

## Optimasi Penjadwalan Produksi Dengan Algoritma *Heuristik Pour* Untuk Reduksi *Makespan* Pada CV CJ Furniture

### *Optimization of Production Scheduling Using Pour Heuristic Algorithm for Makespan Reduction in CV CJ Furniture*

Noor Nailie Azzat<sup>1)</sup>, Muhammad Choiru Zulfa<sup>2)</sup>

<sup>1,2)</sup> Prodi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Nahdlatul Ulama

Email: nailie@unisnu.ac.id<sup>1)</sup>, zulfa.ti@unisnu.ac.id<sup>2)</sup>

#### Abstrak

CV CJ Furniture merupakan perusahaan berskala menengah yang bergerak di industri penghasil produk-produk *furniture* berbahan baku jati maupun mahoni seperti kursi, meja, almari, tempat tidur, dll. Pada kurun waktu bulan Februari-Maret 2023 terjadi lonjakan permintaan terhadap produk kursi dan meja kuliah, meja sekolah serta kursi sekolah sehingga mengakibatkan terjadinya keterlambatan pengiriman terhadap 4 produk tersebut. Selama ini penjadwalan produksi yang digunakan perusahaan berdasarkan pada urutan kedatangan order pertama datang pertama dilayani. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi sistem penjadwalan produksi yang berjalan di perusahaan dengan metode penjadwalan algoritma *Heuristik Pour* untuk mengetahui urutan pekerjaan (*job*) yang memberikan nilai *makespan* lebih rendah. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan sekunder hasil pengamatan dihitung dengan metode *stop watch* untuk mencari waktu baku masing-masing *job* yang digunakan untuk penjadwalan produksi dengan metode *First Come First Serve* dan algoritma *Heuristik Pour*. Hasil yang didapatkan adalah penjadwalan dengan metode *heuristic pour* performansinya lebih baik karena *makespan* yang dihasilkan lebih kecil dari metode sebelumnya. Penjadwalan terbaik jatuh pada urutan 2-3-4-1 dengan nilai *makespan* 13,33 jam dengan selisih 0,4 Jam atau setara 15 menit dibandingkan metode FCFS dengan memiliki *makespan* 13,73 jam.

**Kata kunci:** *heuristic pour, makespan, urutan, furniture*

#### Abstract

CV CJ Furniture is a medium-sized enterprise engaged in the industry producing furniture products made from teak and mahogany, such as chairs, tables, cupboards, beds, etc. In the period February-March 2023 there was a surge in demand for lecture chairs and desks, school desks and school chairs, which resulted in delays in the delivery of these 4 products. So far, the production scheduling used by the company is based on first-come first-served order. This study aims to evaluate the production scheduling system that runs in the company with the proposed scheduling method of the Heuristic Pour algorithm to find out the job sequence that gives a lower makespan value. The data used in this study are primary and secondary data from observations calculated using the stop watch method to find the standard time for each job used for production scheduling using the First Come First Serve method and the Heuristic Pour algorithm. The results obtained are scheduling with the pour heuristic method has better performance because the resulting makespan is smaller than the previous method. The best sequencing schedule falls on the order of 2-3-4-1 with makespan length of 13.33 hours with a difference of 0.4 hours or the equivalent of 15 minutes compared to the FCFS method which has makespan length of 13.73 hours.

**Keywords:** *heuristic pour, makespan, sequencing, furniture*

©Integrasi Universitas Muhammadiyah Palembang

p-ISSN 2528-7419

e-ISSN 2654-5551

#### Pendahuluan

Persaingan untuk memenuhi permintaan konsumen guna mendapatkan produk agar bisa sampai di tangan konsumen tepat waktu saat ini menjadi kunci untuk memenangkan kompetisi di

industri tak terkecuali industri manufaktur. Perencanaan produksi yang terorganisir dengan baik di industri manufaktur membantu dalam mencapai pengiriman produk tepat waktu kepada konsumen. Salah satu bagian daripada perencanaan produksi

