

Estimasi Waktu Produksi dan Perencanaan Proses Pemesinan pada Pembuatan 3 Axis *Flexible Fixture* Berbasis Microcontroller

Alfan Fauzi^{1,*}, Sampurno² dan Bobby Oedy Pramudyo Supangat²

¹Prodi Magister, Departemen Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember – Surabaya

²Departemen Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember - Surabaya

*Korespondensi: fauzi.alfan11@mhs.me.its.ac.id

Abstract. The competition in the industrial world demands the producers to provide good quality products with short production times as well as the relatively cheap product cost. In this research will be estimated production time through efficient machining process planning in accordance with the needs of flexible fixture construction product. Flexible fixture is a taping tool and can be used to direct the workpiece towards the workmanship, flexible fixture is planned to move automatically as it moves tilted and rotating. The first step in determining the sequence of machining process is to know the design and type of material used from the flexible fixture, then determine the machine and cutting tool that will be used and determine the order of machining process. After that calculation of basic elements of machining, such as cutting speed, feeding speed, cutting length, until the machining time is obtained. Thus, total production time can be calculated through the sum of machining time of each component required for a flexible fixture. From the machining process analysis used, the total machining time of each flexible fixture component is obtained. For the main components such as the Chuck Shaft required machining time of 4.01 minutes, Cover Plate Shaft components required machining time of 7.36 minutes, Chuck Flanges component required 6.27 minutes, Cover Plate Flanges component takes 7.24 minutes, components Cover Plate required 12.98 minutes, Support Plate required 9.97 minutes, Worm House needed 1.89 minutes, and for Base Plate required 3.33 minutes. Thus, the total time of the production process of a flexible fixture is, for 53.05 minutes, where this total time excludes non-production time.

Abstrak. Persaingan dalam dunia industri menuntut para produsen bersaing untuk memberikan kualitas produk yang baik dengan waktu produksi yang singkat serta dengan biaya produk yang relatif murah. Pada penelitian ini akan diperkirakan waktu produksi melalui perencanaan proses pemesinan yang efisien sesuai dengan keperluan produk bagian konstruksi *flexible fixture*. *Flexible fixture* merupakan alat pencekam dan dapat digunakan untuk mengarahkan benda kerja menuju proses penggerjaan, *flexible fixture* ini direncanakan dapat bergerak secara otomatis seperti bergerak miring dan berputar. Langkah awal dalam menentukan urutan proses pemesinan yaitu mengetahui desain dan jenis material yang digunakan dari *flexible fixture*, kemudian menentukan mesin dan pahat potong yang akan digunakan serta menentukan urutan proses pemesinan. Setelah itu dilakukan perhitungan elemen dasar pemesinan, diantaranya adalah kecepatan potong, kecepatan makan, panjang pemotongan, sampai didapatkan waktu pemesinan. Sehingga, dapat dihitung total waktu produksi melalui penjumlahan waktu pemesinan tiap komponen yang dibutuhkan untuk sebuah *flexible fixture*. Dari analisa proses pemesinan yang digunakan, didapatkan waktu proses pemesinan total dari tiap komponen *flexible fixture*. Untuk komponen – komponen utama seperti Poros *Chuck* dibutuhkan waktu pemesinan 4,01 menit, komponen Poros *Cover Plate* dibutuhkan waktu pemesinan 7,36 menit, komponen *Flanges Chuck* dibutuhkan 6,27 menit, untuk komponen *Flanges Cover Plate* dibutuhkan 7,24 menit, komponen *Cover Plate* dibutuhkan 12,98 menit, *Support Plate* dibutuhkan 9,97 menit, rumah worm dibutuhkan 1,89 menit, dan untuk *Base Plate* dibutuhkan 3,33 menit. Sehingga, waktu total dari proses produksi sebuah *flexible fixture* ini, selama 53,05 menit, dimana total waktu ini tidak termasuk waktu non-produksi.

Kata kunci: flexible fixture, waktu pemesinan, waktu produksi

© 2017. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Dalam bidang industri mesin produksi sangat berperan penting untuk menghasilkan barang dengan kualitas yang baik. Sebuah mesin dengan teknologi yang baik akan menghasilkan produk

dengan karakteristik geometris yang baik dan proses produksi akan menjadi lebih cepat. Perkembangan teknologi pada dunia industri masa kini sangat pesat, dimana dalam hal tersebut memaksa kita untuk ikut mengembangkannya. Industri ber-

peran penting dalam sektor perdagangan hal tersebut memberikan efek yang cukup besar dalam kehidupan dan kesejahteraan masyarakat.

