

PENGHITUNGAN BIAYA PRODUKSI DAN KEBUTUHAN PAHAT UNTUK PROSES FABRIKASI SHAFT MENGGUNAKAN CAM

Ucok Mulyo Sugeng - Widodo

Program Studi Teknik Mesini, Institut Sains dan Teknologi Nasional

Jl. Moh Kahfi II, Jagakarsa, Jakarta 12640, Indonesia

E-mail : ucok@istn.ac.id

ABSTRAKSI

Berdasarkan PO dari *customer* yaitu pembuatan *shaft* dengan menggunakan material SS 316, sehingga dilakukan perhitungan estimasi harga untuk proses fabrikasi *shaft* tersebut. demi menyelesaikan pekerjaan tersebut, dibuatlah desain/drawing *shaft* sesuai dengan kriteria penerimaan dari *customer* oleh tim *engineering*. Untuk mengetahui estimasi harga proses fabrikasi, maka diperlukan perhitungan biaya fabrikasi. Metode yang digunakan adalah simulasi jalan pahat menggunakan CAM ESPRIT 2017.

Proses simulasi pada aplikasi CAM ESPRIT 2017 bertujuan untuk menentukan estimasi waktu yang dibutuhkan dalam proses fabrikasi *shaft*. Parameter pemesian yang digunakan adalah pahat Sandvik dan pahat standard. Setelah didapatkan waktu simulasinya, maka dapat dihitung untuk estimasi biaya yang dibutuhkan. Untuk menentukan jumlah dan biaya pahat yang dibutuhkan, maka dilakukan perhitungan umur pahat antara pahat Sandvik dan pahat standard.

Nilai PO dari *customer* adalah Rp.150.000.000,-. untuk estimasi waktu yang diperlukan dalam pembuatan *shaft* menggunakan pahat Sandvik adalah 636 menit 2 detik dengan biaya Rp.51.769.306,- sedangkan pahat standard adalah 1283 menit 46 detik dengan biaya Rp 53.776.328,-. Total laba yang diperoleh dengan menggunakan pahat Sandvik adalah Rp 98.230.698,- sedangkan pahat standard adalah Rp 96.223.672,-

Kata kunci :

Lintasan Jalan Pahat, Biaya Fabrikasi, Biaya Pahat, Umur Pahat.

ABSTRACT

Based on the PO from the customer, namely the manufacture of the shaft using SS 316 material, so the calculation of the price for the shaft fabrication process is calculated. In order to complete the job, the engineering team made a design / drawing axis according to the criteria for acceptance from customers. To measure the estimated price of the fabrication process, it is necessary to calculate the fabrication cost. The method used is a chisel road simulation using CAM ESPRIT 2017.

The simulation process in the CAM ESPRIT 2017 application aims to determine the estimated time required in the shaft fabrication process. The machining parameters used are Sandvik chisels and standard chisels. After obtaining the simulation time, it can be calculated to estimate the cost needed. To determine the required number and cost of the chisel, a tool life calculation is made between Sandvik and standard tools.

The PO value from the customer is IDR 150,000,000. To estimate the time required to make a shaft using Sandvik chisels is 636 minutes 2 seconds at a cost of Rp. 51,769,306, - while the standard chisel is 1283 minutes 46 seconds at a cost of Rp. 53,776,328. The total profit earned using Sandvik chisels is IDR 98,230,698, while the standard chisels are IDR 96,223,672.



Keywords :

Chisel Road, Fabrication Costs, Chisel Cost, Chisel Age.

PENDAHULUAN

Perusahaan manufaktur merupakan jenis perusahaan yang didirikan dengan tujuan untuk memperoleh laba yang ditetapkan dan mampu mempertahankan kelangsungan hidupnya. Banyak cara yang dilakukan oleh pihak manajemen perusahaan dalam mengelola perusahaan untuk mencapai tujuan tersebut, salah satunya yaitu berupaya untuk mengambil keputusan secara tepat. Perusahaan manufaktur memerlukan perhitungan biaya produksi untuk suatu produk sebelum menentukan untuk mengambil suatu pekerjaan.

Biaya produksi (*Cost of Production*) adalah biaya yang timbul dari suatu proses produksi perusahaan dalam membuat barang atau jasa. Biaya produksi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi besar kecilnya tingkat laba yang diperoleh perusahaan. Dalam penghitungan biaya fabrikasi dilakukan penghitungan mulai dari biaya material, biaya produksi dan biaya pahat pahat yang dibutuhkan.

Sesuai dengan PO (*Purchase Order*) customer bahwa akan dilakukan fabrikasi *shaft*. Fabrikasi ini harus mendapatkan data biaya secara sistematis dan terperinci. *Shaft* akan difabrikasi sesuai gambar dari *engineering* dengan menggunakan menggunakan material SS 316. fabrikasi *shaft* di lakukan dengan menggunakan mesin CNC DMG MORI NLX 3000 x 3000. Untuk mendukung waktu pekerjaan CNC diperlukan penghitungan jumlah pahat dan jenis pahat yang akan digunakan. Penulis mengusulkan penghitungan biaya dengan cara simulasi waktu menggunakan software *ESPRIT CAM* dan menghitung kebutuhan pahat berdasarkan umur pahat dan membandingkan keuntungan antara menggunakan pahat SANDVIK dengan pahat standar. Hasil skripsi ini berupa jumlah dan jenis pahat yang digunakan, biaya fabrikasi dan keuntungan yang diperoleh.

