



**PAPER – OPEN ACCESS**

## Penerapan Metode Algoritma Tabu Search Pada Penjadwalan Mesin

Author : Roberta Simarmata, dan Said Munal Akid  
DOI : 10.32734/ee.v6i1.1914  
Electronic ISSN : 2654-7031  
Print ISSN : 2654-7031

*Volume 6 Issue 1 – 2023 TALENTA Conference Series: Energy and Engineering (EE)*



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/).  
Published under licence by TALENTA Publisher, Universitas Sumatera Utara



# Penerapan Metode Algoritma *Tabu Search* Pada Penjadwalan Mesin

Roberta Simarmata<sup>a</sup>, Said Munal Akid<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Departemen Megister Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Jl. Almamater Kampus USU, Medan 20155, Indonesia  
simarmata.roberta@gmail.com, saidmunal@gmail.com

## Abstrak

Perusahaan PT. XYZ bergerak dibidang *Medical Device* yang terdiri dari *Vision Care* dan *Surgical product*. Permasalahan yang saat ini dihadapi PT. XYZ adalah keterlambatan menyelesaikan order, perusahaan membutuhkan waktu tambahan sekitar 2 – 4 dari waktu yang ditetapkan. Keterlambatan akan mempengaruhi nilai terhadap customer sehingga sering terjadi pembatalan pesanan dan penambahan permintaan ditengah periode perencanaan produksi. Perusahaan saat ini menggunakan metode *First Come First Served* (FCFS). Penerapan penjadwalan pada penelitian ini dilakukan dengan metode *tabu search* didasarkan atas pernyataan dalam memecahkan masalah yang harus dikombinasikan dengan *adaptive memory* dan *responsive exploration*. Penyelesaian job dengan penerapan metode perusahaan pada penjadwalan produksi di PT. XYZ mampu menyelesaikan job selama 116.14 jam maka dengan menerapkan metode *tabu search* dapat meminimalkan makespan 12.93% untuk sistem penjadwalan flowshop yaitu 101.12 jam dengan nilai relative error sebesar 14.85%.

**Kata Kunci:** Penjadwalan; *Tabu search*; keterlambatan.

## Abstract

The company PT. XYZ is engaged in *Medical Devices* consisting of *Vision Care* and *Surgical products*. The problem currently faced by PT. XYZ is the delay in completing orders, the company requires an additional time of about 2-4 from the set time. Delays will affect the value to the customer so that there are frequent order cancellations and additional requests in the middle of the production planning period. The company currently uses the *First Come First Served* (FCFS) method. The application of scheduling in this study was carried out using the *tabu search* method based on statements in solving problems that must be combined with *adaptive memory* and *responsive exploration*. Completion of jobs with the application of company methods in production scheduling at PT. XYZ was able to complete the job for 116.14 hours, so by applying the *tabu search* method it can minimize makespan 12.93% for the flowshop scheduling system, which is 101.12 hours with a relative error value of 14.85%.

**Keywords:** Scheduling; *Tabu search*; tardiness.

## 1. Pendahuluan

Perusahaan PT. XYZ bergerak dibidang *Medical Device* yang terdiri *Vision Care* dan *Surgical product*. Fokus perusahaan saat ini adalah product surgical dimana tingginya permintaan *customer* dengan berbagai tipe produk. Dalam proses penyelesaian produk ini melalui beberapa tahap proses dan pengujian, menggunakan berbagai mesin dan jumlah mesin untuk setia pada jenis produknya, menyebabkan pengiriman produk tertunda. Keterlambatan

pesanan customer akan mengakibatkan kekecewaan karena melewati batas yang ditentukan. Hal ini disebabkan oleh penjadwalan proses produksi yang tidak optimal yang diterapkan oleh perusahaan, yang dapat berdampak pada operator dengan menambah waktu kerja.

PT. XYZ sering mengalami keterlambatan dalam menyelesaikan orderan dari waktu yang ditetapkan. PT. XYZ mengerjakan orderan melalui beberapa tahapan sampai pengiriman dengan *lead time* yang besar sehingga terkadang mengundur penyelesaian. Keterlambatan akan mempengaruhi nilai terhadap *customer* sehingga sering terjadi pembatalan pesanan dan penambahan permintaan ditengah periode perencanaan produksi [8]. Penjadwalan diperlukan ketika banyak tugas (pekerjaan) atau proses yang harus dilakukan dan jumlah sumber daya (waktu, bahan baku, tenaga kerja, mesin, modal, dan sebagainya) yang diperlukan untuk menyelesaikan tugas atau proses tersebut terbatas. Metode Algoritma Pencarian Tabu dapat digunakan untuk memperbaiki penjadwalan produksi pada pola aliran proses *flowshop* dan mengurangi nilai *makespan* yang terlalu besar [1].