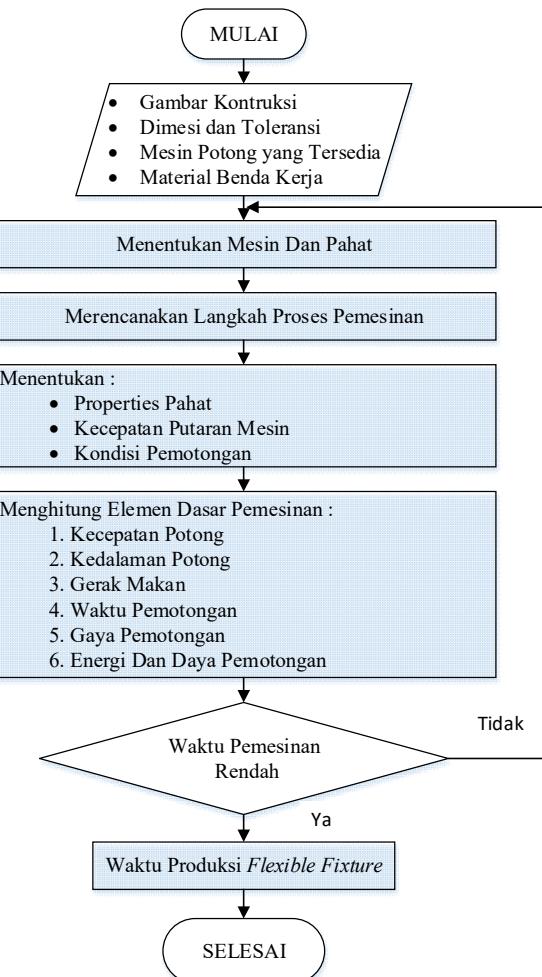
Salah satu alat yang dapat digunakan dalam sebuah proses produksi yang bergerak dalam dalam bidang manufaktur adalah *flexible fixture*. Alat ini biasanya digunakan pada mesin milling, mesin bor, baik shinking maupun *cutwire* mesin EDM, dan lain-lain. Dengan menggunakan alat tersebut diharapkan dapat membantu proses produksi menjadi lebih cepat dan dapat menghemat waktu. *Flexible fixture* memiliki 3 axis yaitu dapat berputar serta bisa bergerak miring ke kanan dan ke kiri. Penggunaan *microcontroller* sebagai alat untuk mengatur gerakan dari *flexible fixture* dapat membantu dan mempermudah penggeraan, operator mesin tidak perlu melakukan pengaturan secara manual karena pengaturan gerakan alat diatur dengan cara memasukkan program dari komputer sesuai dengan putaran atau sudut yang diinginkan.

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan analisa proses pemesinan dan biaya pembuatan. Menurut Raditya Adhi W., 2010, biaya operasional (listrik, karyawan, pahat) merupakan biaya yang sangat signifikan dan biaya operasional sangat besar pengaruhnya terhadap daya saing mesin di pasaran karena komponen variable dari biaya operasional bersifat lebih *flexible* dibandingkan dengan komponen biaya yang lain dan besarnya biaya operasional juga menentukan kualitas dari mesin. Dimana, biaya operasional ini salah satu faktor yang mempengaruhi adalah waktu produksi, semakin rendah waktu produksi maka akan semakin rendah pula biaya operasionalnya dan juga sebaliknya. Oleh karena itu, pada penelitian kali ini akan diperkirakan jumlah waktu produksi dan proses pemesinan untuk pembuatan *flexible fixture* yang berbasis *microcontroller*. Apabila alat ini mampu diterapkan dalam setiap proses industri manufaktur dalam negeri, maka proses produksi akan menjadi lebih cepat dan membuat biaya produksi menjadi lebih rendah. Jika biaya produksi menjadi lebih rendah perusahaan akan mendapatkan keuntungan yang lebih besar dan dapat membuat industri manufaktur menjadi lebih berkembang.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk merencanakan jenis dan parameter proses pemesinan, agar didapatkan proses pembuatan *flexible fixture* yang tepat untuk jenis mesin yang ada. Selain itu, untuk mendapatkan waktu produksi yang diperlukan untuk membuat sebuah *flexible fixture* yang berbasis *microcontroller*.

