar (UKS) x Waktu Kerja

$$\begin{aligned} \text{UKS} &= \text{Rp. } 22.648,61/\text{jam (d disesuaikan perhitungan} \\ &\text{teoritis)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_o &= \text{Rp. } 22.648,61 \times 0,447 \text{ jam} \\ &= \text{Rp. } 10.123,92 \end{aligned}$$

2) Biaya mesin = Total waktu kerja komponen x harga sewa (per jam)

$$\begin{aligned} B_m &= 0,447 \text{ jam} \times \text{Rp. } 50.000,00 \\ &= \text{Rp. } 22.350 \end{aligned}$$

3) Biaya Listrik = Total waktu kerja x harga sewa (per jam)

$$\begin{aligned} B_l &= 0,447 \text{ jam} \times \text{Rp. } 1.358,00 \\ &= \text{Rp. } 607,026 \end{aligned}$$

4) Biaya Pisau

- Pahat bubut rata HSS + 2 mata bor HSS
=Rp 16.000,00 (d disesuaikan perhitungan teoritis)

5) Biaya lain-lain = Biaya Listrik + Biaya Tooling

$$\begin{aligned} &= \text{Rp. } 607,026 + \text{Rp. } 16.000 \\ &= \text{Rp. } 16.607,26 \end{aligned}$$

Jadi untuk total biaya pembuatan komponen berdasarkan real yaitu:

$$\begin{aligned}
 C_p &= B_o + B_m + B_n \\
 &= \text{Rp. } 10.123,92 + \text{Rp. } 22.350 + \text{Rp. } \\
 &\quad 16.607,26 \\
 &= \text{Rp. } 48.473,92
 \end{aligned}$$

b. Pengefraisan

Tabel 3. 13 Perhitungan waktu proses frais roda gigi *driven*

No	Kegiatan Operator	Presentasi Kegiatan Untuk Jenis Proses Permesinan		
		Persentase Pekerjaan (%)	Waktu Efektif (Menit)	Waktu <i>Real</i> (Menit)
Kegiatan Produksi				
1	Mengawasi mesin yang bekerja	31,6	56	58
2	Memasang benda kerja, penyiapan, finishing, pengambilan produk (mesin tidak memotong, non produktif)	16,9	29,94	30
Kegiatan Persiapan				
3	Mengganti pisau	0,8	1,417	1,5
4	Mengukur benda kerja (pada atau diluar bersih)	8	14,17	15
	Sub total	57,3	101,54	104,5
5	Memasang peralatan bantu (ragum)	18,2	2,29	2,54

6	Mempelajari gambar teknik	0,4	0,09	0,10
7	Membersihkan geram atau perbaikan sederhana (<i>Simple maintenance</i>)	8,0	1,01	1,1
8	Mencari pisau/memindahkan benda kerja	1,8	0,76	1,03
9	Diskusi dengan kepala <i>workshop</i> /kelompok/membantu operator lain	0,4	0,009	0,2
	Sub total	28,8	4,25	4,97
	Kegiatan Pribadi			
10	Ke kamar kecil	1,8	-	-
11	Istirahat di dekat mesin	5,8	-	-
12	Menunggu pekerjaan	3,6	-	-
13	Berbincang dengan teman dan lain-lain	2,7	-	-

Presentasi Kegiatan Untuk Jenis Proses Permesinan				
No	Kegiatan Operator	Persentase Pekerjaan (%)	Waktu Efektif (Menit)	Waktu Real (Menit)
	Sub total	13,9	-	-
	total	100%	105,79	109,47

Waktu kerja teoritis proses frais adalah 105,79 menit \approx 1,76 jam

Waktu kerja real proses frais adalah 109,47 menit \approx 1,82 jam

Biaya pembuatan roda gigi penggerak proses frais:

a) Secara Teoritis

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Biaya Operator} &= \text{Upah Kerja Standar (UKS)} \times \text{Waktu Kerja} \\
 \text{UKS} &= \text{UMK (Bandung Tahun 2020)} : \text{total waktu} \\
 &\text{kerja satu bulan} \\
 &= \text{Rp. } 3.623.778,91 / \text{bulan} : 160 \text{ jam/bulan} \\
 &= \text{Rp. } 22.648,61/\text{jam} \\
 \text{Bo} &= \text{Rp. } 22.648,61 \times 1,76 \text{ jam} \\
 &= \text{Rp. } 39.861,55
 \end{aligned}$$

2) Biaya mesin (per jam) = Total waktu kerja komponen x harga sewa

$$\begin{aligned} B_m &= 1,76 \text{ jam} \times \text{Rp. } 50.000,00 \\ &= \text{Rp. } 88.000,00 \end{aligned}$$

3) Biaya Listrik = Total waktu kerja x harga (per kwh)

$$\begin{aligned} B_l &= 1,76 \text{ jam} \times \text{Rp. } 1.358,00 \\ &= \text{Rp. } 2.390,08 \end{aligned}$$

