

RENCANA URUTAN PROSES DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM LINIER

Ragil Pardiyono
Teknik Industri
Universitas Jenderal Achmad Yani
Jl. Terusan Jendral Sudirman, Cimahi, Jawa Barat, 40285
ragilpardiyono@gmail.com

Abstract

Make to order (MTO) based companies should be able to minimize order execution time. It is necessary to develop an estimation method which able to take the machining time and setup time into account. The estimation method also should be able to minimize order execution time simultaneously. Error when estimating the time of completion of the work order delivery lead time delays that effect the queue workmanship other components that would cause delays in delivery time on other components. This research aims to give proposal at selecting the best routing of operation planning using linear programing method and to observe the best time in using ATC in order to gain efficiency. The approaches that used in this research are by obsevation on existing condition and by analyzing precendence contrains of part so the obtained information could be converted into routing sheets so then associated parameter cost could be defined. By using the method of routing selection, MTO based companies are expected to carry an estimated completion time work accurately with minimum total cost that is Rp. 724.728,00 where previously the cost of Rp. 784.111,00.

Keywords : Routing of operation planning selection, Automatic Tool Changer, CNC machine, Linear Programing.

I. PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Industri manufaktur di Indonesia berkembang dengan pesat, sehingga kompetisi diantara perusahaan manufaktur terus meningkat. Untuk dapat terus bersaing, pemanufaktur harus dapat menemukan cara untuk memperbaiki kualitas dengan tetap menjaga biaya produksi tetap rendah. CV. Mitra Maju Bersama (MMB) merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dibidang manufaktur. Dalam menjalankan proses bisnisnya CV. MMB bersifat *make to order* (MTO) atau melakukan proses produksi berdasarkan pesanan dari pelanggan. Menurut Toha, et.al. (1997) menyatakan bahwa untuk perusahaan MTO, kemampuan teknis, penentuan harga dan waktu manufaktur, serta penentuan waktu pengiriman yang dijanjikan, merupakan kunci kompetitif perusahaan. Dalam menjalankan proses produksinya CV. MMB menggunakan mesin terotomatisasi berbasis *computer numerical control* (CNC). Mesin CNC sebagai pengembangan dari mesin konvensional yang bertujuan untuk memperoleh hasil produk yang lebih presisi serta efisien dari segi waktu maupun biaya proses produksi. Salah satu *tool* di samping sistem itu sendiri yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dalam penggunaannya adalah *Automatic Tool Changer* (ATC) atau alat yang berguna sebagai tempat peletakan pahat yang dapat menampung 20-24 slot pahat.

Berdasarkan data yang diperoleh dari internal perusahaan (MMB-ERP) pada periode bulan Januari s.d. Desember tahun 2013 rata-rata rasio pengiriman tepat waktu CV. MMB masih berada dibawah 50%. Untuk selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 1.1. berikut.



Gambar 1.1. Rasio pengiriman tepat waktu periode bulan Januari s.d. Desember 2013 CV. MMB (Sumber: MMB- ERP)

Keterlambatan yang terjadi pada pengerjaan suatu komponen akan berdampak pada antrian pengerjaan komponen lain pada mesin yang malah akan menyebabkan keterlambatan pada pengerjaan sampai selesainya komponen lain. Sedangkan untuk memperoleh kepercayaan konsumen agar tetap menggunakan jasa perusahaan, sedapat mungkin dilakukan minimasi keterlambatan pengiriman.

Salah satu cara untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan melakukan pemilihan alternatif rencana urutan operasi pengerjaan dengan waktu tersingkat yang memperhitungkan waktu pemesinan dan waktu setup. Oleh karena itu akan diperoleh waktu pengerjaan komponen tersingkat dengan total biaya pengerjaan yang minimum. Sehingga hasil pengerjaan ini dapat meminimasi kesalahan waktu estimasi pengerjaan *order*, pengerjaan *order* dapat diselesaikan lebih singkat, serta sekaligus dapat meminimasi biaya pengerjaan sebagai salah satu cara untuk meningkatkan profit yang akan diperoleh perusahaan.