Metode Penelitian

Gambar 1 menjelaskan tentang diagram alir penelitian sampai didapatkannya waktu produksi.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Dari gambar desain konstruksi yang telah dirancang, penulis dapat menentukan mesin yang akan digunakan, sementara material telah ditentukan dari proses perencanaan, sehingga dapat ditentukan juga pahat yang akan digunakan dalam proses pemesinan. Kemudian ditentukan urutan proses pemesinan sesuai dengan mesin yang tersedia. Setelah itu dilakukan perhitungan elemen dasar pemesinan, diantaranya adalah kecepatan potong, kedalaman potong, kecepatan makan, panjang pemotongan, sampai didapatkan waktu pemesinan. Waktu pemesinan tiap komponen ini akan dijumlahkan sampai didapatkan total waktu produksi untuk pembuatan sebuah *flexible fixture*.

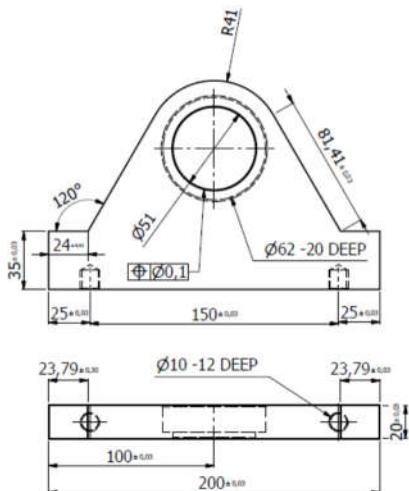
Hasil dan Pembahasan

Berikut ini merupakan hasil perhitungan waktu produksi dari salah satu komponen *flexible fixture* yang ditunjukkan gambar 2.

- 1) Proses mengurangi ketebalan (25 mm menjadi 21mm)

Pada proses mengurangi ketebalan menggunakan mesin milling dengan pahat carbida ($\text{Ø}50$ mm; 4 flutes) ini perlu adanya parameter yang harus ditentukan terlebih dahulu, misalnya gerak

makan, kecepatan potong dan kedalaman potong. Sehingga nantinya dapat ditentukan seberapa besar waktu dan daya pemesinan yang akan didapatkan. Adapun parameter yang ditentukan adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Support plate 1

(a) Gerak makan (f)

Besarnya gerak makan pada mesin dapat dicari dengan berpedoman pada penjelasan dari tabel yang terdapat pada referensi [3], untuk proses milling dengan pahat Carbida diketahui dari grafik 16-14 diperoleh nilai $f_s = 0,5$ mm/rev dan besarnya Z_f didapatkan dari tabel 16-5 diketahui $Z_f = 0,8$. Sehingga, gerak makan (f) yang direkomendasikan yaitu :

$$\begin{aligned} f &= f_s \cdot Z_f \\ f &= 0,5 \times 0,8 \\ f &= 0,4 \text{ mm/rev} \end{aligned}$$

(b) Kecepatan Potong (v) dan kecepatan putaran mesin (n)

Dari referensi [3], grafik 16-14 dengan material JIS S45C; HB 229 diketahui $v_s = 1,7$ m/s dan dari tabel 16-5 diketahui $Z_v = 1$. Sehingga, kecepatan potong yaitu :

$$\begin{aligned} v &= v_s \cdot Z_v \\ v &= 1,7 \times 1 \\ v &= 1,7 \text{ m/s} = 102 \text{ m/min} \end{aligned}$$

Setelah diketahui besarnya nilai kecepatan potong, nilai dari putaran mesin dapat dicari dengan mensubtitusi nilai kecepatan putaran potong kedalam persamaan di bawah ini, maka nilai putaran poros utama (n) dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} v &= \frac{\pi d n}{1000} & n &= \frac{v \cdot 1000}{\pi d} \\ n &= \frac{102 \cdot 1000}{\pi \cdot 50} = 649 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Jadi, kecepatan putaran mesin adalah sebesar 850 rpm sesuai dengan data (n) pada mesin yang digunakan dan kecepatan potong aktual dari proses milling ini adalah :

$$\begin{aligned} v &= \frac{\pi \cdot 50 \cdot 850}{1000} \\ v &= 133,5 \text{ m/min} \end{aligned}$$

