



Optimasi Penyusunan Penjadwalan Menggunakan Pendekatan Heuristik Algoritma *Campbell Dudek Smith* (CDS) di PT OSIN

Optimization of Scheduling using Heuristic Approach with Campbell Dudek Smith Algorithm (CDS) at PT OSIN

Raihan Afif Makarim^{*1}, Apid Hapid Maksum¹, Muhamad Taufiq Rachmat¹

¹Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang

ARTICLE INFO

Article history:

Diterima 04-09-2022
Diperbaiki 28-06-2023
Disetujui 29-06-2023

Kata Kunci:

Optimasi, Penjadwalan
Produksi, Metode Heuristik,
Campbell Dudek Smith
(CDS), *First Come First*
Serve (FCFS)

ABSTRAK

PT OSIN salah satu perusahaan yang menjalankan bisnis usaha di bidang manufaktur otomotif. Perusahaan menerapkan model produksi *flow shop* yang pola produksinya *line to line* secara seri menggunakan metode penjadwalan produksi *First Come First Serve*. Permasalahan pada metode FCFS dinilai belum cukup optimal dalam mengatasi pemenuhan permintaan produk yang tidak pasti, sehingga menyebabkan keterlambatan jadwal produksi yang berdampak pada aliran atau distribusi barang dan dapat menimbulkan *makespan* yang tinggi pada kegiatan produksi. Usulan perbaikan metode dilakukan untuk memperbaiki waktu penjadwalan produksi yang berfokus dalam meminimasi nilai *makespan* yang ada pada sistem urutan penjadwalan. Penelitian menggunakan pendekatan heuristik algoritma *Campbell, Dudek, Smith* (CDS) dalam mengatasi permasalahan penjadwalan. Metode CDS adalah metode heuristik penjadwalan produksi yang dikembangkan dari algoritma Johnson dalam memperoleh beberapa iterasi urutan dari 6 jenis proses pengerjaan pada *work center* yang bertujuan untuk menganalisis total waktu pada tiap proses pengerjaan (*makespan*). Perbandingan dari kedua metode tersebut menggunakan metode FCFS dengan mengurutkan penjadwalan sesuai dengan urutan waktu pemesanan di awal menghasilkan total *makespan* sebesar 2.408,75 menit, sedangkan penggunaan algoritma CDS yang menggunakan 5 iterasi menghasilkan nilai *makespan* yang lebih kecil sebesar 881,3 menit. Dari kedua perbandingan metode didapatkan kesimpulan dengan menerapkan sistem penjadwalan dengan metode CDS dapat dijadikan sebagai usulan perbaikan kerja dalam mengatasi waktu keterlambatan pengiriman dan proses penjadwalan produksi.

ABSTRACT

PT OSIN is a company that runs a business in the automotive manufacturing sector. The company applies a flow shop production model whose production pattern is line to line in series using the First Come First Serve production scheduling method. The problem with the FCFS method which is considered to have not reached the optimal enough in meeting uncertain product demands, causing delays in the production schedule, which has an impact on the flow or distribution of goods and can lead to increased production in activities. The proposed improvement method is made to optimize production scheduling, focusing on minimizing the makespan values in the scheduling system's order. This study uses a heuristic approach to the Campbell, Dudek, Smith (CDS) algorithm in overcoming scheduling problems. The CDS method is a production scheduling heuristic method developed from the Johnson algorithm in obtaining several sequences of 6 types of work processes at the work center which aims to analyze the total time for each processing process (makespan). Comparing the two methods using the FCFS method by sorting the scheduling according to the order of the initial order time produces a total value of 2,408.75 minutes, while using the CDS algorithm which uses 5 iterations produces a minor matter of 881.3 minutes. Comparing the results obtained by applying the scheduling system with the CDS method can be used as a proposed improvement in overcoming the delay in delivery and the production scheduling process.

Keywords:

Optimization, Production
Scheduling, Heuristic
Method, Campbell Dudek
Smith (CDS), First Come
First Serve (FCFS)

1. Pendahuluan

Perkembangan ruang lingkup bisnis pada era industri 4.0 yang ada di Indonesia khususnya industri manufaktur, terdapat perkembangan yang relatif meningkat dari waktu ke waktu. Industri otomotif merupakan salah satu bisnis manufaktur yang memiliki prospek dan peluang *value* jangka panjang, sehingga perusahaan otomotif dituntut untuk berkembang dan berdaya saing tinggi dengan memanfaatkan perkembangan teknologi di era globalisasi.