I.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan kondisi CV. MMB yang dijelaskan pada latar belakang di atas, pertanyaan pada penelitian dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mengembangkan suatu model untuk memilih alternatif rencana urutan pengerjaan operasi yang memperhitungkan waktu pemesinan dan waktu setup pada mesin CNC sehingga diperoleh efisiensi atas waktu dan biaya pengerjaan?,
2. Bagaimana menentukan rencana urutan operasi CNC dengan biaya minimum menggunakan model program linier (PL).

I.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang ada pada CV. MMB, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengembangkan model untuk melakukan pemilihan alternatif rencana urutan pengerjaan operasi yang memperhitungkan waktu pemesinan dan waktu setup untuk estimasi selesainya pengerjaan pada mesin CNC serta dapat diperoleh efisiensi atas waktu dan biaya pengerjaan.
2. Mengetahui tingkat efisiensi ATC saat pengerjaan komponen pada mesin CNC dalam satuan *batch* dibandingkan pengerjaan tanpa ATC.

I.4 Manfaat Penelitian

1. Memberikan kontribusi terhadap peningkatan profit yang akan diperoleh perusahaan.
2. Perusahaan dapat dengan tepat memperkirakan kapan *order* dapat selesai dikerjakan menggunakan mesin CNC *milling*. Sehingga pengiriman *order* yang ditentukan dari waktu selesainya pengerjaan dapat dilakukan tanpa ada keterlambatan. Hal ini diharapkan agar perusahaan dapat tetap dipercaya konsumen untuk mengerjakan *order*.
3. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memperlihatkan pentingnya penggunaan ATC dalam satuan *batch* untuk mengefisieni waktu dan biaya pengerjaan.

I.5 Pembatasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan-batasan masalah sebagai berikut :

1. Proses operasi yang didefinisikan terbatas hanya untuk proses pada mesin CNC *milling* tiga *axis* yang berada di CV. MMB sebab hanya pada mesin-mesin tersebut terdapat ATC.
2. Eksekusi penggunaan mesin CNC dengan memanfaatkan ATC dilakukan secara semi-otomatis sesuai dengan sistem nyata pada CV. MMB.
3. Waktu pemasangan pahat dianggap sama untuk eksekusi penggunaan mesin CNC tanpa memanfaatkan ATC.

4. Pengerjaan yang sama terhadap parameter yang sama terhadap komponen yang memiliki spesifikasi awal dan akhir yang diharapkan sama pada mesin CNC akan mengeluarkan waktu yang sama.
5. Jumlah alternatif rencana urutan operasi untuk setiap skenario studi kasus yang diteliti terbatas pada pengamatan yang dilakukan.
6. Data perusahaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data- data yang di ambil saat observasi dilakukan.

II. LANDASAN TEORI

II.1 Definisi Manufaktur

Manufaktur (produksi) merupakan proses mengolah bahan baku menjadi bahan jadi. Manufaktur berasal dari dua kata berbahasa Latin, yaitu *manus* (tangan) dan *factus* (membuat). Kombinasi kedua kata tersebut mempunyai arti “dibuat dengan tangan”. Manufaktur tersebut kini berkembang sehingga tidak harus bermakna proses yang dibuat dengan tangan atau tradisional. Perkembangan manufaktur sekarang telah menggunakan kontrol komputer dan sistem otomasi. Oleh karena itu, proses manufaktur sekarang dapat dikenal dengan istilah manufaktur modern. Manufaktur dapat didefinisikan secara teknologi dan ekonomi. Secara teknologi, manufaktur merupakan proses mengubah bentuk, sifat dan penampilan bahan baku (*starting materials*) menjadi produk melalui proses fisik maupun proses kimia. Di samping itu, secara teknologi proses manufaktur juga diikuti dengan proses perakitan. Secara ekonomi, manufaktur merupakan proses meningkatkan nilai tambah (Groover, 2010).