(c) Kecepatan makan (v_f)

Dengan diperoleh nilai kecepatan putaran mesin, kecepatan makan dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} v_f &= f \cdot n \cdot z_m \\ v_f &= 0,4 \cdot 850 \cdot 4 \\ v_f &= 1360 \text{ mm/min} \end{aligned}$$

(d) Waktu Pemesinan (t_c)

Lama waktu yang diperlukan untuk proses pemotongan dengan kedalaman potong 1 mm ($i=4$) dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$t_c = \frac{l_i \cdot i}{v_f}$$

dimana :

$$\lambda_t = \lambda_v + \lambda_w + \lambda_n ; \text{mm},$$

$$\lambda_n = 2 \text{ mm}; \lambda_w = 200 \text{ mm}; \lambda_v = 2 \text{ mm}$$

Maka :

$$\begin{aligned} t_c &= \frac{204 \times 4}{1360} \\ t_c &= 0,3 \text{ menit} \end{aligned}$$

Waktu produktif pemotongan untuk mengurangi ketebalan total 4 mm adalah 0,3 menit

(e) Kecepatan penghasilan geram (v_t)

Kecepatan penghasilan penghasilan geram dari proses milling ini adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} v_t &= 1000 \cdot f \cdot v \cdot a \\ v_t &= 1000 \times 0,4 \times 133,5 \times 4 \\ v_t &= 2267 \text{ mm}^3/\text{s} \end{aligned}$$

(f) Gaya dan Daya pemotongan (W)

Untuk mencari besarnya daya pemotongan (W) perlu dicari gaya potong (Pc). Menurut referensi [5], untuk mencari gaya potong harus ditentukan *Spesific Cutting Force* (K_c) dengan persamaan sebagai berikut :

$$K_c = \frac{(1 \text{ mm})^z}{h^z} \cdot K_{c1.1} \cdot K\gamma \cdot K_{ver} \cdot K_{st} \cdot K_v$$

Dimana :

$$h \text{ (tebal geram)} \approx f$$

$$z = \text{konstanta material Tabel 13.1 [5]}$$

$$K_{c1.1} = \text{gaya potong spesific material pada } h = b = 1$$

$$\begin{aligned}
 K_\gamma &= 1 - \frac{\gamma_{tat} - \gamma_0}{100} \\
 K_v &= 1,0 \text{ untuk carbida} \\
 &\quad 1,2 \text{ untuk HSS} \\
 K_{ver} &= 1,3 \\
 K_{st} &= 1,2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f &= f_s \cdot Z_f \\
 f &= 0,38 \times 1 \\
 f &= 0,38 \text{ mm/rev}
 \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned}
 Kc &= \frac{(1\text{mm})^{0,14}}{0,4^{0,14}} \cdot 2770 \cdot 0,94 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1 \\
 Kc &= 4618 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan *Spesific Cutting Force* (Kc) dengan lebar geram (b) yang tepotong dari referensi [5]:

$$b = \frac{a}{\sin kr} : kr = 90^\circ$$

$$b = \frac{2}{\sin 90^\circ} = 2$$

Maka, dapat dihitung besar gaya potong sebagai berikut :

$$Pc = b \cdot h \cdot Kc$$

$$Pc = 2 \cdot 0,4 \cdot 4618$$

$$Pc = 3694 \text{ N}$$

Sehingga, dengan jumlah mata potong yang kontak terhadap benda kerja (z_m) adalah 1 buah dan effisiensi (η) dari mesin diasumsikan sebesar 0,75., dapat dihitung daya pemotongan per-gigi dengan persamaan sebagai berikut :

$$W = \frac{Fc \cdot v \cdot z_m}{60 \cdot \eta}$$

$$W = \frac{3694 \times 102 \times 1}{60 \times 0,75}$$

$$W = 8373 \text{ Watt}$$

2) Proses pembuatan lubang ($\varnothing 5 \text{ mm}$)