STUDI PUSTAKA

BIAYA PRODUKSI

Biaya Produksi (*Cost of Production*) adalah biaya yang timbul dari suatu proses produksi perusahaan manufaktur dalam membuat barang atau jasa yang akan dijual.

Hal- hal yang perlu dipertimbangkan dalam melakukan perhitungan biaya produksi :

- Ongkos material
- Ongkos sewa mesin
- Upah operator
- Ongkos daya mesin

Didalam menentukan biaya produksi, rumus yang digunakan dalam perhitungan biaya antara lain adalah sebagai berikut :

1.Ongkos Material (CM)

$$CM = CMO + CMI \text{ (Rp/Barang)}$$

Keterangan :

CMo : Harga pembelian

CMI :Ongkos angkut material
(diasumsikan dalam 10% dari CMO)

2.Tabel Data Harga dan Umur Mesin

Keterangan :

Mesin : Jenis mesin yang digunakan

Harga : Harga pembelian mesin

Penyusutan : umur mesin

Mesin	Harga	Penyusutan

3.Ongkos Sewa Mesin (Cf)

$$Cf = \frac{\text{Harga mesin}}{(\text{penyusutan} \times 365 \text{ hari} \times 24 \text{ jam})} \text{ (Rp / jam)}$$

4.Upah Operator (Cd)

$$Cd = \frac{\text{UMR}}{(\text{jam kerja} \times 365 \text{ hari} \times 24 \text{ jam})} \text{ (Rp / jam)}$$

5.Ongkos Daya Mesin (Ci)

$$Ci = \text{daya nominal mesin} \times \text{harga per Kwh}$$

6.Total Ongkos Operasi Mesin (Cj)

$$Cj = Cf + Cd + Ci \text{ (Rp/Produk)}$$

7.Total Ongkos Per Produk (C)

$$C = CM + Cj \text{ (Rp / Produk)}$$

TOOLPATH

Toolpath adalah arah pergerakan cutter yang dapat mempengaruhi waktu permesinan secara nyata. Pergerakan toolpath terjadi karena besar kecepatan dan arah perubahan pada gerakan mesin CNC

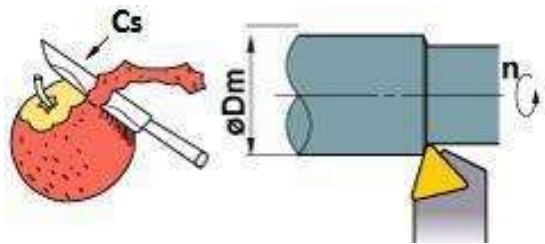
SOLIDWORK

SOLIDWORKS adalah salah satu CAD software yang dibuat oleh DASSAULT SYSTEMES digunakan untuk merancang part permesinan atau susunan part permesinan yang berupa assembling dengan tampilan 3D untuk merepresentasikan part sebelum real part nya dibuat atau tampilan 2D (drawing) untuk gambar proses permesinan.

PARAMETER PROSES PEMESINAN

Kecepatan potong (Cutting speed – Cs) :

Yang dimaksud dengan kecepatan potong (Cs) adalah kemampuan alat potong menyayat bahan dengan aman menghasilkan tatal dalam satuan panjang/ waktu (meter/menit atau feet/ menit). adapun gambar ilustrasi kecepatan potong pada proses bubut dapat dilihat pada gambar



Gambar 2.1 Ilustrasi kecepatan potong pada proses pembubutan

Pada gerak putar seperti mesin bubut, kecepatan potongnya (C_s) dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$C_s = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ (meter / min)}$$

Keterangan :

d = diameter benda kerja (mm)

n = putaran mesin/benda kerja (putaran/menitRpm)

π = nilai konstanta = 3,14

Kecepatan Putaran Mesin (Revolution Per Menit - Rpm)

Yang dimaksud kecepatan putaran mesin bubut adalah, kemampuan kecepatan putar mesin bubut untuk melakukan pemotongan atau penyayatan dalam satuan putaran/ menit.

untuk melakukan perhitungan kecepatan putaran adalah sebagai berikut :

$$n = \frac{1000 \cdot C_s}{\pi \cdot d} \text{ (Rpm)}$$

Keterangan:

d = diameter benda kerja (bubut)
diameter pahat (milling)

C_s = kecepatan potong (meter/menit)

π = nilai konstanta = 3,14

Kecepatan Pemakanan bubut (Feed - F) :

Kecepatan pemakanan ditentukan dengan mempertimbangkan beberapa faktor, diantaranya: kekerasan bahan, kedalaman penyayatan, sudut-sudut sayat alat potong, bahan alat potong, ketajaman alat potong dan kesiapan mesin yang akan digunakan.

rumus untuk mencari kecepatan pemakanan (F) adalah sebagai berikut :

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

Keterangan:

F = Kecepatan Pemakanan (mm/menit)

f = besar pemakanan atau bergesernya pahat (mm/ putaran)

n = putaran mesin (putaran/menit)

Kecepatan Pemakanan milling :

