

Optimalisasi Penjadwalan Mesin Produksi *Flowshop* Dengan Metode *Campbell Dudek Smith* (CDS) Pada Divisi Alat Berat Perusahaan Manufaktur

Ayu Zulkarnain¹, Yugowati Praharsi², M. Choirul Rizal³

Teknik Desain dan Manufaktur, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia¹
Teknik Manajemen Bisnis, Teknik, Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²
Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

Email: Zulkarnainayu01@gmail.com^{1*}

Abstract – In the industrial world, especially in the manufacturing industry, production scheduling is very important to increase production levels, minimize total costs and time of production, so that the creation of effective and efficient production. This study focuses on scheduling production machinery in the Frame assy in the Heavy Equipment Division, to get the smallest makespan value so as to overcome the delays that occur within the company. The method used is the Campbell Dudek Smith (CDS) method. CDS is one of the scheduling methods that can minimize makespan and produce solutions that are near optimal. In this method, finding the best process sequence by combining it into two groups of machines. The results of this study indicate that, the Campbell Dudek Smith (CDS) method can optimize the production machine scheduling time. Calculation of scheduling using the Campbell Dudek Smith (CDS) method produces a value of makespan 10,251 minutes from the existing 11,146 minutes method. The CDS method is 895 minutes faster than the company's existing method or in percent by 8.02%. Thus this method can be used as an alternative to minimize time frame production scheduling time for companies and with company savings of Rp. 13,532,795.

Keyword: Campbell Dudek Smith (CDS), Scheduling, Makespan, Flowshop, Saving

Nomenclature

- j = job
 i = mesin
 m = jumlah mesin yang bekerja
 n = jumlah job
 k = iterasi 1, 2, 3, . . . , (m-1)
 $t_{j,1}^1$ = total waktu operasi pada mesin ke-1 job ke-j saat iterasi ke-k
 $t_{j,2}^1$ = total waktu operasi pada mesin ke-2 job ke-j saat iterasi ke-k

1. PENDAHULUAN

Penjadwalan produksi dalam dunia industri khususnya bidang manufaktur sangat penting dilakukan sebagai bentuk pengambilan keputusan. Perusahaan berupaya menyusun suatu penjadwalan produksi yang paling efektif dan efisien sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan meminimalkan total biaya dan waktu produksi. Untuk melakukan penjadwalan proses produksi diperlukan pula strategi perencanaan yang tepat dan akurat. Dalam proses penjadwalan mesin produksi, masukan (*input*) meliputi jenis dan banyaknya bagian yang akan dioperasikan, urutan ketergantungan antar operasi, waktu operasi untuk masing-masing operasi, serta fasilitas yang dibutuhkan oleh setiap operasi. Hasilnya (*output*) berupa *dispatch list*, yang merupakan lembar urutan-urutan

proses (LUP), waktu mulai (*starting time*) dan waktu pemrosesan (*completion time*). Suatu permasalahan yang umum dihadapi oleh perusahaan dalam proses penyusunan penjadwalan adalah terbatasnya waktu penyelesaian produksi dengan waktu penyerahan yang diminta konsumen (*due date*).

Dari uraian diatas maka perlu adanya usulan penjadwalan produksi yang tepat dan optimal untuk meminimumkan nilai *makespan*. Untuk meminimumkan nilai *makespan* terdapat beberapa metode seperti *Palmer*, *Nawaz Enscore Ham* (NEH), dan *Campbell Dudek Smith* (CDS). Dalam penelitian ini menggunakan metode *Campbell Dudek Smith* (CDS) yang memiliki tujuan untuk meminimasi nilai *makespan* dan urutan produksi yang optimal untuk pola produksi *flowshop*, sehingga waktu proses produksi perusahaan dapat teratasi. Metode *Campbell Dudek Smith* (CDS) cocok untuk persoalan yang memiliki banyak tahapan.

Rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu bagaimana perbandingan nilai minimum *makespan* dengan *sequence* perusahaan dan metode *Campbell Dudek Smith* (CDS), bagaimana jadwal mesin produksi pada divisi Alat Berat dengan metode *Campbell Dudek Smith* (CDS), dan bagaimana hasil pengurangan biaya dengan penjadwalan menggunakan metode *Campbell Dudek Smith* (CDS). Hal ini bertujuan

untuk Membandingkan nilai minimum *makespan* pada metode perusahaan sebelumnya dan metode *Campbell Dudek Smith* (CDS) sebagai usulan untuk perusahaan. Menentukan jadwal operasi mesin produksi menggunakan metode *Campbell Dudek Smith* (CDS). Dapat menentukan hasil pengurangan biaya dengan penjadwalan menggunakan metode *Campbell Dudek Smith* (CDS).

2. METODOLOGI.

2.1 Penjadwalan

Penjadwalan adalah pengoordinasian tentang waktu dalam kegiatan berproduksi, sehingga dapat diadakan pengalokasian bahan-bahan baku dan bahan-bahan pembantu, serta perlengkapan kepada fasilitas atau bagian-bagian pengolahan dalam pabrik pada waktu yang telah ditentukan (Assauri, 1999).

2.2 Metode Campbell Dudek Smith (CDS)

Metode *Campbell Dudek Smith* merupakan pengembangan dari algoritma Johnson. Dalam algoritma Johnson setiap pekerjaan atau tugas yang akan diselesaikan harus melewati setiap mesin yang bekerja sesuai dengan jadwal urutan proses produksi (Campbell, Dudek, & Smith, 1970). Mendapatkan nilai *makespan* terkecil dengan urutan pengerjaan yang paling baik dan optimal adalah tujuan dari penjadwalan. Algoritma Johnson's merupakan suatu aturan untuk meminimalkan *makespan* 2 mesin yang disusun seri yang saat ini menjadi dasar teori penjadwalan. Aturan Johnson memiliki tujuan untuk "*minimize the floe time from the beginning of the first job until the finish of the last*". Dengan aturan Johnson diharapkan dapat digunakan sebagai alat untuk membantu dalam menentukan jumlah waktu yang minimal, dalam arti optimal untuk menyelesaikan berbagai pekerjaan. Aturan Johnson ini memiliki keterbatasan dalam penggunaannya, yaitu apabila sumber daya yang digunakan untuk memproses atau mengerjakan pekerjaan itu terdiri dari dua orang tenaga kerja atau dua mesin. Jika lebih dari dua mesin maka aturan ini tidak dapat digunakan. Selain itu aturan ini dapat digunakan jika system produksi atau proses pengerjaannya berupa *flow system*. Yang artinya suatu pekerjaan atau *order* yang akan di proses harus diselesaikan oleh tenaga kerja atau mesin pertama, setelah itu secara berurutan baru bias dikerjakan oleh tenaga kerja atau mesin kedua.

2.3 Tahapan Perhitungan

Adapun tahapan yang dilakukan metode *Chambpell Dudek Smith* (CDS) dengan persamaan sebagai berikut:

- Tentukan jumlah iterasi.

- Ambil penjadwalan pertama $K=1$. Untuk seluruh *job* yang ada, carilah nilai $t_{j,2}^k$ yang minimum merupakan waktu proses pada mesin pertama dan kedua, dimana $t_{j,1}^k = t_{j,1}$ dan $t_{j,2}^k = t_{j,2}$. Dilakukan juga untuk iterasi selanjutnya.
- Lakukan aturan Johnson. Jika waktu minimum didapat pada mesin pertama, misal $(t_{j,1})$ selanjutnya tempatkan tugas tersebut pada awal deret penjadwalan dan bila waktu minimum didapat pada mesin kedua misal $(t_{j,2})$, tugas tersebut ditempatkan pada posisi akhir dari deret penjadwalan.
- Pindahkan tugas-tugas tersebut dari daftar dan susun dalam bentuk deret penjadwalan. Total waktu $t_{1,1}$ yaitu waktu proses *job* 1 pada mesin 1. Total waktu $t_{1,2}$ yaitu $t_{1,1} + t_{1,2}$. Total waktu $t_{2,1}$ yaitu $t_{1,1} + t_{2,1}$. Total waktu $t_{2,2}$ yaitu $\max \{ t_{1,2} + t_{2,1} \}$ dan seterusnya. Jika masih ada tugas yang tersisa ulangi kembali langkah 1, sebaliknya jika ada lagi tugas yang tersisa, berarti pengurutan telah selesai.

