

Analisa proses produksi *part number* D574-50081-201 menggunakan mesin milling CNC di PT DI

Eko Budiyanto^{1*}, Lukito Dwi Yuono², Fatku Rohman³

^{1,2,3}Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro
Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Kota Metro, Lampung, Indonesia
*Corresponding author. eko_budiyanto99@yahoo.com

Abstract

The world of manufacturing technology is currently developing rapidly. Computerization carried out on manufacturing equipment makes it very easy for an industry, especially industries with a large production scale or mass production with a high number of orders in a short time. Manufacturing technology for machine tools usually uses a CNC (Computer Numeric Control) machine. Where the operation of this machine uses a program controlled by a computer and the programmer. This machine can produce products with high accuracy, even for very complicated manufacturing work. Product errors due to operator negligence can be reduced, as contact between the operator and the machine is minimal. However, if there is an error in the material or improper feed, the operator tends not to know because everything has been executed with the program that has been made. The aim of this research is to calculate the machining efficiency of the production process part number D574-50081-201 using a CNC milling machine. Observations were made at the 3 axis prismatic machine section, PT. Dirgantara Indonesia (DI). The milling machine used was the QUASER MV 185 type machine. Part material used in this study was Aluminum alloy 7010. The results of observations and calculations obtained that the average machining efficiency was 13%.

Keywords: CNC, production process, efficiency.

Abstrak

Perkembangan dunia teknologi manufaktur saat ini berkembang dengan pesat. Komputerisasi yang dilakukan pada alat-alat manufaktur sangatlah memudahkan suatu industri, terutama industri dengan skala produksi yang besar atau produksi massal dengan jumlah pesanan yang tinggi dalam waktu yang singkat. Teknologi manufaktur mesin-mesin perkakas biasanya menggunakan mesin CNC (*Computer Numeric Control*). Dimana pengoperasian mesin ini menggunakan program yang dikontrol dengan computer dan pemrogramnya. Mesin ini dapat menghasilkan produk dengan ketelitian yang tinggi, bahkan untuk pengerjaan manufaktur yang sangat rumit sekalipun. Kesalahan produk karena kelalaian operator dapat dikurangi, karena kontak antara operator dan mesin sangat sedikit. Namun, jika terjadi kesalahan pada material atau gerak makan yang tidak sesuai, operator cenderung tidak mengetahui karena semua sudah dijalankan dengan program yang sudah dibuat. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menghitung efisiensi pemesinan proses produksi *part number* D574-50081-201 menggunakan mesin milling CNC. Pengamatan dilakukan di bagian 3 axis prismatic machine, PT. Dirgantara Indonesia (DI). Mesin frais yang digunakan adalah mesin tipe QUASER MV 185. Material part yang digunakan pada penelitian ini adalah Aluminium alloy 7010. Hasil pengamatan dan perhitungan diperoleh efisiensi rata-rata pemesinan sebesar 13%.

Kata kunci: CNC, proses produksi, efisiensi.

Pendahuluan

Indonesia mempunyai industri pesawat terbang yang bernama PT.

Dirgantara Indonesia, yang menjadi andalan industri pesawat terbang nusantara. Produk andalannya adalah N290, dan 219, nama N

sendiri diambil dari nama seorang tokoh yang meninggal saat uji terbang pesawat buatan Indonesia dengan nama Noertanio. Selain memproduksi pesawat terbang PT. DI juga memproduksi suku cadang untuk pesawat konvensional lainnya [1].

Perkembangan dunia teknologi manufaktur saat ini berkembang dengan pesat [2]. Komputerisasi yang dilakukan pada alat-alat manufaktur sangatlah memudahkan suatu industri, terutama industri dengan skala produksi yang besar atau produksi massal dengan jumlah pesanan yang tinggi dalam waktu yang singkat. Dengan menggunakan computer sebagai alat bantu produksi, maka suatu industri dapat melakukan proses produksi secara cepat dan hasilnya dapat dipertanggung jawabkan baik dari segi kehalusan, keseragaman bentuk maupun ukuran yang diinginkan [3].

Penggunaan teknologi ini dapat menekan biaya produksi secara keseluruhan, meskipun dalam segi konsumsi energi yang dibutuhkan cukup besar. Hal itu terjadi karena jumlah pekerja yang dibutuhkan jauh lebih sedikit dan waktu yang dibutuhkan dapat diminimalkan sehingga dalam waktu yang singkat dan jumlah pekerja yang sedikit dapat menghasilkan produksi yang banyak dengan kualitas yang baik.

Teknologi manufaktur mesin-mesin perkakas biasanya menggunakan mesin CNC (*Computer Numeric Control*) [4]. Dimana pengoperasian mesin ini menggunakan program yang dikontrol dengan computer dan pemrogramnya. Mesin ini dapat menghasilkan produk dengan ketelitian yang tinggi, bahkan untuk pengerjaan manufaktur yang sangat rumit sekalipun. Kesalahan produk karena kelalaian operator dapat dikurangi, karena kontak antara operator dan mesin sangat sedikit [5].

Jika terjadi kesalahan pada material atau gerak makan yang tidak sesuai, operator cenderung tidak mengetahui karena semua sudah dijalankan dengan program yang sudah dibuat. Operator hanya dapat mengetahui dengan cara melepas dan

memeriksa material lebih lanjut. Sedangkan untuk kesalahan yang terjadi karena pahat yang dipakai tidak sesuai atau tumpul dan pemakanan yang terlalu besar, operator dapat mengetahuinya lewat suara gesekan dan getaran yang yang dihasilkan oleh mesin yang cukup besar dan mengganggu pendengaran. Hal tersebut sangat merugikan karena harga material yang rusak dan lebih fatal lagi jika pahat yang digunakan mengalami patah.

Karena biaya produksi yang sangat mahal maka kesempurnaan atas produk sangatlah menjadi prioritas yang harus dicapai [6]. Jika terjadi kesalahan sedikit saja maka produk yang dihasilkan tidak dapat dipakai dan hanya akan menjadi sampah yang tidak ada harganya. Kesalahan pada produk dapat dipengaruhi dari berbagai pihak. Seperti kesalahan program yang dibuat, biasanya dari penggunaan perhitungan yang tidak sesuai dimensinya yang kurang akurat dan tahap pemakanan yang kurang sesuai. Untuk operator biasanya hanya kesalahan membaca gambar, kelalaian memeriksa pahat yang dipakai dan tidak ratanya pemasangan benda kerja [7].

Setiap langkah pekerjaan yang dilakukan harus melalui proses perhitungan dan analisa perhitungan yang tepat agar hasil yang dicapai memuaskan dan tidak terjadi kesalahan baik dalam penggunaan pahat, kecepatan makan dan lain-lain. Dengan memperhitungkan waktu produksi yang semaksimal mungkin.