tersebut adalah penjadwalan produksi yang menjadi aktivitas sangat penting pada sebuah perusahaan yang berfungsi memproses pesanan atau memproduksi produk dengan tepat waktu serta melakukan prediksi akan kesiapan sumber daya yang tersedia [1]. Keputusan yang diambil pada bagian penjadwalan tidak hanya berefek langsung terhadap keuntungan dan kerugian yang ditimbulkan pada perusahaan namun juga akan berdampak pada loyalitas konsumen terkait dengan komitmen pengiriman produk secara tepat waktu [2]. Penjadwalan produksi merupakan proses pengurutan pekerjaan untuk membuat sebuah produk secara menyeluruh yang melewati sejumlah mesin-mesin [3]. Definisi penjadwalan produksi menurut [4] dinyatakan sebagai alokasi sumber daya yang tersedia guna mendukung penyelesaian suatu aktivitas pengerjaan yang spesifik. Sedangkan menurut Schroeder penjadwalan adalah suatu pengalokasian unsur berupa sumber daya di dalam kegiatan, tugas, pekerjaan, atau kebutuhan *customer* [5]. Beberapa tujuan dari dilakukannya penjadwalan produksi adalah penyelesaian pembuatan produk yang sesuai dengan waktu yang telah ditetapkan, termasuk spesifikasi produk tersebut, peningkatan utilitas mesin, produktivitas yang lebih optimal, meminimalkan persediaan dan memangkas waktu proses penyelesaian produksi atau yang lebih dikenal dengan *makespan* [6]. *Makespan* adalah total waktu penyelesaian pekerjaan-pekerjaan mulai dari urutan pertama yang dikerjakan pada mesin atau stasiun kerja pertama sampai dengan urutan pekerjaan terakhir pada mesin maupun stasiun kerja terakhir [3]. Berdasarkan urutan proses produksinya penjadwalan produksi dibagi menjadi 2 secara umum, pertama penjadwalan *flow shop* jika menggunakan *routing* atau urutan mesin yang sama dan penjadwalan *job shop* apabila berbeda *routingnya* [7]. Beberapa kriteria penjadwalan yang digunakan untuk pengambilan keputusan sebagai evaluasi pada penjadwalan beberapa *job* dalam sejumlah mesin diantaranya kriteria waktu, biaya maupun kombinasi dari 2 kriteria tersebut [3]. Sedangkan performansi penjadwalan digunakan untuk mereduksi *makespan*, *flow time*, *maximum tardiness*,

*lateness*, *job tardy* [1]. CV CJ Furniture merupakan perusahaan manufaktur *flow shop* dikarenakan aliran produksinya melewati *routing* mesin yang sama untuk berbagai varian produk. Oleh Hugo Soares dinyatakan pada penelitiannya [8] bahwa perusahaan yang berbasis industri *furniture* produksi dapat dilakukan paling baik didekati dengan model *flow shop* dan karakteristik yang paling kritis adalah *sequence* atau pengurutan *job-job* dengan mempertimbangkan waktu *set up* mesin. Penjadwalan flowshop juga dilakukan pada industri percetakan [9]. Pada penelitian ini evaluasi penjadwalan produksi yang digunakan adalah kriteria waktu mengurangi *makespan* dengan perbandingan metode yang digunakan oleh perusahaan dengan metode algoritma *heuristik pour*. Algoritma ini dikembangkan oleh Hamid Davoud Pour yang bertujuan untuk mengurangi *makespan* pada penyelesaian penjadwalan *flowshop* didasarkan pada pendekatan kombinasi dengan cara mengubah urutan setiap *job* dengan *job* lainnya sampai ditemukan kombinasi urutan yang optimal. Asumsi yang digunakan pada algoritma ini setiap *job* dikerjakan dengan berbeda dan sendiri pada setiap mesinnya [10]. Dalam memenuhi permintaan konsumen perusahaan melakukan penjadwalan produksinya dengan cara mengerjakan order sesuai dengan urutan kedatangan order yang masuk pada perusahaan. Order yang pertama datang adalah yang pertama dikerjakan [11] atau *First Come First Serve*. Pada waktu antara bulan Februari sampai dengan bulan April terjadi lonjakan permintaan dan order yang paling banyak diterima adalah pada bulan Februari 2023. Akibat lonjakan permintaan tersebut terjadi keterlambatan pengiriman. Penelitian pada perusahaan sejenis telah dilakukan dengan pendekatan metode penjadwalan yang berbeda oleh [12] yaitu metode algoritma jadwal *non delay* pada CV Bima Mebel. Optimasi penjadwalan produksi dengan metode algoritma genetika pada perusahaan furniture telah dilakukan oleh [13] yang kemudian diuji dengan aplikasi program *Microsoft Visual Basic 6* dan pada penelitian yang dilakukan oleh [14]. Pada dasarnya hasil penelitian di CV CJ Furniture akan dijadikan dasar untuk pengembangan aplikasi penjadwalan