Pada proses pembuatan lubang ini perlu adanya parameter yang harus ditentukan terlebih dahulu, seperti gerak makan, kecepatan potong dan kedalaman potong. Sehingga dapat ditentukan besar waktu dan daya pemesinan. Adapun parameter yang ditentukan adalah sebagai berikut :

(a) Gerak makan (f)

Besarnya gerak makan pada mesin dapat dicari dengan berpedoman pada penjelasan dari tabel yang terdapat pada referensi [3], untuk proses *drilling* dengan pahat HSS tipe *twist drill* ($\sigma = 120^\circ$) diketahui dari grafik 16-14 diperoleh nilai $f_s = 0,38 \text{ mm/rev}$ dan besarnya Z_f didapatkan dari tabel 16-5 diketahui $Z_f = 1$. Sehingga, gerak makan (f) yang direkomendasikan yaitu :

(b) Kecepatan Potong (v) dan kecepatan putaran mesin (n)

Dari referensi [3], grafik 16-14 dengan material baja JIS S45C; 229 HB diketahui $v_s = 0,45 \text{ m/s}$ dan dari tabel 16-5 diketahui $Z_v = 1$. Sehingga, kecepatan potong yaitu :

$$\begin{aligned}
 v &= v_s \cdot Z_v \\
 v &= 0,45 \times 1 \\
 v &= 0,45 \text{ m/s} = 18,9 \text{ m/min}
 \end{aligned}$$

Setelah diketahui besarnya nilai kecepatan potong, nilai dari putaran mesin dapat dicari dengan mensubstitusi nilai kecepatan putaran potong kedalam persamaan di bawah ini, maka nilai putaran poros utama (n) dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 v &= \frac{\pi d n}{1000} \\
 n &= \frac{v \cdot 1000}{\pi d} \\
 n &= \frac{18,9 \cdot 1000}{\pi \cdot 5} = 1203 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

Jadi, kecepatan putaran mesin yang digunakan adalah 1250 rpm sesuai dengan data pada mesin yang digunakan dan kecepatan potong aktual dari proses drilling ini adalah :

$$\begin{aligned}
 v &= \frac{\pi \cdot 5 \cdot 1250}{1000} \\
 v &= 19,625 \text{ m/min}
 \end{aligned}$$

(c) Kecepatan makan (v_f)

Dengan diperolehnya nilai kecepatan putaran mesin, kecepatan makan dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 v_f &= f \cdot n \cdot z_m \\
 v_f &= 0,38 \cdot 1250 \cdot 2 \\
 v_f &= 475 \text{ mm/min}
 \end{aligned}$$

(d) Waktu Pemesinan (t_c)

Lama waktu yang diperlukan untuk proses pemotongan dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$t_c = \frac{l_i \cdot i}{v_f}$$

dimana :

$$\lambda_t = \lambda_v + \lambda_w + \lambda_n ; \text{mm},$$

$$\lambda_n = \frac{d/2}{\tan kr} = \frac{5/2}{\tan 70^\circ} = 0,91 \text{mm}$$

$$\lambda_w = 12 \text{ mm};$$

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

Maka,

$$t_c = \frac{14,91 \times 1}{475}$$

$$t_c = 0,031 \text{ menit}$$

Waktu pemotongan untuk satu lubang diameter 5 mm dengan tebal 12 mm adalah 0,031 menit, waktu ini merupakan waktu potong teoritis yang tidak melibatkan waktu penarikan geram (*drilling with dwell*).

(e) Kecepatan penghasilan geram (v_t)

Untuk mencari kecepatan penghasilan geram harus diketahui besar kedalaman potong pada proses drilling, yaitu :

$$a = \frac{d}{2} = \frac{5}{2} = 2,5 \text{mm}$$

Maka, kecepatan penghasilan penghasilan geram dari proses drilling ini adalah sebagai berikut :

$$v_t = 1000 \cdot f \cdot v \cdot a$$

$$v_t = 1000 \times 0,38 \times 19,625 \times 2,5$$

$$v_t = 311 \text{ mm}^3/\text{s}$$

(f) Gaya dan Daya pemotongan (W)

Sebelum mencari besarnya daya pemotongan (W) perlu dicari terlebih dahulu besarnya gaya potong (P_c), untuk menentukan gaya potong harus ditentukan dulu gaya potong spesifik (k_c). Besarnya gaya potong spesifik (k_c) material baja JIS S45C dengan ketebal geram (h) = 0,1 mm, dapat dilihat pada pada Tabel 13.1 referensi [5]. Didapatkan, K_c sebesar 3975 N/mm².