Tinjauan Pustaka

Mesin milling CNC

Mesin milling atau mesin frais adalah mesin yang paling mampu melakukan banyak tugas bila dibandingkan dengan mesin perkakas yang lain. Hal ini disebabkan karena selain mampu memoles permukaan datar maupun berlekuk dengan penyelesaian dan ketelitian istimewa, juga berguna untuk menghaluskan atau meratakan benda kerja sesuai dengan dimensi yang dikehendaki. Proses frais adalah proses yang menghasilkan *chips*

(geram). Frais menghasilkan permukaan yang datar atau berbentuk profil pada ukuran yang ditentukan dan kehalusan atau kualitas permukaan yang ditentukan [8].

Prinsip kerja mesin milling adalah tenaga untuk pemotongan yang berasal dari energi listrik diubah menjadi gerak utama oleh sebuah motor listrik, selanjutnya gerakan utama tersebut akan diteruskan melalui suatu transmisi untuk menghasilkan gerakan putar pada spindle mesin milling.

Pengerjaan yang biasa dilakukan pada mesin terdiri dari pengefraisan sisi dimana pisau sejajar dengan permukaan benda kerja, dan pengefraisan muka dimana sumbu pisau tegak lurus dengan permukaan benda kerja.

Beberapa metode dalam mesin frais terdiri dari *climb mill* dan *conventional milling*. *Climb mill* merupakan cara pengefraisan dimana putaran *cutter* searah dengan gerakan benda kerja. Gaya potong menarik benda kerja ke dalam *cutter* sehingga faktor kerusakan pahat akan lebih besar. Hanya mesin yang mempunyai alat pengukur keregangannya diperbolehkan memakai metode pemotongan ini. Sedangkan *conventional milling* merupakan pengefraisan dimana putaran *cutter* berlawanan arah dengan gerakan benda kerja, pemotongan ini dimulai dengan beram yang tipis dan metode ini digunakan untuk semua jenis mesin milling [9].

Elemen dasar proses milling

1. Kecepatan potong

Kecepatan potong alat potong mesin frais adalah jarak yang ditempuh oleh mata potong (*tool*) dalam satuan menit, dirumuskan [10]:

$$v = \frac{\pi \cdot n \cdot d}{1000}$$

Dengan, v = Kecepatan potong (m/min)

n = Putaran spindle (rpm)

d = Diameter *tool* (mm)

2. Kecepatan makan

Gerak makan merupakan gerak dari setiap gigi pemotong, gerak ini dapat dikonversikan ke dalam kecepatan makan dengan memperhitungkan kecepatan spindle dan jumlah pemotong atau gigi.

Untuk kecepatan makan dirumuskan [10]:

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n$$

Dengan, v_f = kecepatan makan (mm/min)

f_z = Gerak makan pergigi (mm/gigi)

z = banyak gigi

3. Waktu pemotongan

Adalah waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pemakanan benda kerja menjadi yang diinginkan [10].

$$t_c = \frac{L_t}{f}$$

Dengan, t_c = Waktu pemotongan (min)

L_t = Panjang permesinan (mm)

4. Kecepatan penghasilan geram

Kecepatan pelepasan material atau penghasilan geram dalam proses frais merupakan perkalian antara luas bidang melintang dari pemotongan dengan kecepatan makan [10].

$$Z = \frac{v \cdot a \cdot w}{1000}$$

Dengan, Z = Kecepatan penghasilan geram (cm³/min)

a = Kedalaman pemotongan (mm)

w = lebar pemakanan (mm)

a. Untuk proses pengeboran digunakan rumus [10]:

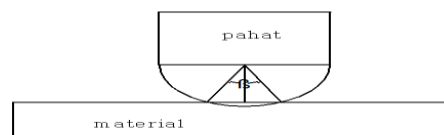
$$Z = \frac{v_f \cdot \pi \cdot d^2}{4 \cdot 1000}$$

$\frac{\pi \cdot d^2}{4}$ = luas penampang senter drill (mm)

b. Dan untuk *ball nose* digunakan rumus [10]:

$$Z = \frac{v_f \cdot (l_\alpha - l_s)}{1000}$$

Dengan,



Gambar 1. Ilustrasi pemakanan pahat [11]

$$l_{\text{tembereng}} = l_\beta - l_\Delta \quad [11]$$

Dengan,

$$l_\beta = \beta / 360 \cdot \pi \cdot r^2$$

$$l_\Delta = \frac{\text{alas} \times \text{tinggi}}{2}$$

5. Gaya potong dan momen puntir proses frais

Gaya potong untuk setiap gigi akan berfluktuasi mengikuti perubahan sudut

posisi gigi. Karena tebal geram tersebut berubah selama proses pemotongan berlangsung maka dipilih tebal geram rata-rata, atas mana gaya potong spesifik ditentukan.

Gaya potong tangensial F_t ditentukan [10]:

$$F_t = A \cdot k_1, \text{ maka}$$

$$F_{tm} = A_m \cdot k_{sm}$$

Dengan,

F_{tm} = Gaya potong pergigi rata-rata (N)

A_m = Penampang geram sebelum terpotong rata-rata (mm²)

$A_m = b \cdot h_m$

k_{sm} = Gaya potong spesifik rata-rata (N/mm²)

a. Tebal geram rata – rata

$$f_{z \text{ rata}^2} = \sin K_r \cdot \frac{360}{\pi} \cdot \frac{f_z \cdot w}{\phi \cdot d} \quad [11]$$

$$\cos \phi = \frac{d/2 - ar}{d/2}$$

Dengan, K_r = Entering angel

$f_{z \text{ rata}^2}$ = Tebal geram rata-rata (mm)

ϕ = Sudut geser ($^{\circ}$)

b. Gaya potong spesifik rata-rata [10]

$$K_{sm} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot M_{tm}}{w \cdot a \cdot v_f}$$

$$M_{tm} = C_1 \cdot d^x \cdot f^y$$

Dengan, K_{sm} = Gaya potong spesifik rata-rata (N/mm²)

M_{tm} = Momen puntir rata-rata (N mm)

C_1 = Konstanta material

c. Gaya tekan

Karena titik mula setiap pahat berbeda-beda, maka harus diperhitungkan gaya tekan yang terjadi pada awal pemakanan untuk mencapai *dept of cut* yang diinginkan [10].

$$F = C_2 \cdot d^m \cdot f^n$$

Dengan, F = Gaya tekan yang terjadi saat pemakanan (N)

m,n = Pangkat untk diameter dan gerak makan dalam rumus korelasi momen dan gaya (tabel)

d. Gaya potong spesifik pada senter drill dapat didefinisikan sebagai berikut [10]: (pengeboran atau pengguridian)

$$k_d = \frac{8 \cdot M_t}{d^2 \cdot f}$$

$$A = \frac{d \cdot f}{4}$$

e. Gaya tangensial pada mata potong [10] (pengeboran/ pengguridian)

$$k_d = \frac{F_t}{A}$$

Dengan, F_t = Gaya tangensial pada mata potong (N)

A = luas penampang geram (mm²)

Tabel 1. Data pemesinan [10]