produksi *berbasis open source*. Metode Algoritma *Heuristik Pour* telah digunakan pada beberapa penelitian, antara lain [15] dengan 2 metode *Mixed Integer Programming* (MIP) dan algoritma heuristik *pour* dan hasil yang diperoleh menunjukkan algoritma ini memberikan *performansi* yang lebih baik dalam meminimalkan *makespan*. Kemudian penelitian lain yang dilakukan adalah [16] menunjukkan bahwa algoritma *heuristik Pour* memiliki *performansi* yang sama dengan algoritma *Nawaz, Enscore dan Ham* (NEH) dengan *makespan* minimum dan kompleksitas waktu yang sama. Selanjutnya penelitian menggunakan metode algoritma *heuristik pour* ini 33% dapat mengurangi waktu keterlambatan dari metode sebelumnya juga telah dilakukan oleh [6]. Pada industri garmen juga telah dilakukan penelitian oleh [17] berhasil dilakukan penghematan sebanyak 3,02 jam dengan metode *heuristik pour*. Masih pada industri yang sama pada perusahaan konveksi *One way* penelitian [18] dilakukan dengan metode *Heuristik Pour*. Pengembangan metode algoritma *Heuristik Pour* telah dilakukan pada penelitian yang dilakukan [19] yang disebut dengan metode algoritma *hybrid flow shop three stage* dikarenakan tiap tahapan operasi terdapat susunan mesin yang paralel. Demikian pula pada penelitian [20] digunakan metode *no wait hybrid flowshop with set up* dengan algoritma *metaheuristik*.

### Metode Penelitian

Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian kuantitatif dan data serta tahapan penelitian adalah sebagai berikut :

#### 1. Data Penelitian

##### a. Data Primer

- Data Waktu Proses Produksi per item untuk setiap aktivitas pengerjaan pada setiap mesin

##### b. Data Sekunder

- Data Jenis Mesin
- Data Jumlah Mesin
- Data Urutan Proses Awal
- Jenis aktivitas
- Rating Faktor
- *Allowance* yang diijinkan perusahaan

## 2. Tahapan Penelitian

### a. Perhitungan Waktu Standar

Pada tahapan ini waktu standar dihitung berdasarkan data waktu proses produksi, rating faktor dan *allowance* yang didapatkan dari hasil pengamatan. Rumus yang digunakan dalam perhitungan waktu standar:

$$W_n = \text{waktu pengamatan} \times \frac{\text{Rating faktor \%}}{100\%}$$

$$W_s = W_n \times \frac{100\%}{100\% - \% \text{ Allowance}}$$

### b. Perhitungan Total Waktu Proses

$$= \frac{\text{Waktu Standar} \times \text{jumlah permintaan/job}}{\text{Jumlah Mesin} \times \text{Kapasitas produksi/Mesin}}$$

Total waktu proses dihitung untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk penyelesaian suatu order yang didasarkan dari jumlah order yang diterima dan jumlah mesin yang digunakan pada proses tersebut.

### c. Penjadwalan produksi dengan metode konvensional *First Come First Serve*

Penjadwalan produksi pada tahap ini menggunakan metode yang selama ini digunakan oleh perusahaan yaitu penjadwalan produksi sesuai urutan kedatangan order atau *First Come First Serve*

### d. Penjadwalan produksi dengan metode algoritma *Heuristik Pour*

Tahap terakhir yang dilakukan adalah penjadwalan produksi dengan metode algoritma *Heuristik Pour* dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Memilih *job* 1 sebagai urutan pertama dalam urutan pengerjaan sehingga waktu proses *job* pada semua mesin dianggap nol.
2. Menempatkan *job-job* lain pada urutan berikutnya. Daftar pengurutan *job* 1 sebagai urutan pertama.
3. Memilih waktu proses terkecil untuk masing- masing proses
4. Melakukan penambahan waktu proses (*completion time*) pada setiap  $t_{i,j}$  dengan aturan *increasing time* yaitu dengan menambahkan waktu proses secara kumulatif dari terkecil sampai terbesar pada setiap  $t_{i,j}$ .

5. Menghitung *sum completion time* ( $\sum Ci$ ) untuk setiap *job*
6. Mengurutkan  $\sum Ci$  dengan aturan *increasing time* untuk diletakkan pada urutan setelah *job* 1 yang sudah dipilih sebagai urutan pertama.
7. Menghitung nilai *makespan* dengan urutan pengerjaan
8. Mengulang Langkah 1-7 untuk setiap *order* yang ada yang akan ditempatkan sebagai urutan pertama sampai didapatkan nilai *makespan* paling minimal
9. Mengulangi langkah 1-8 untuk *order* yang akan menempati posisi berikutnya yaitu pada posisi kedua, ketiga, dan seterusnya setelah *order* 2 sebagai urutan pertama.