4) Biaya Pisau

$$\begin{aligned} - \text{ Pisau modul no.7 HSS} &= \frac{Cotb+rg \times cg}{rg+1} \\ &= \frac{200000+15 \times 4000}{15+1} \\ &= \frac{200000+15 \times 4000}{16} \\ &= \frac{260000}{16} \\ &= \text{Rp. } 43.333,33 \end{aligned}$$

5) Biaya lain-lain (Bn) = Biaya Listrik + Biaya Tooling

$$\begin{aligned} &= \text{Rp. } 2.390,08 + \text{Rp. } 43.333,33 \\ &= \text{Rp. } 45.723,41 \end{aligned}$$

Jadi untuk total biaya pembuatan komponen berdasarkan teoritis yaitu:

$$\begin{aligned} C_p &= B_o + B_m + B_n \\ &= \text{Rp. } 39.861,55 + \text{Rp. } 88.000,00 + \text{Rp. } 45.723,41 \\ &= \text{Rp. } 173.584,96 \end{aligned}$$

b) Secara Real

1) Biaya Operator = Upah Kerja Standar (UKS) x Waktu Kerja

$$\text{UKS} = \text{Rp. } 22.648,61/\text{jam (d disesuaikan perhitungan teoritis)}$$

$$\begin{aligned} B_o &= \text{Rp. } 22.648,61 \times 1,82 \text{ jam} \\ &= \text{Rp. } 41.220,47 \end{aligned}$$

2) Biaya mesin = Total waktu kerja komponen x harga sewa (per jam)

$$B_m = 1,82 \times \text{Rp. } 50.000,00$$

$$= \text{Rp. } 91.000,00$$

$$3) \text{ Biaya Listrik} = \text{Total waktu kerja} \times \text{harga sewa (per jam)}$$

$$B_l = 1,82 \text{ jam} \times \text{Rp. } 1.358,00$$

$$= \text{Rp. } 2.471,56$$

$$4) \text{ Biaya Pisau}$$

- Pisau modul no.7 HSS = Rp. Rp. 43.333,33 (d disesuaikan perhitungan teoritis)

$$5) \text{ Biaya lain-lain} = \text{Biaya Listrik} + \text{Biaya Tooling}$$

$$= \text{Rp. } 2.471,56 + \text{Rp. Rp. } 43.333,33$$

$$= \text{Rp. } 45.804,89$$

Jadi untuk total biaya pembuatan komponen berdasarkan real yaitu:

$$C_p = B_o + B_m + B_n$$

$$= \text{Rp. } 41.220,47 + \text{Rp. } 91.000,00 + \text{Rp.}$$

$$45.804,89$$

$$= \text{Rp. } 178.025,36$$

3. Poros Berulir

a. Pembubutan

Tabel 3. 14 Perhitungan waktu proses bubut poros berulir

No	Kegiatan Operator	Presentasi Kegiatan Untuk Jenis Proses Permesinan		
		Persentase Pekerjaan (%)	Waktu Efektif (Menit)	Waktu Real (Menit)
Kegiatan Produksi				
1	Mengawasi mesin yang bekerja	36,2	62,07	65
2	Memasang benda kerja, penyiapan, finishing, pengambilan produk (mesin tidak memotong, non produktif)	13,4	22,97	23
3	Mengganti pisau	1,9	3,2	2,9

No	Kegiatan Operator	Presentasi Kegiatan Untuk Jenis Proses Permesinan		
		Persentase Pekerjaan (%)	Waktu Efektif (Menit)	Waktu Real (Menit)
4	Mengukur benda kerja (pada atau diluar bersih)	5,6	9,6	10
	Sub total Kegiatan Persiapan	57,1	97,91	100,9
5	Memasang peralatan bantu (ragum)	16,4	2,4	3,12
6	Mempelajari gambar teknik	1,1	0,16	0,20
7	Membersihkan geram atau perbaikan sederhana (<i>Simple maintenance</i>)	3,5	0,51	1,37
8	Mencari pisau/memindahkan benda kerja	3,5	0,51	1,03
9	Diskusi dengan kepala <i>workshop</i> /kelompok/membantu operator lain	1,1	0,16	0,20
	Sub total Kegiatan Pribadi	25,6	3,74	5,92
10	Ke kamar kecil	2,9	-	-
11	Istirahat di dekat mesin	6,8	-	-
12	Menunggu pekerjaan	4,0	-	-
13	Berbincang dengan teman dan lain-lain	3,6	-	-
	Sub total total	17,3	-	-
	total	100%	101,65	106,82