Feed Rate atau laju pemakanan adalah kecepatan mesin dalam menyayat benda kerja. rumus untuk mencari kecepatan pemakanan (F) pada mesin milling adalah sebagai berikut :

$$F = f_z \cdot Z \cdot n$$

Keterangan:

F = kecepatan pemakanan (mm/min)

f_z = feed per tooth (sayatan pergigi)

n = Putaran mesin (rpm)

Z = jumlah gigi endmill

Dalam menentukan feeding pada mesin milling, ada beberapa hal yang harus diperhatikan. antara lain adalah C_s dan feed per tooth berdasarkan dari material yang akan dikerjakan. untuk mengetahui nilai C_s dan feed per tooth pada mesin milling dapat dilihat pada tabel 2.1 dan tabel 2.2

Tabel 2 feed per tooth

operation type	cutting velocity limits (m/min)	feed per tooth limits (mm/tooth)
face milling	60-120	0.05-0.4
corner milling	40-70	0.05-0.5
pocket milling	40-70	0.05-0.5
slot milling 1	30-50	0.05-0.5

UMUR PAHAT

Kearifan pahat akan tumbuh atau membesar dengan bertambahnya waktu pemotongan pada saat tertentu pahat yang bersangkutan dianggap tidak dapat digunakan lagi. Semakin besar keausan yang di derita pahat maka kondisi pahat akan semakin kritis. Jika pahat tersebut masih tetap digunakan maka pertumbuhan keausan akan semakin cepat dan pada suatu saat ujung pahat akan rusak.

Di dalam proses pemesinan persamaan Taylor menyatakan hubungan antar beberapa parameter yang terlibat. Rumus dasar umur pahat dapat ditulis

$$C_T = v \cdot T^n$$

Keterangan :

v = kecepatan potong (m/menit)

- T = umur pahat (menit)
n = pangkat umur pahat (didapat dari tan α atau sudut sayat pahat)
CT = konstanta Taylor

Konstanta Taylor dapat secara lebih umum ditulis seperti rumus empiris berikut

$$CT = \frac{CTVB.VB^m}{h^p.b^q}$$

Keterangan :

VB = Keausan tepi yang dianggap sebagai batas saat berakhirnya umur pahat (mm)(0,3 s.d 1)

m = Pangkat untuk batas keausan, (m = 0.4 s/d 0.5 ; rata rata = 0.45)

h = Tebal geram sebelum terpotong,

p = Pangkat untuk tebal geram sebelum terpotong,(HSS=0.4 , carbide = 0.2)

b = Lebar pemotongan (mm).

q = Pangkat dari lebar pemotongan, harga relatif 0.1

CTVB = Kecepatan potong extrapolatif (m/min),

Untuk mencari nilai b dan h adalah sebagai berikut

$$h = f.\sin \alpha \quad b = \frac{a}{\sin \alpha}$$

Dimana :

b = Lebar pemotongan (mm)

f = feeding (mm/rev)

h = tebal geram sebelum terpotong

a = kedalaman pemakanan

α = sudut sayat pahat

Besar sudut sayat untuk pahat bubut apabila $f \leq 0.2$ adalah 12°

Besar sudut sayat untuk pahat bubut apabila $f > 0.2$ adalah 8°

Sehingga didapatkan umus untuk mencari umur pahat sebagai berikut :

$$T^n = C_T.f^{-p}.a^{-q}$$

$$T^n = \frac{C_T}{f^p.a^q.v}$$

Dimana :

T = umur pahat (menit)

CT = konstanta Taylor

f = feeding (mm/rev)

a = kedalaman pemakanan

v = kecepatan potong (m/menit)

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode simulasi jalan pahat dan perhitungan umur pahat guna mengetahui biaya dan waktu simulasi. Penelitian ini juga membandingkan antara simulasi menggunakan parameter pahat sandvik dan pahat standard.

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

PO (Purchase Order)

Berdasarkan PO dari customer untuk harga pembuatan shaft adalah senilai Rp.150.000.000,- . untuk PO dari customer dapat dilihat pada Gambar 3.2 dibawah ini



Spesifikasi mesin

Dalam melengkapi data-data untuk melakukan perhitungan biaya produksi, kita harus menyesuaikan terlebih dahulu simulasi dari software *ESPRIT 2017* dengan tipe mesin *CNC lathe DMG MORI NLX 3000x3000* yang di digunakan dan daerah penggunaan mesin agar dapat mengetahui harga mesin, waktu penyusutan, daya mesin serta upah operator mesin tersebut. Pada penelitian ini, peneliti mengambil sampel mesin *CNC Turning Machine DMG MORI NLX 3000x3000* yang berada di PT. X . adapun spesifikasi mesinnya adalah sebagai berikut :

Max. Turning diameter	340 mm
Max. Workpiecer lenght with tailstock	3123 mm
Max. Chuck size	305 mm
Max. Spindle motor speed	3000 rpm
Drive power rating (100% DC)	25 kW (AC)
Max. Bar capacity diameter	102 mm
Controler	CELOS/ MITSUBISHI

Spesifikasi Material

Material yang digunakan untuk pembuatan shaft adalah *Stainless Steel* 316 dengan panjang material 1450 mm dan dengan diameter 150 mm. Pemilihan material *Stainless Steel* 316 dilakukan atas dasar kontrak kerja yang mengharuskan memakai material tersebut.