PT OSIN merupakan salah satu perusahaan manufaktur yang bertindak sebagai *supplier* pada sektor industri otomotif di Indonesia. Aktivitas *business plan* perusahaan ini menghasilkan *value* yang berawal dari usaha dalam perakitan komponen menjadi produk *spare part* suku cadang kendaraan mobil yaitu produk *Lever Assyembling Parking Brake*. Perusahaan menerapkan konsep *just in time*, dengan kata lain perusahaan menerapkan sistem produksi tepat waktu yang berfokus dengan upaya memaksimalkan pelayanan terhadap kebutuhan pelanggan. Strategi perusahaan dalam membuat produk pesanan menggunakan sistem *make to order* yang pemesanannya bergantung pada kuantitas *actual order*, sedangkan model kegiatan produksi di perusahaan saat ini menggunakan pola alir *pure flow shop*, dimana aktivitas produksinya memiliki pola urutan yang sama dengan menggunakan metode penjadwalan *First Come First Serve* (FCFS) [1].

Terdapat beberapa permasalahan kritis yang mempengaruhi sistem produksi perusahaan dalam melakukan aktivitas penjadwalan, permasalahan umum saat ini yang sering terjadi di perusahaan dalam melaksanakan penjadwalan produksi adalah terjadinya kegagalan dalam melakukan aktivitas penjadwalan yang disebabkan ketidaktepatan waktu penyelesaian *job* yang terjadi akibat dari kemacetan (*bottleneck*) pada aliran pekerjaan sehingga dapat menimbulkan keterlambatan dan *waste time* dalam pemenuhan kinerja yang sesuai dengan permintaan pelanggan [2]. Faktor penting lainnya yang menjadi masalah dalam menunjang aktivitas rencana produksi yaitu pemenuhan kebutuhan konsumen dalam hal permintaan ketepatan jadwal distribusi pesanan, faktor ini terjadi dikarenakan waktu pekerjaan yang digunakan penjadwalan produksi perusahaan kurang optimal dan perlu dilakukannya perbaikan penjadwalan produksi.

Berdasarkan permasalahan tersebut, perlu dilakukannya perbaikan model penjadwalan yang sebelumnya menggunakan metode *First Come First Serve* (FCFS). Penjadwalan tersebut memiliki kendala keterlambatan aktivitas produksi yang mempengaruhi kegiatan distribusi pesanan sehingga menyebabkan penjadwalan tidak sesuai yang diharapkan. Proses perbaikan perlu dilakukan dengan mengontrol waktu proses pekerjaan yang terintegrasi dengan aktivitas pengalokasian sumber daya dalam pengerjaan suatu *job* [3].

Perusahaan harus menyesuaikan metode penjadwalan produksi yang efektif dan efisien dalam memperhatikan ketepatan waktu serta meminimalisir biaya dengan menerapkan rencana penjadwalan produksi yang tepat, hal tersebut juga dapat mengurangi *waste time* yang dapat menghemat biaya produksi dan meminimalisir *makespan* atau waktu penyelesaian total dalam suatu *job* [4].

Berdasarkan analisis beberapa penelitian yang pernah dilakukan dengan melakukan usaha dalam meningkatkan ketepatan penjadwalan produksi dengan metode yang sama dari penelitian yang dilakukan oleh peneliti terdahulu mengenai penjadwalan produksi dengan melakukan komparasi dari kedua metode yaitu metode *First Come First Serve* (FCFS) dan metode *Campbell, Dudek, and Smith* (CDS). Kesimpulan akhir yang diperoleh dengan metode CDS pada penjadwalan produksi kemeja menjadi lebih cepat dalam meminimasi waktu keterlambatan yang telah dijanjikan perusahaan kepada pelanggan [5].

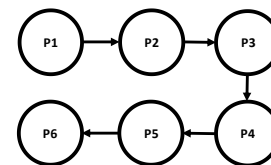
Penelitian lainnya membahas tentang efisiensi urutan penjadwalan produksi dengan metode CDS menghasilkan *makespan* lebih kecil dibandingkan dengan metode FCFS, oleh karena itu usulan alternatif solusi menggunakan metode CDS diharapkan dapat meningkatkan produktivitas penjadwalan [6].