### Hasil dan Pembahasan

#### Data Penjadwalan Produksi

Beberapa data baik primer maupun sekunder dikumpulkan sebagai input melakukan proses penjadwalan. Data-data yang diperoleh dari hasil pengamatan adalah sebagai berikut:

**Tabel 1.** Data Order Bulan Februari 2023

Bulan	Orderan	Jumlah Orderan	Kode Job
Februari	Kursi mahasiswa	70	J1
	Meja guru	15	J2
	Meja sekolah	50	J3
	Kursi sekolah	100	J4

**Tabel 2.** Data Jenis dan Jumlah Mesin, Aktivitas Mesin

Mesin	Aktivitas	Kode Mesin	Jumlah Lah	Kapasitas Produk /Mesin
<i>Cyrcl</i>	Pemotongan	M1	4	1
Serut	Penghalusan I	M2	4	1
Bor	Pelubangan	M3	4	1
<i>Thick nesser</i>	Penyerutan permukaan	M4	4	1
Sanding	Penghalusan II	M5	4	1

#### Tahapan Penelitian

##### Perhitungan Waktu Baku

Dari hasil pengamatan di lapangan diperoleh data waktu siklus per aktivitas per mesin sebagai berikut:

**Tabel 3.** Waktu Siklus Setiap Job Per Mesin

Waktu Siklus (Detik/Job)					
Mesin / Job	M1	M2	M3	M4	M5
J1	124.30	64.67	66.70	93.90	66.03
J2	1050.63	872.10	575.07	895.37	982.07
J3	247.07	80.77	66.70	93.90	82.23
J4	38.17	37.17	37.90	36.60	37.20

Berdasarkan waktu siklus yang sudah diperoleh kemudian dilakukan perhitungan waktu normal dengan cara mengalokasikan Waktu siklus dengan Rating Faktor masing-masing aktivitas yang telah didapatkan dari hasil pengamatan di lapangan. Perhitungan waktu normal dilakukan pada setiap Job dengan hasil sebagai berikut:

**Tabel 4.** Waktu Normal Job 1 Per Mesin

Job 1 (Kursi Mahasiswa)			
MESIN	Waktu Siklus (Ws)	RF	Waktu Normal (Wn)
M1	124.30	1.18	146.674
M2	64.67	1.19	76.953
M3	66.70	1.19	79.373
M4	93.90	1.16	108.924
M5	66.03	1.16	76.599

**Tabel 5.** Waktu Normal Job 2 Per Mesin

Job 2 (Meja Guru)			
MESIN	Waktu Siklus (Ws)	PR	Waktu Normal (Wn)
M1	1050.63	1.18	1239.75
M2	872.10	1.19	1037.80
M3	575.07	1.19	684.33
M4	895.37	1.16	1038.63
M5	982.07	1.16	1139.20

**Tabel 6.** Waktu Normal Job 3 Per Mesin

Job 3 (Meja Sekolah)			
Mesin	Waktu Siklus (Ws)	PR	Waktu Normal (Wn)
M1	247.07	1.18	291.54
M2	80.77	1.19	96.11
M3	66.70	1.19	79.37
M4	93.90	1.16	108.92
M5	82.23	1.16	95.39

**Tabel 7.** Waktu Normal Job 4 Per Mesin

Job 4 (Kursi Sekolah)			
Mesin	Waktu Siklus (Ws)	PR	Waktu Normal (Wn)
M1	38.17	1.18	45.04
M2	37.17	1.19	44.23
M3	37.90	1.19	45.10
M4	36.60	1.16	42.46
M5	37.20	1.16	43.15

Tahap selanjutnya perhitungan waktu standar

Contoh perhitungan waktu standar aktivitas Pemotongan di Mesin 1

$$\begin{aligned}
 W_s &= W_n \times \frac{100\%}{100\% - \% Allowance} \\
 &= 146.67 \times \frac{100\%}{100\% - 16.5\%} \\
 &= 175,66 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

**Tabel 8.** Waktu Standar Job 1 Per Mesin

Job 1 (Kursi Mahasiswa)				
Mesin	Waktu siklus (detik)	Waktu normal (detik)	Allowance (%)	Waktu standar (detik)
M1	124.30	146.67	16.5%	175.66
M2	64.67	76.95	17.0%	92.71
M3	66.70	79.37	17.0%	95.63
M4	93.90	108.92	17.5%	132.03
M5	66.03	76.60	17.0%	92.29

**Tabel 9.** Waktu Standar Job 2 Per Mesin

Job 2 (Meja Guru)				
Mesin	Waktu siklus (detik)	Waktu normal (detik)	Allowance (%)	Waktu standar (detik)
M1	1050.63	1239.75	16.5%	1484.73
M2	872.10	1037.80	17.0%	1250.36