Adapun spesifikasi materialnya adalah sebagai berikut :

Physical Composition :	
Density	0.799g/cm ³
Electrical resistivity	74 microhm-cm (20°C)
Specific Heat	0.50 kJ/kg-K (0-100°C)
Thermal conductivity	16.2 W/m-k (100°C)
Modulus of Elasticity (MPa)	193 x 10 ³ in tension
Melting Range	2500-2550°F (1371-1399°C)

Chemical composition :	
C(max)	0.08
Mn(max)	2
P(max)	0.045
S(max)	0.75
Cr	16.00-18.00
Ni	10.0-14.00
Mo	2.00-3.00
Nitrogen Max	0.1

Spesifikasi Pahat yang digunakan

Pahat yang dipakai dalam proses pembuatan *shaft* ini adalah pahat karbida sisipan dan *endmill* karbida. Pahat karbida memiliki kecepatan potong 3 sampai 5 kali lebih cepat dari pada kecepatan potong HSS.

Pahat karbida mempunyai sifat-sifat kekerasan yang tinggi pada berbagai tingkatan suhu, konduktivitas termal yang tinggi serta modulus yang juga tinggi dan ketahanan aus yang baik, sehingga alat potong yang terbuat dari karbida merupakan alat potong yang efektif dan efisien.

Adapun jenis dan tipe pahat yang digunakan di dalam proses pembuatan *shaft* seperti terlihat pada Tabel dibawah ini

No	Nama pahat	Merk	Tipe
1	Pahat rata kanan <i>rough</i>	SANDVIK	DNMG 150408-SGF 1115
2	Pahat rata kanan <i>finish</i>	SANDVIK	DNMG 150404-SGF 1115

3	Pahat rata kiri <i>finish</i>	SANDVIK	DNMG 150404-SGF 1115
4	Pahat <i>groove</i>	SANDVIK	N123H2-0300-0004-GF
5	Pahat <i>thread</i>	SANDVIK	R166.0LMM01 1020 60 ITR
6	Endmill Ø8 mm <i>rough</i>	SANDVIK	2F342-0800-100-PD 1730
7	Endmill Ø8 mm <i>finish</i>	SANDVIK	2F342-0800-100-PD 1750

Berdasarkan data dari team Purchasing PT. X harga pahat yang digunakan dalam proses fabrikasi *shaft* dapat dilihat pada Tabel dibawah ini

No	Nama pahat	Satuan	harga
1	Pahat rata kiri <i>rough</i>	pcs	Rp. 235.000,-
2	Pahat rata kiri <i>finish</i>	pcs	Rp. 250.000,-
3	Pahat rata kanan <i>finish</i>	pcs	Rp. 250.000,-
4	Pahat <i>groove</i>	pcs	Rp. 150.000,-
5	Pahat <i>thread</i>	pcs	Rp. 130.000,-
6	Endmill Ø8 mm <i>rough</i>	pcs	Rp. 1.100.000,-
7	Endmill Ø8 mm <i>finish</i>	pcs	Rp. 1.300.000,-

Sebelum melakukan simulasi lintasan jalan pahat, diperlukan parameter pemesinan untuk setiap pahat yang akan digunakan. Adapun parameter pemesinan untuk pahat yang akan digunakan dalam penelitian seperti terlihat pada Tabel 3.3 dibawah ini

No	Tools	Parameter pemesinan	
1	T0404 R0.8 OD ROUGH LEFT	n = 450-550 rpm	a = 1 mm
		f = 0.3 mm/rev	v = 260 mm/min
2	T0606 R0.4 OD FINISH LEFT	n = 450-550 rpm	a = 0.15 mm
		f = 0.15 mm/rev	v = 260 mm/min
3	T0808 R0.4 OD FINISH RIGHT	n = 450-550 rpm	a = 0.15 mm
		f = 0.15 mm/rev	v = 260 mm/min
4	T0202 OD THREAD	n = 500 rpm	a = 0.1 mm
		f = 2.11 mm/rev	v = 150 mm/min
5		n = 450-550 rpm	a = 1 mm

	T0303 R0.125OD GROOVING	f = 0.1 mm/rev	v = 100 mm/min
6	T0505 ENDMILLØ8 mm	n = 1800-2500 rpm fz = 0.05 mm/rev	a = 1 mm v = 120 mm/min
7	T0707 ENDMILL Ø8mm	n = 1800-2500 rpm fz = 0.05 mm/rev	a = 0.2 mm v = 120 mm/min

Spesifikasi Pahat Standard

Adapun jenis pahat standard yang digunakan untuk pembandingan Berdasarkan data dari team Purchasing PT. X harga pahat yang digunakan dalam proses fabrikasi *shaft* dapat dilihat pada Tabel 3.4 dibawah ini

No	Nama pahat	Satuan	harga
1	Pahat rata kiri <i>rough</i>	pcs	Rp. 150.000,-
2	Pahat rata kiri <i>finish</i>	pcs	Rp. 160.000,-
3	Pahat rata kanan <i>finish</i>	pcs	Rp. 150.000,-
4	Pahat <i>groove</i>	pcs	Rp. 100.000,-
5	Pahat <i>thread</i>	pcs	Rp. 75.000,-
6	Endmill Ø8 mm <i>rough</i>	pcs	Rp. 500.000,-
7	Endmill Ø8 mm <i>finish</i>	pcs	Rp. 600.000,-

