

Implementasi Algoritma *Tabu Search* dalam Penjadwalan Produksi PT Arkha Jayanti Persada untuk Meminimasi Nilai *Makespan*

Muhammad Hafizh Nur Falih

Abstrak— PT Arkha Jayanti Persada merupakan salah satu perusahaan manufaktur yang bergerak dibidang komponen alat berat (*Heavy Equipment Components*). Dalam melakukan proses produksi, PT Arkha Jayanti Persada selama ini melakukan perencanaan dan penjadwalan secara sederhana, yakni membuat komponen alat berat berdasarkan pemesanan dari konsumen dengan menggunakan aturan *order* yang telah tiba lebih dahulu akan dilayani lebih dahulu (FCFS). Jangka waktu yang diberikan konsumen untuk pengiriman produk ini pun berbeda-beda pula sesuai dengan keinginannya masing-masing. Karena itu dengan metode FCFS ini perusahaan kadang kala mengalami keterlambatan dalam penyelesaian produk. Pengolahan data dilakukan metode Algoritma *Tabu Search*, karena merupakan suatu jenis algoritma yang termasuk ke dalam jenis algoritma sub-optimal, jenis algoritma yang memberikan suatu solusi yang mendekati optimal maka dari itu digunakan untuk memperbaiki penjadwalan produksi pada pola aliran proses *flowshop* dan dapat meminimasi nilai *makespan* yang terlalu besar pada penjadwalan produksi. Berdasarkan hasil perhitungan metode Algoritma *Tabu Search* diperoleh urutan jadwal proses produksi yaitu *Fender – Frame – Frame – Frame – Support – Fender – Fender – Fender* dengan penurunan nilai *makespan* sebesar 0,88 % adapun terjadi peningkatan untuk utilisasi sebesar 2 % dari metode yang diterapkan oleh perusahaan dengan nilai *makespan* yaitu sebesar 31 hari.

Kata Kunci—Algoritma *Tabu Search*, *Flowshop*, *Makespan*, *Penjadwalan Produksi*.

Abstract— PT Arkha Jayanti Persada is one of the manufacturing companies engaged in heavy equipment components (*Heavy Equipment Components*). In carrying out the production process, PT Arkha Jayanti Persada has been doing simple planning and scheduling, namely making heavy equipment components based on orders from consumers using the order that has arrived first will be served first (FCFS). The period of time given by consumers for the delivery of these products also varies according to their respective wishes. Therefore, with the FCFS method, companies sometimes experience delays in product completion. Data processing is done by the Algorithm method *Tabu Search*, because it is a type of algorithm that belongs to the sub-optimal type of algorithm, the type of algorithm that provides a solution that is close to optimal, therefore it is used to improve production scheduling in the process flow pattern *flowshop* and can minimize the value *makespan* which is too big on the production schedule. Based on the calculation results of the Algoritma method, *Tabu Search* the production process schedule sequence is obtained, namely *Fender - Frame - Frame - Frame - Support - Fender - Fender - Fender* with a decrease in value *makespan* of 0.88% while there is an increase in utilization of 2% from the method applied by company with a value *makespan* of 31 days.

Keywords— *Algoritma Tabu Search*, *Flowshop*, *Makespan*, *Production Scheduling*.

I. PENDAHULUAN

D di masa sekarang ini, permintaan *customer* selain tampilan produk yang bagus, hal yang paling diutamakan atau yang terpenting dari produk adalah kualitas. Setiap perusahaan akan selalu berusaha mencapai efektivitas dan efisiensi produksi agar tercapai hasil yang optimal dan dapat menyelesaikan pesanan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. Perencanaan kinerja yang matang dapat dilakukan dengan membuat penjadwalan

produksi yang baik. Penjadwalan adalah pengurutan pembuatan/pengerjaan produk secara menyeluruh yang dikerjakan pada beberapa buah mesin. [4]