Permasalahan yang saat ini dihadapi PT. XYZ adalah keterlambatan menyelesaikan order, perusahaan membutuhkan waktu tambahan sekitar 2 – 4 dari waktu yang ditetapkan. Perusahaan saat ini menggunakan metode *First Come First Served* (FCFS). Beberapa kondisi menunjukkan bahwa metode penjadwalan perusahaan ini belum ideal [15]. Salah satunya adalah penggunaan sumber daya yang rendah, yang tercermin dari daya pemrosesan yang rendah dibandingkan dengan kapasitas mesin yang tersedia [2]. Penerapan penjadwalan pada penelitian ini dilakukan dengan metode tabu search, memberikan contoh yang relatif sederhana dan jelas memungkinkan penulis untuk menemukan beberapa aspek utama untuk menggunakan pendekatan algoritma tabu search pada sistem pada produksi. Dengan demikian, akan ditunjukkan bahwa solusi tabu search adalah alternatif yang baik untuk optimasi yang ketat dalam beberapa kasus dan itu sebagai tantangan yang sangat menarik untuk masa depan untuk merancang pendekatan.

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menyelesaikan dan meminimalkan *makespan* pesanan sesuai permintaan *customer* dengan penerapan metode algoritma tabu search dan untuk mengetahui perbandingan antara *makespan* penyelesaian *job* dengan metode yang digunakan perusahaan saat ini dan metode *algorithm* tabu search.

Penjadwalan adalah pembagian sumber daya secara bertahap untuk mencapai tujuan tertentu [3]. Penjadwalan sangat penting untuk mempertahankan posisi kompetitif perusahaan dalam kondisi pasar yang sangat cepat berubah. Karena itu, sangat penting untuk membuat penjadwalan yang efektif. Penjadwalan bertujuan untuk meminimalkan metrik seperti *makespan*, total flow time, dan total *tardiness* [4]. Apabila terdapat sejumlah tugas yang harus diselesaikan, masalah penjadwalan sering muncul. Salah satu masalah yang sering muncul adalah bagaimana mengalokasikan tugas-tugas tersebut pada mesin sehingga proses produksi dapat dijadwalkan dengan tepat. Waktu penyelesaian sering terlambat karena masih ada jam kerja menganggur tetapi harus dilakukan lembur untuk mengejar keterlambatan karena penjadwalan yang kurang direncanakan [17].

Permasalahan yang terjadi, terdapat ketidaksesuaian antara produksi yang direncanakan dengan actual hasil yang di dapatkan penelitian ini menggunakan metode *scheduling* dengan menerapkan *flowshop* yaitu algoritma pencarian tabu, metode *campbell dudek and smith* (CDS), dan algoritma *pour* heuristik. Dengan melakukan *routing* proses produksi untuk menentukan proses pekerjaan yang dapat melakukan pemborosan dalam waktu proses [7]. Dibandingkan dengan tanggal pemrosesan, prioritas order di flow shop terutama dipengaruhi oleh pengirimannya. Banyak kemungkinan kombinasi pembebanan (*loadling*) dan urutan-urutan (*sequencing*) dihasilkan oleh faktor-faktor di atas. Banyak perhatian diberikan pada penelitian penjadwalan *job shop* karena perhitungan identifikasi dan evaluasi jadwal yang sangat sulit. Penjadwalan, penyesuaian, dan pembaharuan *job shop* juga membutuhkan infestasi yang sangat besar [9].

Penjadwalan adalah proses pengorganisasian, pemilihan, dan pemberian waktu untuk melakukan aktivitas yang diperlukan untuk mencapai *output* yang diinginkan, sambil mematuhi waktu yang ditetapkan dan kendala-kendala hubungan antara waktu dan aktivitas. Penjadwalan adalah proses pengalokasian sumber daya untuk menyelesaikan sekumpulan tugas dalam jangka waktu tertentu, dan pengurutan adalah proses pengurutan pembuatan produk secara menyeluruh pada sejumlah mesin tertentu. Penjadwalan adalah fungsi pengambilan keputusan, yaitu menentukan jadwal (nilai praktis). Penjadwalan adalah teori, yang terdiri dari sekumpulan prinsip-prinsip dasar, model, metode,

dan kesimpulan logis yang membantu memahami fungsi penjadwalan (nilai konseptual). Penjadwalan mencakup pengurutan pekerjaan (*sequencing*), waktu mulai dan selesai pekerjaan (*timing*), dan urutan proses pekerjaan (*routing*) [5].