Benda kerja (SAE-DIN)	Untuk momen puntir				
	C_1 (N/mm)	x	y	$K_{d1.1}$	$K_{d5.1}$
Baja					
(1020-C 22)	563	1,8	0,78	4288	3259
(1035-C 35)	620	1,8	0,78	4960	3770
(1112-9S20)	410	1,8	0,78	3280	2493
(3151-)	741	1,8	0,78	5960	4530
Besi tuang	300	1,7	0,60	2400	1602
Kuningan	115	1,9	0,73	920	817
Aluminium	131	1,9	0,83	1048	200

C_1, C_2 = Harga konstanta (N/mm) yang diperoleh dari hasil percobaan

f. Jadi gaya tangensial total pemotongan sebagai berikut [10]:

$$F_{tms} = F_{tm} \cdot z$$

6. Daya pemotongan dan efisiensi pemesinan

Daya pemotongan dalam proses pembentukan geram ditentukan oleh gaya potong dengan dengan kecepatan pemotongan atau momen puntir pada pada pahat dengan kecepatan putarannya. Maka daya pemotongan dapat dirumuskan [10]:

$$N_{ct} = N_c + N_f$$

a. Karena N_f , jauh lebih kecil dari pada N_c , maka nilai N_f dapat diabaikan, sehingga daya total pada mesin frais dan gurdi adalah [10]:

$$N_{ct} = N_{c \text{ rata}^2} = \frac{M_{t \text{ rata}^2} \cdot 2 \cdot \pi \cdot n}{60 \times 10^6}$$

Dengan, N_{ct} = Daya pemotongan total (kW)

N_c = Daya potong (kW)

N_f = Daya makan (kW)

b. Daya pemotongan diatas adalah daya yang dipakai dalam proses pembentukan geram. Sehingga efisiensi pemesinan dapat didefinisikan sebagai berikut [10]:

$$\eta_c = \frac{N_c}{N_{mc}} \times 100\%$$

Dengan, η_c = efisiensi pemesinan (%)
 N_{mc} = daya mesin yang tersedia
(kW)

Metode Penelitian

Pengamatan dilakukan di bagian 3 axis prismatic machine, PT. Dirgantara Indonesia. Dengan hasil pengamatan sebagai berikut.

1. Mesin milling CNC vertikal

Mesin frais yang digunakan adalah mesin tipe QUASER MV 185 dengan spesifikasi tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi mesin

Technical Data		MV184
Work Range		
Table size (mm)		1.020 x 600
Spindle nose to table surface (mm)		1,0202/610/610
Table load capacity (kg)		100 – 710
Feed Drive		
Feed force x/y/z (N)		
Rapid movement x/y/z (m/min)		6.283/6.283/17.671 32
Acceleration x/y/z (m/s ²)		3/3/3
Dia. Dan pitch of the boll screw		Ø45/ P=12/8
Accuracy Position / Repeatability		
ISO 230-2		0,002
JIS 6338 (300 mm)		±0,002
VDI 3441		0,004
Main Spindle		
Spindle model		
Max. Spindle speed (rpm)		40 taper
Spindle base speed		10.000
Spindle output kW (S6-40%)		15
Spindle torque Nm (S6-40%)		96
Spindle transmission		Coupling Ø70
Spindle diameter (mm)		
Tool Changer		
Tool selection		
Magazine positions		Random
Max. Tool diameter (mm)		30
Max. Tool dia, duo to neighbor pots are empty		76,2
Max. Tool length (mm)		125
Max. Tool weight (kg)		280
CTC time-ISO 10791-9 (sec.)-60 Hz		7 4
Coolan System		
Coolant tank capacity (liter)		300
Pump capacity		

Nozzel coolant	60l/min., 3,5 bar
Through spindle coolant	
Wash down	60l/min., 3,5 bar
Machine Size	
Height (mm)	2.860
Floor spece WxD (mm)	2.100 / 2.600
Weight (kg)	6.300
Connections	
Main power	400V / 50Hz
Power consumpcion (KVA)	17,5

Sumber : Quaser hand book

2. Part number D574 – 50081 – 200 / 201

Adalah part yang dipesan langsung oleh Airbus operation Ltd, dengan nama part Bracket. Material yang digunakan pada part ini adalah Aluminium alloy 7010 dengan komposisi kimia dan sifat mekaniknya dijelaskan pada Tabel 3.

Tabel 3. Komposisi kimia Aluminium alloy 7010

Unsur (%)	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Zr	Al
Min	-	-	1,5	-	2,1	-	-	5,7	0,1	90,6
Max	0,12	0,15	2,0	0,1	2,6	0,05	6,7	0,06	0,16	88,06

Sumber : Airbus operation

3. Pahat (tool) dan waktu penggunaannya

Tabel 4. Pahat dan penggunaannya

No	Tool	Bahan	Waktu (menit)
1	Slot drill short diameter 25 mm dengan jari-jari 0	Carbide	38
2	Slot drill short diameter 10 mm dengan jari-jari 1mm	Carbide	12,30
4	Slot drill short diameter 10 mm dengan jari-jari 0	Carbide	5
5	Ball nose Slot drill short diameter 12 mm	Carbide	47,40
6	Center drill diameter 2 mm	Hss	1
7	Twist drill diameter 11,8 mm	Hss	2,7
8	Reammer machbe diameter 12H7	Carbide	1
Total waktu pemesinan			108,17

Sumber : Indonesia aerostuctur

Tabel 5. Hasil perhitungan CCS (computer cutting data service)

Diameter (mm)	Coolant (%)	Ae/w (mm)	Ap/a (mm)	Vc (m/menit)	n (rpm)	Fz (mm)	Vf (mm/menit)	Power (kW)	Q (Cm ³ /menit)
25	10	12,5	2,22	589	7500	0,158	2372	0,9	65,8
10	10	10	0,5	236	7500	0,1	1500	0,1	7,5
12	10	12	1	283	7500	0,11	1643	0,3	19,7
12	10	4,4	0,5	283	7500	0,11	1643	0,1	3,6

Sumber : Tool service (ccs) PT. Dirgantara Indonesia

Hasil dan Pembahasan

Proses pemesinan termasuk dalam klasifikasi proses pemotongan logam, merupakan suatu proses yang digunakan untuk mengubah bentuk suatu produk dari logam (komponen mesin) dengan cara memotong, mengupas, atau memisah.

Diketahui putaran yang dihasilkan 10.000 rpm, untuk menjaga agar mesin tetap dalam performa yang maksimal dan memperpanjang umur pengoperasian maka dikalikan dengan faktor keamanan dengan harga 75 % [12]. Jadi putaran yang dipakai 10.000 rpm x 75% = 7500 rpm

Perhitungan dasar proses frais sebagai berikut :

a. Kecepatan potong

- 1). Slot drill short diameter 25 mm dengan jari-jari 0

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 25 \text{ mm} \cdot 7500 \text{ rpm}}{1000} = 588,75 \text{ m/min}$$

Nilai ini dapat diterima karena batas maksimum untuk *tool carbide* dengan bahan yang dipotong Aluminium adalah 700 m/min [12].

- 2). Slot drill short diameter 10 mm dengan jari-jari 1mm

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 10 \text{ mm} \cdot 7500 \text{ rpm}}{1000} = 235,5 \text{ m/min}$$

Nilai ini dapat diterima karena batas maksimum untuk *tool carbide* dengan bahan yang dipotong Aluminium adalah 700 m/min [12].