Penjadwalan *flowshop* merupakan suatu pergerakan unit-unit yang terus-menerus melalui suatu rangkaian stasiun-stasiun kerja yang disusun berdasarkan produk. Susunan suatu proses produksi jenis *flowshop* dapat diterapkan dengan tepat untuk produk-produk dengan desain yang stabil dan diproduksi secara banyak (volume produk), sehingga investasi dengan tujuan khusus (*special purpose*) yang dapat secepatnya kembali. [2]

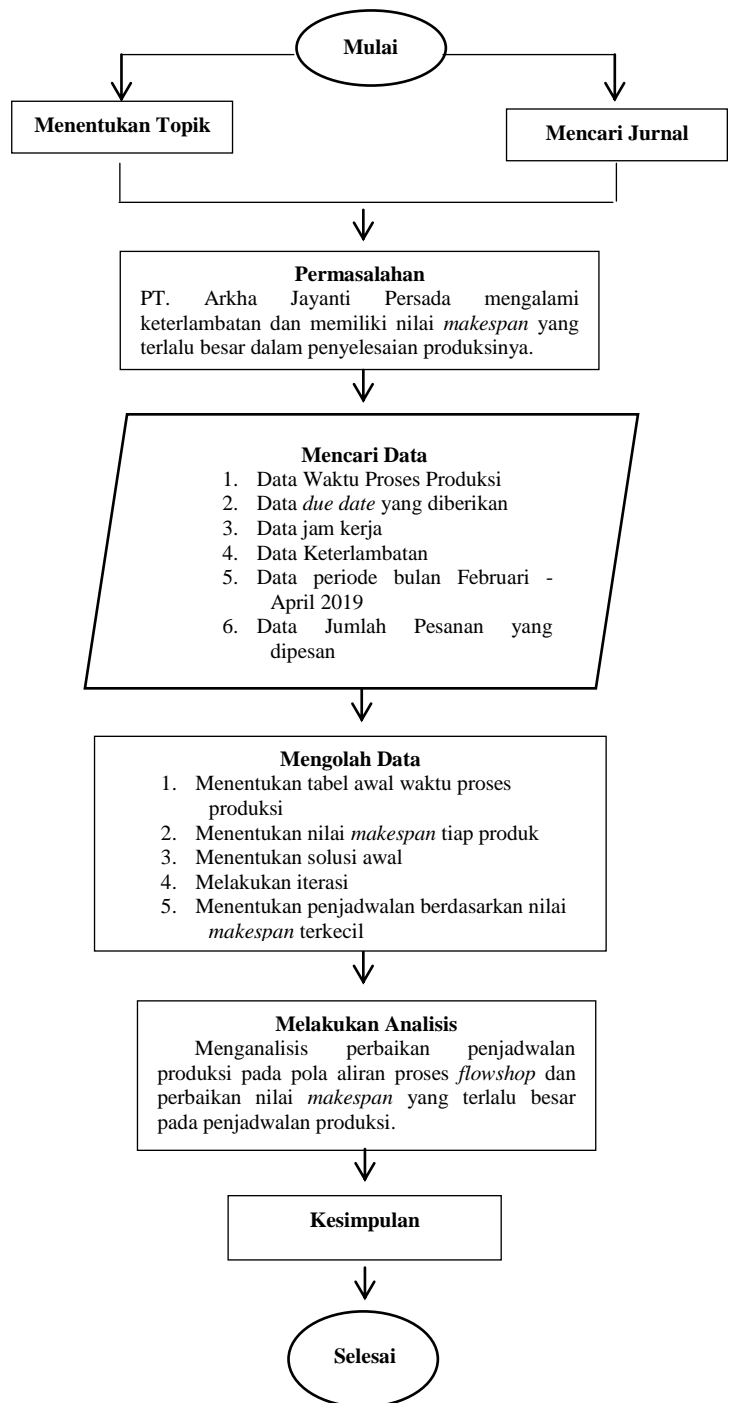
Muhammad. H. N. F, Universitas Indraprasta PGRI, Jakarta. Saat ini menjadi mahasiswa program studi Teknik Industri, Universitas Indraprasta PGRI, Jakarta (email: hafizhnurf30@gmail.com)