Metode *Campbell Dudek Smith* (CDS), proses penjadwalan atau proses pengerjaan dilakukan berdasarkan dengan waktu proses yang paling kecil. Metode CDS ini ditemukan pertama kali oleh Campbell, Dudek, dan Smith, yang dilakukan untuk mengurutkan n pekerjaan terhadap m mesin. (Campbell, Dudek, & Smith, 1970) memutuskan untuk urutan yang pertama yaitu :

$$t_{j,1}^k = t_{j,1} \text{ dan } t_{j,2}^k = t_{j,2}$$

Sebagai waktu proses mesin pertama dan mesin terakhir. Untuk urutan yang kedua dirumuskan dengan:

$$t_{j,1}^k = t_{j,1} + t_{j,2}$$

$$t_{j,2}^k = t_{j,m} + t_{j,m-1}$$

Sebagai waktu proses pada dua mesin yang terakhir untuk urutan ke- k :

$$t_{j,1}^k = \sum_{i=1}^k t_{j,i}$$

$$t_{j,2}^k = \sum_{i=m+1-k}^m t_{j,i}$$

2.4 Penentuan Biaya

Setiap perusahaan pasti memiliki sejumlah data tentang biaya yang akan dan/ atau yang akan terjadi sehingga menjadi tanggungan perusahaan. Data biaya yang akurat merupakan informasi yang sangat penting dalam setiap fungsi manajemen yakni perencanaan dan pengambilan keputusan, pengendalian manajemen dan pengendalian operasional serta pembuatan laporan keuangan serta analisisnya. Biaya merupakan pengeluaran yang tidak dapat di sembuhkan dalam melakukan suatu kegiatan.

Istilah-istilah yang ada hubungannya dengan waktu dan biaya untuk pengeluaran pengerjaan produksi adalah sebagai berikut:

1. Waktu Normal (T_n), waktu yang diselesaikan untuk mengerjakan kegiatan secara efisien tanpa adanya tindakan kerja lembur dan usaha khusus lainnya seperti penambahan tenaga kerja.
2. Biaya Waktu Normal (C_n), adalah biaya yang akan dikeluarkan selama kegiatan dalam durasi waktu normal.
3. Waktu dipercepat (T_c), merupakan waktu paling singkat, yang digunakan untuk menyelesaikan seluruh kegiatan yang secara teknis masih bias dilaksanakan dalam hal penggunaan sumber daya bukan hambatan.
4. Biaya Waktu dipercepat (C_c), merupakan biaya yang digunakan selama kegiatan dalam durasi waktu yang dipercepat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilakukan di perusahaan manufaktur tepatnya pada Divisi Alat Berat yang terletak di Bandung, Jawa Barat, Indonesia. Penelitian dilakukan pada bulan September – November 2018. Perusahaan mendapat permintaan *frame assy* pada bulan Januari akhir dan kirim pada bulan Juni. Dengan 14 tipe *frame assy* dan 6 tahapan proses yang dilakukan dengan waktu kerja 8 jam. 6 tahapan proses tersebut adalah *Flame Cutting* (FC) – *Setting* (S) – Pengelasan (P_1) – Pengecatan (P_2) – Toshiba (T) – Wotan (W).

3.1 Existing Perusahaan

Data yang diperoleh di salah satu perusahaan manufaktur terdapat 14 *job* yang harus di produksi, yaitu GP1FR06-R, GP1FR06-L, GP2FR05-L, GP2FR05-R, GP1FR10-R, GP1FR10-L, GP1FR08-L, GP1FR08-R, GP2FR06-R, GP2FR06-L, GP3FR06-R, GP3FR06-L, GP4FR06-L, GP4FR06-R. *Job-job* tersebut merupakan permintaan dari konsumen berupa *Frame assy*. Setiap *job* menghasilkan 1 (satu) buah *Frame assy* yang terbuat dari material SM400A setara dengan ST37. Model dan ukuran berbeda-beda sesuai dengan permintaan dari konsumen berdasarkan kapasitas *windlass*.