II.2 Numerical Control (NC)

Numerical Control (NC) merupakan suatu bentuk otomasi yang dapat mengatur pahat-pahat pemesinan untuk mengerjakan suatu urutan operasi yang diperintah oleh program agar dapat diperoleh suatu komponen dengan keseluruhan hasil fitur dan parameter dimensi yang diharapkan (Kief dan Waters, 1992). Selain kebutuhan akan tingkat akurasi tinggi, pengembangan sistem NC dilakukan untuk mempersingkat waktu produksi. Hal tersebut didukung oleh hadirnya *automatic tool changer* (ATC) dan operasi yang dilakukan secara otomatis (Kief dan Waters, 1992). ATC yang dijalankan secara otomatis berguna untuk mengganti-pahat tanpa intervensi dari operator. Sistem NC memiliki keunggulan dibandingkan mesin tradisional seperti kualitas mass production bisa seragam, campur tangan manual oleh operator sangat minim, fleksibilitas tinggi, waktu lead time yang berkurang (Kief dan Waters, 1992).

II.3 Program Bilangan Bulat

Programa bilangan bulat merupakan salah satu perwujudan dari program linier yang memiliki pembatas tambahan yakni variabel keputusan harus dalam bilangan bulat. Fungsi tujuan program bilangan bulat adalah untuk

memperoleh solusi optimal dari model matematis (Taha, 2007). Untuk membangun model program bilangan bulat, sebelumnya harus mengetahui lebih dulu tahapan dalam membangun model program linier sebagai berikut (Taha, 2007) :

1. Mengidentifikasi variabel-variabel keputusan yang tak diketahui dan yang akan di tentukan nilainya dengan menuliskannya dalam notasi matematis.
2. Mengidentifikasi fungsi tujuan dari variabel-variabel keputusan yang akan dimaksimumkan atau diminimumkan sesuai dengan konteks permasalahan dan menyatakannya sebagai suatu fungsi linier.
3. Mengidentifikasi pembatas-pembatas yang terdapat pada permasalahan dan harus dipenuhi dengan menyatakan sebagai fungsi dari variabel keputusan dalam persamaan atau pertidaksamaan linier.

$$\text{Minimize } \sum_{q=1}^Q C_q X_q + \sum_{q=1}^Q \sum_{t=1}^T S_q Z_{qt} \quad (2-1)$$

$$\sum_{q=1}^Q X_q = 1 \quad (2-2)$$

$$\sum_{q=1}^Q Z_{qt} = 1 \quad t = 1, T. \quad (2-3)$$

$$Z_{qt} - X_q = 0, \quad q = 1, Q, t = 1, T. \quad (2-4)$$

$$\sum_{q=1}^Q W_t Z_{qt} \leq A \quad q = 1, Q. \quad (2-5)$$

$$X_q \in \{0,1\} \quad q = 1, Q. \quad (2-6)$$

$$Z_{qt} \in \{0,1\} \quad q = 1, Q, t = 1, T. \quad (2-7)$$

Indeks

- q : rencana urutan operasi ke- q
 Q : jumlah alternatif rencana urutan operasi
 t : operasi ke- t
 T : jumlah operasi setiap *routing*
 Nq : jumlah satu set pahat pada rencana operasi

Parameter

- Cq : biaya proses rencana urutan operasi q
 St : setup cost pergantian untuk operasi t
 A : kapasitas slot ATC
 Wt : proporsi pahat untuk setiap operasi t

Variabel

- Xq : variabel keputusan biner
 Zqt : variabel keputusan biner

III. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

III.1 Variabel Dan Parameter Biaya Pemesinan

Proses pemesinan menggunakan mesin CNC yang memanfaatkan ATC, memiliki beberapa faktor yang mempengaruhi biaya dan lamanya pengerjaan seperti *setup* awal (So), *loading* komponen (Sl), biaya pemesinan (Cq), *setup* pergantian operasi (St), dan *unloading* komponen (Su). Lama pengerjaan pemesinan dan waktu yang dibutuhkan akan berdampak pada total biaya (*cost*) pengerjaan karena

nilai *cost* adalah hasil perkalian total waktu yang dibutuhkan untuk memproses suatu komponen baik biaya pengerjaan maupun biaya setup dengan *rate* mesin/jam.