PT OSIN menggunakan metode FCFS sebagai teknik penjadwalan *flow shop* di periode bulan April dengan memproduksi pesanan *Lever Assy* sesuai dengan urutan pemesanan. Pesanan *job* awal lebih dahulu diproses dan dikerjakan, setiap *job* yang mengikuti antrian diharuskan menunggu hingga *job* yang berada diawal selesai diproduksi. Aktivitas permintaan berdasarkan metode *First Come First Serve* (FCFS) tersebut terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1.
Pesanan Pelanggan Bulan April 2022

<i>Job</i>	Nama Model	<i>Quantity</i> (unit)	Tanggal Pemesanan
J1	<i>White Lever 4S</i>	300	05 April
J2	<i>Black Lever 4S</i>	250	07 April
J3	<i>White Lever 5L</i>	500	12 April
J4	<i>Black Lever 5L</i>	150	15 April
J5	<i>White Lever XL</i>	750	18 April
J6	<i>Black Lever XL</i>	100	24 April

Untuk memproyeksikan konsep penjadwalan tersebut, rencana penjadwalan produksi tipe *flow shop* harus dilakukan secara konsisten dan sistematis dengan mengaplikasikan metode algoritma *Campbell, Dudek, and Smith* (CDS) pada aktivitas *work center* perakitan yang disusun secara seri. Model produksi tipe *pure flow shop* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Model produksi *pure flow shop* secara seri

Proses pembuatan pesanan melalui *work center* diharuskan untuk melalui urutan proses yang sama, terdapat enam jenis proses pengerjaan yang berupa urutan dalam menyelesaikan suatu produk yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Urutan Proses Pengerjaan

No. Urutan	Bentuk Proses	Nama Proses	Jumlah Mesin
1	P1	Proses Pemotongan	2
2	P2	Proses Pembubutan	2
3	P3	Proses Pengelasan	2
4	P4	Proses Pengeboran	2
5	P5	Proses Penghalusan	2
6	P6	Proses Pengecatan	2

Algoritma CDS masih berkaitan erat dengan aturan Johnson dalam membuat tahapan penjadwalan produksi yang dapat menghasilkan beberapa pilihan jadwal produksi yang di seleksi sesuai kriteria dengan harapan mendekati nilai optimum. Optimum yang dimaksud adalah usaha untuk memperkecil hingga mencegah waktu keterlambatan yang berhubungan dengan *makespan* yang tidak sesuai jadwal [7].

Tujuan penelitian ini menganalisis proses pada upaya perbaikan penjadwalan berdasarkan nilai *makespan* terkecil pada setiap pengerjaan di *work center*. Penulisan artikel penelitian berhubungan dengan metode yang sudah digunakan sebelumnya yaitu metode FCFS lalu membandingkannya dengan metode CDS sebagai usulan perbaikan efektivitas dan efisiensi sistem produksi di perusahaan [8]. Akan tetapi, hal yang menjadi perbedaan dalam penelitian ini adalah waktu proses penjadwalan produksi diperoleh berdasarkan jumlah penggunaan mesin dan kapasitas terpasang pada tiap unitnya.

2. Metode Penelitian

2.1 Jenis dan Sampel Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah metode penelitian kuantitatif yang berorientasi pada hasil penelitian yang menggunakan rumus perhitungan sebagai metode perbaikan. Pengambilan sampel data dilakukan dengan metode observasi dan wawancara di perusahaan. Riset dilakukan dalam mengidentifikasi masalah dan membuat rencana solusi perbaikannya, kemudian data yang dibutuhkan untuk melakukan analisis penjadwalan adalah sebagai berikut:

- a. Permintaan pelanggan bulan April
- b. Jumlah mesin tiap *work center*
- c. Waktu proses tiap pengerjaan
- d. Data penjadwalan metode FCFS
- e. Data penjadwalan metode CDS