PT Arkha Jayanti Persada merupakan salah satu perusahaan manufaktur yang bergerak dibidang komponen

alat berat (*Heavy Equipment Components*). Dalam melakukan proses produksi, PT Arkha Jayanti Persada selama ini melakukan perencanaan dan penjadwalan secara sederhana, yakni membuat komponen alat berat berdasarkan pemesanan dari konsumen dengan menggunakan aturan *order* yang telah tiba lebih dahulu akan dilayani lebih dahulu (FCFS). [7] Jangka waktu yang diberikan konsumen untuk pengiriman produk ini pun berbeda-beda pula sesuai dengan keinginannya masing-masing. Karena itu dengan metode FCFS ini perusahaan kadang kala mengalami keterlambatan dalam penyelesaian produk. Salah satu faktor permasalahan dalam penjadwalan produksi PT Arkha Jayanti Persada yaitu adanya pemrosesan sejumlah komponen alat berat dengan mengatur urutan pekerjaan yang dimiliki dengan urutan sama disetiap mesin sehingga memiliki nilai *makespan* yang terlalu besar dan mengakibatkan keterlambatan dalam penyelesaian produksi. Salah satu metode yang dapat diterapkan dalam mengatasi nilai *makespan* yang terlalu besar pada penjadwalan produksi adalah Algoritma *Tabu Search*. Algoritma *Tabu Search* merupakan suatu jenis algoritma yang termasuk ke dalam jenis algoritma sub-optimal, jenis algoritma yang memberikan suatu solusi yang mendekati optimal. [5]. Ide dasar dari *tabu search* adalah memanfaatkan ingatan selama eksplorasi bagian dari solusi masalah, yang terdiri dari perpindahan berulang-ulang dari satu solusi ke solusi tetangga. [3]. Maka dari itu, metode Algoritma *Tabu Search* dapat digunakan untuk memperbaiki penjadwalan produksi pada pola aliran proses *flowshop* dan dapat meminimasi nilai *makespan* yang terlalu besar pada penjadwalan produksi.

II. METODE DAN PROSEDUR

Pelaksanaan penelitian dan pengambilan data dilakukan selama 1 bulan, dimulai pada tanggal 13 Agustus 2020 s/d 14 September 2020, di PT Arkha Jayanti Persada yang terletak di Jl. Lanbau No. 8, Karang Asem Barat, Citeureup, Bogor 16810. Dalam proses produksi pembuatan tiga jenis komponen alat berat (*Fender, Frame, Support*) oleh PT Arkha Jayanti Persada data yang diperoleh berdasarkan hasil wawancara, observasi, dan dokumentasi yaitu berupa waktu proses produksi, jumlah pesanan produk, batas waktu pengiriman yang diberikan, keterlambatan produksi, jam kerja dan dalam periode bulan Februari – April 2019. Yang akan diolah menggunakan Algoritma *Tabu Search* untuk memperoleh penjadwalan produksi yang optimal sehingga dapat meminimalkan nilai *makespan*. Langkah pemecahan masalah diilustrasikan pada *flowchart* gambar 1 dibawah ini:



Gambar 1. *Flow Chart* Penelitian

III. HASIL

Data yang didapatkan dengan melakukan wawancara langsung dan berdasarkan pengamatan langsung pada proses produksi yaitu berupa data waktu proses pembuatan tiga jenis produk komponen alat berat pada tiap mesin dalam satuan waktu yaitu hari. Data tersebut disajikan dalam bentuk tabel I. Pada tabel II di bawah merupakan hasil data produksi, data jumlah pesanan beserta batas waktu pengiriman dan keterlambatan produksi pada bulan Februari 2019 – April 2019, dengan tiga jenis komponen alat berat (*job*) yang disimbolkan sebagai berikut:

$J_1, J_2, J_3, J_4 = \text{Fender}$

$J_5, J_6, J_7 = \text{Frame}$

$J_8 = \text{Support}$

Dan untuk lima mesin yang digunakan, simbol yang diberikan adalah sebagai berikut:

$M_1 = \text{Cutting}$

$M_2 = \text{Forming}$

$M_3 = \text{Machining}$

$M_4 = \text{Welding}$

$M_5 = \text{Painting}$

TABEL I
DATA WAKTU PEMBUATAN KOMPONEN (HARI)

Produk	Job	Mesin				
		M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅
Fender	J ₁	1	1	2	2	1
	J ₂	1	1	2	2	1
	J ₃	1	1	2	2	1
	J ₄	1	1	2	2	1
Frame	J ₅	1	1	1	1	1
	J ₆	1	1	1	1	1
	J ₇	1	1	1	1	1
	J ₈	7	5	3	6	3

TABEL II
DATA KETERLAMBATAN PENYELESAIAN PRODUK

Nama produk	Jumlah (unit)	Customer	Waktu penyelesaian (hari)	Tanggal pesan	Batas waktu pengiriman	Keterlambatan (hari)
Fender	4	Komatsu	7	24 Februari 2019	10 Maret 2019	14
				27 Maret 2019	10 April 2019	1
Frame	3	Komatsu	5	07 Februari 2019	21 Februari 2019	10
				24 Februari 2019	21 Februari 2019	10

Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan perhitungan metode FCFS dan Algoritma *Tabu Search*, agar dapat diketahui nilai *makespan* dan efisiensi penjadwalan dari kedua metode tersebut. Adapun pengolahan data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

A. Perhitungan *makespan* metode FCFS (*first come first served*)

FCFS (*first come first served*) yaitu *job* yang datang diproses sesuai dengan *job* mana yang datang terlebih

dahulu. Dapat diperoleh untuk urutan pengerjaan produksinya yakni J8 – J1 – J2 – J3 – J4 – J5 – J6 – J7 dan untuk hasil kesimpulannya dapat dilihat sebagai berikut:

TABEL III
NILAI *MAKESPAN* (FCFS)

Job	Mesin 1		Mesin 2		Mesin 3		Mesin 4		Mesin 5	
	Start	Finish	Start	Finish	Start	Finish	Start	Finish	Start	Finish
8	0	7	7	12	12	15	15	21	21	24
1	7	8	12	13	15	17	21	23	24	25
2	8	9	13	14	17	19	23	25	25	26
3	9	10	14	15	19	21	25	27	26	28
4	10	11	15	16	21	23	27	29	28	30
5	11	12	16	17	23	24	29	30	30	31
6	12	13	17	18	24	25	30	31	31	32
7	13	14	18	19	25	26	31	32	32	33

Terdapat nilai *makespan* terakhir pada mesin 5 (*Painting*) yaitu sebesar 33 pada *job* 7, Artinya, dari proses perhitungan menggunakan metode FCFS (*first come first served*) diperoleh nilai *makespan* yakni 33 hari.

B. Perhitungan *makespan* metode Algoritma *Tabu Search*

Dalam penelitian ini, disertakan sebuah *software* Penjadwalan *Flowshop* dengan program yakni menggunakan Bahasa pemrograman LINGO. *Software* tersebut ialah untuk mempercepat dan mempermudah dalam melakukan perhitungan meminimasi nilai *makespan*. Gambar 1 merupakan tampilan awal dari *software* LINGO 18.0.



Sumber: LINGO 18.0
Gambar 1. Tampilan Awal Program LINGO

Berikut merupakan penjelasan dari tiap langkah dalam menjalankan *software* LINGO 18.0.