III.2 Implementasi Model PL

Pengamatan pengerjaan komponen *Lower Die Insert* KVB RR dilakukan terhadap lima buah rencana operasi yang berbeda-beda. Lima buah rencana urutan operasi yang dikerjakan memenuhi syarat-syarat urutan pengerjaan (*precedence constraint*). *Output* pengamatan berupa lima buah format *routing* yang didalamnya terdapat data waktu proses pemesinan dan waktu setup untuk setiap operasi. *Output* dari setiap format *routing* yang berupa waktu *setup*, baik setup awal maupun setup setiap pergantian operasi dan waktu proses setiap operasi diolah menjadi parameter total *cost* pengerjaan dan *setup cost* pergantian operasi yang akan dikemukakan pada langkah-langkah selanjutnya. Begitu pula dengan *routing* yang diperoleh dengan memenuhi *precedence constraint* yang dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Usulan rencana urutan operasi beserta konfigurasi pahat dan biaya sementara setiap *routing*

<i>Routing</i> (q)	Rencana <i>Routing</i>	Nq	Cq' (Rp)	So (Rp)
	A1-B1-C2- D3-E4-F5- G5-H6-I6-J7- K L9-M10- N10-O10- P11-Q R12	12	620.88 8,89	28.33 3,33
	B1-A1-L9- C2-E4-G5- F5-D3-I6-H6- K J7-O10- N10-M1 P11-Q12-R12	12	620.88 8,89	28.33 3,33
	B1-A1-C2- D3-E4-G5-	12	620.88 8,89	28.33 3,33
	F5-I6-H6-J7- K L9-O10- N10-M10- P11-R Q12			
	L9-B1-A1- C2-E4-F5- G5-H6-I6- D3-J7-K8- M N10- O10-P11- R12-Q12		631.11 1,11	28.33 3,33

	A1-B1-C2- E4-L9-F5- G5-I6-H6- K8- N10- O10-M10- D3-P11-R12- Q12		631.11 1,11	28.33 3,33
	Rata-rata biaya		624.97 7,78	28.33 3,33

Tabel 3.1. menunjukkan kelima buah usulan rencana urutan proses. Kelima usulan rencana urutan operasi ini menggunakan dua belas buah pahat (Nq) yang sama penggunaannya untuk setiap alternatif urutan operasi. Total waktu pemesinan (Cq') diperoleh dari waktu total proses setiap urutan operasi yang dikalikan dengan rate mesin per jam. Nilai So didapat dari lamanya setup awal atau *setup* ATC yang dibagi terhadap pengerjaan satu batch dan dikalikan dengan rate mesin per jam. Kemudian dari kelima Cq' yang sebelumnya didapat, dirata-ratakan diperoleh nilai *cost* sementara dari masing-masing biaya pemesinan yaitu Rp. 624.977,7778.

Kemudian dari format *routing* tersebut bisa dibuat tabel pola waktu *setup* setiap pergantian operasi dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Pola waktu *setup* pergantian operasi

Operasi	Routing (detik)					Σ Waktu Setup Setiap Operasi (detik)	Σ Waktu Setup Setiap Operasi (jam)	Rata-rata Waktu Setup Setiap Operasi (jam)
	1	2	3	4	5			
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g) = (b)+(c)+(d)+(e)+(f)	(h) = (g) / 3600	(i) = (h) /
A	2 9	2 9	2 8	2 9	2 9	145	0,0403	0,008
B	2 9	2 9	2 8	2 9	2 9	145	0,0403	0,008
C	2 2	2 9	2 1	2 2	2 2	116	0,0322	0,006
D	2 2	2 4	2 0	2 9	2 9	120	0,0333	0,006
E	2 2	2 4	2 1	2 4	2 2	115	0,0319	0,006
F	2 2	2 2	2 1	2 6	2 2	113	0,0314	0,006
G	2 2	2 2	2 1	2 6	2 2	113	0,0314	0,006
H	2 2	2 5	2 1	2 2	2 2	112	0,0311	0,006

I	2 2	2 2	2 1	2 2	2 2	112	0,0311	0,006
J	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	114	0,0317	0,006
K	2 2	2 4	2 0	2 4	2 4	112	0,0311	0,006
L	2 2	3 0	2 2	2 7	2 2	126	0,0350	0,007
M	2 2	2 5	2 1	2 5	2 5	117	0,0325	0,006
N	2 2	2 5	2 1	2 5	2 5	117	0,0325	0,006
O	2 2	2 5	2 1	2 4	2 4	116	0,0322	0,006
P	2 2	2 2	2 1	3 0	2 0	117	0,0325	0,006
Q	2 2	2 2	2 1	2 2	2 2	109	0,0303	0,006
R	2 2	2 2	2 1	2 2	2 2	109	0,0303	0,006