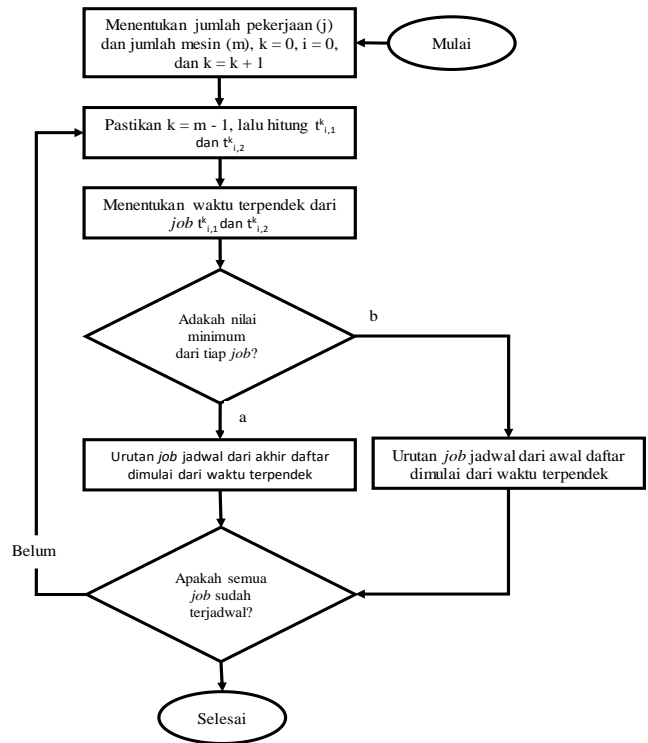
2.2 Metode dan Objek Penelitian

Objek penelitian memiliki fokus dan tujuan untuk menganalisis *continuous improvement* terkait dengan metoda perbaikan kerja penjadwalan produksi pada setiap model produk *Lever Assy* di PT OSIN untuk meminimalisir *makespan*. Teknik analisis pengolahan data menjadi alternatif solusi perbaikan kerja dengan menggunakan pendekatan heuristik algoritma *Campbell Dudek and Smith* (CDS).

2.3 Langkah dan Prosedur Penelitian

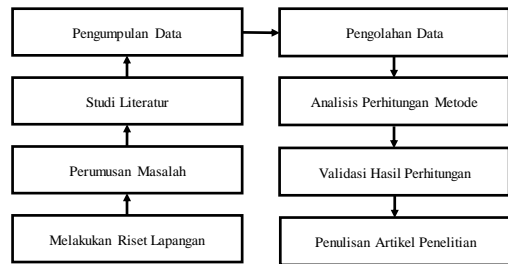
Flowchart metode *Campbell Dudek and Smith* yang digunakan dalam sistem penjadwalan produksi perusahaan

yang akan berperan sebagai perbaikan metode penjadwalan terdapat pada Gambar 2.



Gambar 2 Flowchart perhitungan metode CDS

Penelitian memiliki tahapan pengerjaan sesuai dengan urutan proses agar tujuan pembuatan artikel lebih terstruktur dan sistematis. Prosedur dalam melakukan penelitian disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3 Langkah prosedur penelitian

2.4 Kerangka Teoritis

Penjadwalan adalah aktivitas dalam pengalokasian seluruh proses produksi di perusahaan baik tenaga kerja, mesin, dan utilitas peralatan produksi sebagai bentuk pemrosesan yang ditugaskan untuk menyelesaikan pekerjaan atau *job* yang sesuai dengan waktu yang telah ditetapkan [9]. Penjadwalan produksi dapat diartikan sebagai suatu aktivitas yang dilakukan melalui perencanaan dan pengendalian proses produksi yang mempengaruhi kesuksesan dalam menghasilkan *output* yang sesuai harapan [10].

Optimasi merupakan kinerja terbaik dalam bisnis yang istilah lainnya dikenal sebagai operasi optimal. Pada industri manufaktur biasa dikenal dengan optimasi sistem produksi. Optimasi ini memberikan manfaat berupa peningkatan efisiensi dan produktivitas bagi perusahaan dan konsumen. Perusahaan

menerapkan solusi penjadwalan sebagai usaha mengoptimalkan proses produksi yang bertujuan untuk memberikan keyakinan pada pelanggan dalam memperoleh produk yang dipesan tepat waktu dari estimasi yang diperkirakan. Ketepatan waktu penjadwalan diperlukan untuk mengoptimalkan sumber daya pada proses produksi agar produksi sesuai dengan kualitas dan kuantitas yang diinginkan, sehingga masalah tersebut dapat dikendalikan dengan mengarahkan pada batas suatu fungsi tujuan [11].