1. Merumuskan dalam kerangka program linier

a. Parameter

n = jumlah pekerjaan, $n = 8$

m = jumlah mesin, $m = 5$

P_{ij} = waktu proses pekerjaan j pada mesin i

$j(r)$ = urutan mesin yang dioperasikan untuk pekerjaan j

b. Variabel

t_{ij} = waktu mulai pekerjaan j pada mesin i

$x_{ijk} = 1$, jika pekerjaan j dikerjakan sebelum pekerjaan k pada mesin i
 $= 0$, sebaliknya, jika pekerjaan k dikerjakan sebelum pekerjaan j pada mesin i

2. Menuliskan dalam persamaan matematika
 - a. Fungsi Objektif

$$\text{Minimize } Z = \sum_{j=1}^n t_{j(m),j} \quad (1)$$

$$\text{Minimize } Z = \sum_{j=1}^8 t_{j(5),j} \quad (2)$$

- b. Fungsi Kendala

$$t_{j(r+1),j} \geq t_{j(r),j} + p_{j(r),j} \quad (3)$$

for $r = 1, 2, \dots, m-1$ and $\forall j$

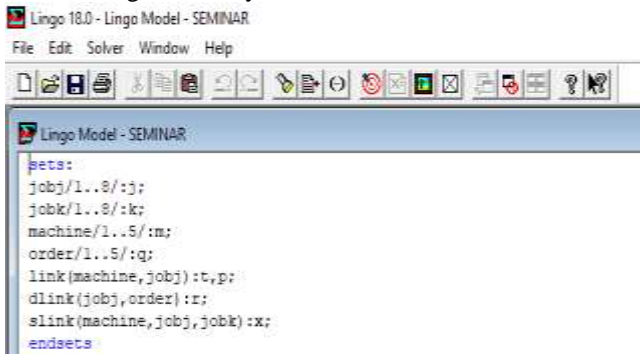
$$t_{ik} \geq t_{ij} + P_{ij}, \text{ if } x_{ijk} = 1 \quad (4)$$

$$t_{ij} \geq t_{ik} + P_{ik}, \text{ if } x_{ijk} = 0 \quad (5)$$

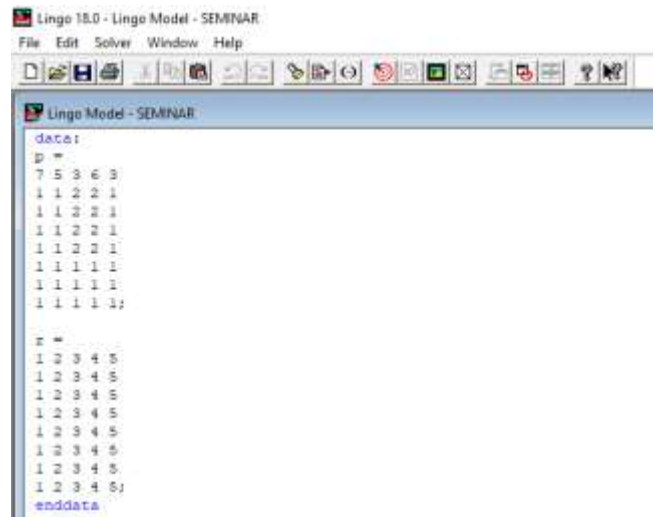
$$t_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j \quad (6)$$

$$x_{ijk} \in \{0,1\} \quad \forall i, j, k \quad (7)$$

3. Merumuskan ke dalam LINGO 18.0 dan mengeksekusinya.



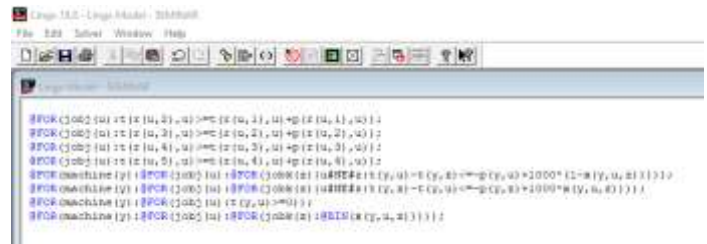
Sumber: LINGO 18.0
 Gambar 2. Input Parameter dan Variabel



Sumber: LINGO 18.0
 Gambar 3. Input Data



Sumber: LINGO 18.0
 Gambar 4. Fungsi Objektif



Sumber: LINGO 18.0
 Gambar 5. Fungsi Kendala



Sumber: LINGO 18.0
 Gambar 6. Mengeksekusi/menjalankan perintah "Solve"