Dari tabel pola waktu setup pergantian operasi (St') dapat diperoleh rata-rata waktu *setup* pergantian operasi (\bar{St}'), kemudian dijadikan sebagai parameter *setup cost* yang dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Parameter *setup cost* pergantian operasi

Operasi	Slot Pahat	Proporsi operasi terhadap pahat (W)	Rata-rata waktu setup setiap pergantian operasi (St' (jam))	Setup Cost (Rp)
(a)	(b)	(c)	(d)	(e) = ((c) x (d) x rate mesin/jam)
A	1	0,5	0,0081	805,56
B	1	0,5	0,0081	805,56
C	2	1	0,0064	1288,89
D	3	1	0,0067	1333,33
E	4	1	0,0064	1277,78
F	5	0,5	0,0063	627,78
G	5	0,5	0,0063	627,78
H	6	0,5	0,0062	622,22
I	6	0,5	0,0062	622,22
J	7	1	0,0063	1266,67
K	8	1	0,0062	1244,44
L	9	1	0,0070	1400,00
M	10	0,333	0,0065	432,90
N	10	0,333	0,0065	432,90
O	10	0,333	0,0064	429,20
P	11	1	0,0065	1300,00

Q	12	0,5	0,0061	605,56
R	12	0,5	0,0061	605,56

Tabel 3.3. menunjukkan urutan operasi dan nomor pahat yang digunakan untuk mengerjakan operasi tersebut, misalnya operasi A dan operasi B menggunakan pahat yang sama yaitu *tool end mill* Ø6mm. Sehingga masing-masing proporsi terhadap pahat menjadi 1/2 bagian atau 0.5. Untuk operasi M, N dan O dikerjakan oleh satu pahat, yaitu *end mill* Ø8mm. Sehingga proporsi operasi terhadap pahat adalah 1/3 atau 0.333 dan seterusnya hingga operasi terakhir. Pada Tabel 3.3. juga dapat dilihat terdapat parameter setup *cost* untuk setiap operasi dengan cara mengalikan setiap Wt dengan $\bar{5t}$ kemudian dikalikan dengan *rate* mesin per jam. Kemudian dari setiap rencana urutan operasi dilakukan pencarian delta atau selisih waktu setup pergantian operasi yang dihasilkan setiap operasi dengan rata-rata waktu setup pergantian operasi seperti yang dapat dilihat pada salah satu Tabel 3.4.

Tabel 3.4. Delta waktu *setup* pergantian operasi untuk setiap urutan operasi

ROUTING 1					
Opera		Waktu Setup(det)	Rata-rata waktu setup(det/ik)	Delta wa setup (det)	Delta wa setup (jam)
(a)		(c)	(d)	(e) = (c) - (d)	(f) = (e) / 3600
A	1	29	29	0,00	0,000000
B	1	0	0	0	0
C	2	22	23,2	-1,20	- 0,00033
D	3	22	24	-2	- 0,00056
E	4	22	23	-1,0	- 0,00078
F	5	22	23	-1	- 0,00067
G	5	0	0	0	0
H	6	22	22,4	0	0
I	6	0	0	0	0
J	7	22	22,8	-1	- 0,00022

K	8	22	22,4	0	- 0,00011
L	9	22	25,2	-3	- 0,00089
M	10	22	23,4	-1	- 0,00089
N	10	0	0	0	0
O	10	0	0	0	0
P	11	22	23,4	-1	- 0,00089
Q	12	22	21,8	0	0
R	12	0	0	0	0
TOTAL WAKTU			-0,0033889		
TOTAL BIAYA			-677,777778		

$$*Total\ Biaya\ (Rp) = Total\ Waktu \times rate\ mesin/jam$$

Tabel 3.4. menunjukkan selisih waktu setup pergantian operasi setiap usulan rencana urutan proses operasi yang diperoleh untuk setiap operasi ($\Delta St'$). Kemudian untuk masing-masing waktu setup dikonversi kedalam satuan jam dan di jumlahkan untuk setiap usulan rencana proses operasi $\sum(\Delta St')$. Setelah itu total waktu setup yang diperoleh dalam satuan jam di konversi ke total biaya *setup* pergantian operasi untuk setiap rencana operasi (ΔSq). Fungsi dilakukannya hal tersebut adalah untuk menambah atau mengurangi total biaya proses (Cq) yang nantinya akan dihitung.