Metode *Campbell Dudek and Smith* atau biasa dikenal dengan algoritma CDS pertama kali ditemukan pada tahun 1965. Algoritma CDS merupakan *continuous improvement* dari algoritma Johnson yang digunakan untuk melakukan perbaikan penjadwalan *flow shop multi stage*. Pendekatan *heuristic* CDS bertujuan untuk memecahkan permasalahan jumlah pekerjaan (*n-job*) dan jenis mesin tiap pengerjaan yang disusun seri (*m-serial*) dibagi (*m*-mesin) ke dalam beberapa grup dengan menentukan urutan waktu prioritas terpendek dalam mengkombinasikan *work center* [12]. Langkah menentukan metode CDS Pada model produksi *pure flow shop* untuk meminimasi *makespan* waktu terkecil sebagai urutan *job* penjadwalan yang optimal adalah sebagai berikut:

- a. Memulai urutan pekerjaan dengan menentukan iterasi (*k*) pada alternatif pengurutan *job* atau $k = 1$ dan menentukan jumlah *work center* (m : jumlah mesin)
- b. Untuk seluruh *job*, menggunakan algoritma Johnson untuk menentukan *value* $t^*_{i,2}$ yang terkecil atau terpendek adalah waktu proses pada mesin pertama dan mesin kedua, dimana $t^k_{i,1} = t_{i,1}$ dan $t^k_{i,2} = t_{i,2}$
- c. Jika waktu terpendek didapat pada mesin pertama ($t_{i,1}$), maka jadwalkan tugas tersebut pada urutan awal dan apabila waktu terpendek didapat pada mesin kedua ($t_{i,2}$), maka jadwalkan tugas tersebut pada urutan terakhir.
- d. Kembalikan *job* yang telah dijadwalkan pada daftar *job*. Apabila masih ada *job* yang belum dijadwalkan, maka kembali ke langkah kedua, akan tetapi apabila seluruh *job* telah dijadwalkan maka urutan penjadwalan selesai.

$$t^*_{i,1} = \sum_{k=1}^k t_{i,k} \tag{1}$$

$$t^*_{i,2} = \sum_{k=1}^k t_{i,m-k+1} \tag{2}$$

Keterangan:

- $t^k_{i,1}$ = Waktu proses tiap *job* ke-*i* pada mesin pertama
- $t^k_{i,2}$ = Waktu proses tiap *job* ke-*i* pada mesin kedua
- $k = 1, 2, 3, \dots (m-1)$
- m = jenis mesin yang digunakan pada *work center*
- i = Jenis urutan proses
- j = Pekerjaan atau *job*

3. Hasil dan Pembahasan

PT OSIN memproduksi beberapa model *Lever Assy Parking Brake* untuk memenuhi permintaan *customer* yang terdiri dari model *Red Lever, Blue Lever, Green Lever, Yellow Lever, Black Lever*, dan *White Lever* yang digunakan sebagai suku cadang *parking brake* untuk beberapa merek mobil di

Indonesia. Pengumpulan dan pengolahan data dilakukan berdasarkan data historis perusahaan yang diperoleh melalui teknik wawancara dan riset observasi langsung yang nantinya akan dilakukan perbaikan metode kerja.

3.1 Data Permintaan Pelanggan

Data permintaan merupakan data historis pemesanan produk dari konsumen. Data ini diperoleh berdasarkan jenis pekerjaan (*job*) dan jumlah permintaan selama bulan April. Berikut adalah data permintaan yang terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3.
Data Permintaan Produk selama Bulan April

<i>Job</i>	Nama Model	Tanggal Pemesanan	<i>Quantity</i> (unit)
J1	<i>White Lever</i> 4S	05 April	300
J2	<i>Black Lever</i> 4S	07 April	250
J3	<i>White Lever</i> 5L	12 April	500
J4	<i>Black Lever</i> 5L	15 April	150
J5	<i>White Lever</i> XL	18 April	750
J6	<i>Black Lever</i> XL	24 April	100

Berdasarkan data pada Tabel 3. Diketahui bahwa perusahaan memproduksi beberapa model yang diperoleh selama bulan April, terbagi menjadi enam *job* dengan rincian model *White Lever* 4S sebanyak 300 unit, *Black Lever* 4S sebanyak 250 unit, *White Lever* 5L Lever sebanyak 500 unit, *Black Lever* 5L sebanyak 150 unit, *White Lever* XL sebanyak 750 unit, dan *Black Lever* XL sebanyak 100 unit.