Maka didapatkan besarnya gaya potong (P_c) adalah :

$$P_c = 1,2 \cdot A \cdot K_c \cdot C$$

Dimana :

$$C = 1,3 \text{ pada } 10-30 \text{ m/min}$$

$$1,1 \text{ pada } 31-80 \text{ m/min}$$

$$A = \frac{d \cdot f}{4} = \frac{5 \times 0,38}{4} = 0,475 \text{mm}^2$$

Maka,

$$P_c = 1,2 \times 0,475 \times 3975 \times 1,3$$

$$P_c = 2945 \text{ N}$$

Setelah diketahui besarnya gaya potong dengan effisiensi dari mesin diasumsikan sebesar 0,75, maka besarnya daya potong (W) dapat dicari berdasarkan referensi [2], dengan persamaan :

$$W = \frac{P_c \cdot v \cdot z}{2.60 \cdot \eta}$$

$$W = \frac{2945 \times 18,9 \times 2}{2 \times 60 \times 0,75}$$

$$W = 1237 \text{Watt}$$

Sehingga didapatkan hasil perhitungan dari proses pemesinan komponen *Support Plate* 1 selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1 untuk parameter pemotongan dan Tabel 2 untuk elemen dasar pemesinan di bawah ini :

Tabel 1. Parameter pemotongan komponen support plate 1

No	Urutan Proses Pemesinan	Pengulangan Proses	Parameter Pemotongan												
			a (mm)	dm (mm)	do (mm)	da (mm)	z (mm)	bw (mm)	ln (mm)	lv (mm)	it (mm)	f (mm/rev)	Zf	vs (m/s)	Zv
A. Milling															
1	Permukaan 1	2	2	50	50	50	4	200	2	2	204	0,5	0,8	1,7	1
2	Permukaan 2	2	2	50	50	50	4	134	2	2	138	0,5	0,8	1,7	1
3	Permukaan 3	2	2	50	50	50	4	80	2	2	84	0,5	0,8	1,7	1
4	Finishing 1	2	0,5	50	50	50	4	200	2	2	204	0,5	0,8	1,7	1
5	Finishing 2	2	0,5	50	50	50	4	134	2	2	138	0,5	0,8	1,7	1
6	Finishing 3	2	0,5	50	50	50	4	80	2	2	84	0,5	0,8	1,7	1
7	Perm Samping 1	1	0,5	20	20	20	4	200	2	2	204	0,5	0,8	1,7	1
8	Perm Samping 2	2	0,5	20	20	20	4	25	2	2	29	0,5	0,8	1,7	1
9	Perm Samping 3	2	0,5	20	20	20	4	35	2	2	39	0,5	0,8	1,7	1
B. Bubut															
10	Center Drilling	1	2,5	5	5	5	2	20	2,046	2	24,05	0,38	1	0,45	0,7
11	Drilling Out	1	2,5	10	5	7,5	2	20	4,092	2	26,09	0,38	1	0,45	0,7
12	Turning	1	4	10	18	14		20	2	2	24	0,38	1	0,45	1
13	Turning	1	4	18	26	22	1	20	2	2	24	0,38	1	0,45	1
14	Turning	1	4	26	34	30	1	20	2	2	24	0,38	1	0,45	1
15	Turning	1	4	34	42	38	1	20	2	2	24	0,38	1	0,45	1
16	Turning	1	3	42	48	45	1	20	2	2	24	0,38	1	0,45	1
17	Finishing Turn	1	0,5	48	49	48,5	1	20	2	2	24	0,38	0,5	0,45	1,3
18	Finishing Turn	1	0,5	49	50	49,5	1	20	2	2	24	0,38	0,5	0,45	1,3
19	Turning	1	4	50	58	54	1	15	2	2	19	0,38	1	0,45	1
20	Turning	1	1,5	58	61	59,5	1	15	2	2	19	0,38	1	0,45	1
21	Finishing Turn	1	0,5	61	62	61,5	1	15	2	2	19	0,38	0,5	0,45	1,3
C. Drilling															
22	Center Drilling	2	2,5	5	5	5	2	12	2,046	2	16,05	0,38	1	0,45	0,7
23	Drilling	2	2,5	10	5	7,5	2	12	4,092	2	18,09	0,38	1	0,45	0,7