Tabel 1: Data Waktu Perusahaan

Mesin Job	Waktu Proses (Menit)					
	FC	S	P ₁	P ₂	T	W
GP1FR06-R	413	307	718	308	790	640
GP1FR06-L	413	307	701	308	790	640
GP2FR05-L	416	282	601	312	760	640
GP2FR05-R	416	282	598	312	790	610
GP1FR10-R	416	279	562	312	850	670
GP1FR10-L	416	282	598	312	760	640
GP1FR08-L	432	326	497	319	790	640
GP1FR08-R	432	322	745	319	790	640
GP2FR06-R	432	321	725	319	790	640
GP2FR06-L	432	322	721	319	790	640

GP3FR06-R	432	327	734	319	790	640
GP3FR06-L	432	327	730	319	790	640
GP4FR06-L	432	328	727	319	790	640
GP4FR06-R	432	323	743	319	790	640

Tabel 2: Nilai Makespan Existing

Mesin Job	Waktu Proses (Menit)					
	FC	S	P ₁	P ₂	T	W
GP1FR06-R	413	720	1438	1746	2536	3176
GP1FR06-L	826	1027	1728	2036	2826	3466
GP2FR05-L	1242	1309	2329	2348	3586	4106
GP2FR05-R	1658	1591	2189	2660	3450	4716
GP1FR10-R	2074	1870	2751	3063	3510	5386
GP1FR10-L	2490	2152	3349	3375	4270	6026
GP1FR08-L	2922	2478	3846	3694	5060	6666
GP1FR08-R	3354	2800	4591	4013	5850	7306
GP2FR06-R	3786	3121	5316	4332	6640	7946
GP2FR06-L	4218	3443	6037	4651	7430	8586
GP3FR06-R	4650	3770	6771	4970	8220	9226
GP3FR06-L	5082	4097	7501	5289	9010	9866
GP4FR06-L	5514	4425	8228	5608	9800	10506
GP4FR06-R	5946	4748	8971	5927	10590	11146

Tabel 3: Nilai Makespan Masing-Masing Iterasi

Iterasi	Urutan Job	Makespan (menit)
1	1 – 2 – 3 – 6 – 5 – 7 – 8 – 9 – 10 – 11 – 12 – 13 – 14 – 4	10.146
2	5 – 3 – 4 – 6 – 1 – 2 – 9 – 8 – 10 – 14 – 7 – 11 – 12 – 13	10.251
3	5 – 4 – 6 – 3 – 2 – 1 – 10 – 9 – 13 – 12 – 11 – 14 – 8 – 7	10.311
4	5 – 6 – 4 – 3 – 2 – 1 – 10 – 9 – 13 – 12 – 11 – 14 – 8 – 7	11.379
5	6 – 3 – 4 – 5 – 2 – 1 – 10 – 9 – 13 – 12 – 11 – 14 – 8 – 7	11.294

Dari Table 3 diperoleh waktu paling kecil adalah 10.251 menit dengan urutan pengerjaan *job* GP1FR10-R – GP2FR05-L – GP2FR05-R – GP1FR10-L – GP1FR06-R – GP1FR06-L – GP2FR06-R – GP1FR08-R – GP2FR06-L – GP4FR06-R – GP1FR08-L – GP3FR06-R – GP3FR06-L – GP4FR06-L.

3.2 Analisa Hasil Perhitungan

Perhitungan nilai *makespan* yang dilakukan di perusahaan menghasilkan nilai 11.146 menit dan dengan urutan GP1FR06-R, GP1FR06-L, GP2FR05-L, GP2FR05-R, GP1FR10-R, GP1FR10-L, GP1FR08-L, GP1FR08-R, GP2FR06-R, GP2FR06-L, GP3FR06-R, GP3FR06-L, GP4FR06-L, GP4FR06-R.