Sehingga tahap terakhir dapat dilakukan perhitungan untuk setiap parameter total biaya proses (Cq) untuk setiap urutan rencana operasi yang dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5. Parameter total biaya proses (Cq) dalam Rupiah

Routing (q)	Cq'	So	Sl	Su	ΔSq	Cq
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g) = (b)+(c)+(d)+(e)+(f)
1	620.88,89	28.3333	33.0556	32.500,00	- 677,8	714.100,00
2	620.88,89	28.3333	34.4444	32.222,22	1.6667	717.555,56
3	620.88,89	28.3333	31.3889	29.722,22	- 1.3333	709.000,00

4	631.1 1,11	28.333 33	31.388 89	36.94 4,44	155, 6	727.9 33,33
5	631.1 1,11	28.333, 33	33.888, 89	30.55 5,56	1.044, 44	724.9 33,33

Tabel 3.5. menunjukkan bahwa untuk setiap urutan pengerjaan operasi menggunakan masing- masing duabelas pahat yang sama dan total biaya proses (C_q) yang berbeda-beda. Kemudian nilai-nilai parameter total biaya proses dan total biaya setup pergantian operasi yang telah dihitung tersebut diinput dalam model pemilihan alternatif rencana urutan operasi pada *software* LINDO 6.1. *Output* yang diperoleh dari model tersebut adalah rencana urutan operasi yang terpilih adalah alternatif ketiga dengan urutan pengerjaan operasi B1-A1-C2-D3-E4-G5-F5-I6- H6-J7-K8-L9-O10-N10-M10-P11-R12-Q12 dengan biaya minimum, yaitu Rp.724.728,33 dengan estimasi waktu yang dihabiskan selama \pm 3 jam 51 menit.

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

IV.1 Analisis *Output* Model

Model pemilihan rencana urutan proses ini memiliki fungsi tujuan untuk mencari total biaya (*cost*) pengerjaan komponen yang minimum. Model mengandung unsur baik dari biaya proses dan biaya setup pergantian operasi. Biaya proses tersebut merupakan parameter yang memiliki nilai yang berbeda-beda untuk setiap rencana urutan operasi. Sedangkan biaya setup pergantian operasi adalah parameter tetap yang memiliki nilai yang sama untuk operasi yang sama. Hal ini sejalan dengan yang dikemukakan Jung (2002) bahwa total waktu pemesanan didapatkan dengan menjumlahkan waktu *setup*, waktu operasi, dan waktu non operasional.

Model di *input* pada *software* LINDO 6.1 dan menghasilkan *output* berupa sebuah alternatif rencana urutan operasi optimum atau rencana yang memiliki biaya pengerjaan terkecil. Kemudian dilakukan perbandingan terhadap biaya-biaya yang dikeluarkan apabila alternatif urutan operasi lain yang terpilih. Hal tersebut dilakukan dengan cara hanya memasukan satu alternatif urutan operasi secara bergantian pada LINDO 6.1 sehingga dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.1. Total *Cost* dan Total Waktu pengerjaan setiap alternatif *routing*

<i>Routin</i> (<i>q</i>)	Total <i>Cost</i> (<i>Rupiah</i>)	Total Waktu Pengerjaan (detik)
	729.828,33	13136,91
	733.283,89	13199,11
	724.728,33	13045,11
	743.661,67	13385,91
	740.661,67	13331,91

Tabel 4.1. menunjukkan bahwa biaya pengerjaan minimum terletak pada rencana urutan proses ketiga.

Apabila dibandingkan dengan rencana urutan proses yang terdata pada program, yaitu alternatif pertama akan terjadi penghematan biaya sebesar Rp. 5.100,00 dan penghematan waktu selama 91,80 detik. Oleh karena itu rencana urutan operasi yang terdata pada program belum tentu merupakan rencana yang memiliki biaya dan waktu pengerjaan minimum.