Job 2 (Meja Guru)				
Mesin	Waktu siklus (detik)	Waktu normal (detik)	Allowance (%)	Waktu standar (detik)
M3	575.07	684.33	17.0%	824.49
M4	895.37	1038.63	17.5%	1258.94
M5	982.07	1139.20	17.0%	1372.53

**Tabel 10.** Waktu Standar Job 3

Job 3 (Meja Sekolah)				
Mesin	Waktu siklus (detik)	Waktu normal (detik)	Allowance (%)	Waktu standar (detik)
M1	247.07	291.54	16.5%	349.15
M2	80.77	96.11	17.0%	115.80
M3	66.70	79.37	17.0%	95.63
M4	93.90	108.92	17.5%	132.03
M5	82.23	95.39	17.0%	114.93

**Tabel 11.** Waktu Standar Job 4 Per Mesin

Job 4 (Kursi Sekolah)				
Mesin	Waktu siklus (detik)	Waktu normal (detik)	Allowance (%)	Waktu standar (detik)
M1	38.17	45.04	16.5%	53.94
M2	37.17	44.23	17.0%	53.29
M3	37.90	45.10	17.0%	54.34
M4	36.60	42.46	17.5%	51.46
M5	37.20	43.15	17.0%	51.99

**Tabel 12.** Rekapitulasi Waktu Standart Per Job Pada Setiap Mesin

Waktu Standar (Detik/Job)				
Mesin	J1	J2	J3	J4
M1	175.66	1484.73	349.15	53.94
M2	92.71	1250.36	115.80	53.29
M3	95.63	824.49	95.63	54.34
M4	132.03	1258.94	132.03	51.46
M5	92.29	1372.53	114.93	51.99

Tahap selanjutnya adalah perhitungan total waktu proses untuk mengetahui waktu penyelesaian suatu order yang didasarkan dari jumlah order yang diterima dan jumlah mesin yang digunakan pada proses tersebut. Rumus yang digunakan adalah:

$$= \frac{\text{Waktu Standar} \times \text{jumlah permintaan/job}}{\text{Jumlah Mesin} \times \text{Kapasitas produksi/Mesin}}$$

Contoh perhitungan waktu proses Pemotongan pada orderan meja sekolah :

$$Total\ Waktu\ Proses = \frac{175,66 \cdot 70\ pcs}{4+1}$$

$$Total\ Waktu\ Proses = \frac{12296,02}{4}$$

$$Total\ Waktu\ Proses = 3074,005\ detik$$

$$= 0,85\ jam$$

Total waktu proses berdasarkan masing – masing *Job* dapat dilihat pada tabel berikut:

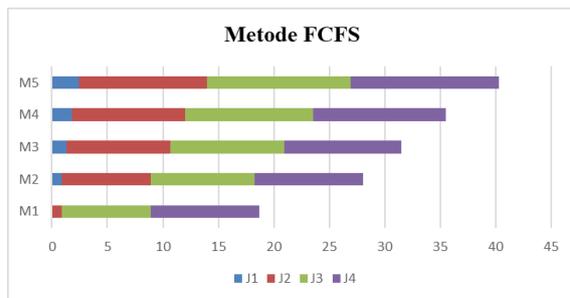
**Tabel 13.** Total Waktu Proses Berdasarkan Masing–masing *Job*

Order	Mesin					Total waktu (Jam) /unit
	M1	M2	M3	M4	M5	
J1	0.85	0.45	0.46	0.64	0.45	2.85
J2	7.22	1.30	0.86	1.31	1.43	12.1
J3	1.70	0.40	0.33	0.46	0.40	3.28
J4	0.37	0.37	0.38	0.36	0.36	1.84

Langkah selanjutnya adalah melakukan penjadwalan produksi dengan menggunakan metode *First Come First Serve* yang selama ini dilakukan oleh perusahaan. Hasil yang diperoleh dilihat pada tabel sebagai berikut:

**Tabel 14.** Perhitungan Makespan dengan Metode FCFS

Order	Aktivitas kerja (1-2-3-4)									
	M1		M2		M3		M4		M5	
	ST	SS	ST	SS	ST	SS	ST	SS	ST	SS
J1	-	0.85	0.85	1.30	1.30	1.77	1.77	2.41	2.41	2.86
J2	0.85	8.07	8.07	9.37	9.37	10.23	10.23	11.54	11.54	12.97
J3	8.07	9.77	9.37	9.78	10.23	10.56	11.54	12.00	12.97	13.37
J4	9.77	10.14	9.78	10.15	10.56	10.94	12.00	12.36	13.37	13.73



**Gambar 1.** Gant Chart Penjadwalan Bulan Februari 2023 Metode FCFS

Berdasarkan hasil penjadwalan produksi dengan metode First Come First Serve diperoleh makespan sebesar 13,73 jam. Kemudian langkah selanjutnya adalah melakukan penjadwalan produksi dengan menggunakan metode algoritma Heuristik Pour. Penjadwalan *job* produk *furniture* menggunakan algoritma heuristik pour pada CV CJ Furniture dilakukan dengan langkah – langkah sebagai berikut:

1. Memilih *job* 1 sebagai urutan pertama dalam urutan pengerjaan sehingga

waktu proses *job* pada semua mesin dianggap nol.