Sebelum melakukan simulasi lintasan jalan pahat, diperlukan parameter pemesinan untuk setiap pahat yang akan digunakan. Adapun parameter pemesinan untuk pahat yang akan digunakan dalam penelitian seperti terlihat pada Tabel 3.3 dibawah ini

No	Tools	Parameter pemesinan	
1	T0404 R0.8 OD ROUGH LEFT	n = 450-550 rpm f = 0.3 mm/rev	a = 1 mm v = 100 mm/min
2	T0606 R0.4 OD FINISH LEFT	n = 450-550 rpm f = 0.15 mm/rev	a = 0.15 mm v = 100 mm/min
3	T0808 R0.4 OD FINISH RIGHT	n = 450-550 rpm f = 0.15 mm/rev	a = 0.15 mm v = 100 mm/min
4	T0202 OD THREAD	n = 500 rpm f = 2.11 mm/rev	a = 0.1 mm v = 70 mm/min
5		n = 450-550 rpm	a = 1 mm

	T0303 R0.125OD GROOVING	f = 0.1 mm/rev	v = 50 mm/min
6	T0505 ENDMILLØ 8 mm	n = 1800-2500 rpm fz = 0.025 mm/rev	a = 1 mm v = 70 mm/min
7	T0707 ENDMILL Ø8mm	n = 1800-2500 rpm fz = 0.025 mm/rev	a = 0.2 mm v = 70 mm/min

LANGKAH PROSES

Pembuatan Geometri Benda Kerja

Sebelum melakukan simulasi waktu dan lintasan jalan pahat menggunakan *software* ESPRIT 2017, maka diperlukan pembuatan geometri 3D kemudian akan diolah pada *software* ESPRIT 2017. Untuk proses pembuatan geometri *shaft* ini menggunakan *Software Solidwork 2018*. untuk gambar 3D hasil dari *software Solidwork 2018* dapat dilihat pada Gambar 3.4



Simulasi penetapan jalan pahat

Sistem pemrograman yang digunakan pada penelitian ini yaitu kombinasi antara pemrograman absolut dan pemrograman inkremen untuk masing-masing perancangan jalan pahat. Hal ini dikarenakan *software ESPRIT 2017* secara otomatis menghasilkan posting (program berupa NC) secara kombinasi antara pemrograman absolut dan pemrograman inkremen yang bisa terbaca oleh mesin *CNC DMG MORI NLX 3000 x 3000*. Pemrograman absolut adalah pemrograman dalam menentukan titik koordinatnya selalu mengacu pada titik nol benda kerja. Sedangkan sistem pemrograman inkremental dikenal juga dengan sistem pemrograman berantai atau koordinat *relative*. Penentuan pergerakan alat potong dari titik satu ke titik berikutnya mengacu pada titik pemberhentian terakhir alat potong.

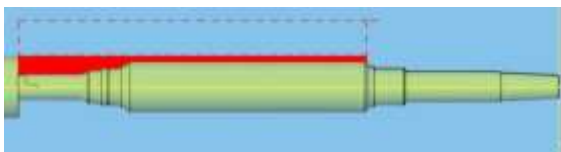
Perancangan optimasi jalan pahat pada proses pemesinan *CNC lathe* pada penelitian ini meliputi proses pengerjaan kasarnya (*roughing*), *finishing*, *grooving*, *threading* dan *machining keyway*.

Dikarenakan panjang material lebih dari 1000mm, maka proses *rough* pada fabrikasi *shaft* ini menggunakan 2 kali proses, hal ini dikarenakan apabila hanya sekali proses untuk *rough* akan menimbulkan vibrasi dan mengakibatkan benda kerja permukaannya menjadi kasar.

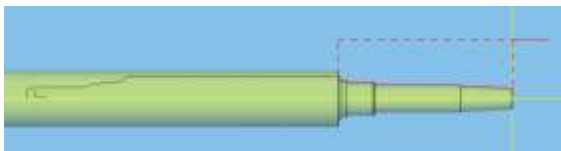
Optimasi jalan pahat proses pemesinan *CNC lathe* untuk pembuatan *shaft* dengan menggunakan *software ESPRIT 2017* menghasilkan 28 langkah proses. Untuk keseluruhan proses pemesinannya dari masing-masing optimasi jalan pahat dapat dilihat pada Gambar 3.5 - Gambar 3.32 dan waktu produksi yang dihasilkan dari keseluruhan proses pemesinan untuk masing-masing langkah dapat dilihat pada Tabel 3.5 dibawah ini