IV.2 Analisis Perbandingan Perhitungan *Setup Cost* yang Diterapkan Dengan Model yang dikembangkan

Metode perhitungan pembebanan biaya setup pengerjaan komponen yang diterapkan oleh CV. MMB merupakan metode yang sederhana. Berikut adalah metode perhitungan *setup cost* yang ditentukan oleh perusahaan.

$$\text{Biaya setup} = \frac{1}{4} \times \text{Biaya pengerjaan komponen pada mesin tersebut}$$

Perhitungan ini belum diketahui apakah akan menguntungkan perusahaan atau sebaliknya. Pada perhitungan *setup cost* dengan memperhatikan *opportunity loss* diharapkan menjadi pertimbangan perusahaan untuk diterapkan. Pembebanan biaya *setup* yang berdasarkan pertimbangan *opportunity loss* mengalikan lamanya waktu setup yang dihabiskan dalam pengerjaan suatu komponen dengan rate mesin per jam.

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap komponen *Lower Die Insert* KVB RR dengan memanfaatkan ATC, diperoleh grafik perbandingan pembebanan biaya setup terhadap kedua metode tersebut yang dapat dilihat pada Gambar 4.1. berikut.



Gambar 4.1. Grafik perbandingan metode perhitungan biaya *setup*

Grafik perbandingan perhitungan pembebanan biaya setup menunjukkan bahwa perhitungan pembebanan biaya *setup* metode yang mempertimbangkan *opportunity loss* berada pada kisaran yang lebih rendah daripada metode yang sekarang diterapkan oleh perusahaan. Tampak jelas metode perhitungan yang dijalankan perusahaan dapat merugikan perusahaan sebab mesin CNC milling di anggap tidak dapat mengerjakan komponen lain. Selain itu dengan memperhitungkan *opportunity loss*, perusahaan diharapkan dapat menerima profit yang lebih besar dan dapat mengestimasi selesainya waktu pengerjaan komponen dengan lebih tepat. Toha, et.al. (1997) menyatakan bahwa untuk perusahaan MTO, kemampuan teknis, penentuan

harga dan waktu manufaktur, serta penentuan waktu pengiriman yang dijanjikan, merupakan kunci kompetitif perusahaan.

IV.3 Analisis Pengerjaan Komponen dengan Menggunakan ATC dan Tanpa ATC

Perbedaan penggunaan ATC maupun tidak adalah pada pengerjaan kegiatan setup awal yang dilakukan oleh operator. Setup awal hanya ada pada saat pengerjaan komponen menggunakan ATC. Sedangkan apabila tanpa penggunaan ATC, *setup* yang dikerjakan operator adalah pada setiap akan menggunakan pahat untuk melakukan operasi pada mesin tersebut.

Penggunaan ATC akan lebih efisien apabila komponen yang dikerjakan dalam satu batch dan berjumlah lebih dari tiga buah, grafik perbandingan dapat dilihat pada Gambar 4.2. berikut.



Gambar 4.2. Grafik perbandingan pengerjaan dengan ATC dan tanpa ATC

Gambar 4.2. menunjukkan bahwa penggunaan mesin CNC tanpa memanfaatkan fungsi ATC akan menjadi tidak efisien saat komponen yang dieksekusi berjumlah di atas 3 (tiga) buah. Oleh karena itu, apabila pengerjaan satu batch terdiri atas tiga buah komponen atau lebih, sebaiknya memanfaatkan ATC. Sehingga dapat mengefisiensi waktu dan biaya pengerjaan.

IV.4 Analisis Kelebihan dan Kekurangan Model Pemilihan Alternatif Rencana Urutan Proses yang Dikembangkan

Model yang dikembangkan dalam penelitian ini memiliki fungsi tujuan untuk memilih alternatif urutan proses yang akan dikerjakan pada mesin CNC yang memiliki nilai total *cost* yang paling rendah. Model ini dapat diimplementasikan baik pada pengerjaan komponen yang menggunakan ATC maupun tanpa menggunakan ATC. Hal ini sejalan dengan yang dikemukakan Toha, I.S (1999) bahwa waktu pengerjaan komponen bisa diminimasi dengan meminimalisi jumlah *setup* dengan melakukan pengurutan proses dan meminimasi pergantian *tools*.