2. Menempatkan *job-job* lain pada urutan berikutnya. Daftar pengurutan *job* 1 sebagai urutan pertama

**Tabel 15.** Daftar Pengurutan *Job* 1

Order	Aktivitas kerja					Total
	M1	M2	M3	M4	M5	
J1	-	-	-	-	-	-
J2	7.22	1.30	0.86	1.31	1.43	12.12
J3	1.70	0.40	0.33	0.46	0.40	3.29
J4	0.37	0.37	0.38	0.36	0.36	1.83

3. Memilih waktu proses terkecil untuk masing- masing proses yaitu: M1 = 0,37, M2 = 0,37, M3 = 0,33, M4 = 0,36, M5 = 0,36

4. Melakukan penambahan waktu proses (completion time) pada setiap  $t_{i,j}$  dengan aturan increasing time yaitu dengan menambahkan waktu proses secara kumulatif dari terkecil sampai terbesar pada setiap  $t_{i,j}$ . Sebagai contoh urutan waktu

proses di M1 terkecil-terbesar adalah job 1,4,3 dan 2 sehingga waktu proses job 4 di M1= 0,37; Job 3 di M1 = 0,37+1,70 = 2,07; Job 2 di M1 = 2,07+7,22= 9,28.

5. Menghitung sum completion time ( $\sum Ci$ ) untuk setiap job.

**Tabel 16.** Hasil Perhitungan Sum Completion Time

Order	Aktivitas kerja					
	M1	M2	M3	M4	M5	Ci
J1	-	-	-	-	-	-
J2	9.28	2.07	1.52	2.13	2.19	17.20
J3	2.07	0.77	0.66	0.82	0.76	5.08

Order	Aktivitas kerja					
	M1	M2	M3	M4	M5	Ci
J4	0.37	0.37	0.33	0.36	0.36	1.79

6. Mengurutkan  $\sum Ci$  dengan aturan increasing time untuk diletakkan pada urutan setelah job 1 yang sudah dipilih sebagai urutan pertama. Dari hasil perhitungan diperoleh urutan sementara dengan job 1 sebagai urutan pertama yaitu: 1-2-3-4.

7. Menghitung nilai makespan dengan urutan pengerjaan job 1-2-3-4 dan diperoleh makespan sebesar 13,73 jam. (sama dengan hasil penjadwalan dengan metode awal perusahaan)

**Tabel 17.** Perhitungan waktu urutan job 1-2-3-4

Order	Aktivitas kerja (1-2-3-4)									
	M1		M2		M3		M4		M5	
	ST	SS	ST	SS	ST	SS	ST	SS	ST	SS
J1	-	0.85	0.85	1.30	1.30	1.77	1.77	2.41	2.41	2.86
J2	0.85	8.07	8.07	9.37	9.37	10.23	10.23	11.54	11.54	12.97
J3	8.07	9.77	9.37	9.78	10.23	10.56	11.54	12.00	12.97	13.37
J4	9.77	10.14	9.78	10.15	10.56	10.94	12.00	12.36	13.37	13.73

**Tabel 18.** Perhitungan waktu urutan job 1-4-3-2

Order	Aktivitas kerja (1-4-3-2)									
	M1		M2		M3		M4		M5	
	ST	SS	ST	SS	ST	SS	ST	SS	ST	SS
J1	-	0.85	0.85	1.30	1.30	1.77	1.77	2.41	2.41	2.86
J4	0.85	1.22	1.30	1.67	1.77	2.15	2.41	2.77	2.86	3.22
J3	1.22	2.92	2.92	3.32	3.32	3.65	3.65	4.11	4.11	4.51
J2	2.92	10.14	10.14	11.44	11.44	12.30	12.30	13.61	13.61	15.04

**Tabel 19.** Perhitungan waktu urutan job 2-3-4-1

Order	Aktivitas kerja (2-3-4-1)									
	M1		M2		M3		M4		M5	
	ST	SS	ST	SS	ST	SS	ST	SS	ST	SS
J2	-	7.22	7.22	8.52	8.52	9.38	9.38	10.69	10.69	12.12
J3	7.22	8.91	8.52	8.92	9.38	9.71	10.69	11.15	12.12	12.52
J4	8.91	9.28	8.92	9.29	9.71	10.09	11.15	11.51	12.52	12.88
J1	9.28	10.14	9.29	9.74	10.09	10.55	11.51	12.15	12.88	13.33