Global optimal solution found.
Objective value: 118,0000
Objective bound: 118,0000
Infeasibilities: 0,000000
Extended solver steps: 9269
Total solver iterations: 149240
Elapsed runtime seconds: 8,49
Model Class: NLP
Total variables: 396
Nonlinear variables: 0
Integer variables: 320
Total constraints: 433
Nonlinear constraints: 0
Total messages: 1792
Nonlinear solves: 0

Variable	Value	Reduced Cost
Z(1)	0,000000	0,000000
Z(2)	0,000000	0,000000
Z(3)	0,000000	0,000000
Z(4)	0,000000	0,000000
Z(5)	0,000000	0,000000
Z(6)	0,000000	0,000000
Z(7)	0,000000	0,000000
Z(8)	0,000000	0,000000
Z(9)	0,000000	0,000000
Z(10)	0,000000	0,000000
Z(11)	0,000000	0,000000
Z(12)	0,000000	0,000000
Z(13)	0,000000	0,000000
Z(14)	0,000000	0,000000
Z(15)	0,000000	0,000000
Z(16)	0,000000	0,000000
Z(17)	0,000000	0,000000
Z(18)	0,000000	0,000000
Z(19)	0,000000	0,000000
Z(20)	0,000000	0,000000

Sumber: LINGO 18.0
Gambar 7. Tampilan Output LINGO

Dan untuk hasil kesimpulannya dapat dilihat sebagai berikut:

TABEL IV
NILAI MAKESPAN (LINGO)

Job	Mesin 1		Mesin 2		Mesin 3		Mesin 4		Mesin 5	
	Start	Finish	Start	Finish	Start	Finish	Start	Finish	Start	Finish
4	0	1	1	2	2	3	3	6	6	7
7	1	2	2	3	3	5	6	7	7	8
1	2	3	3	5	5	6	7	8	8	9
8	3	5	5	6	6	8	8	9	9	10
6	5	6	6	8	8	9	9	12	12	13
3	8	9	9	10	10	12	12	17	17	18
5	13	14	14	16	16	17	17	23	23	24
2	15	16	16	17	17	19	23	30	30	31

Terdapat nilai *makespan* terakhir pada mesin 5 (*Painting*) yaitu sebesar 31 pada *job* 2, Artinya, dari proses perhitungan menggunakan *Software* LINGO 18.0 diperoleh nilai *makespan* yang paling optimal yakni 31 hari dengan urutan penjadwalan produksi yaitu J4 – J7 – J1 – J8 – J6 – J3 – J5 – J2 atau dalam urutan awal Algoritma *Tabu Search* yakni J3 – J6 – J5 – J7 – J8 – J2 – J4 – J1.

Selanjutnya adalah melihat dan membandingkan hasil pengukuran efektifitas dari metode FCFS (*First Come First Served*) dan Algoritma *Tabu Search*. Hasil yang dibandingkan dari perhitungan tersebut antara lain perbaikan nilai *makespan* pada penjadwalan produksi, waktu penyelesaian rata-rata, keterlambatan *job* rata-rata dan nilai dari utilitasnya, dapat dilihat dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$1. \text{ Waktu penyelesaian rata-rata} = \frac{\text{Jumlah waktu aliran total}}{\text{Jumlah pekerjaan}} \quad (8)$$

$$2. \text{ Keterlambatan job rata-rata} = \frac{\text{Jumlah hari keterlambatan}}{\text{Jumlah pekerjaan}} \quad (9)$$

3. Utilitas

$$\text{Utilitas} = \frac{\text{Jumlah waktu proses total}}{\text{Jumlah waktu aliran total}} \times 100 \quad (10)$$

Dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan, maka dapat dilihat perbandingan antara penjadwalan produksi dari perusahaan (FCFS) dengan penjadwalan produksi menggunakan metode Algoritma *Tabu Search*.