- 3). Ball nose Slot drill short diameter 12 mm

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 12 \text{ mm} \cdot 7500 \text{ rpm}}{1000} = 282,6 \text{ m/min}$$

Nilai ini dapat diterima karena batas maksimum untuk *tool carbide* dengan bahan yang dipotong Aluminium adalah 700 m/min [12]

- 4). Center drill diameter 2 mm

Untuk *tool* dengan bahan HSS lebih mudah tumpul atau aus dengan kecepatan potong yang tinggi, untuk itu perlu diambil faktor koreksi sebesar 40% - 60% dari kecepatan putar spindle [12].

Jadi kecepatan spindle yang dipakai sebesar 7500 rpm x 60% = 4500 rpm

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 2 \text{ mm} \cdot 4500 \text{ rpm}}{1000} = 28,26 \text{ m/min}$$

Nilai ini dapat diterima karena batas maksimum untuk *tool HSS* dengan bahan yang dipotong Aluminium adalah 100 m/min [12].

- 5). Twist drill diameter 11,8 mm

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 11,8 \text{ mm} \cdot 4500 \text{ rpm}}{1000} = 166,73 \text{ m/min}$$

Nilai ini dapat diterima karena batas maksimum untuk *tool HSS* dengan bahan yang dipotong Aluminium adalah 100 m/min [12]. Maka salah satu caranya untuk memperkecil kecepatan potong adalah dengan memperkecil putaran spindle. Jadi kecepatan potongnya adalah :

$$100 \text{ m/min} = \frac{3,14 \cdot 11,8 \text{ mm} \cdot n}{1000}$$

$n = 2700 \text{ rpm}$ dan kecepatan potongnya 100 m/min

- 6). Reammer machbe diameter 12H7

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 12 \text{ mm} \cdot 7500 \text{ rpm}}{1000} = 282,6 \text{ m/min}$$

Nilai ini dapat diterima karena batas maksimum untuk *tool carbide* dengan bahan

yang dipotong Aluminium adalah $700 \text{ m}/\text{min}$ [12].

b. Kecepatan makan

Untuk nilai f_z ditentukan dengan menggunakan tabel berdasarkan jumlah dari kandungan silikonnya dan diameter cutter (pahat).

1). Slot drill short diameter 25 mm dengan jari-jari 0

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n$$

$$v_f = 0,165 \text{ mm}/\text{rad} \cdot 2.7500 \text{ rpm}$$

$$v_f = 2475 \text{ mm}/\text{min}$$

2). Slot drill short diameter 10 mm dengan jari-jari 1mm

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n$$

$$v_f = 0,085 \text{ mm}/\text{rad} \cdot 2.7500 \text{ rpm}$$

$$v_f = 1200 \text{ mm}/\text{min}$$

3). Ball nose Slot drill short diameter 12 mm

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n$$

$$v_f = 0,09 \text{ mm}/\text{rad} \cdot 2.7500 \text{ rpm}$$

$$v_f = 1350 \text{ mm}/\text{min}$$

4). Center drill diameter 2 mm

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n$$

$$v_f = 0,015 \text{ mm}/\text{rad} \cdot 2.4500 \text{ rpm}$$

$$v_f = 135 \text{ mm}/\text{min}$$

5). Twist drill diameter 11,8 mm

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n$$

$$v_f = 0,062 \text{ mm}/\text{rad} \cdot 2.2700 \text{ rpm}$$

$$v_f = 334,8 \text{ mm}/\text{min}$$

6). Reammer machbe diameter 12H7

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n$$

$$v_f = 0,09 \text{ mm}/\text{rad} \cdot 2.7500 \text{ rpm}$$

$$v_f = 1350 \text{ mm}/\text{min}$$

c. Waktu pemotongan

1). Slot drill short diameter 25 mm dengan jari-jari 0

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

$$l_v \geq \sqrt{a(d-a)}$$

$$l_v \geq \sqrt{2,22 \text{ mm} (25 \text{ mm} - 2,22 \text{ mm})}$$

$$l_v \geq 7,11 \text{ mm}$$

$$l_n = \frac{d}{2}$$

$$l_n = 12,5 \text{ mm}$$

$$l_t = (l_v + l_w + l_n) \times L$$

$$l_t = 7,11 \text{ mm} + 250 \text{ mm} + 12,5 \text{ mm}$$

$$l_t = (269,61 \text{ mm} +$$

$$12,5 \text{ mm}) \times 28 \text{ langkah}$$

$$l_t = 7899,08 \text{ mm}$$

$$t_c = \frac{7899,08 \text{ mm}}{2475 \text{ mm}/\text{min}}$$

$$t_c = 3 \text{ menit } 36 \text{ detik}$$

2). Slot drill short diameter 10 mm dengan jari-jari 1mm

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

$$l_n = \frac{d}{2}$$

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

$$l_t = (l_w - l_n - l_n) \times L$$

$$l_t = 145 \text{ mm} - 5 \text{ mm} - 5 \text{ mm}$$

Karena w 2x dan a 63x maka didapat asumsi panjang langkah total

$$l_t = 135 \text{ mm} \times 126 \text{ langkah}$$

$$l_t = 17010 \text{ mm}$$

$$t_c = \frac{17010 \text{ mm}}{1200 \text{ mm}/\text{min}}$$

$$t_c = 14 \text{ menit } 17 \text{ detik}$$

Karena pahat Slot drill short diameter 10 mm dengan jari-jari 1mm ini di gunakan dalam 2 tahap maka $14,17 \text{ mm} \times 2 = 28 \text{ menit } 34 \text{ detik}$

3). Ball nose Slot drill short diameter 12 mm

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

$$l_n = \frac{d}{2}$$

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

$$l_t = (l_w - l_n - l_n) \times L$$

$$l_t = 90 \text{ mm} - 6 \text{ mm} - 6 \text{ mm}$$

Karena w 1,5x dan a 63x maka didapat asumsi panjang langkah total adalah

$$l_t = 78 \text{ mm} \times 94,5 \text{ langkah}$$

$$l_t = 7371 \text{ mm}$$

$$t_{c1} = \frac{7371 \text{ mm}}{1350 \text{ mm}/\text{min}}$$

$$t_{c1} = 6 \text{ menit } 29 \text{ detik}$$

Karena pahat Ball nose Slot drill short diameter 12 mm ini di gunakan dalam 2 tahap maka = 12 menit 58 detik

Karena w 2x dan a 63x dan 1/3 nya tidak terpotong, maka didapat asumsi panjang langkah total adalah

$$l_t = 78 \text{ mm} \times 126 \text{ langkah} = 9828 \text{ mm}$$

$$l_t = 6552 \text{ mm}$$

$$t_{c2} = \frac{6552 \text{ mm}}{1350 \text{ mm}/\text{min}}$$

$$t_{c2} = 5 \text{ menit } 25 \text{ detik}$$

Karena pahat Ball nose Slot drill short diameter 12 mm ini di gunakan dalam 2 tahap maka = 10 menit 50 detik. Jadi waktu total pemakaian pahat Ball nose Slot drill short diameter 12 mm adalah 23 menit 48 detik.