**Tabel 20.** Perhitungan waktu urutan *job* 3-4-1-2

Order	Aktivitas kerja (3-4-1-2)									
	M1		M2		M3		M4		M5	
	ST	SS	ST	SS	ST	SS	ST	SS	ST	SS
<b>J3</b>	-	1.70	1.70	2.10	2.10	2.43	2.43	2.89	2.89	3.29
<b>J4</b>	1.70	2.07	2.10	2.47	2.43	2.81	2.89	3.25	3.29	3.65
<b>J1</b>	2.07	2.92	2.47	2.92	2.81	3.27	3.25	3.89	3.65	4.10
<b>J2</b>	2.92	10.14	10.14	11.44	11.44	12.30	12.30	13.61	13.61	15.04

8. Mengulang Langkah 1-7 untuk setiap order yang ada yang akan ditempatkan sebagai urutan pertama sampai didapatkan nilai *makespan* paling minimal. Setelah order 1 dipilih sebagai urutan pertama maka berikutnya order 2 sebagai urutan pertama, sehingga diperoleh urutan order sementara 2-3-4-1 dengan *makespan* 13,33 jam. Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 19.

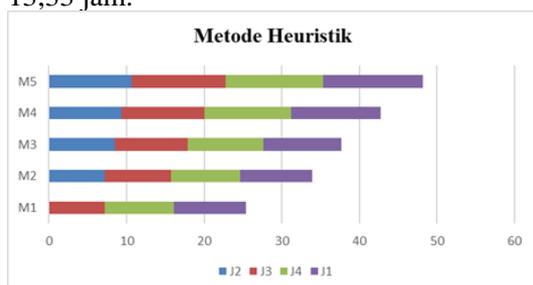
9. Mengulangi langkah 1-8 untuk order yang akan menempati posisi berikutnya yaitu pada posisi kedua, ketiga, dan seterusnya setelah order 2 sebagai urutan pertama. Setelah order 2 dipilih sebagai urutan pertama maka berikutnya order 3 sebagai urutan pertama, sehingga diperoleh urutan order sementara 3-4-1-2 dengan *makespan* 15,04 jam. Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 20.

*Rekapitulasi Iterasi Heuristik*

**Tabel 21.** Rekapitulasi Iterasi Heuristik

Urutan <i>Job</i>	Makespan (Jam)
1-2-3-4	13,73
1-4-3-2	15,04
2-3-4-1	13,33
3-4-1-2	15,04

Berdasarkan perhitungan pada 9 langkah diperoleh *order* 2 sebagai urutan pertama dengan urutan order sementara 2-3-4-1 memberikan *makespan* terkecil sebesar 13,33 jam.



**Gambar 2.** Gant Chart Penjadwalan Bulan Februari 2023 Metode Heuristik Pour

**Tabel 22.** Perbandingan Penjadwalan Awal dan Penjadwalan Usulan

	Penjadwalan Awal	Penjadwalan usulan
Urutan	1-2-3-4	2-3-4-1
Hasil	13,73 jam	13,33 jam
Makespan		

**Simpulan**

*Makespan* pada keadaan awal di perusahaan (metode FCFS) dengan penjadwalan 1-2-3-4 adalah sebesar 13,73 Jam. Penjadwalan dengan metode *heuristik pour* menggunakan 9 langkah perhitungan dengan didapati hasil urutan *job* 1-2-3-4 memiliki *makespan* 13,73 jam, urutan *job* 1-4-3-2 memiliki *makespan* 15,04 jam, urutan *job* 2-3-4-1 memiliki *makespan* 13,33 jam dan urutan *job* 3-4-1-2 memiliki *makespan* 15,04 jam.

Penjadwalan dengan metode *heuristik pour* performansinya lebih baik karena *makespan* yang dihasilkan lebih kecil dari metode sebelumnya. Urutan *job* terbaik jatuh pada urutan 2-3-4-1 dengan nilai *makespan* 13,33 jam dengan selisih 0,4 Jam atau setara 15 menit dibandingkan metode FCFS dengan memiliki *makespan* 13,73 jam.

**Saran**

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan sudah sesuai tujuan dengan berkurangnya *makespan* namun belum terlalu signifikan sehingga perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan metode pengembangan algoritma heuristik *pour* seperti metode algoritma *hybrid flowshop* atau metode lain yang berbeda untuk memaksimalkan nilai *makespan* yang lebih optimal.