TABEL V
PERBANDINGAN PENJADWALAN

No	Analisis Efektifitas	Perbandingan Penjadwalan		Satuan
		FCFS	<i>Tabu Search</i>	
1	Waktu Penyelesaian Rata – rata	29	15	Hari
2	Keterlambatan <i>Job</i> Rata – rata	6	3	Hari
3	Utilisasi	5	7	%
4	<i>Makespan</i>	33	31	Hari

Berdasarkan hasil analisis diatas, maka penjadwalan yang paling baik dalam melakukan proses produksi komponen alat berat adalah penggunaan metode Algoritma *tabu search*. Karena memiliki nilai *makespan* terbaik yaitu 31 hari, mempunyai waktu penyelesaian rata-rata lebih baik dari metode FCFS yaitu 15 hari, utilitas dalam memanfaatkan sumberdaya yang ada sudah maksimal karena lebih besar dari metode FCFS yaitu sebesar 7%, dengan urutan *job* yakni J3 – J6 – J5 – J7 – J8 – J2 – J4 – J1.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap penjadwalan produksi pada PT Arkha Jayanti Persada maka dapat diambil kesimpulan berdasarkan tujuan dari hasil penelitian yang didapatkan yaitu pada penjadwalan produksi dengan menggunakan metode Algoritma *Tabu Search* sudah optimal dan sesuai dengan keadaan perusahaan yang menerapkan sistem pola aliran proses *flowshop*, dimana setiap *job* akan melalui setiap mesin dengan urutan yang seragam. Adapun urutan *job* yang diperoleh dengan Algoritma *Tabu Search* yaitu *Fender – Frame – Frame – Frame – Support – Fender – Fender – Fender*. Waktu proses mesin dilihat per proses produksinya, yang dimana waktu tersebut menghasilkan *makespan*, setelah dilakukannya pengujian dengan Algoritma *Tabu Search* yaitu mengalami perbaikan menjadi 31 hari dan mengalami penurunan nilai *makespan* sebesar 0,88 % adapun terjadi peningkatan untuk utilitas sebesar 2% yang akhirnya menjadi 7%.

REFERENCES

- [1] A. K. Dwi, E. dan F. Wahyu, "Penjadwalan Flow Shop N Job M Machine Dengan Metode Heuristik Algoritma *Pour* dan *Tabu Search*," *Seminar Nasional Teknik Industri Universitas Gadjah Mada*, 106-115, 2016.
- [2] A. P. Early, "Usulan Perbaikan Penjadwalan Produksi *Flow Shop* dengan Menggunakan Metode *Nawaz Enscore Ham*," *Scientific Journal of Industrial Engineering*, vol. 1, no. 1, 10-12, 2020.
- [3] D. Johann, S. Patrick, P. Alain, and T. Eric, "Metaheuristics for Hard *Optimiz*," Germany: Springer, 2005.
- [4] G. Rosnani, "Penjadwalan Mesin," Yogyakarta: Graha Ilmu, 2009.
- [5] I. Defri, A. M. Ahmad, dan S. Deni, "Analisis Penjadwalan Produksi Job Shop Pada UKM Di Bidang Konveksi Dengan Menggunakan Metode Algoritma *Tabu Search* (Studi Kasus Di Panca Konveksi)," *INTEGRASI*, vol. 3, no. 2, 21-27, 2018.

- [6] I. S. Rosi, "Analisis Sistem Penjadwalan Produksi Berdasarkan Pesanan Pelanggan dengan Metode FCFS, LPT, SPT dan EDD Pada PD. X," *Jurnal Optimasi Teknik Industri*, vol. 1, no. 2, 26-30, 2019.
- [7] LINDO System Inc, "*LINGO The Modelling Language and Optimizer*," Illionis: LINDO System Inc, 2013.
- [8] S. Rencus dan G. SS. Abadi, "Penjadwalan Produksi *Job Shop* Dengan Menggunakan algoritma *Tabu Search* Pada PT. XYZ," *E-Jurnal Teknik Industri FT USU*, vol. 8, no.2, pp. 1-5, 2013.