Jumlah waktu pembubutan secara teoritis adalah 101,65 menit \approx 1,69 jam

Jumlah waktu pembubutan secara *realtime* adalah 106,82 menit \approx 1,78 jam

Biaya pembuatan roda gigi penggerak proses pembubutan :

a) Secara Teoritis

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Biaya Operator} &= \text{Upah Kerja Standar (UKS)} \times \text{Waktu Kerja} \\
 \text{UKS} &= \text{UMK (Bandung Tahun 2020)} : \text{total waktu} \\
 &\quad \text{kerja satu bulan} \\
 &= \text{Rp. 3.623.778,91 /bulan} : 160 \text{ jam/bulan}
 \end{aligned}$$

$$= \text{Rp. } 22.648,61/\text{jam}$$

$$Bo = \text{Rp. } 22.648,61 \times 1,69 \text{ jam}$$

$$= \text{Rp. } 38.276,15$$

2) Biaya mesin (per jam) = Total waktu kerja komponen x harga sewa

$$Bm = 1,69 \text{ jam} \times \text{Rp. } 50.000,00$$

$$= \text{Rp. } 84.500$$

3) Biaya Listrik = Total waktu kerja x harga (per kwh)

$$Bl = 1,69 \text{ jam} \times \text{Rp. } 1.358,00$$

$$= \text{Rp. } 2.295,02$$

4) Biaya Pisau

$$\begin{aligned} - \text{ Pahat bubut rata HSS} &= \frac{Cotb+rg \times cg}{rg+1} \\ &= \frac{25000+15 \times 4000}{15+1} \\ &= \frac{25000+15 \times 4000}{16} \\ &= \frac{85000}{16} \\ &= \text{Rp. } 5.312,5 \end{aligned}$$

5) Biaya lain-lain (Bn) = Biaya Listrik + Biaya Tooling

$$= \text{Rp. } 2.295,02 + \text{Rp. } 5.312,5$$

$$= \text{Rp. } 7.607,52$$

Jadi untuk total biaya pembuatan komponen berdasarkan teoritis yaitu:

$$Cp = Bo + Bm + Bn$$

$$= \text{Rp. } 38.276,15 + \text{Rp. } 84.500 + \text{Rp. } 7.607,52$$

$$= \text{Rp. } 130.383,67$$

b) Secara Real

1) Biaya Operator = Upah Kerja Standar (UKS) x Waktu Kerja

$$\begin{aligned} \text{UKS} &= \text{Rp. } 22.648,61/\text{jam} \text{ (d disesuaikan perhitungan} \\ &\text{ teoritis)} \end{aligned}$$

	Bo	= Rp. 22.648,61 x 1,78jam
		= Rp. 40.314,52
2) Biaya mesin (per jam)		= Total waktu kerja komponen x harga sewa
	Bm	= 1,78 jam x Rp. 50.000,00
		= Rp. 89.000,00
3) Biaya Listrik		= Total waktu kerja x harga sewa (per jam)
	Bl	= 1,78 jam x Rp. 1.358,00
		= Rp. 2.417,24
4) Biaya Pisau		
- Pahat bubut rata HSS		= Rp.5.312,5 (d disesuaikan perhitungan teoritis)
5) Biaya lain-lain		= Biaya Listrik + Biaya Tooling
		= Rp. 2.417,24+ Rp. 5.312,5
		= Rp. 7.729,74

Jadi untuk total biaya pembuatan komponen berdasarkan real yaitu:

$$\begin{aligned}
 C_p &= B_o + B_m + B_n \\
 &= \text{Rp. } 40.314,52 + \text{Rp. } 89.000,00 + \text{Rp. } \\
 &\quad 7.729,74 \\
 &= \text{Rp. } 137.044,26
 \end{aligned}$$

b. Pengefraisan

Tabel 3. 15 Perhitungan waktu proses frais poros berulir

No	Kegiatan Operator	Presentasi Kegiatan Untuk Jenis Proses Permesinan		
		Persentase Pekerjaan (%)	Waktu Efektif (Menit)	Waktu Real (Menit)
Kegiatan Produksi				

1	Mengawasi mesin yang bekerja	31,6	0,016	0,03
2	Memasang benda kerja, penyiapan, finishing, pengambilan produk (mesin tidak memotong, non produktif)	16,9	0,008	0,01
3	Mengganti pisau	0,8	0,0004	0,01
4	Mengukur benda kerja (pada atau diluar bersih)	8	0,004	0,01
	Sub total Kegiatan Persiapan	57,3	0,03	0,06
5	Memasang peralatan bantu (ragum)	18,2	2,29	2,54
6	Mempelajari gambar teknik	0,4	0,09	0,10

Presentasi Kegiatan Untuk Jenis Proses Permesinan				
No	Kegiatan Operator	Persentase Pekerjaan (%)	Waktu Efektif (Menit)	Waktu Real (Menit)
7	Membersihkan geram atau perbaikan sederhana (<i>Simple maintenance</i>)	8,0	1,01	1,1
8	Mencari pisau/memindahkan benda kerja	1,8	0,76	1,03
9	Diskusi dengan kepala <i>workshop</i> /kelompok/membantu operator lain	0,4	0,009	0,2
	Sub total Kegiatan Pribadi	28,8	4,25	4,97
10	Ke kamar kecil	1,8	-	-
11	Istirahat di dekat mesin	5,8	-	-
12	Menunggu pekerjaan	3,6	-	-
13	Berbincang dengan teman dan lain-lain	2,7	-	-
	Sub total	13,9	-	-
	total	100%	4,28	5,03