4). Center drill diameter 2 mm

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

$$t_c = \frac{5 \text{ mm}}{135 \text{ mm}/\text{min}}$$

$$t_c = 0,03 \text{ menit}$$

5). Twist drill diameter 11,8 mm

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

$$t_c = \frac{20 \text{ mm}}{334,8 \text{ mm}/\text{min}}$$

$$t_c = 0,05 \text{ menit}$$

6). Reammer machbe diameter 12H7

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

$$t_c = \frac{20 \text{ mm}}{1350 \text{ mm}/\text{min}}$$

$$t_c = 0,01 \text{ menit}$$

d. Kecepatan penghasilan geram

1). Slot drill short diameter 25 mm dengan jari-jari 0

$$Z = \frac{v_f \cdot a \cdot w}{1000}$$

$$Z = \frac{2475 \text{ mm}/\text{min} \cdot 2,22 \text{ mm} \cdot 12,5 \text{ mm}}{1000}$$

$$Z = 68,68 \text{ cm}^3/\text{min}$$

2). Slot drill short diameter 10 mm dengan jari-jari 1mm

$$Z = \frac{v_f \cdot a \cdot w}{1000}$$

$$Z = \frac{1200 \text{ mm}/\text{min} \cdot 0,5 \text{ mm} \cdot 10 \text{ mm}}{1000}$$

$$Z = 6 \text{ cm}^3/\text{min}$$

3). Ball nose slot drill short diameter 12 mm

$$Z = \frac{v_f \cdot (l_\alpha - l_s)}{1000}$$

$$l_\beta = \beta_a / 360 \cdot \pi \cdot r^2$$

$$\cos \beta_a = \frac{t}{r}$$

$$\cos \beta_a = \frac{5,5}{6}$$

$$\beta_a = 23,5^\circ$$

$$\beta = 23,5^\circ \times 2 = 47,1^\circ$$

$$l_\beta = \frac{47,1}{360} \cdot 3,14 \cdot (6 \text{ mm})^2$$

$$= 14,79 \text{ mm}^2$$

$$l_\Delta = \frac{\text{alas} \times \text{tinggi}}{2}$$

$$\text{alas} = 2 \left(\sqrt{(6 \text{ mm})^2 - (5,5 \text{ mm})^2} \right)$$

$$= 4,79 \text{ mm}$$

$$l_\Delta = \frac{4,79 \text{ mm} \times 5,5 \text{ mm}}{2}$$

$$l_\Delta = 13,1 \text{ mm}^2$$

$$Z = \frac{1350 \text{ mm}/\text{min} \cdot (14,7 \text{ mm}^2 - 13,1 \text{ mm}^2)}{1000}$$

$$Z = 2,28 \text{ cm}^3/\text{min}$$

4). Center drill diameter 2 mm

$$Z = \frac{v_f \cdot \pi \cdot d^2}{4 \cdot 1000}$$

$$Z = \frac{135 \text{ mm}/\text{min} \cdot 3,14 \cdot (2 \text{ mm})^2}{4 \cdot 1000}$$

$$Z = 0,42 \text{ cm}^3/\text{min}$$

5). Twist drill diameter 11,8 mm

$$Z = \frac{v_f \cdot \pi \cdot d^2}{4 \cdot 1000}$$

$$Z = \frac{334,8 \text{ mm}/\text{min} \cdot 3,14 \cdot (11,8 \text{ mm})^2}{4 \cdot 1000}$$

$$Z = 36,5 \text{ cm}^3/\text{min}$$

6). Reammer machbe diameter 12H7

$$Z = \frac{v_f \cdot \pi \cdot d^2}{4 \cdot 1000}$$

$$Z = \frac{1350 \text{ mm}/\text{min} \cdot 3,14 \cdot (12 \text{ mm})^2}{4 \cdot 1000}$$

$$Z = 152,6 \text{ cm}^3/\text{min}$$

e. Gaya potong spesifik

Gerakan dari setiap mata potong (gigi) pahat frais relatif terhadap benda kerja merupakan gerakan siklodial. Oleh sebab itu, bagaimanapun posisi pahat frais relatif terhadap lebar pemotongan atau kedalaman potong akan selalu memotong benda kerja dengan ketebalan geram yang berubah. gerak makan per gigi merupakan variabel yang penting dalam proses frais dan harganya ditentukan oleh kecepatan makan, putaran pahat, serta jumlah gigi.

1). Slot drill short diameter 25 mm dengan jari-jari 0

a) Tebal geram rata-rata pergigi

$$f_{z \text{ rata}^2} = \sin K_r \cdot \frac{360}{\pi} \cdot \frac{f_z \cdot w}{\phi \cdot d}$$

$$\cos \phi = \frac{d/2 - ar}{d/2}$$

$$\cos \phi = \frac{25 \text{ mm}/2 - 25}{25 \text{ mm}/2}$$

$$\varphi = 180^0$$

$$f_{z \text{ rata}^2} = \sin 90^0 \cdot \frac{360^0}{3,14} \cdot \frac{0,165 \text{ mm/gigi} \cdot 12,5 \text{ mm}}{180^0 \cdot 25 \text{ mm}}$$

$$f_{z \text{ rata}^2} = 0,105 \text{ mm}$$

b) Momen puntir rata rata

$$M_{tm} = C_1 \cdot d^x \cdot f_{z \text{ rata}^2}^y$$

$$M_{tm} =$$

$$131 \text{ N/mm}^2 \cdot (25 \text{ mm})^{1,9} \cdot (0,105 \text{ mm})^{0,83}$$

$$M_{tm} = 9138,56 \text{ N mm}$$

c) Gaya potong spesifik rata-rata, dapat dicari dengan harga momen torsi rata-rata :

$$K_{sm} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot M_{tm}}{w \cdot a \cdot v_f}$$

$$K_{sm} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 7500 \text{ rpm} \cdot 9138,56 \text{ N mm}}{12,5 \text{ mm} \cdot 2,22 \text{ mm} \cdot 2475 \text{ mm/min}}$$

$$K_{sm} = 6267,01 \text{ N/mm}^2$$

d) Gaya potong pergigi

$$F_{tm} = A_m \cdot k_{sm}$$

$$A_m = 2,22 \text{ mm} \cdot 0,105 \text{ mm}$$

$$A_m = 0,23 \text{ mm}^2$$

$$F_{tm} = 0,23 \text{ mm}^2 \cdot 6267,01 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{tm} = 1441,4 \text{ N}$$

e) Jadi gaya tangensial total rata-rata adalah $1441,4 \text{ N} \times 2 = 2882,8 \text{ N}$