Sehubungan dengan data produksi yang dihasilkan terkait dengan target perusahaan dalam penelitian ini, data berikut:

### 1.1. Pemesanan Produk

Permintaan *customer* dengan jumlah yang berbeda- beda dan bervariasi akan mempengaruhi jadwal. Produk yang dipesan pada Januari 2022 pada tabel dibawah.

Tabel 1. Data Pemesanan Produk PT. XYZ

Tipe produk	Jumlah Pesanan (Unit)
IFC23	1530
IFC25	800
IFC27	300
Flex23	1600
Flex25	860
CnD	250

### 1.2. Data Mesin Produksi

Berikut ini adalah daftar produk untuk memenuhi order di bulan Januari – Juni 2022 beserta mesin yang dilewati dalam pembuatannya ditunjukkan pada tabel dibawah.

Tabel 2. Data mesin proses produksi pada setiap *Work Center*

Work Center	Nama Stasiun	Jumlah (unit)	Kapasitas Stasiun / Unit
I	Mesin Cleaning	1	80
II	Sub-Assembly	2	30
III	Final Assembly	4	15
IV	Final Testing	2	40
V	Packaging	1	70

### 1.3. Uraian Proses Produksi

Produk *surgical* yang diproduksi oleh PT. XYZ yang melalui beberapa tahap, dengan detailnya sebagai berikut:

Tabel 3. Uraian Proses Produksi

Work Center	Urutan Kerja	Uraian Proses
I	1	Material di bersihkan dengan menggunakan alkohol dan Air
	2	Dikeringkan menggunakan Oven
	3	Disatukan material sesuai tipe dan batchnya
II	4	Kabel dan Serat dipotong sesuai ukuran

Work Center	Urutan Kerja	Uraian Proses
III	5	Serat dimasukkan ke dalam kabel
	6	Nitinol dan Canulla dimasukkan kedalam handpiece
	7	Dimasukkan Clear tube kedalam SMA connector dan dilocite
	8	Dikumpulkan semua material yang sudah disub assembly
	9	Dilakukan penggabungan antara Handpiece dengan Kabel yang berisi fiber bagian sisi atas
	10	Dilakukan penggabungan antara SMA connector dengan Kabel yang berisi fiber bagian sisi bawah
	11	Diratakan permukaan sisi Handpiece dan SMA connector
	12	Produk digantungkan ke tree hanger
IV	13	Bagian connector dipolish
	14	Dilakukan pengujian kekuatan tarik dan pengukuran panjang
	15	Produk digulung sebanyak 6-7 gulungan
	16	Dilakukan RFDI Programming
	17	Dilakukan final testing dan image test
V	18	Label produk dicetak dan diverifikasi
	19	Dimasukkan parameter mesin pakckaging
	20	Dilakukan verifikasi spesifikasi mesin dengan menggunakan dummy testing
	21	Produk dibersihkan dengan Alkohol dan digulung kembali
	22	Produk dikemas kemas dan diseal
	23	produk dimasukkan ke kemasan karton dan ditempelkan label

#### 1.4. Data Pengukuran

Produk surgical yang diproduksi oleh PT. XYZ yang melalui beberapa tahap pada setiap work center diperoleh pengukuran waktu menggunakan metode jam henti (penelitian waktu stopwatch). Pengukuran ini dilakukan selama 5 kali terhadap semua elemen kerja yang ada pada masing- masing work center. Data Pengukuran waktu pada work center yaitu *station Cleaning*. Pengukuran waktu pada work center I dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 4. Data Waktu Proses pada Work Center I

Job	Tipe produk	Waktu Proses (Menit)				
		1	2	3	4	5
1	IFC23	20.50	22.10	17.40	19.30	20.50
2	IFC25	22.10	19.30	18.08	22.00	21.08
3	IFC27	20.30	18.09	21.08	21.07	20.70
4	Flex23	17.04	15.10	18.20	17.50	16.20
5	Flex25	18.90	17.09	19.09	18.90	19.00
6	CnD	51.74	55.00	49.90	52.20	55.10

## 2. Metode dan Penelitian

Obyek yang dijadikan bahan penelitian adalah PT. XYZ yaitu perusahaan multinasional yang bergerak dibidang medical device. PT XYZ beralamat di Kawasan BIP Batam. Waktu penelitian dilakukan bulan Januari 2022 – Juni 2022. Penelitian ini menggunakan algoritma pencarian tabu. Metode ini digunakan untuk menyelesaikan masalah penjadwalan yang tidak optimal dengan meminimalkan nilai makespan yang terlalu besar pada penjadwalan produksi.