Dari Tabel 1 di atas dapat dilihat bahwa kolom paling kiri merupakan urutan proses pemesinan, mulai dari proses milling, proses bubut, hingga proses drilling. Dimana, tiap – tiap proses tersebut didasarkan pada keefektifan urutan proses pemesinan. Kemudian untuk kolom selanjutnya merupakan parameter pemesinan dari tiap – tiap urutan proses pemesinan yang dilalui. Dari penentuan parameter pemesinan ini dapat diketahui bahwa penentuan gerak makan, gerak potong dan kedalaman potong didasarkan pada jenis material dengan kekerasannya dan jenis material pahat yang digunakan. Seperti pemilihan gerak makan (f_s) yang direkomendasikan untuk proses milling adalah 0,5 dan proses drilling adalah 0,38, karena pahat yang digunakan pada milling adalah carbida dan drilling adalah HSS. Begitu pula dengan kecepatan potong (v_s) untuk proses milling adalah 2 m/s dan proses turning adalah 0,45 m/s.

Tabel 2. Elemen dasar pemesinan komponen *support plate 1*

No	Urutan Proses Pemesinan	Elemen Dasar Pemesinan												
		f (mm/rev)	v (m/min)	n (rpm)	n mesin (rpm)	vf	vt (mm ³ /s)	tc (min)	Kc 1,1 (N/m ²)	h	k _r	η	W (Watt)	Pc (N)
A. Milling														
1	Permukaan 1	0,4	102	649,1	850	1360	2267	0,30	2770	0,40	0,94	0,75	9366,7	4132
2	Permukaan 2	0,4	102	649,1	850	1360	2267	0,20	2770	0,40	0,94	0,75	11240	4959
3	Permukaan 3	0,4	102	649,1	850	1360	2267	0,12	2770	0,40	0,94	0,75	11240	4959
4	Finishing 1	0,4	102	649,1	850	1360	566,7	0,30	2770	0,40	0,94	0,75	2810	1240
5	Finishing 2	0,4	102	649,1	850	1360	566,7	0,20	2770	0,40	0,94	0,75	2810	1240
6	Finishing 3	0,4	102	649,1	850	1360	566,7	0,12	2770	0,40	0,94	0,75	2810	1240
7	Perm Samping 1	0,4	102	1623	1600	2560	426,7	0,08	2770	0,40	0,94	0,75	2810	1240
8	Perm Samping 2	0,4	102	1623	1600	2560	426,7	0,02	2770	0,40	0,94	0,75	2810	1240
9	Perm Samping 3	0,4	102	1623	1600	2560	426,7	0,03	2770	0,40	0,94	0,75	2810	1240
B. Bubut														
1	Center Drilling	0,38	18,9	1203	1250	475	311	0,051	3975	0,11	1	0,75	1237,1	2945
2	Drilling Out	0,38	18,9	801,8	1250	475	467	0,055	3975	0,11	1	0,75	2474,2	5891
3	Turning	0,38	27	613,6	750	285	836	0,084	2985	0,29	0,96	0,75	3588,8	5981
4	Turning	0,38	27	390,5	460	175	806	0,137	2985	0,29	0,96	0,75	3588,8	5981
5	Turning	0,38	27	286,4	300	114	717	0,211	2985	0,29	0,96	0,75	3588,8	5981
6	Turning	0,38	27	226,1	300	114	908	0,211	2985	0,29	0,96	0,75	3588,8	5981
7	Turning	0,38	27	190,9	300	114	806	0,211	2985	0,29	0,96	0,75	2691,6	4486
8	Finishing Turn	0,19	35,1	230,3	190	36	46	0,665	3975	0,15	0,96	0,75	427,9	549
9	Finishing Turn	0,19	35,1	225,6	190	36	47	0,665	3975	0,15	0,96	0,75	427,9	549
10	Turning	0,38	27	159,1	190	72	817	0,263	2985	0,29	0,96	0,75	3588,8	5981
11	Turning	0,38	27	144,4	190	72	338	0,263	2985	0,29	0,96	0,75	1345,8	2243
12	Finishing Turn	0,19	35,1	181,6	190	36	58	0,526	3975	0,15	0,96	0,75	427,9	549
13	Center Drilling	0,38	18,9	1203	1250	475	311	0,068	3975	0,15	1	0,75	1237,1	2945
14	Drilling	0,38	18,9	801,8	1250	475	467	0,076	3975	0,15	1	0,75	2474,2	5891
		Total Waktu (Menit)		4,87	Total Daya (Watt)		79394							