2). Slot drill short diameter 10 mm dengan jari-jari 1mm

a) Tebal geram rata-rata pergigi

$$f_{z \text{ rata}^2} = \sin K_r \cdot \frac{360}{\pi} \cdot \frac{f_z \cdot w}{\varphi \cdot d}$$

$$\cos \varphi = \frac{d/2 - ar}{d/2}$$

$$\cos \varphi = \frac{10 \text{ mm}/2 - 10}{10 \text{ mm}/2}$$

$$\varphi = 180^0$$

$$f_{z \text{ rata}^2} = \sin 90^0 \cdot \frac{360^0}{3,14} \cdot \frac{0,08 \text{ mm/gigi} \cdot 10 \text{ mm}}{180^0 \cdot 10 \text{ mm}}$$

$$f_{z \text{ rata}^2} = 0,05 \text{ mm}$$

b) Momen puntir rata rata

$$M_{tm} = C_1 \cdot d^x \cdot f_{z \text{ rata}^2}^y$$

$$M_{tm} = 131 \text{ N/mm}^2 \cdot (10 \text{ mm})^{1,9} \cdot (0,05 \text{ mm})^{0,83}$$

$$M_{tm} = 865,76 \text{ N mm}$$

c) Gaya potong spesifik rata-rata, dapat dicari dengan harga momen torsi rata-rata :

$$K_{sm} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot M_{tm}}{w \cdot a \cdot v_f}$$

$$K_{sm} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 7500 \text{ rpm} \cdot 865,76 \text{ N mm}}{10 \text{ mm} \cdot 0,5 \text{ mm} \cdot 1200 \text{ mm/min}}$$

$$K_{sm} = 6796,26 \text{ N/mm}^2$$

d) Gaya tekan

$$F = C_2 \cdot d^m \cdot f^n$$

$$F = 200 \text{ N/mm}^2 \cdot (10 \text{ mm})^{1,2} \cdot (0,1 \text{ mm})^{1,1}$$

$$F = 250 \text{ N}$$

e) Gaya potong pergigi

$$F_{tm} = A_m \cdot k_{sm}$$

$$A_m = 0,5 \text{ mm} \cdot 0,05 \text{ mm}$$

$$A_m = 0,025 \text{ mm}^2$$

$$F_{tm} = 0,025 \text{ mm}^2 \cdot 6796,26 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{tm} = 169,9 \text{ N}$$

f) Jadi gaya tangensial total rata-rata adalah

$$F_{tms} = F_{tm} \cdot z$$

$$169,9 \text{ N} \times 2 = 339,81 \text{ N}$$

3). Ball nose Slot drill short diameter 12 mm

a) Tebal geram rata-rata pergigi

$$f_{z \text{ rata}^2} = \sin K_r \cdot \frac{360}{\pi} \cdot \frac{f_z \cdot w}{\varphi \cdot d}$$

$$\cos \varphi = \frac{d/2 - ar}{d/2}$$

$$\cos \varphi = \frac{4,4 \text{ mm}/2 - 4,4}{4,4 \text{ mm}/2}$$

$$\varphi = 180^0$$

$$f_{z \text{ rata}^2} = \sin 90^0 \cdot \frac{360^0}{3,14} \cdot \frac{0,09 \text{ mm/gigi} \cdot 4,4 \text{ mm}}{180^0 \cdot 4,4 \text{ mm}}$$

$$f_{z \text{ rata}^2} = 0,057 \text{ mm}$$

b) Momen puntir rata rata

$$M_{tm} = C_1 \cdot d^x \cdot f_{z \text{ rata}^2}^y$$

$$M_{tm} = 131 \text{ N/mm}^2 \cdot (12 \text{ mm})^{1,9} \cdot (0,057 \text{ mm})^{0,83}$$

$$M_{tm} = 1364,66 \text{ N mm}$$

c) Gaya potong spesifik rata-rata, dapat dicari dengan harga momen torsi rata-rata :

$$k_{sm} = k_{s \cdot 1.1} \cdot h_m^{-p}$$

$$k_{s \cdot 1.1} = 939 \cdot \sigma_u^{0,13}$$

$$k_{s \cdot 1.1} = 939 \cdot (525 \text{ N/mm}^2)^{0,13}$$

$$k_{s \cdot 1.1} = 2119 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{sm} = 2119 \text{ N/mm}^2 \cdot (0,057 \text{ mm})^{-0,25}$$

$$k_{sm} = 4336,7 \text{ N/mm}^2$$

d) Gaya tekan

$$F = C_2 \cdot d^m \cdot f^n$$

$$F = 200 \text{ N/mm}^2 \cdot (12 \text{ mm})^{1,2} \cdot (0,11 \text{ mm})^{1,1}$$

$$F = 315,6 \text{ N}$$

e) Gaya potong pergigi

$$F_{tm} = A_m \cdot k_{sm}$$

$$A_m = 0,5 \text{ mm} \cdot 0,057 \text{ mm}$$

$$A_m = 0,025 \text{ mm}^2$$

$$F_{tm} = 0,025 \text{ mm}^2 \cdot 2119 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{tm} = 108,4 \text{ N}$$

f) Jadi gaya tangensial total rata-rata adalah
 $108,4 \text{ N} \times 2 = 216,8 \text{ N}$

4). Center drill diameter 2 mm

a) Momen puntir

$$M_{tm} = C_1 \cdot d^x \cdot f^y$$

$$M_{tm} = 131 \text{ N/mm}^2 \cdot (2 \text{ mm})^{1,9} \cdot (0,022 \text{ mm})^{0,83}$$

$$M_{tm} = 20,56 \text{ N mm}$$

b) Gaya tekan

$$F = C_2 \cdot d^m \cdot f^n$$

$$F = 200 \text{ N/mm}^2 \cdot (2 \text{ mm})^{1,2} \cdot (0,011 \text{ mm})^{1,1}$$

$$F = 3,2 \text{ N}$$

c) Gaya potong spesifik, dapat dicari dengan harga momen puntir sebagai berikut :

$$k_d = \frac{8 \cdot M_t}{d^2 \cdot f}$$

$$k_d = \frac{8 \cdot 20,56 \text{ N mm}}{(2 \text{ mm})^2 \cdot 0,022 \text{ mm}}$$

$$K_d = 1869,09 \text{ N/mm}^2$$

d) Jadi gaya tangensial pada mata potong pada senter drill adalah :

$$k_d = \frac{F_t}{A}$$

$$A = \frac{d \cdot f}{4}$$

$$A = \frac{2 \text{ mm} \cdot 0,022 \text{ mm}}{4}$$

$$A = 0,011 \text{ mm}^2$$

$$1869,09 \text{ N/mm}^2 = \frac{F_t}{0,011 \text{ mm}^2}$$

$$F_t = 20,55 \text{ N}$$

5). Twist drill diameter 11,8 mm

a) Momen puntir

$$M_{tm} = C_1 \cdot d^x \cdot f^y$$

$$M_{tm} = 131 \text{ N/mm}^2 \cdot (11,8 \text{ mm})^{1,9} \cdot (0,062 \text{ mm})^{0,83}$$

$$M_{tm} = 1410,85 \text{ N mm}$$

b) Gaya tekan

$$F = C_2 \cdot d^m \cdot f^n$$

$$F = 200 \text{ N/mm}^2 \cdot (11,8 \text{ mm})^{1,2} \cdot (0,124 \text{ mm})^{1,1}$$