Dalam pengerjaan penelitian, dimulai dengan mengidentifikasi masalah yang terjadi dan penentuan tujuan penelitian sampai pengolahan data dengan tahapan dibawah ini [6] :

- Studi pendahuluan yaitu mengidentifikasi permasalahan-permasalahan yang dihadapi industri PT. XYZ dengan membaca serta mempelajari beberapa penelitian yang berhubungan dengan permasalahan yang diteliti. Salah satu masalah dengan perusahaan PT. XYZ adalah bagaimana menjadwalkan setiap pemesanan, atau *job order*, dari pelanggan. Setiap pelanggan biasanya memesan berbagai jenis produk dan jumlah, sehingga diperlukan untuk menjadwalkan setiap pemesanan (*job order*) agar beban kerja dapat didistribusikan secara merata di setiap lokasi kerja.
- Implementasi yaitu menganalisis dan membahas masalah penjadwalan *Flow Shop* dengan algoritma pencarian tabu untuk menghasilkan solusi yang efisien dan optimal. Data yang digunakan berasal dari observasi, wawancara di lapangan, dan data dari perusahaan.
- Verifikasi yaitu pemeriksaan apakah pemodelan yang dijalankan sesuai dengan logika diagram alur.
- Kesimpulan yaitu menetapkan kesimpulan dari hasil penelitian.

Algoritma Pencarian Tabu termasuk dalam kategori algoritma suboptimal, yang menawarkan solusi yang hampir optimal. Ide dasar dari pencarian tabu adalah memanfaatkan ingatan saat mempelajari sebagian dari solusi masalah, yang terdiri dari perpindahan berulang dari satu solusi ke solusi yang lebih dekat. Oleh karena itu, Algoritma Pencarian Tabu dapat digunakan untuk memperbaiki pola aliran proses *flowshop* dan mengurangi nilai *makespan* yang terlalu besar pada penjadwalan produksi [1].

Berikut ini langkah-langkah dalam melakukan pengolahan data [5] :

- Mengidentifikasi masalah yang terjadi dalam penjadwalan produksi PT. XYZ dengan observasi terhadap objek yang diteliti dan wawancara terhadap perwakilan perusahaan dan data yang diperoleh dari perusahaan.
- Perhitungan loading program berdasarkan tingkat produksi (routing sheet).
- Menyusun jadwal dengan metode graf.
- Memilih jadwal yang optimal dengan metode algoritma tabu search.

Langkah 1 : dari set S, pilih solusi awal I. Set  $i^* = I$  dan  $k = 0$

Langkah 2 : menghasilkan subset  $V^*$  dari solusi dalam  $N(i,k)$  dengan menggunakan set  $k = k+1$

Langkah 3 : memilih nilai j pada  $V^*$  berdasarkan f atau dengan modifikasi fungsi f, dan kemudian menetapkan set  $i=j$

Langkah 4 : menetapkan bahwa set  $i^*=i$  jika  $f(i) < f(i^*)$

Langkah 5 : hentikan jika persyaratan pemberhentian tercapai. Jika tidak, kembali ke Langkah 2.

- Bandingkan hasil penjadwalan terhadap jadwal produksi tanpa penerapan penjadwalan dengan metode algoritma tabu search.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Perhitungan Makespan Menggunakan Metode FCFS (First Come First Served)

Perusahaan menggunakan aturan FCFS (*First Come First Serve*) untuk menjadwalkan semua pekerjaan yang datang [15]. Urutan pekerjaan di perusahaan adalah sebagai berikut: IFC23 (pekerjaan 1), IFC25 (pekerjaan 2), IFC25 (pekerjaan 3), Flex23(pekerjaan 4), Flex25 (pekerjaan 5), dan CnD (pekerjaan 6). Makespan perhitungan pada jadwal actual perusahaan pada tabel dibawah.

Tabel 5. Hasil makespan penjadwalan metode aktual perusahaan

Work Center	Job	Waktu penyelesaian (jam)					
		IFC23 1	IFC25 2	IFC27 3	Flex23 4	Flex25 5	CnD 6
I	Mulai	0.00	13.21	20.62	23.35	35.67	43.11
	Selesai	13.21	20.62	23.35	35.67	43.11	47.70
II	Mulai	13.21	34.03	45.18	49.37	67.82	76.53
	Selesai	34.03	45.18	49.37	67.82	76.53	83.32
III	Mulai	34.03	49.25	57.30	67.82	83.69	90.30
	Selesai	49.25	57.30	60.31	83.69	90.30	95.34
IV	Mulai	49.25	56.66	60.40	83.69	94.98	100.51
	Selesai	56.66	60.40	61.85	94.98	100.51	103.55
V	Mulai	56.66	70.14	77.28	94.98	105.98	112.29
	Selesai	70.14	77.28	79.96	105.98	112.29	116.14

Dari tabel 5 menunjukkan bahwa nilai maksplan dengan metode actual perusahaan yaitu FCFS (*First come first serve*) adalah sebesar 116.14 jam yang berarti perusahaan membutuhkan total waktu 116.14 jam untuk memenuhi keseluruhan order pelanggan.