Hasil perhitungan menggunakan metode *Campbell Dudek Smith* (CDS) menghasilkan nilai waktu yang terkecil yaitu 10.251 menit dengan urutan GP1FR10-R – GP2FR05-L – GP2FR05-R – GP1FR10-L – GP1FR06-R – GP1FR06-L – GP2FR06-R – GP1FR08-R – GP2FR06-L – GP4FR06-R – GP1FR08-L – GP3FR06-R – GP3FR06-L – GP4FR06-L. Dengan hasil waktu tersebut metode *Campbell Dudek Smith* (CDS) lebih cepat 8.02% dari *sequence* perusahaan.

Tabel 4: Total Biaya

No	Keterangan	Total Actual Cost
1	Biaya <i>Frame assy</i> AT	Rp. 108.964.700,-
2	Biaya <i>Frame assy</i> 1500gt	Rp. 59.470.956,-
TOTAL		Rp. 168.435.656,-

Perhitungan *saving* biaya didapatkan dengan nilai *makespan existing* perusahaan 11.146 menit dengan jumlah biaya Rp. 168.435.656,-. Kemudian nilai *makespan* menggunakan metode CDS adalah 10.251 menit. Untuk mencari total biaya CDS adalah sebagai berikut :

$$\text{Total biaya CDS} = \frac{\text{Rp.168.435.656}}{11.146 \text{ menit}} \times 10.251 \text{ menit}$$

$$= \text{Rp. 154.902.861,-}$$

Setelah perhitungan total biaya CDS, maka didapatkan *saving* perusahaan dengan cara pengurangan total biaya *existing* dengan total biaya CDS yakni sebagai berikut :

$$\text{Saving biaya} = \text{total biaya existing} - \text{total biaya CDS}$$

$$= \text{Rp. 168.435.656} - \text{Rp. 154.902.861}$$

$$= \text{Rp. 13.532.795,-}$$

Tabel 5: Perbandingan *Existing* dengan Metode CDS

No.	Uraian	Berdasarkan	
		<i>Existing</i> Perusahaan	Metode CDS
1	Nilai <i>Makespan</i>	11.146 menit	10.251 menit
2	Biaya	Rp.168.435.656,-	Rp. 154.902.861,-
Selisih		Rp. 13.532.795,-	

Pada perusahaan ini, produksi *frame assy* biasanya dilakukan hingga 3 (tiga) kali dalam setahun. Sehingga *saving* perusahaan yang didapatkan adalah sebesar Rp. 40.598.385,- per tahun.

4. KESIMPULAN

Dari analisa yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa Perhitungan menggunakan metode *Campbell Dudek Smith* (CDS) dihasilkan nilai *makespan* sebesar 10.251 menit, sedangkan dari *Existing* perusahaan menghasilkan nilai *makespan* sebesar 11.146 menit. Metode *Campbell Dudek Smith* (CDS) lebih cepat 8,02% dibandingkan dengan metode *Existing* perusahaan. Penjadwalan mesin produksi dengan metode *Campbell Dudek Smith* (CDS) menghasilkan urutan sebagai berikut : GP1FR10-R – GP2FR05-L – GP2FR05-R – GP1FR10-L – GP1FR06-R – GP1FR06-L – GP2FR06-R – GP1FR08-R – GP2FR06-L – GP4FR06-R – GP1FR08-L – GP3FR06-R – GP3FR06-L – GP4FR06-L dengan nilai *makespan* 10.251 menit, dan cara menentukan biaya dari percepatan proses produksi yaitu dengan menjumlahkan biaya *frame assy* AT dan biaya

frame assy 1500gt sesuai pada Tabel 4.18, kemudian melakukan perbandingan biaya dan nilai *makespan existing* perusahaan dengan biaya dan nilai *makespan* hasil dari metode CDS sehingga didapatkan *saving* perusahaan Rp. 13.532.795,-.

5. PUSTAKA

- Assauri, Sofjan. 1999. *MANAJEMEN PRODUKSI DAN OPERASI*. Jakarta: Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi.
- Campbell, H G, R A Dudek, and M L Smith. 1970. "A Heuristic Algorithm for The n Job, m Machine Sequencing Problem." *Management Science* 16 (10).