Waktu kerja teoritis proses frais adalah 4,28 menit \approx 0,07 jam

Waktu kerja real proses frais adalah 5,03 menit \approx 0,08 jam

Biaya pembuatan roda gigi penggerak proses frais:

a) Secara Teoritis

1) Biaya Operator = Upah Kerja Standar (UKS) x Waktu Kerja
 UKS = UMK (Bandung Tahun 2020) : total waktu kerja satu bulan

$$= \text{Rp. } 3.623.778,91 / \text{bulan} : 160 \text{ jam/bulan}$$

$$= \text{Rp. } 22.648,61/\text{jam}$$

$$B_o = \text{Rp. } 22.648,61 \times 0,07 \text{ jam}$$

$$= \text{Rp. } 1.585,40$$

2) Biaya mesin = Total waktu kerja komponen x harga sewa (per jam)

$$B_m = 0,07 \text{ jam} \times \text{Rp. } 50.000,00$$

$$= \text{Rp. } 3.500$$

3) Biaya Listrik = Total waktu kerja x harga (per kwh)

$$B_l = 0,07 \text{ jam} \times \text{Rp. } 1.358,00$$

$$= \text{Rp. } 95,06$$

4) Biaya Pisau

$$- \text{ Endmill } \varnothing 10 \text{ HSS} = \frac{\text{Cotb} + \text{rg} \times \text{cg}}{\text{rg} + 1}$$

$$= \frac{200000 + 15 \times 4000}{15 + 1}$$

$$= \frac{200000 + 15 \times 4000}{16}$$

$$= \frac{260000}{16}$$

$$= \text{Rp. } 43.333,33$$

5) Biaya lain-lain (Bn) = Biaya Listrik + Biaya Tooling

$$= \text{Rp. } 95,06 + \text{Rp. } 43.333,33$$

$$= \text{Rp. } 43.428,39$$

Jadi untuk total biaya pembuatan komponen berdasarkan teoritis yaitu:

$$C_p = B_o + B_m + B_n$$

$$= \text{Rp. } 1.585,40 + \text{Rp. } 3.500 + \text{Rp. } 43.428,39$$

$$= \text{Rp. } 48.513,79$$

b) Secara Real

1) Biaya Operator= Upah Kerja Standar (UKS) x Waktu Kerja

$$\text{UKS} = \text{Rp. } 22.648,61/\text{jam (d disesuaikan perhitungan teoritis)}$$

$$\text{Bo} = \text{Rp. } 22.648,61 \times 0,08 \text{ jam}$$

$$= \text{Rp. } 1.811,88$$

2) Biaya mesin (per jam) = Total waktu kerja komponen x harga sewa

$$\text{Bm} = 0,08 \text{ jam} \times \text{Rp. } 50.000,00$$

$$= \text{Rp. } 4.000,00$$

3) Biaya Listrik = Total waktu kerja x harga sewa (per jam)

$$\text{Bl} = 0,08 \text{ jam} \times \text{Rp. } 1.358,00$$

$$= \text{Rp. } 108,64$$

4) Biaya Pisau

$$- \text{ Pisau modul no.7 HSS} = \text{Rp. } 43.333,33 \text{ (d disesuaikan perhitungan teoritis)}$$

5) Biaya lain-lain

$$= \text{Biaya Listrik} + \text{Biaya Tooling}$$

$$= \text{Rp. } 108,64 + \text{Rp. } 43.333,33$$

$$= \text{Rp. } 43.441,97$$

Jadi untuk total biaya pembuatan komponen berdasarkan real yaitu:

$$\text{Cp} = \text{Bo} + \text{Bm} + \text{Bn}$$

$$= \text{Rp. } 1.811,88 + \text{Rp. } 4.000,00 + \text{Rp. } 43.441,97$$

$$= \text{Rp. } 49.253,85$$

4. Batang Berulir

a. Pembubutan

Tabel 3. 16 Perhitungan waktu proses bubut batang berulir

No	Kegiatan Operator	Presentasi Kegiatan Untuk Jenis Proses Permesinan		
		Persentase Pekerjaan (%)	Waktu Efektif (Menit)	Waktu Real (Menit)
Kegiatan Produksi				
1	Mengawasi mesin yang bekerja	36,2	204,9	90
2	Memasang benda kerja, penyiapan, finishing, pengambilan produk (mesin tidak memotong, non produktif)	13,4	75,84	33,31
3	Mengganti pisau	1,9	10,75	4,7
4	Mengukur benda kerja (pada atau diluar bersih)	5,6	31,67	13,9
	Sub total	57,1	323,19	141,96
Kegiatan Persiapan				
5	Memasang peralatan bantu (ragum)	16,4	2,4	3,12
6	Mempelajari gambar teknik	1,1	0,16	0,20
7	Membersihkan geram atau perbaikan sederhana (<i>Simple maintenance</i>)	3,5	0,51	1,37
No	Kegiatan Operator	Presentasi Kegiatan Untuk Jenis Proses Permesinan		
		Persentase Pekerjaan (%)	Waktu Efektif (Menit)	Waktu Real (Menit)