### 3.2. Perhitungan Menggunakan Metode Pencarian Tabu

Pengolahan data dengan metode *tabu search* menggunakan Teknik *neighborhood search* lokal yaitu cara kerja secara iterasi dari suatu titik (solusi) ke solusi lain hingga kriteria terminasi yang telah terpilih dipenuhi. Metode *neighborhood search* digunakan untuk menemukan sebuah penaksiran untuk solusi optimum sebagai berikut:

- Inisialisasi awal  
Inisialisasi awal pada pengolahan ini diperoleh dari nilai makespan awal perusahaan sebesar 116.14 jam.
- Membuat solusi awal  
Dalam penelitian ini, pekerjaan 1–2–3–4–5–6 digunakan sebagai pembanding untuk proses pencarian tabu.
- Menentukan Kriteria Tujuan  
Kriteria tujuan dalam penelitian ini adalah meminimisasi *makespan*
- Melakukan *Move*  
Dalam penelitian ini, pencarian sekitar digunakan, dan pencarian tabu digunakan untuk menemukan solusi urutan produksi terbaik. Jumlah waktu yang diperlukan untuk melakukan pengolahan algoritma ini, yaitu jumlah waktu yang diperlukan untuk setiap produk, dengan jumlah iterasi tertentu.
- Alternatif *Move*  
Setelah memasukkan data yang diperlukan ke dalam pengolahan pencarian tabu, yang merupakan proses produksi produk, hasilnya diperoleh dari pengolahan urutan produksi terpendek [5].

Diketahui makespan awal perusahaan sebesar 1 jam dengan urutan *job* 1-2-3-4-5-6 . Perhitungan iterasi I pada metode *tabu search* pada tabel dibawah.

Tabel 6. Perhitungan Iterasi I dengan metode *Tabu Search*

<i>Move Ke</i>	Urutan Job	Makespan (jam)
0	1, 2, 3, 4, 5, 6	116.14
1	2, 1, 3, 4, 5, 6	112.40
2	3, 2, 1, 4, 5, 6	114.67
3	4, 3, 2, 1, 5, 6	109.18
4	5, 4, 3, 2, 1, 6	114.33
5	6, 5, 4, 3, 2, 1	104.27
6	1, 3, 2, 4, 5, 6	116.14
7	1, 4, 3, 2, 5, 6	110.61
8	1, 5, 3, 4, 2, 6	114.54
9	1, 6, 3, 4, 5, 2	115.06
10	1, 2, 4, 3, 5, 6	114.63
11	1, 2, 5, 4, 3, 6	117.04
12	1, 2, 6, 4, 5, 3	117.56
13	1, 2, 3, 5, 4, 6	118.55
14	1, 2, 3, 6, 5, 4	121.49
15	1, 2, 3, 4, 6, 5	116.14

Job 6, Job 5, Job 4, Job 3, Job 2, dan Job 1 adalah pekerjaan yang memiliki makespan terkecil, menurut tabel 6. Dengan nilai *makepan* 104.27 jam. Perhitungan penjadwalan move ke 6 pada iterasi I pada tabel dibawah.

Tabel 7. Hasil Iterasi *makespan* penjadwalan metode *tabu search* move ke 6 pada iterasi I

Work Center	Job	Waktu Penyelesaian (jam)					
		CnD 6	Flex25 5	Flex23 4	IFC27 3	IFC25 2	IFC21 1
I	Mulai	0	4.59	12.03	24.35	27.08	34.49
	Selesai	4.59	12.03	24.35	27.08	34.49	47.70
II	Mulai	4.59	12.03	24.35	42.79	46.99	58.14
	Selesai	11.38	20.75	42.79	46.99	58.14	78.96
III	Mulai	11.38	20.75	42.79	58.66	61.67	78.96
	Selesai	16.42	27.36	58.66	61.67	69.72	83.99
IV	Mulai	16.42	27.36	58.66	69.96	71.40	83.99
	Selesai	19.46	32.89	69.96	71.40	75.15	87.03
V	Mulai	19.46	32.89	69.96	80.96	83.64	90.78
	Selesai	23.31	39.20	80.96	83.64	90.78	104.27

Perhitungan iterasi ke-2 dengan menggunakan move ke 6 pada iterasi I dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Hasil Perhitungan Iterasi II dengan metode *tabu search*