Dari tabel 3 di atas, waktu total dari pembuatan komponen *Support Plate 1* adalah selama 4,87 menit, dan daya total yang dibutuhkan 79.394 Watt.

3.1 Pembahasan

Dari hasil perhitungan waktu pemesinan tiap komponen seperti yang telah dilakukan, di dapatkan waktu pemesinan dan daya total yang ditampilkan pada Tabel 3 di bawah ini :

Tabel 3. Waktu total dan daya total pemesinan

No	Nama Komponen	Total Daya dan Waktu Pemesinan	
		Waktu (menit)	Daya (Watt)
1	Poros Chuck	4,01	6246
2	Poros Cover Plate 1	2,49	5937
3	Poros Cover Plate 2	4,87	5937
4	Flanges Chuck	6,27	5390
5	Flanges Cover Plate 1	2,86	40537
6	Flanges Cover Plate 2	4,38	6708
7	Cover Plate	12,98	155258
8	Support Plate 1	4,87	64654
9	Support Plate 2	5,10	66747
10	Base Plate	3,33	40061
11	Rumah Worm	1,89	36351
Jumlah Total		53,05	433826

Dari Tabel 3 di atas dapat diketahui bahwa waktu total dari proses pemesinan ini sebesar 53,05 menit dan daya total sebesar 433.826 Watt. Dimana, waktu dan daya total ini nantinya dapat digunakan sebagai acuan untuk estimasi biaya pemesinan.

Kesimpulan

Dari hasil perencanaan proses pemesinan yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada pemesinan material benda kerja JIS S45C dengan kekerasan HB 229, gerak makan (f_s)

yang dipilih; 0,38 mm/rev untuk pahat HSS dan 0,5 mm/rev untuk pahat Carbida.

2. Pada pemesinan material benda kerja JIS S45C dengan kekerasan HB 229, kecepatan potong (v_s) yang dipilih; 0,45 m/s untuk pahat HSS dan 2 m/s untuk pahat Carbida.
3. Waktu pemesinan tiap – tiap komponen yang didapatkan untuk Poros Chuck, Poros *Cover Plate*, *Flanges Chuck*, *Flanges Cover Plate*, *Support Plate*, *Cover Plate*, *Base Plate*, dan Rumah Worm dibutuhkan waktu pemesinan berturut – turut sebagai berikut; 4,01 menit; 7,36 menit; 6,27 menit; 7,24 menit; 9,97 menit; 12,98 menit; 3,33 menit; dan 1,89 menit. Sehingga, diperoleh waktu total proses pemesinan untuk sebuah *flexible fixture* ini adalah 53,05 menit. Selanjutnya, waktu ini dapat digunakan untuk estimasi biaya produksi jika waktu non-produksi sudah diketahui besarnya.

Referensi

- [1] Deutchman, A. D., Michels, W. J. and Wilson, C. E., 1975. *Machine Design: Theory and Practice*, 1st Ed., Prentice Hall, U.S.A.
- [2] Fischer, U., 2008. *Mechanical and Metal Trades Handbook*, 2nd English Edition, Verlag Europa Lehrmittel. Nourny, Volmer GmbH & Co. KG, Haan-Gruiten.
- [3] Rochim, T., 1995. *Teori dan Teknologi Permesinan*, Laboratorium Teknik Produksi, Jurusan Teknik Mesin, FTI, ITB, Bandung.
- [4] Schey, J.A., 2000. *Introduction to Manufacturing Processes*, 3rd Ed., McGraw-Hill Science, Boston.
- [5] Tsachätc, H., 2007. *Applied Machining Technology*, Springer Dordrecht Heidelberg, New York.