8	Mencari pisau/memindahkan benda kerja	3,5	0,51	1,03
9	Diskusi dengan kepala <i>workshop</i> /kelompok/membantu operator lain	1,1	0,16	0,20
	Sub total	25,6	3,74	5,92
	Kegiatan Pribadi			
10	Ke kamar kecil	2,9	-	-
11	Istirahat di dekat mesin	6,8	-	-
12	Menunggu pekerjaan	4,0	-	-
13	Berbincang dengan teman dan lain-lain	3,6	-	-
	Sub total	17,3	-	-
	total	100%	326,93	147,88

Jumlah waktu pembubutan secara teoritis adalah 326,93 menit \approx 5,44 jam

Jumlah waktu pembubutan secara *realtime* adalah 147,88 menit \approx 2,46 jam

Biaya pembuatan roda gigi penggerak proses pembubutan :

a) Secara Teoritis

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Biaya Operator} &= \text{Upah Kerja Standar (UKS) x Waktu Kerja} \\
 \text{UKS} &= \text{UMK (Bandung Tahun 2020) : total waktu} \\
 &\text{kerja satu bulan} \\
 &= \text{Rp. 3.623.778,91 /bulan : 160 jam/bulan} \\
 &= \text{Rp. 22.648,61/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Bo} &= \text{Rp. 22.648,61 x 5,44 jam} \\
 &= \text{Rp. 123.408,501}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2) \text{ Biaya mesin} &= \text{Total waktu kerja komponen x harga sewa (per} \\
 &\text{jam)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Bm} &= 5,44 \text{ jam x Rp. 50.000,00} \\
 &= \text{Rp. 272.000,00}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3) \text{ Biaya Listrik} &= \text{Total waktu kerja x harga (per kwh)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Bl} &= 5,44 \text{ jam x Rp. 1.358,00} \\
 &= \text{Rp. 7.387,52}
 \end{aligned}$$

4) Biaya Pisau

$$\begin{aligned}
 - \text{ Pahat bubut rata HSS} &= \frac{\text{Cotb} + \text{rg} \times \text{cg}}{\text{rg} + 1}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{25000+15 \times 4000}{15+1} \\
 &= \frac{25000+15 \times 4000}{16} \\
 &= \frac{85000}{16} \\
 &= \text{Rp. } 5.312,5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 5) \text{ Biaya lain-lain (Bn)} &= \text{Biaya Listrik} + \text{Biaya Tooling} \\
 &= \text{Rp. } 7.387,52 + \text{Rp. } 5.312,5 \\
 &= \text{Rp. } 12,699,52
 \end{aligned}$$

Jadi untuk total biaya pembuatan komponen berdasarkan teoritis yaitu:

$$\begin{aligned}
 C_p &= B_o + B_m + B_n \\
 &= \text{Rp. } 123.408,501 + \text{Rp. } 272.000,00 + \text{Rp. } \\
 &\quad 12,699,52 \\
 &= \text{Rp. } 408.108,02
 \end{aligned}$$

b) Secara Real

1) Biaya Operator = Upah Kerja Standar (UKS) x Waktu Kerja

$$\begin{aligned}
 \text{UKS} &= \text{Rp. } 22.648,61/\text{jam (d disesuaikan perhitungan} \\
 &\quad \text{teoritis)} \\
 B_o &= \text{Rp. } 22.648,61 \times 2,46 \text{ jam} \\
 &= \text{Rp. } 55.714,08
 \end{aligned}$$

2) Biaya mesin = Total waktu kerja komponen x harga sewa (per jam)

$$\begin{aligned}
 B_m &= 2,46 \text{ jam} \times \text{Rp. } 50.000,00 \\
 &= \text{Rp. } 123.000,00
 \end{aligned}$$

3) Biaya Listrik = Total waktu kerja x harga sewa (per jam)

$$\begin{aligned}
 B_l &= 2,46 \text{ jam} \times \text{Rp. } 1.358,00 \\
 &= \text{Rp. } 3.340,68
 \end{aligned}$$

4) Biaya Pisau

- Pahat bubut rata HSS = Rp.5.312,5 (d disesuaikan perhitungan teoritis)

$$\begin{aligned} 5) \text{ Biaya lain-lain} &= \text{Biaya Listrik} + \text{Biaya Tooling} \\ &= \text{Rp. 3.340,68} + \text{Rp. 5.312,5} \\ &= \text{Rp. 8.653,18} \end{aligned}$$

Jadi untuk total biaya pembuatan komponen berdasarkan real yaitu:

$$\begin{aligned} C_p &= B_o + B_m + B_n \\ &= \text{Rp. 55.714,08} + \text{Rp. 123.000,00} + \text{Rp.} \\ &\quad 8.653,18 \\ &= \text{Rp. 187.367,26} \end{aligned}$$

5. Poros Penggerak

a. Pembubutan

Tabel 3. 17 Perhitungan waktu proses bubut poros penggerak

No	Kegiatan Operator	Presentasi Kegiatan Untuk Jenis Proses Permesinan		
		Persentase Pekerjaan (%)	Waktu Efektif (Menit)	Waktu Real (Menit)
Kegiatan Produksi				
1	Mengawasi mesin yang bekerja	36,2	5,75	6
2	Memasang benda kerja, penyiapan, finishing, pengambilan produk (mesin tidak memotong, non produktif)	13,4	2,12	2,20