<i>Move Ke</i>	Urutan Job	Makespan (jam)
0	6, 5, 4, 3, 2, 1	104.27
1	2, 1, 6, 4, 5, 3	113.82
2	6, 2, 1, 4, 5, 3	111.63
3	4, 2, 6, 1, 5, 3	114.62
4	5, 2, 6, 4, 1, 3	112.15
5	3, 2, 6, 4, 5, 1	112.17

Move Ke	Urutan Job	Makespan (jam)
6	1, 6, 2, 4, 5, 3	117.56
7	1, 4, 6, 2, 5, 3	101.12
8	1, 5, 6, 4, 2, 3	108.70
9	1, 3, 6, 4, 5, 2	109.58
10	1, 2, 6, 4, 5, 3	117.56
11	1, 2, 5, 4, 6, 3	117.04
12	1, 2, 3, 4, 5, 6	116.14
13	1, 2, 6, 5, 4, 3	119.97
14	1, 2, 6, 3, 5, 4	121.49
15	1, 2, 6, 4, 3, 5	117.56

Sumber : Pengolahan Data

Urutan pekerjaan nomor 1 hingga 4, nomor 6 hingga 2, nomor 5 dan nomor 3 memiliki nilai makespan 101.12 jam, menurut tabel 4.20. Perhitungan penjadwalan move ke 8 pada iterasi II dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Hasil Iterasi *makespan* penjadwalan metode *tabu search* move ke 8 pada iterasi II

Work Center	Job	Waktu Penyelesaian (jam)					
		IFC23	Flex23	CnD	IFC25	Flex25	IFC27
		1	4	6	2	5	3
I	Mulai	0	13.21	25.53	30.12	37.54	44.97
	Selesai	13.21	25.53	30.12	37.54	44.97	47.70
II	Mulai	13.21	34.03	52.47	59.25	70.41	79.12
	Selesai	34.03	52.47	59.25	70.41	79.12	83.32
III	Mulai	34.03	49.25	65.12	70.41	79.12	85.74
	Selesai	49.25	65.12	70.15	78.46	85.74	88.74
IV	Mulai	49.25	56.66	70.15	78.46	85.74	91.26
	Selesai	56.66	67.95	73.19	82.21	91.26	92.71
V	Mulai	56.66	70.14	81.15	85.00	92.14	98.44
	Selesai	70.14	81.15	85.00	92.14	98.44	101.12

### 3.3. Kondisi Awal Perusahaan

Dari data yang didapat dari perusahaan PT. XYZ dalam penelitian ini, penjadwalan produksi diperusahaan masih kurang optimal dalam menghasilkan menyelesaikan *job* sesuai dengan jumlah dan jenis product yang dipesan oleh *customer*. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan serta hasil dalam pengolahan data awal perusahaan dapat dilihat hasil seperti tabel dibawah ini.

Tabel 10. Data Pengamatan Awal

Work Center	Nama Stasiun	Jumlah (unit)	Kapasitas Stasiun / Unit	Waktu Set Up (menit)
I	Mesin Cleaning	1	80	13
II	Sub-Assembly	2	30	7
III	Final Assembly	4	15	5
IV	Final Testing	2	40	10
V	Packaging	1	70	15

Sumber : Pengolahan Data

Jumlah stasiun kerja yang ada di perusahaan ada 5 stasiun kerja dimana jumlah mesin dan kapasitas yang berbeda- beda. *Job* yang sedang dikerjakan ada 6 *Job* dengan dengan jumlah yang berbeda- beda juga. Untuk menyelesaikan semua *Job* tersebut membutuhkan waktu hingga 116.14 jam atau 14.51 hari sementara *Customer* mengharapkan bahwa *job* akan selesai dengan waktu 14 hari. Keterlambatan ini terjadi karena kurang optimalnya penjadwalan yang ada di dalam perusahaan. Perhatikan Tabel 11 untuk melihat kondisi pada masing-masing stasiun kerja.

Tabel 11. Data Pengamatan penyelesaian job dengan metode perusahaan

Work Center	Job	Waktu penyelesaian (jam)					
		IFC23 1	IFC25 2	IFC27 3	Flex23 4	Flex25 5	CnD 6
I	Mulai	0.00	13.21	20.62	23.35	35.67	43.11
	Selesai	13.21	20.62	23.35	35.67	43.11	47.70
II	Mulai	13.21	34.03	45.18	49.37	67.82	76.53
	Selesai	34.03	45.18	49.37	67.82	76.53	83.32
III	Mulai	34.03	49.25	57.30	67.82	83.69	90.30
	Selesai	49.25	57.30	60.31	83.69	90.30	95.34
IV	Mulai	49.25	56.66	60.40	83.69	94.98	100.51
	Selesai	56.66	60.40	61.85	94.98	100.51	103.55
V	Mulai	56.66	70.14	77.28	94.98	105.98	112.29
	Selesai	70.14	77.28	79.96	105.98	112.29	116.14

Sumber : Pengolahan Data

Berdasarkan tabel diatas bisa dilihat bahwa urutan penyelesaian adalah job: Job 1 – Job 2 – Job 3 – Job 4 – Job 5 – Job 6. Dan lihat dari penjadwalan yang ada terdapat keterlambatan dalam penyelesaian *job* yang disebabkan karena kurang sempurna sistem penjadwalan diantara stasiun-stasiun kerja tersebut.