Gambar



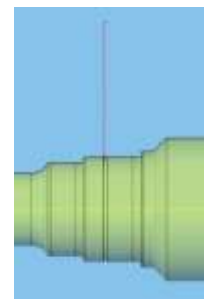
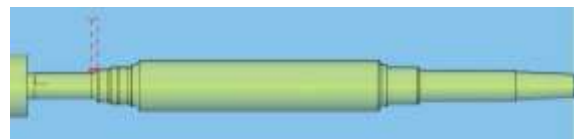
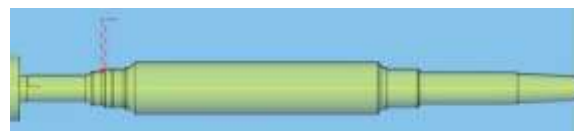
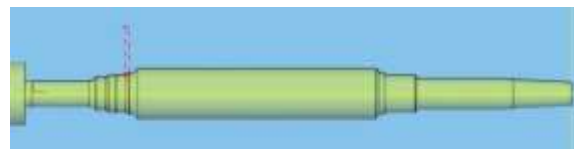
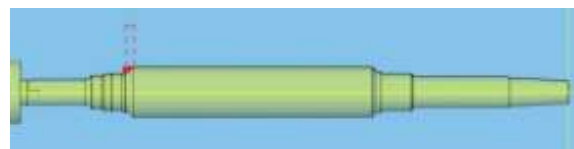
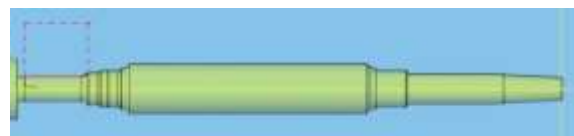
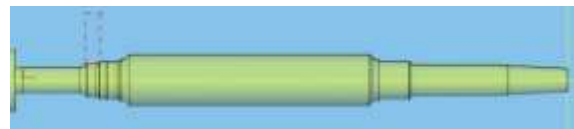
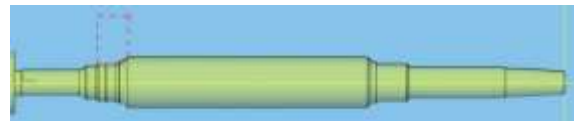
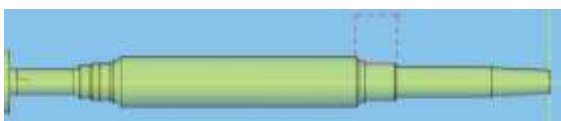
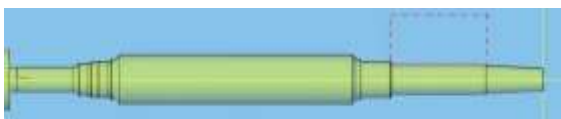
Gambar

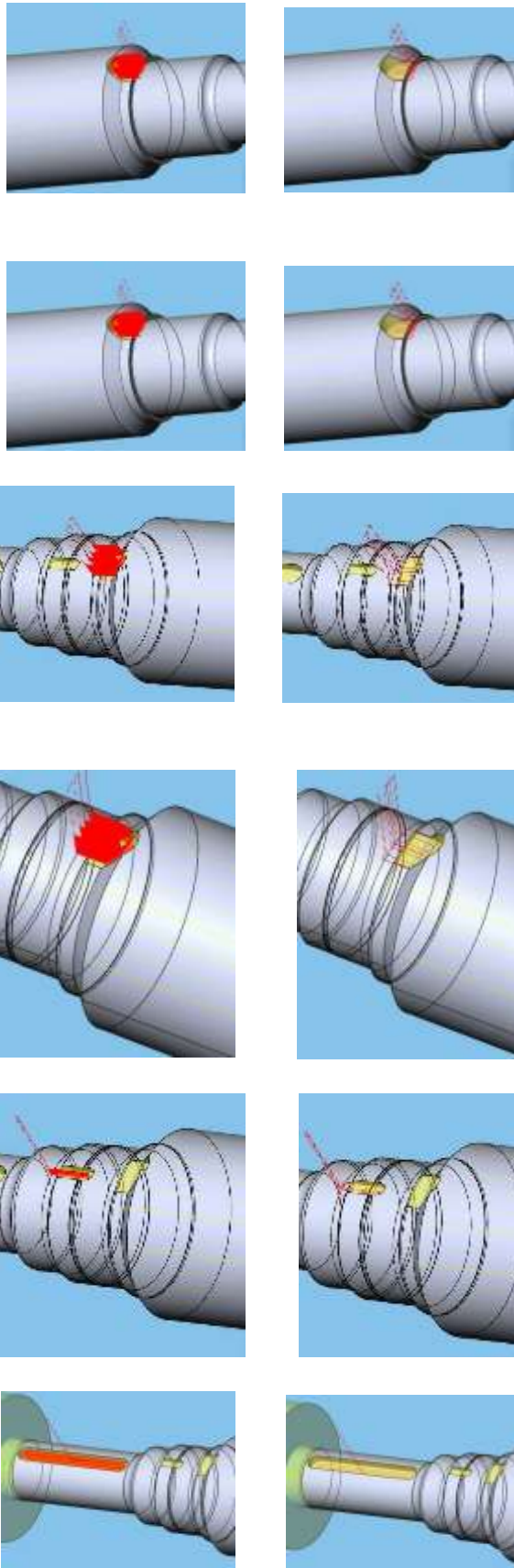


Gambar



Gambar





Berdasarkan dengan simulasi lintasan jalan pahat menggunakan software ESPRIT 2017 maka

didapatkan waktu simulasi berdasarkan langkah proses pengerjaan. Waktu proses simulasi untuk pahat yang digunakan berdasarkan langkah proses pengerjaan dapat dilihat pada Tabel 3.5