### Daftar Pustaka

- [1] M. L. Pinedo, *Scheduling: Theory, algorithms, and systems*. 2008. doi: 10.1007/978-0-387-78935-4.
- [2] T. Nurainun, *Batching & sequencing*. 2012.
- [3] Risnani Ginting, *Penjadwalan Mesin*, Pertama. Graha Ilmu, 2009.
- [4] M Haming and M Nurnajamuddin, *Manajemen Produksi Modern*. Jakarta: Bumi Aksara, 2007.
- [5] S. M. M. J. R. Schroeder, Roger G, *Operations Management Contemporary Concepts and Cases*, 5th Editio. New York: Mc Graw-Hill Companies, Inc, 2011.
- [6] K. S. Prawiro, R. R. Dwi Satya, and F. S. Hapsari, "Penjadwalan Produksi Dengan Menggunakan Algoritma Heuristic Pour Pada PT Red Basket Indonesia," *J. Ind. Serv.*, vol. 6, no. 1, p. 1, 2020, doi: 10.36055/jiss.v6i1.9466.
- [7] W. R. Wildan, N. W. Setyanto, and A. Rahman, "Scheduling On Identical Parallel Machines To Minimize The Makespan Using Mixed Integer Linear Programming Approach ( Case Study on PT Palel Identik ( Studi Kasus pada PT Pertamina Production Unit Gresik – Pelumas )," vol. 2, no. 5, pp. 1112–1123, 1987.
- [8] H. Soares and F. Pires, "Scheduling Strategies for the Furniture Industry," 2021.
- [9] I. Masudin, D. M. Utama, and F. Susastro, "Penjadwalan Flowshop Menggunakan Algoritma Nawaz Enscore Ham," *J. Ilm. Tek. Ind.*, vol. 13, no. 1, pp. 54–59, 2014.
- [10] H.Pour, "Theory and Methodology A new heuristic for the n-job , M-machine flow-shop problem," vol. 52, no. September 1989, pp. 194–202, 1991.
- [11] S. Altmeyer, S. M. Sundharam, and N. Navet, "The Case for FIFO Real-Time Scheduling," *Univ. Luxemb.*, no. February, 2016, doi: 10.13140/RG.2.1.4117.9924.
- [12] S. Harto, A. K. Garside, and D. M. Utama, "Penjadwalan Produksi Menggunakan Algoritma Jadwal Non Delay Untuk Meminimalkan Makespan Studi Kasus di CV. Bima Mebel," *Spektrum Ind.*, vol. 14, no. 1, p. 79, 2016, doi: 10.12928/si.v14i1.3706.
- [13] F. Sidharta, *Desain Algoritma Genetika Untuk Optimalisasi Penjadwalan Produksi Mebel Kayu*. Bogor, 2005.
- [14] B. Wijanarko, "Penjadwalan Jobs Untuk Meminimalkan Makespan Pada Lingkungan Job Shop Dengan," 2011.
- [15] T. V. Soetanto, H. C. Palit, and I. Munika, "Studi Perbandingan Performance Algoritma Heuristik Pour Terhadap Mixed Integer Programming Dalam Menyelesaikan," no. 2, pp. 79–85.
- [16] C. Kuncoro, *Penjadwalan Produksi Kertas Menggunakan Algoritma Pour Dan Algoritma Neh di PT. Kertas Leces Probolinggo*. 2013.
- [17] R. Rachman, "Penjadwalan Produksi Garment Menggunakan Algoritma Heuristic Pour," *J. Inform.*, vol. 5, no. 1, pp. 81–89, 2018, doi: 10.31311/ji.v5i1.2743.
- [18] A. Sulaksmi, A. K. Garside, and F. Hadziqah, "Penjadwalan Produksi Dengan Algoritma Heuristik Pour (Studi Kasus: Konveksi One Way – Malang)," *J. Tek. Ind.*, vol. 15, no. 1, pp. 35–44, 2014, doi: 10.22219/jtiumm.vol15.no1.35-44.
- [19] D. M. Utama, A. K. Garside, and W. Wicaksono, "Pengembangan Algoritma Hybrid Flowshop Three-Stage Dengan Mempertimbangkan Waktu Setup," *J. Ilm. Tek. Ind.*, vol. 18, no. 1, pp. 72–78, 2019, doi: 10.23917/jiti.v18i1.7683.
- [20] M. Allahverdi, "An improved algorithm to minimize the total completion time in a two-machine no-wait flow-shop with uncertain setup times," *J. Proj. Manag.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–12, 2022, doi: 10.5267/j.jpjpm.2021.9.001.