### 3.4. Kondisi Metode Tabu Search

Dengan menggunakan metoda *algoritma tabu search*, penjadwalan produksi mengalami perbaikan hasil seperti yang ditampilkan Tabel 12 dibawah ini .

Tabel 12. Data usulan penyelesaian job dengan metode *tabu search* pada iterasi II

Work Center	Job	Waktu Penyelesaian (jam)					
		IFC23 1	Flex23 4	CnD 6	IFC25 2	Flex25 5	IFC27 3
I	Mulai	0	13.21	25.53	30.12	37.54	44.97
	Selesai	13.21	25.53	30.12	37.54	44.97	47.70
II	Mulai	13.21	34.03	52.47	59.25	70.41	79.12
	Selesai	34.03	52.47	59.25	70.41	79.12	83.32
III	Mulai	34.03	49.25	65.12	70.41	79.12	85.74
	Selesai	49.25	65.12	70.15	78.46	85.74	88.74
IV	Mulai	49.25	56.66	70.15	78.46	85.74	91.26
	Selesai	56.66	67.95	73.19	82.21	91.26	92.71
V	Mulai	56.66	70.14	81.15	85.00	92.14	98.44

Work Center	Waktu Penyelesaian (jam)					
	IFC23	Flex23	CnD	IFC25	Flex25	IFC27
Job	1	4	6	2	5	3
Selesai	70.14	81.15	85.00	92.14	98.44	101.12

Sumber : Pengolahan Data

Berdasarkan tabel diatas bisa dilihat bahwa urutan penyelesaian adalah job: Job 1 – Job 4 – Job 6 – Job 2 – Job 5 – Job 2, dengan total makespan yang paling kecil yaitu 101.12 jam (12.64 hari). Penjadwalan produksi diperusahaan dengan menggunakan *algoritma tabu search* dapat mengoptimalkan penyelesaian job sesuai dengan jumlah dan jenis product yang dipesan oleh customer.

### 3.5. Uji Performasi Penjadwalan, Relative Error (RE)

Setelah pengolahan data selesai, solusi terbaik dimasukkan ke dalam daftar tabu yang terdiri dari pekerjaan 1–4–6–2–5–2.

#### 3.5.1 Uji Performasi Penjadwalan

*Efficiency Index* (EI) :

$$EI = \frac{F_{max\ metode\ perusahaan}}{F_{max\ heuristik}}$$

$$EI = \frac{116.14}{101.12}$$

$$= 1.148$$

Setelah pengolahan data selesai, solusi terbaik dimasukkan ke dalam daftar tabu yang terdiri dari pekerjaan 1–4–6–2–5–2.

#### 3.5.2 Uji Relative Error (RE)

$$RE = \frac{F_{max\ metode\ perusahaan} - F_{max\ Heuristik}}{F_{max\ Heuristik}} \times 100\%$$

$$RE = \frac{116.14 - 101.12}{101.12} \times 100\%$$

$$= 14.85\%$$

Menurut nilai Relative Error (RE) yang diperoleh, ada penghematan makespan sebesar 14,85% yang diperoleh antara algoritma pencarian tabu dan metode perusahaan.

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian tentang penjadwalan produksi PT. XYZ, dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan algoritma pencarian tabu, PT. XYZ dapat menyelesaikan pesanan klien dalam waktu 101.12 jam dengan urutan pekerjaan berikut: pekerjaan 1 hingga pekerjaan 4 hingga pekerjaan 6 hingga pekerjaan 2 hingga pekerjaan 5 hingga pekerjaan 2, yang terakhir menyelesaikan pekerjaan selama 116.14 jam. Dengan mengurangi nilai *makespan* yang terlalu besar pada penjadwalan produksi, nilai *makespan* perusahaan adalah 116.14 jam, tetapi setelah pengurangan dengan melakukan iterasi pekerjaan, nilai *makespan* menjadi 101.12 jam. Dengan menggunakan metode pencarian tabu, waktu proses produksi menjadi lebih cepat berdasarkan nilai *relative error* sebesar 14.85%.