$$F = 386,6 \text{ N}$$

c) Gaya potong spesifik, dapat dicari dengan harga momen torsi

$$k_d = \frac{8 \cdot M_t}{d^2 \cdot f}$$

$$k_d = \frac{8 \cdot 1410,85 \text{ N mm}}{(11,8 \text{ mm})^2 \cdot 0,124 \text{ mm}}$$

$$K_d = 653,71 \text{ N/mm}^2$$

d) Jadi gaya tangensial pada mata potong pada senter drill adalah :

$$k_d = \frac{F_t}{A}$$

$$A = \frac{d \cdot f}{4}$$

$$A = \frac{11,8 \text{ mm} \cdot 0,124 \text{ mm}}{4}$$

$$A = 0,365 \text{ mm}^2$$

$$1152,22 \text{ N/mm}^2 = \frac{F_t}{0,365 \text{ mm}^2}$$

$$F_t = 239,12 \text{ N}$$

6). Reammer machbe diameter 12H7

a) Momen puntir

$$M_{tm} = C_1 \cdot d^x \cdot f^y$$

$$M_{tm} = 131 \text{ N/mm}^2 \cdot (12 \text{ mm})^{1,9} \cdot (0,09 \text{ mm})^{0,83}$$

$$M_{tm} = 1993,9 \text{ N mm}$$

b) Gaya tekan

$$F = C_2 \cdot d^m \cdot f^n$$

$$F = 200 \text{ N/mm}^2 \cdot (12 \text{ mm})^{1,2} \cdot (0,18 \text{ mm})^{1,1}$$

$$F = 749,5 \text{ N}$$

c) Gaya potong spesifik, dapat dicari dengan harga momen torsi

$$k_d = \frac{8 \cdot M_t}{d^2 \cdot f}$$

$$k_d = \frac{8 \cdot 1993,9 \text{ N mm}}{(12 \text{ mm})^2 \cdot 0,09 \text{ mm}}$$

$$K_d = 1230,8 \text{ N/mm}^2$$

d) Jadi gaya tangensial pada mata potong pada senter drill adalah :

$$k_d = \frac{F_t}{A}$$

$$A = \frac{d \cdot f}{4}$$

$$A = \frac{12 \text{ mm} \cdot 0,09 \text{ mm}}{4}$$

$$A = 0,27 \text{ mm}^2$$

$$1152,22 \text{ N/mm}^2 = \frac{F_t}{0,27 \text{ mm}^2}$$

$$F_t = 311,09 \text{ N}$$

f. Daya dan efisiensi pemotongan

Daya pemotongan dalam pembentukan geram ditentukan oleh gaya potong dengan kecepatan pemotongan (kecepatan pahat relatif terhadap benda kerja), atau momen puntir pada pahat dengan kecepatan putarnya.

Untuk milling, gaya pemotongan akan berfluktuasi sesuai dengan gaya tangensial atau momen puntir pada pahat milling. Oleh sebab itu diambil harga rata-rata.

Efisiensi pemesinan berkisar dari 20% sampai 70%, tergantung pada jenis proses dan kondisi pemotongan. Semakin

berat kondisi pemotongan maka akan semakin tinggi efisiensi pemotongannya, begitu juga sebaliknya.

1). Slot Drill Short Diameter 25 mm Jari-Jari 0

a) Daya pemesinan

$$N_{c rata^2} = \frac{M_{t rata^2} \cdot \pi \cdot n}{60 \times 10^6}$$

$$N_{c rata^2} = \frac{9135,56 \text{ N mm} \cdot 2,3,14 \cdot 7500 \text{ rpm}}{60 \times 10^6}$$

$$N_{c rata^2} = 7,17 \text{ kW}$$

b) Efisiensi Pemesinan

$$\eta_c = \frac{N_c}{N_{mc}} \times 100\%$$

$$\eta_c = \frac{7,17 \text{ kW}}{15 \text{ kW}} \times 100\%$$

$$\eta_c = 47,5 \%$$

2). Slot Drill Short Diameter 10 mm Jari-Jari 1 mm

a) Daya pemesinan

$$N_{c rata^2} = \frac{M_{t rata^2} \cdot \pi \cdot n}{60 \times 10^6}$$

$$N_{c rata^2} = \frac{865,76 \text{ N mm} \cdot 2,3,14 \cdot 7500 \text{ rpm}}{60 \times 10^6}$$

$$N_{c rata^2} = 0,67 \text{ kW}$$

b) Efisiensi Pemesinan

$$\eta_c = \frac{N_c}{N_{mc}} \times 100\%$$

$$\eta_c = \frac{0,67 \text{ kW}}{15 \text{ kW}} \times 100\%$$

$$\eta_c = 4,46 \%$$

3). Ball Nose Slot Drill Short Diameter 12 mm

a) Daya pemesinan

$$N_c = \frac{F_v \cdot v}{60000}$$

$$N_c = \frac{108,4 \text{ N} \cdot 282,6 \text{ m/min}}{60000}$$

$$N_c = 0,5 \text{ kW}$$

b) Efisiensi Pemesinan

$$\eta_c = \frac{N_c}{N_{mc}} \times 100\%$$

$$\eta_c = \frac{0,5 \text{ kW}}{15 \text{ kW}} \times 100\%$$

$$\eta_c = 3,3 \%$$

4). Center Drill Diameter 2 mm

a) Daya pemesinan

$$N_{c rata^2} = \frac{M_{t rata^2} \cdot \pi \cdot n}{60 \times 10^6}$$

$$N_{c rata^2} = \frac{20,56 \text{ N mm} \cdot 2,3,14 \cdot 4500 \text{ rpm}}{60 \times 10^6}$$

$$N_{c rata^2} = 0,0096 \text{ kW}$$

b) Efisiensi Pemesinan

$$\eta_c = \frac{N_c}{N_{mc}} \times 100\%$$

$$\eta_c = \frac{0,0096 \text{ kW}}{15 \text{ kW}} \times 100\%$$

$$\eta_c = 0,06 \%$$

5). Twist Drill Diameter 11,8 mm

a) Daya pemesinan

$$N_{c rata^2} = \frac{M_{t rata^2} \cdot \pi \cdot n}{60 \times 10^6}$$

$$N_{c rata^2} = \frac{2687,3 \text{ N mm} \cdot 2,3,14 \cdot 2700 \text{ rpm}}{60 \times 10^6}$$

$$N_{c rata^2} = 0,75 \text{ kW}$$

b) Efisiensi Pemesinan

$$\eta_c = \frac{N_c}{N_{mc}} \times 100\%$$

$$\eta_c = \frac{0,75 \text{ kW}}{15 \text{ kW}} \times 100\%$$

$$\eta_c = 5,03 \%$$

6). Reammer Machine Diameter 12 mm H7

a) Daya pemesinan

$$N_{c rata^2} = \frac{M_{t rata^2} \cdot \pi \cdot n}{60 \times 10^6}$$

$$N_{c rata^2} = \frac{1993,9 \text{ N mm} \cdot 2,3,14 \cdot 7500 \text{ rpm}}{60 \times 10^6}$$