No	Langkah Proses	Waktu proses
1	Proses <i>facing</i>	33 detik
2	Proses OD rata kiri <i>rough</i> bagian 1	119 menit 32 detik
3	Proses OD rata kiri <i>rough</i> bagian 2	123 menit 50 detik
4	Proses OD rata kiri <i>finish per step</i> bagian 1	1 menit 58 detik
5	Proses OD rata kiri <i>finish per step</i> bagian 2	3 menit 14 detik
6	Proses OD rata kiri <i>finish per step</i> bagian 3	1 menit 28 detik
7	Proses OD rata kiri <i>finish per step</i> bagian 4	7 menit 41 detik
8	Proses OD rata kiri <i>finish per step</i> bagian 5	1 menit 4 detik
9	Proses OD rata kiri <i>finish per step</i> bagian 6	31 detik
10	Proses OD rata kiri <i>finish per step</i> bagian 7	2 menit 6 detik
11	Proses OD rata kanan <i>finish</i> bagian 1	40 detik
12	Proses OD rata kanan <i>finish</i> bagian 2	21 detik
13	Proses OD rata kanan <i>finish</i> bagian 3	22 detik
14	Proses OD rata kanan <i>finish</i> bagian 4	25 detik
15	Proses <i>Groove</i>	15 detik
16	Proses <i>thread</i>	30 detik
17	Proses <i>key way rough</i> 1	52 menit 5 detik
18	Proses <i>key way finish</i> 1	2 menit 41 detik
19	Proses <i>key way rough</i> 2	52 menit 5 detik
20	Proses <i>key way finish</i> 2	2 menit 41 detik
21	Proses <i>key way rough</i> 3	52 menit 5 detik
22	Proses <i>key way finish</i> 3	2 menit 41 detik
23	Proses <i>key way rough</i> 4	52 menit 5 detik
24	Proses <i>key way finish</i> 4	2 menit 41 detik
25	Proses <i>key way rough</i> 5	8 menit 24 detik
26	Proses <i>key way finish</i> 5	1 menit 32 detik
27	Proses <i>key way rough</i> 6	134 menit 25 detik
28	Proses <i>key way finish</i> 6	8 menit 55 detik

Untuk waktu simulasi jalan pahat untuk pahat standart menghasilkan waktu yang berbeda dengan pahat yang digunakan. Hal ini dikarenakan parameter yang digunakan juga berbeda. Untuk waktu produksi berdasarkan pahat standart dapat dilihat pada tabel 3.6 dibawah ini

No	Langkah Proses	Waktu proses
1	Proses <i>facing</i>	1 menit 17 detik
2	Proses OD rata kiri <i>rough</i> bagian 1	280 menit 50 detik
3	Proses OD rata kiri <i>rough</i> bagian 2	290 menit 57 detik
4	Proses OD rata kiri <i>finish per step</i> bagian 1	4 menit 37 detik
5	Proses OD rata kiri <i>finish per step</i> bagian 2	7 menit 35 detik
6	Proses OD rata kiri <i>finish per step</i> bagian 3	3 menit 27 detik
7	Proses OD rata kiri <i>finish per step</i> bagian 4	18 menit 5 detik
8	Proses OD rata kiri <i>finish per step</i> bagian 5	2 menit 31 detik
9	Proses OD rata kiri <i>finish per step</i> bagian 6	1 menit 12 detik
10	Proses OD rata kiri <i>finish per step</i> bagian 7	4 menit 55 detik
11	Proses OD rata kanan <i>finish</i> bagian 1	1 menit 32 detik
12	Proses OD rata kanan <i>finish</i> bagian 2	49 detik
13	Proses OD rata kanan <i>finish</i> bagian 3	48 detik
14	Proses OD rata kanan <i>finish</i> bagian 4	57 detik
15	Proses <i>Groove</i>	17 detik
16	Proses <i>thread</i>	1 menit 57 detik
17	Proses <i>key way rough</i> 1	92 menit 12 detik
18	Proses <i>key way finish</i> 1	2 menit 41 detik
19	Proses <i>key way rough</i> 2	92 menit 12 detik
20	Proses <i>key way finish</i> 2	2 menit 41 detik
21	Proses <i>key way rough</i> 3	92 menit 12 detik
22	Proses <i>key way finish</i> 3	2 menit 41 detik
23	Proses <i>key way rough</i> 4	92 menit 12 detik
24	Proses <i>key way finish</i> 4	2 menit 41 detik
25	Proses <i>key way rough</i> 5	14 menit 48 detik
26	Proses <i>key way finish</i> 5	1 menit 57 detik
27	Proses <i>key way rough</i> 6	255 menit 8 detik
28	Proses <i>key way finish</i> 6	10 menit 35 detik

PERHITUNGAN

Perhitungan Biaya Proses Produksi Berdasarkan Pahat yang Digunakan

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan *software ESPRIT 2017*, waktu yang dibutuhkan untuk semua proses *machining shaft* dengan menggunakan pahat SANVIK adalah 10 jam 36 menit 2 detik atau sekitar 636 menit 2 detik. Setelah waktu simulasi diperoleh, persiapan awal yang

dilakukan untuk menghitung biaya produksi adalah sebagai berikut :