Dengan hasil kesimpulan diatas diharapkan pihak perusahaan dapat menerapkan penjadwalan dengan metode algoritma Tabu search guna meminimalkan penyelesaian *job*. Meningkatkan pengawasan antara pesanan customer produksi sesuai dengan penjadwakan yang sudah dirancang.

## References

- [1] Falih, M.H.N, “ Implementasi Algoritma Tabu Search dalam Penjadwalan Produksi PT Arkha Jayanti Persada untuk Meminimasi Nilai Makespan”, *Scientific Journal of Industrial Engineering*, Vol. 2 No. 2 September 2021, p-ISSN 2716-2176, e-ISSN 2716-2168
- [2] Rimbawan, E.W “ Penjadwalan Mesin dengan Menggunakan Algoritma NEH pada PT. XYZ”, *TALENTA Conference Serie*, p-ISSN: 2654-7031, e-ISSN: 2654-704X, DOI: 10.32734/ee.v2i3.742.
- [3] Krajewski, LJ, Ritzman, LP, Malhotra, MK (2010) “Manajemen Operasi Proses dan Supply Chains 9 Edition.” Amerika Serikat. Prentice Hall
- [4] Tan, Hendy Tannady, Steven, Andrew Verrayo Limas. (2013) “Solusi Urutan Pengerjaann JobYang Tepat DENGAN Metode Campbell-Dudek-Smith (CDS).”
- [5] Ginting, Rosnani. *Penjawalan Mesin*. USU Press. Medan 2023.
- [6] Sinulingga, Sukaria. *Metode Penelitian*. USU Press. Medan 2021.
- [7] Toyosito, R.E , Ramadhant, L.C dan Bustommy, A. Y, “Penjadwalan Flow Shop dengan Metode Algoritma Heuristik Pour, Algoritma Campbell Dudek And Smith, Algoritma Tabu Search di Industri Porcelain Tableware”, *Jurnal JITES Vol.1 No.1, Bulan Agustus Tahun 2021*, ISSN : XXXX-XXXX.
- [8] Mardiani, Suci, “ Penjadwalan Produksi Dengan Metode Tabu Search Menggunakan Software VBA Macro Excel Di PT Citra Abadi Sejati”, *Scientific Journal of Industrial Engineering*, Vol. 2 No. 2 September 2021, p-ISSN 2716-2176, e-ISSN 2716-2176
- [9] Febrianti, Evi, dkk., “ Minimasi Makespan Pada Penjadwalan Flow Shop Mesin Paralel Produk Steel Bridge B-60 Menggunakan Metode Longest Processing Time Dan Particle Swarm Optimization”, *Jurnal Industrial Services*, Vol. 4 No. 2 Maret 2019.
- [10] Sinulingga, Sukaria. *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. USU Press : Medan.2022
- [11] Ginting, Rosnani. *Sistem Produksi*. USU Press : Medan. 2021
- [12] Alkarhan, M. Ibrahim. *Algorithms for Squencing and Scheduling*. King Saud University : Saudi Arabia. 2023
- [13] Sholeh, Mohamad, dkk. “ Penjadwalan Pekerjaan Yang Optimal Untuk Meminimasi Keterlambatan Pada PT Mandiri Jogja Internasional”, *Jurnal REKAVASI*, Vol. 9, No. 1, Mei 2021, 35-42, ISSN: 2338-7750
- [14] Annisa Aulia Sambasa, dkk. “ Optimasi PenjadwalanFlow Shop Dengan Mesin Paralel untuk Minimasi Makespan dan Keterlambatan Menggunakan Algoritma CDS di Industri Manufaktur Pesawat Terbang”, *Volume 2Issue 3–2019TALENTA Conference Series: Energy & Engineering (EE)*, p-ISSN: 2654-7031, e-ISSN: 2654-704X, DOI: 10.32734/ee.v2i3.695
- [15] Rahmat Widodo Aji dan Ucu Darusalam, “ Penerapan Metode First Come First Served Pada Sistem Informasi Layanan Reservasi Futsal Berbasis Website”, *Jurnal Media Informatika Budidarma*, Volume 6, Nomor 1, Januari 2022, Page 580-587 ISSN 2614-5278 (media cetak), ISSN 2548-8368 (media online), Available Online at <https://ejurnal.stmik-budidarma.ac.id/index.php/mib>, DOI 10.30865/mib.v6i1.3519.
- [16] Fauzi, A. dkk. *Metodologi Penelitian*. Banyumas : CV. Pena Persada, 2022
- [17] Rihsyah,S, Kusmindari, Ch Desi. “Penjadwalan Mesin Screw Press Menggunakan Metode Indikator Pada Perusahaan Perkebunan”, <http://conference.binadarma.ac.id/index.php/BDCES> e-ISSN: 2686-5785