3.2 Data Work Center

Data *work center* merupakan urutan mesin pada pengerjaan proses untuk memproduksi model yang didalamnya terdapat waktu proses pengerjaan tiap mesin. Masing-masing *work center* memiliki jenis mesin yang berbeda, setiap mesin memiliki kebutuhan yang berhubungan dengan jumlah dan kapasitas mesin yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4.
Data *Work Center*

<i>Work center</i>	Waktu Baku per unit (menit)	Kapasitas Terpasang per unit (unit)	Jumlah Mesin (unit)
Mesin <i>Cutting</i>	0,5	4	2
Mesin <i>CNC</i>	1,5	2	2
Mesin <i>Welding</i>	1,2	2	2
Mesin <i>Drilling</i>	0,8	2	2
Mesin <i>Grinding</i>	0,6	2	2
Mesin <i>Spray</i>	0,7	4	2

3.3 Data Waktu Proses tiap Mesin

Berdasarkan data pada *work center*, waktu proses tiap jenis mesin didapat dengan menghitung waktu baku dengan jumlah permintaan pada *job* yang akan dipesan, kemudian data tersebut disesuaikan dengan jumlah mesin dan kapasitas mesin terkait proses pengerjaannya.

$$Process\ Time = \frac{Waktu\ Baku \times Jumlah\ permintaan\ job}{Jumlah\ mesin \times Kapasitas\ terpasang} \quad (3)$$

Setiap *job* memiliki waktu proses pengerjaan pada setiap mesin yang ada di *work center*. Waktu proses tiap mesin disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5.
Data Waktu Proses tiap Mesin

Job	Waktu Proses (menit)					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
J1	18,8	112,5	90,0	60,0	45,0	26,3
J2	15,6	93,8	75,0	50,0	37,5	21,9
J3	31,3	187,5	150,0	100,0	75,0	43,8
J4	9,4	56,3	45,0	30,0	22,5	13,1
J5	46,9	281,3	225,0	150,0	112,5	65,6
J6	6,3	37,5	30,0	20,0	15,0	8,8

Keterangan:

P1 = Proses pemotongan dengan mesin *Cutting*

P2 = Proses pembubutan dengan mesin CNC

P3 = Proses pengelasan dengan mesin *Welding*

P4 = Proses pengeboran dengan mesin *Drilling*

P5 = Proses penghalusan dengan mesin *Grinding*

P6 = Proses pengecatan dengan mesin *Spray*

3.4 Penjadwalan Metode FCFS

Pada sistem produksi perusahaan terdahulu menggunakan metode *First Come First Serve* (FCFS) untuk menentukan penjadwalan produksi dengan menghitung aturan prioritas jadwal antrian secara berurutan sesuai tanggal pemesanan. Dalam menentukan masing-masing waktu proses tiap *job* dapat dikalkulasikan dengan menjumlahkan waktu proses tiap pengerjaan di mesin.

Perhitungan nilai *completion time* merupakan nilai kumulatif dari setiap waktu proses pada *n-job* secara berurutan hingga proses pekerjaan selesai yang hasil akhir berupa total waktu *makespan*. Adapun perhitungan penjadwalan dengan metode FCFS dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6.
Penjadwalan Metode FCFS

Job	Nama Model	Process Time (menit)	Completion Time (menit)
J1	White Lever 4S	352,5	352,5
J2	Black Lever 4S	293,8	646,25
J3	White Lever 5L	587,5	1233,75
J4	Black Lever 5L	176,3	1410
J5	White Lever XL	881,3	2291,25
J6	Black Lever XL	117,6	2408,75

Berdasarkan hasil perhitungan pada penjadwalan dengan metode FCFS atau *First Come First Serve* didapat bahwa urutan produksi berawal dari J1 – J2 – J3 – J4 – J5 – J6 yang menghasilkan *makespan* sebesar 2.408,75 menit.

3.5 Penjadwalan Metode CDS

Penjadwalan produksi dengan metode CDS menghitung urutan pengerjaan 6 *job* pada 6 proses pengerjaan pada jenis mesin di *work center*. Pada proses perhitungan membutuhkan urutan kombinasi yang dapat ditentukan dengan formula ($k = m-1$). Dimana variabel *m* adalah jumlah pengerjaan dengan mesin yang digunakan, oleh karena itu jumlah mesin yang digunakan sebanyak 6 unit, maka variabel *k* atau iterasi yang dikombinasikan adalah ($k = 6 - 1$), dengan kata lain 5 kali iterasi dibutuhkan untuk pengurutan *job* dengan metode CDS.