1. Biaya Material (CM)

Harga material stainless steel 316 dipasaran berdasarkan kilogram berkisar Rp.200.000,-/Kg. Bahan *stainless steel 316* yang digunakan yaitu Ø150 mm x 1450 mm dengan berat 204.99 kilogram. Untuk biaya material dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 1 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 CM &= C_{Mo} + C_{Mi} \text{ (diasumsikan 10\% } C_{Mo}) \\
 &= (\text{Harga/gram} \times \text{Berat material}) + (10\% C_{Mo}) \\
 &= (\text{Rp.200/ gram} \times 204.990 \text{ gram}) + (10\% C_{Mo}) \\
 &= \text{Rp. 40.998.000,-} + (10\% \text{ Rp. 40.998.000,-}) \\
 &= \text{Rp. 40.998.000,-} + \text{Rp. 4.099.800,-} \\
 &= \text{Rp. 45.097.800,-}
 \end{aligned}$$

2. Biaya Sewa Mesin Bubut CNC (Cf)

$$\begin{aligned}
 C_f &= \text{Rp. 5.000.000.000,-} / (4 \text{ tahun} \times 365 \text{ hari} \times 24 \text{ jam}) \\
 &= \text{Rp. 142.694,-} / \text{jam.}
 \end{aligned}$$

3. Upah Opetaror (Cd)

$$C_d = \frac{\text{UMR}}{(\text{jam kerja} \times \text{hari kerja perbulan})} (\text{Rp} / \text{jam})$$

$$C_d = \frac{\text{Rp.4.200.000}}{(8 \text{ jam} \times 20 \text{ hari})} (\text{Rp} / \text{jam})$$

$$C_d = \text{Rp.26.250,-} / \text{jam}$$

4. Biaya Daya Mesin (Ci)

$$C_i = \text{daya nominal mesin} \times \text{harga per Kwh}$$

$$C_i = 25 \text{Kwh} \times \text{Rp.1380,-}$$

$$C_i = \text{Rp.34.500,-} / \text{jam}$$

5. Total Biaya Operasi Mesin (Cj)

$$\begin{aligned}
 C_j &= C_f + C_d + C_i \\
 &= \text{Rp. 142.694,-} + \text{Rp 26.250,-} + \text{Rp.34.500,-} \\
 &= \text{Rp. 203.444,-} / \text{jam} \\
 &= \text{Rp. 3.390,-} / \text{menit}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan waktu produksi yang diperoleh menggunakan *software ESPRIT 2017* seperti pada

Tabel 3.6, maka dapat dihitung biaya produksi untuk masing-masing proses dengan menggunakan Persamaan 6 adalah sebagai berikut.

Proses *machining*

$$\begin{aligned} C &= CM + (C_j \times \text{total waktu proses machining}) \\ &= \text{Rp. } 45.097.800,- + (\text{Rp. } 3.390,- / \text{menit} \times 636,2 \text{ menit}) \\ &= \text{Rp. } 45.097.800,- + \text{Rp. } 2.156.718,- \\ &= \text{Rp. } 47.254.518,- \end{aligned}$$

Berdasarkan Pahat Standart

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan *software ESPRIT 2017*, waktu yang dibutuhkan untuk semua proses *machining shaft* menggunakan pahat standart adalah 21 jam 23 menit 46 detik atau sekitar 1283 menit 46 detik. Setelah waktu simulasi diperoleh, perbedaan menggunakan pahat SANDVIK dan pahat biasa adalah terletak pada waktu simulasi jalan pahat.

Berdasarkan waktu simulasi yang diperoleh menggunakan *software ESPRIT 2017* seperti pada Tabel 3.6, maka dapat dihitung biaya produksi untuk masing-masing proses dengan menggunakan Persamaan 6 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} C &= CM + (C_j \times \text{total waktu proses machining}) \\ &= \text{Rp. } 45.097.800,- + (\text{Rp. } 3.390,- / \text{menit} \times 1283,8 \text{ menit}) \\ &= \text{Rp. } 45.097.800,- + \text{Rp. } 4.352.082,- \\ &= \text{Rp. } 49.449.882,- \end{aligned}$$

DAFTAR PUSTAKA

1. Taufiq Rochim. 2001. "Spesifikasi, Metrologi, Dan Kontrol kualitas Geometrik Jilid 1". ITB Press. Bandung.
2. Debapriya M, Problems on tool life and machining parameters <http://www.yourarticlelibrary.com/metal-lurgy/problems-on-tool-life-and-machining-parameters-metals/96200>. Diakses pada tanggal 26 Maret 2019
3. Wesunadi, Keausan dan umur pahat

<http://wesunarkd.com/2015/12/keausan-dan-umur-pahat.html> .Diakses pada tanggal 26 Maret 2019

4. Achmad Arifin , sudut sayat endmill <http://achmadarifin.com/cara-mengasah-endmill> diakses pada 27 april 2020
5. Admin , formulae for cutting power http://www.mitsubishicarbide.net/content/mhg/enuk/html/product/technical_information/information/formula1.html Diakses pada 12 april 2020
6. Admin , basics of End Mills http://www.uniontool.co.jp/en/product/endmill/pdf/index_0301_01.pdf. Diakses pada 27 April 2020