$$N_{c rata^2} = 1,56 \text{ kW}$$

b) Efisiensi Pemesinan

$$\eta_c = \frac{N_c}{N_{mc}} \times 100\%$$

$$\eta_c = \frac{1,56 \text{ kW}}{15 \text{ kW}} \times 100\%$$

$$\eta_c = 10 \%$$

Pembahasan

Berdasarkan data yang diperoleh dari perhitungan yang disajikan dalam tabel dan data dari pengamatan di lapangan, terjadi banyak perbedaan. Perbedaan-perbedaan tersebut terjadi karena banyak faktor yang mempengaruhi, diantaranya adalah perbedaan sudut pandang antara penulis dengan programmer sebagai pembuat program dan *cutting* servis sebagai acuan dari penggunaan *cutter* dan ketentuannya. Perbedaan-perbedaan yang terjadi akan mempengaruhi setiap proses pemesinan. Dalam hal ini penulis mengambil data awal yang sama dengan programmer yaitu dengan memanfaatkan putaran mesin sebesar 75% dengan menggunakan material dan *cutter* yang sama.

Perbedaan – perbedaan yang terjadi diawali dengan pengambilan gerak makan per gigi, dimana gerak makan per gigi akan mempengaruhi data – data yang lain. Karena gerak makan per gigi menjadi referensi untuk setiap proses pemesinan, semakin

besar gerak makan pergigi maka akan semakin cepat suatu proses produksi.

Selain gerak makan pergigi, langkah pemesinan akan menjadi sangat penting karena semakin besar *dept of cut* nya pemesinan akan menjadi berat dan membutuhkan daya yang besar serta suara dan getaran yang terjadi sangat besar. Jika diambil *dept of cut* yang kecil akan berakibat pada panjangnya langkah pemesinan dan waktu yang ditempuh menjadi cukup lama serta efisiensi pemesinan yang berkurang.

Walaupun parameter dan hasil setiap perhitungan yang dilakukan penulis berbeda dengan perhitungan programmer, waktu produksi yang dibutuhkan untuk menghasilkan *part* tersebut hampir sama hanya berbeda 3 menit dari proses pemesinan yang sebenarnya dan berbeda 3 menit dengan perhitungan yang dilakukan programmer. Dengan efisiensi rata-rata pemesinan sebesar sebesar 13%.

Kesimpulan

Waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi *part* number D571-50081-201, dari programmer untuk bidang satu dibutuhkan waktu sebesar 54 menit 21 detik dan bidang dua dibutuhkan waktu sebesar 46 menit 28 detik, sehingga total waktu pemesinan 100 menit 49 detik. Dari perhitungan penulis, bidang satu dibutuhkan waktu sebesar 56 menit 1 detik dan bidang dua dibutuhkan waktu sebesar 48 menit 8 detik, sehingga total waktu pemesinan 104 menit 9 detik.

Dari data lapangan, bidang satu dibutuhkan waktu sebesar 52 menit 30 detik dan bidang dua dibutuhkan waktu sebesar 56 menit 2 detik, dengan total waktu pemesinan 108 menit 32 detik

Ucapan terimakasih

Terimakasih untuk PT. Dirgantara Indonesia sebagai tempat penelitian dan pengambilan data.

Referensi

[1] Aisyati, A., Jauhari, W. A., & Muhbiantie, R. T. (2012). Kebijaksanaan

Persediaan Suku Cadang Pesawat Terbang untuk Mendukung Kegiatan Maintenance di PT GMF Aero Asia dengan Menggunakan Metode Continuous Review. In *Seminar Sistem Produksi X*, (hal. 1-7). Bandung.

- [2] Wicaksono, S. (2016). *Pengaruh Scanning Feed Pada Metode Reverse Engineering Terhadap Perbandingan Dimensi Camshaft Hasil Proses Manufaktur* (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).
- [3] Adil, M. (2012). Pengembangan Industri Manufaktur Melalui Komputerisasi. *Tekmapro: Journal of Industrial Engineering and Management*, 2(1).
- [4] Setyoadi, Y., & Latifah, K. (2015). Integrasi Software CAD-CAM dalam Sistem Operasi Mesin Bubut CNC. *Jurnal Informatika Upgris*, 1(2 Desember).
- [5] Faizal, A., Nababan, N. Y., & Jatnika, M. E. (2020). Usulan Perbaikan Defect Pada Sablon Plastik Menggunakan Metode Poka Yoke Di CV. Bayor Print 69. *Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan*, 6(2), 167-175.
- [6] Ahmad, Z. S. (2007). *Pemodelan Dan Simulasi Proses Produksi PT Sermani Steel untuk Peningkatan Kapasitas Produksi dan Utilisasi Mesin* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh November).
- [7] Surahto, A. Perbedaan Waktu Pengerjaan Pada Pemograman Incrementaldan Absolute Pada Mesin Cnc Milling Tu 3a. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unisma" 45" Bekasi*, 1(1), 97916.
- [8] Ansyori, A. (2015). Pengaruh Kecepatan Potong dan Makan terhadap Umur Pahat pada Pemesinan Freis Paduan Magnesium. *Mechanical*, 6(1).
- [9] Ivan, A. M., Coman, C. G., & Nicolescu, A. F. (2016). Comparison Between Conventional Milling and

- Climb Milling in Robotic Deburring of Plastic Parts. *Proceedings in Manufacturing Systems*, 11(3), 165.
- [10] Rochim, T. (2007). Proses Permesinan: Perkakas dan Sistem Pemerkakasan. *Bandung: Penerbit ITB*.
- [11] Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2013). *Fundamentals of physics*. John Wiley & Sons.
- [12] Amstead, B. H., Ostwald, P. E., & Begeman, M. L. (1987). *Manufacturing Processes*, by John Wiley and Sons. *INC., New York*.
- [13] Budiyanto, E., Setiawan, D. A., Supriadi, H., & Ridhuan, K. (2017). Pengaruh Jarak Anoda-Katoda pada Proses Elektroplating Tembaga Terhadap Ketebalan Lapisan dan Efisiensi Katoda Baja AISI 1020. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 5(1).
- [14] Budiyanto, E., & Yuono, L. D. (2018). Peranan Aerasi Sel Elektrolisis Dalam Pembentukan Pori pada Proses Anodizing Logam Aluminium. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 7(2).
- [15] Yuono, L. D., & Budiyanto, E. (2020). Pengaruh perubahan sudut camshaft terhadap performa mesin sepeda motor sebagai upaya efisiensi energi. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 9(1).
- [16] Budiyanto, E., Nugroho, E., & Masruri, A. (2017). Pengaruh diameter filler dan arus pada pengelasan TIG terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro pada baja karbon rendah. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 6(1).
- [17] Budiyanto, E., Yuono, L. D., & Farindra, A. (2019). Upaya Peningkatan Kualitas dan Kapasitas Produksi Mesin Pengupas Kulit Kopi Kering. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 8(1).