a. Iterasi 1

Tabel 7.
Perbandingan Iterasi 1

Job	P1	P6
J1	18,8 menit	26,3 menit
J2	15,6 menit	21,9 menit
J3	31,3 menit	43,8 menit
J4	9,4 menit	13,1 menit
J5	46,9 menit	65,6 menit
J6	6,3 menit	8,8 menit

Pada Tabel 7, hasil iterasi diurutkan dengan menggunakan algoritma Johnson yang menghasilkan urutan *job* J6 – J4 – J2 – J1 – J3 – J5.

b. Iterasi 2

Tabel 8.
Perbandingan Iterasi 2

Job	P1 + P2	P5 + P6
J1	131,3 menit	71,3 menit
J2	109,4 menit	59,4 menit
J3	218,8 menit	118,8 menit
J4	65,6 menit	35,6 menit
J5	328,1 menit	178,1 menit
J6	43,8 menit	23,8 menit

Pada Tabel 8, hasil iterasi diurutkan dengan menggunakan algoritma Johnson yang menghasilkan urutan *job* J5 – J3 – J1 – J2 – J4 – J6.

c. Iterasi 3

Tabel 9.
Perbandingan Iterasi 3

Job	P1 + P2 + P3	P4 + P5 + P6
J1	221,3 menit	131,3 menit
J2	184,4 menit	109,4 menit
J3	368,8 menit	218,8 menit
J4	110,6 menit	65,6 menit
J5	553,1 menit	328,1 menit
J6	73,8 menit	43,8 menit

Pada Tabel 9, hasil iterasi diurutkan dengan menggunakan algoritma Johnson yang menghasilkan urutan *job* J5 – J3 – J1 – J2 – J4 – J6.

d. Iterasi 4

Tabel 10.
Perbandingan Iterasi 4

<i>Job</i>	P1 + P2 + P3 + P4	P3 + P4 + P5 + P6
J1	281,3 menit	221,3 menit
J2	234,4 menit	184,4 menit
J3	468,8 menit	368,8 menit
J4	140,6 menit	110,6 menit
J5	703,1 menit	553,1 menit
J6	93,8 menit	73,8 menit

Pada Tabel 10, hasil iterasi diurutkan dengan menggunakan algoritma Johnson yang menghasilkan urutan *job* J5 – J3 – J1 – J2 – J4 – J6.

e. Iterasi 5

Tabel 11.
Perbandingan Iterasi 5

<i>Job</i>	P1 + P2 + P3 + P4 + P5	P2 + P3 + P4 + P5 + P6
J1	326,3 menit	333,8 menit
J2	271,9 menit	278,1 menit
J3	543,8 menit	556,3 menit
J4	163,1 menit	166,9 menit
J5	815,6 menit	834,4 menit
J6	108,8 menit	111,3 menit

Pada Tabel 11, hasil iterasi diurutkan dengan menggunakan algoritma Johnson yang menghasilkan urutan *job* J6 – J4 – J2 – J1 – J3 – J5.

Terdapat iterasi penjadwalan didapat nilai pada masing-masing iterasi yang pengurutan *job* nya menghasilkan *makespan* yang berbeda. Pada Tabel 12 disajikan hasil *makespan* yang sesuai dengan seluruh iterasi.

Tabel 12.
Hasil Keseluruhan Iterasi

Iterasi	<i>Job Sequence</i>	<i>Makespan</i> (menit)
K1	J6 – J4 – J2 – J1 – J3 – J5	962,7
K2	J5 – J3 – J1 – J2 – J4 – J6	881,3
K3	J5 – J3 – J1 – J2 – J4 – J6	881,3
K4	J5 – J3 – J1 – J2 – J4 – J6	881,3
K5	J6 – J4 – J2 – J1 – J3 – J5	962,7

Berdasarkan hasil perhitungan iterasi dengan algoritma CDS yang menghasilkan total waktu produksi (*makespan*) sebagai *job sequence* terkecil sebesar 881,3 menit, dengan pengurutan *job* dimulai dari J5 – J3 – J1 – J2 – J4 – J6 yang terdapat pada iterasi 2, iterasi 3, dan iterasi 4.