3	Mengganti pisau	1,9	0,3	0,5
4	Mengukur benda kerja (pada atau diluar bersih)	5,6	0,8	1
	Sub total Kegiatan Persiapan	57,1	9,06	9,7
5	Memasang peralatan bantu (ragum)	16,4	2,4	3,12
6	Mempelajari gambar teknik	1,1	0,16	0,20
7	Membersihkan geram atau perbaikan sederhana (<i>Simple maintenance</i>)	3,5	0,51	1,37

Presentasi Kegiatan Untuk Jenis Proses Permesinan				
No	Kegiatan Operator	Persentase Pekerjaan (%)	Waktu Efektif (Menit)	Waktu Real (Menit)
8	Mencari pisau/memindahkan benda kerja	3,5	0,51	1,03
9	Diskusi dengan kepala <i>workshop</i> /kelompok/membantu operator lain	1,1	0,16	0,20
	Sub total Kegiatan Pribadi	25,6	3,74	5,92
10	Ke kamar kecil	2,9	-	-
11	Istirahat di dekat mesin	6,8	-	-
12	Menunggu pekerjaan	4,0	-	-
13	Berbincang dengan teman dan lain-lain	3,6	-	-
	Sub total total	17,3	-	-
	total	100%	12,8	15,62

Jumlah waktu pembubutan secara teoritis adalah 12,8 menit \approx 0, 21 jam

Jumlah waktu pembubutan secara *realtime* adalah 15,62menit \approx 0,26 jam

Biaya pembuatan roda gigi penggerak proses pembubutan :

a) Secara Teoritis

1) Biaya Operator = Upah Kerja Standar (UKS) x Waktu Kerja

UKS = UMK (Bandung Tahun 2020) : total waktu kerja satu bulan

$$= \text{Rp. } 3.623.778,91 / \text{bulan} : 160 \text{ jam/bulan}$$

$$= \text{Rp. } 22.648,61/\text{jam}$$

$$\text{Bo} = \text{Rp. } 22.648,61 \times 0,21 \text{ jam}$$

$$= \text{Rp. } 4.756,20$$

2) Biaya mesin = Total waktu kerja komponen x harga sewa (per jam)

$$\text{Bm} = 0,21 \text{ jam} \times \text{Rp. } 50.000,00$$

$$= \text{Rp. } 10.500,00$$

3) Biaya Listrik = Total waktu kerja x harga (per kwh)

$$\text{Bl} = 0,21 \text{ jam} \times \text{Rp. } 1.358,00$$

$$= \text{Rp. } 285,18$$

4) Biaya Pisau

$$\begin{aligned} - \text{ Pahat bubut rata HSS} &= \frac{\text{Cotb} + \text{rg} \times \text{cg}}{\text{rg} + 1} \\ &= \frac{25000 + 15 \times 4000}{15 + 1} \\ &= \frac{25000 + 15 \times 4000}{16} \\ &= \frac{85000}{16} \\ &= \text{Rp. } 5.312,5 \end{aligned}$$

5) Biaya lain-lain (Bn) = Biaya Listrik + Biaya Tooling

$$= \text{Rp. } 285,18 + \text{Rp. } 5.312,5$$

$$= \text{Rp. } 5.597,68$$

Jadi untuk total biaya pembuatan komponen berdasarkan teoritis yaitu:

$$\text{Cp} = \text{Bo} + \text{Bm} + \text{Bn}$$

$$= \text{Rp. } 4.756,20 + \text{Rp. } 10.500,00 + \text{Rp. } 5.597,68$$

$$= \text{Rp. } 20.853,88$$

b) Secara Real

- 1) Biaya Operator = Upah Kerja Standar (UKS) x Waktu Kerja
- UKS = Rp. 22.648,61/jam (d disesuaikan perhitungan teoritis)
- Bo = Rp. 22.648,61 x 0,26 jam
- = Rp. 5.888,63
- 2) Biaya mesin = Total waktu kerja komponen x harga sewa (per jam)
- Bm = 0,26 jam x Rp. 50.000,00
- = Rp. 13.000
- 3) Biaya Listrik = Total waktu kerja x harga sewa (per jam)
- Bl = 0,26 jam x Rp. 1.358,00
- = Rp. 353,08
- 4) Biaya Pisau
- Pahat bubut rata HSS = Rp.5.312,5 (d disesuaikan perhitungan teoritis)
- 5) Biaya lain-lain = Biaya Listrik + Biaya Tooling
- = Rp. 353,08 + Rp. 5.312,5
- = Rp. 5.665,58