Namun model pemilihan alternatif urutan proses yang dikembangkan tersebut memiliki beberapa keterbatasan, yaitu pada penggunaan model belum memperhitungkan adanya allowances operator. Selain itu

model juga tidak mengantisipasi kemungkinan atas terjadinya kegagalan pengerjaan komponen seperti gangguan mesin, pahat yang digunakan saat mengerjakan komponen aus atau patah, kesalahan teknis pengerjaan komponen, dan pengulangan pengerjaan suatu operasi pada komponen.

V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari serangkaian hasil penelitian ini adalah sebagai berikut, Pertama model yang dikembangkan untuk melakukan pemilihan alternatif rencana urutan proses yang memperhitungkan waktu pemesinan dan waktu setup telah tercapai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biaya pengerjaan minimum terletak pada rencana urutan proses ketiga, yaitu konfigurasi proses B1-A1-C2-D3-E4-G5-F5-I6-H6-J7-K8-L9-O10-N10-M10-P11-R12-Q12 dengan biaya minimum yaitu Rp. 724.728,33 dengan estimasi waktu yang dihabiskan selama \pm 3 jam 51 menit. Apabila dibandingkan dengan rencana urutan proses *existing* yang terdata pada program, yaitu alternatif pertama akan terjadi penghematan biaya sebesar Rp. 5.100,00 dan penghematan waktu selama 91,80 detik. Oleh karena itu rencana urutan operasi yang terdata pada program belum tentu merupakan rencana yang memiliki biaya dan waktu pengerjaan minimum. Sehingga dengan menggunakan model yang dikembangkan, waktu produksi akan lebih singkat dengan biaya yang dikeluarkan minimum.

Kedua implementasi penggunaan ATC akan lebih baik jika mengerjakan komponen dalam satuan *batch*. Hasil penelitian menunjukkan apabila setiap pengerjaan tanpa menggunakan ATC biaya yang akan dikeluarkan sebesar Rp. 784.111 sedangkan untuk pengerjaan dengan menggunakan ATC terhadap satu buah komponen akan mengeluarkan biaya Rp. 838.062, untuk dua buah komponen sebesar Rp. 809.728, untuk tiga buah komponen sebesar Rp. 781.395 dan seterusnya sampai delapan buah komponen akan mengeluarkan biaya sebesar Rp. 639.728. sehingga efisiensi ATC terhadap 8 buah komponen sebesar 18,42 %. Oleh karena itu apabila terdapat order pengerjaan komponen dalam jumlah *batch* lebih dari atau sama dengan tiga buah, sebaiknya memanfaatkan penggunaan ATC agar efisien dari segi waktu dan biaya. Perusahaan sebaiknya meningkatkan kesadaran atas manfaat penggunaan ATC terhadap pengekskusi komponen dalam satuan batch untuk mengefisiensi biaya produksi serta diharapkan dapat meningkatkan profit yang akan diperoleh perusahaan.

REFERENSI

- Groover, Mikell P. *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Kief*, Hans B. & dan Waters, T. Frederick. *Computer Numerical Control*. Singapore:McGraw- Hill Book Co, 1992.
- Jung, Jong-Yun. *Manufacturing Cost Estimation for Machined Part based on Manufacturing Features : Journal of Intelligent Manufacturing*, halaman 233-240, 2002.
- Taha, Hamdy A. *Operations Research.,ed*. Singapore:Pearson Education, Inc, 2007

Toha, I.S., Hadeli. *Computer Aided Process Planning* Berdasar pada Desain Berbasis *Feature: Proceeding Seminar Sistem Produksi IV*, halaman 1-16, 1999.

Toha, I.S., H. Taroepratjeka, M. Aroef, dan Mulyowidodo. Optimasi Penentuan Waktu Manufaktur Produk pada Sistem Manufaktur *make-to-order job shop* : jurnal Teknik dan Manajemen Industri Vol.17, halaman 19-31, 1997.