4. Kesimpulan

Penelitian dilakukan di PT OSIN dengan tujuan untuk menganalisis usulan perbaikan dalam mengevaluasi proses penjadwalan produksi. Berdasarkan olah data yang telah dilakukan yang sebelumnya kebijakan perusahaan menerapkan metode FCFS sebagai metode penjadwalan produksi memberikan nilai *makespan* sebesar 2.408,75 menit dengan *job sequence* yaitu J1 – J2 – J3 – J4 – J5 – J6. Sedangkan penggunaan metode CDS sebagai usulan perbaikan memberikan nilai *makespan* sebesar 881,3 menit dengan *job sequence* yaitu J5 – J3 – J1 – J2 – J4 – J6. Hasil akhir dari perbandingan metode kerja antara metode FCFS dan algoritma CDS, penelitian ini dapat menjadi alternatif usulan *continuous improvement* pada sistem penjadwalan dengan metode *Campbell, Dudek, Smith* (CDS) untuk menekan nilai total waktu produksi dengan mengubah urutan *job* untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pada sistem produksi.

Referensi

- [1] K. Roy, F. Evi and H. Lely, "Penjadwalan Produksi Flow Shop Menggunakan Metode *Campbell Dudek Smith* (CDS) dan Nawaz Ensore Ham (NEH)," *Jurnal Teknik Industri*, vol. 04, no. 1, Mar 2016.
- [2] B. Aldo and N. Yustina, "Analisa Penjadwalan Produksi dengan Menggunakan Metode *Campbell Dudek Smith* di PT. Elang Jagad," *Juminten: Jurnal Manajemen dan Teknologi*, vol. 02, no. 4, pp. 25-36, 2021.
- [3] M. Chamdan, H. Ahmad and S. Hadi, "Analisis Perbandingan Metode *Campbell Dudek Smith* (CDS) dan GUPTA untuk Optimasi Penjadwalan Produksi," *Generation Jurnal*, vol. 05, no. 1, pp. 1-10, Jan 2021.
- [4] D. Shita and A. Joumil, "Analisis Penjadwalan Produksi Batu Tahan Api dengan Menggunakan Metode *Campbell Dudek Smith* (CDS), *Nawaz Ensore Ham* (NEH), dan PALMER untuk Mengurangi *Makespan* di PT. X," *Juminten: Jurnal Manajemen Industri dan Teknologi*, vol. 01, no. 3, pp. 165-176, 2020.
- [5] Imannudin, "Usulan Penjadwalan Produksi dengan Menggunakan Metode *Campbell Dudek* dan *Smith* (CDS) di Industri Garment," in *prosiding Diseminasi FTI Genap*, Bandung, 2021.
- [6] Z. Ayu, P. Yugowati and R. Choirul, "Optimalisasi Penjadwalan Mesin Produksi *Flowshop* dengan Metode *Campbell, Dudek, Smith* (CDS) pada Divisi Alat Berat Perusahaan Manufaktur," *Journal ppns.ac.id: Proceedings Conference on Design Manufacture Engineering and its Application*, vol. 03, no. 1, 2019.
- [7] J. Nurul and T. Dina, "Penjadwalan Produksi Benang Rayon pada Divisi Persiapan PT. Sukuntex dengan Metode *Campbell Dudek Smith* (CDS)," *Journal of Industrial Engineering and Tehcnology*, vol. 02, no. 1, pp. 110-118, Des 2021.
- [8] P. M. Sari, "Usulan Penjadwalan Produksi dengan Metode *Campbell Dudek Smith* pada Produk *Personal Care* di PT. LF Beauty Manufacturing Indonesia," *Jurnal Optimasi Teknik Industri*, vol. 02, no. 2, pp. 56-59, 2020.

- [9] A. Silvi and M. Ricky, "Usulan Penjadwalan Produksi Benang Menggunakan Metode NEH dan Metode Algoritma Johnson untuk Meminimasi Waktu Produksi di PT. Laksana Kurnia Mandiri Sejati," *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, vol. 06, no. 3, 2018.
- [10] K. R. Baker, *Introduction to Sequencing dan Scheduling*, New York: John Wiley dan Sons Inc, 1974.
- [11] E. A. Rachma, "Optimasi Perencanaan Produksi dengan Menggunakan Model Sistem Dinamik di PT. X," *Jurnal Optimasi Teknik Industri*, vol. 02, no. 1, pp. 36-42, 2020.
- [12] A. Dwi and Y. Evi, "Penjadwalan Produksi dengan Metode *Camphbell Dudek Smith* (CDS) untuk Meminimumkan Total Waktu Produksi (*Makespan*)," In *Seminar Nasional 2022 ITN Malang*, Malang, 2022.