Jadi untuk total biaya pembuatan komponen berdasarkan real yaitu:

$$\begin{aligned}
 C_p &= B_o + B_m + B_n \\
 &= \text{Rp. } 5.888,63 + \text{Rp. } 13.000 + \text{Rp. } 5.665,58 \\
 &= \text{Rp. } 24.554,21
 \end{aligned}$$

b. Pengefraisan

Tabel 3. 18 Perhitungan waktu proses frais poros penggerak

No	Kegiatan Operator	Presentasi Kegiatan Untuk Jenis Proses Permesinan		
		Persentase Pekerjaan (%)	Waktu Efektif (Menit)	Waktu Real (Menit)
Kegiatan Produksi				
1	Mengawasi mesin yang bekerja	31,6	0,15	0,20
2	Memasang benda kerja, penyiapan, finishing, pengambilan produk (mesin tidak memotong, non produktif)	16,9	0,08	0,1
3	Mengganti pisau	0,8	0,003	0,05
4	Mengukur benda kerja (pada atau diluar bersih)	8	0,03	0,05
	Sub total	57,3	0,28	0,4
Kegiatan Persiapan				
5	Memasang peralatan bantu (ragum)	18,2	2,29	2,54
6	Mempelajari gambar teknik	0,4	0,09	0,10
7	Membersihkan geram atau perbaikan sederhana (<i>Simple maintenance</i>)	8,0	1,01	1,1
8	Mencari pisau/memindahkan benda kerja	1,8	0,76	1,03
No	Kegiatan Operator	Presentasi Kegiatan Untuk Jenis Proses Permesinan		
		Persentase Pekerjaan (%)	Waktu Efektif (Menit)	Waktu Real (Menit)

9	Diskusi dengan kepala <i>workshop</i> /kelompok/membantu operator lain	0,4	0,009	0,2
	Sub total	28,8	4,25	4,97
	Kegiatan Pribadi			
10	Ke kamar kecil	1,8	-	-
11	Istirahat di dekat mesin	5,8	-	-
12	Menunggu pekerjaan	3,6	-	-
13	Berbincang dengan teman dan lain-lain	2,7	-	-
	Sub total	13,9	-	-
	total	100%	4,53	5,37

Waktu kerja teoritis proses frais adalah 4,53 menit \approx 0,07 jam

Waktu kerja real proses frais adalah menit 5,37 menit \approx 0,08 jam

Biaya pembuatan roda gigi penggerak proses frais:

a) Secara Teoritis

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Biaya Operator} &= \text{Upah Kerja Standar (UKS) x Waktu Kerja} \\
 \text{UKS} &= \text{UMK (Bandung Tahun 2020) : total waktu} \\
 &\text{kerja satu bulan} \\
 &= \text{Rp. 3.623.778,91 /bulan : 160 jam/bulan} \\
 &= \text{Rp. 22.648,61/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Bo} &= \text{Rp. 22.648,61 x 0,07 jam} \\
 &= \text{Rp. 1.585,40}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2) \text{ Biaya mesin} &= \text{Total waktu kerja komponen x harga sewa} \\
 &\text{(per jam)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Bm} &= 0,07 \text{ jam x Rp. 50.000,00} \\
 &= \text{Rp. 3.500}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3) \text{ Biaya Listrik} &= \text{Total waktu kerja x harga (per kwh)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Bl} &= 0,07 \text{ jam x Rp. 1.358,00} \\
 &= \text{Rp. 95,06}
 \end{aligned}$$

4) Biaya Pisau

$$\begin{aligned}
 - \text{ Endmill } \phi 10 \text{ HSS} &= \frac{\text{Cotb} + \text{rg} \times \text{cg}}{\text{rg} + 1}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{200000+15 \times 4000}{15+1} \\
 &= \frac{200000+15 \times 4000}{16} \\
 &= \frac{260000}{16} \\
 &= \text{Rp. } 43.333,33
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 5) \text{ Biaya lain-lain (Bn)} &= \text{Biaya Listrik} + \text{Biaya Tooling} \\
 &= \text{Rp. } 95,06 + \text{Rp. } 43.333,33 \\
 &= \text{Rp. } 43.428,39
 \end{aligned}$$

Jadi untuk total biaya pembuatan komponen berdasarkan teoritis yaitu:

$$\begin{aligned}
 C_p &= B_o + B_m + B_n \\
 &= \text{Rp. } 1.585,40 + \text{Rp. } 3.500 + \text{Rp. } 43.428,39 \\
 &= \text{Rp. } 48.513,79
 \end{aligned}$$

b) Secara Real

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Biaya Operator} &= \text{Upah Kerja Standar (UKS)} \times \text{Waktu Kerja} \\
 \text{UKS} &= \text{Rp. } 22.648,61/\text{jam (d disesuaikan perhitungan} \\
 \text{teoritis)} &
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya Operator} &= \text{Rp. } 22.648,61 \times 0,08 \text{ jam} \\
 &= \text{Rp. } 1.811,88
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2) \text{ Biaya mesin} &= \text{Total waktu kerja komponen} \times \text{harga sewa} \\
 \text{(per jam)} &
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B_m &= 0,08 \text{ jam} \times \text{Rp. } 50.000,00 \\
 &= \text{Rp. } 4.000,00
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3) \text{ Biaya Listrik} &= \text{Total waktu kerja} \times \text{harga sewa (per jam)} \\
 B_l &= 0,08 \text{ jam} \times \text{Rp. } 1.358,00 \\
 &= \text{Rp. } 108,64
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4) \text{ Biaya Pisau} & \\
 - \text{ Pisau modul no.7 HSS} &= \text{Rp. } 43.333,33 \text{ (d disesuaikan} \\
 &\text{perhitungan teoritis)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 5) \text{ Biaya lain-lain} &= \text{Biaya Listrik} + \text{Biaya Tooling} \\
 &= \text{Rp. } 108,64 + \text{Rp. } 43.333,33 \\
 &= \text{Rp. } 43.441,97
 \end{aligned}$$

Jadi untuk total biaya pembuatan komponen berdasarkan real yaitu:

$$\begin{aligned}
 C_p &= B_o + B_m + B_n \\
 &= \text{Rp. } 1.811,88 + \text{Rp. } 4.000,00 + \text{Rp. } \\
 &\quad 43.441,97 \\
 &= \text{Rp. } 49.253,85
 \end{aligned}$$

6. Total Hitungan waktu dan biaya

Tabel 3. 19 Total perhitungan biaya dan waktu keseluruhan

No	Proses Pengerjaan	Waktu (Jam)		Biaya (Rp.)	
		Teoritis	Real	Teoritis	Real
1.	Roda Gigi Penggerak	1,083jam	1,32 jam	Rp.139.480,08	Rp.157.021,46
2.	Roda Gigi yang Digerakann	2,19jam	2,26 jam	Rp.221.807,92	Rp.226.499,28
3.	Poros Berulir	1,76 jam	1,86 jam	Rp.178.897,46	Rp.186.298,11
4.	Batang Berulir	5,44 jam	2,46 jam	Rp.408.108,02	Rp.187.367,26
5.	Poros Tuas Penggerak	0,028 jam	0,34 jam	Rp.69.367,67	Rp.73.808,06
	Total	10,5 jam	8,24 jam	Rp.1.017.661	Rp.830.994,17

7. Biaya Bahan dan Material

Biaya dan material yang dikeluarkan ialah sebagai berikut :

Tabel 3. 20 Total biaya dan material

No.	Uraian Bahan	Spesifikasi	Satuan	Jumlah	Harga
1.	Material SS400	70mm x Ø120	Bar	1	Rp.75.000,00
2.	Material SS400	Ø50 x 100mm	Bar	1	Rp.50.000,00
3.	Material SS400	Ø25 x 600mm	Bar	1	Rp.75.000,00
4.	Material SS400	Ø20 x 200mm	Bar	1	Rp.50.000,00
5.	<i>Snap Ring</i>	S30	Buah	1	Rp.3.000,00
6.	<i>Snap Ring</i>	S17	Buah	1	Rp.2.000,00
7.	Batu Gerinda	WD	Buah	2	Rp.30.000,00
		TOTAL			Rp. 285.000,00

H. Total Biaya

Total biaya yang dikeluarkan dalam pembuatan komponen sistem penekan pada alat pemadat tatal adalah :

Biaya Fabrikasi + Biaya Bahan dan Material

Rp. 830.994,17 + Rp. 285.000,00 = Rp.1.115.994,17

I. Hasil Penerapan

Berikut hasil pemasangan pada Rangka utama.



Gambar 3. 16 Penerapan sistem penekan pada alat pemadat tatal

Dari gambar diatas dapat dilihat sistem penekan pada sudah terpasang pada alat pemadat tatal.

J. Pengujian Alat

Pengujian Alat Pemadat Tatal dilakukan pda workshop pengerjaan pihak ketiga tempat tim penulis memproduksi alat tersebut. Pengujian dilakukan dalam dua tahap dengan masing masing tahap menggunakan tatal dengan berat yang berbeda. Dalam pengujian tersebut Sistem Penekan dapat bekerja dengan baik, berhasil memadatkan tatal yang berada pada dies

1. Pengujian Tahap I

Pengujian dilakukan dengan menggunakan tatal bekas dari raw material berbahan besi. Pengujian tahap I dilakukan dengan menggunakan tatal sebanyak 1,5kg, berikut adalah dokumentasi pada saat pengujian tahap I :



Gambar 3. 17 Sebelum(kiri) dan sesudah(kanan) proses uji coba tahap I

Pengujian tahap I dilakukan dengan cara memutar stir hingga menekan tatal yang berada pada *dies* lalu mendiarkannya selama 5 menit, dan berhasil. Tatal yang semula berserakan, menjadi lebih padat dan juga berbentuk lebih simetris (kubus).

2. Pengujian Tahap II

Pengujian dilakukan dengan menggunakan tatal bekas dari raw material berbahan besi. Pengujian tahap II dilakukan dengan tatal sebanyak 3,5kg, berikut adalah dokumentasi pada saat pengujian tahap II :



Gambar 3. 18 Sebelum(kiri) dan sesudah(kanan) proses uji coba tahap II

Pengujian tahap II dilakukan dengan cara memutar stir hingga menekan tatal yang berada pada *dies* lalu mendiarkannya selama 5 menit, dan berhasil. Tatal yang semula berserakan, menjadi lebih padat dan juga berbentuk lebih simetris (kubus).



Gambar 3. 19 Hasil akhir alat pemadat tatal

