



PAPER – OPEN ACCESS

Penerapan Metode Algoritma Taboo Search pada Penjadwalan Flow Shop untuk meminimalkan Makespan (Studi kasus PT. XYZ)

Author : Hana Shofiyah, dan Abdul Jaminson
DOI : 10.32734/ee.v6i1.1912
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 *Flow Shop* untuk meminimalkan *Makespan* (Studi kasus PT. XYZ)

Hana Shofiyyah, Abdul Jaminson*

Magister Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan, Indonesia
hanashofiyyah09704@gmail.com, siregar7aminson@gmail.com

Abstrak

Perencanaan produksi dalam industri manufaktur memegang peranan yang sangat penting. Di tengah persaingan yang sengit dalam era ini, perusahaan harus memiliki kemampuan untuk bersaing agar dapat bertahan di industri yang serupa. Dibutuhkan penjadwalan produksi yang baik dalam suatu perusahaan agar perusahaan tersebut dapat mengatasi masalah dalam menjadwalkan produksi dan menghasilkan produk secara optimal dalam waktu produksi yang minimum. Permasalahan yang ditemukan pada PT.XYZ yaitu pengiriman kepada konsumen seringkali mengalami keterlambatan di perusahaan ini karena produk yang beragam dan membutuhkan proses pengerjaan yang sama menggunakan mesin yang sama sehingga menghabiskan waktu yang cukup lama. *Tabu search* adalah salah satu teknik pencarian lokal yang paling efektif dengan solusi yang hampir optimal dari banyak masalah optimasi seperti masalah penjadwalan. Ide utama dari metode ini terdiri dari permutasi dasar awal dan pencarian permutasi dengan *makespan* terendah. Nilai parameter performansi *Efficiency Index* (EI) sebesar 1,0509 yang berarti penjadwalan dengan metode *Tabu Search* mempunyai *performance* yang lebih baik dari metode aktual perusahaan. Dari hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa metode *Tabu Search* menghasilkan penghematan *makespan* yang lebih optimal dibandingkan metode FCFS, dengan perbedaan relatif sebesar 5,08% berdasarkan nilai *Relative Error* (RE).

Kata Kunci: Penjadwalan Mesin; *Tabu Search*

Abstract

Production planning in the manufacturing industry plays a very important role. In the midst of fierce competition in this era, companies must have the ability to compete in order to survive in a similar industry. Good production scheduling is needed in a company so that the company can overcome problems in scheduling production and produce optimal products in minimum production time. The problem found at PT. XYZ is that delivery to consumers often experiences delays at this company because the products are diverse and require the same processing process using the same machine so it takes quite a long time. *Tabu search* is one of the most effective local search techniques with a nearly optimal solution of many optimization problems such as scheduling problems. The main idea of this method consists of the initial basic permutation and finding the permutation with the lowest *makespan*. The *Efficiency Index* (EI) performance parameter value is 1.0509, which means that scheduling using the *Tabu Search* method has better performance than the company's actual method. From the results of the analysis, it can be concluded that the *Tabu Search* method produces more optimal *makespan* savings than the FCFS method, with a relative difference of 5.08% based on the *Relative Error* (RE) value.

Keywords: Machine Scheduling; *Tabu Search*

1. Pendahuluan

PT. XYZ merupakan perusahaan yang beroperasi di industri manufaktur pembuatan daun pintu. Perusahaan ini menghasilkan daun pintu sesuai pesanan konsumen (*make to order*) dengan variasi jenis produk seperti colonial 6P, carolina 5P, napoleon, dan GD-1L. PT. XYZ menerapkan sistem produksi *flow shop* di mana setiap produk menjalani proses produksi dengan menggunakan mesin yang sama.

Sistem penjadwalan pada PT. XYZ disusun berdasarkan urutan *job* pada pesanan. Permasalahan yang ditemukan pada PT. XYZ yaitu pengiriman oleh perusahaan kepada konsumen sering mengalami keterlambatan beberapa kali. Hal ini disebabkan oleh variasi jenis produk dan proses pengerjaan yang membutuhkan penggunaan mesin yang sama, yang mengakibatkan waktu produksi yang cukup lama. Data permintaan dan keterlambatan pengiriman produk pada bulan Desember tahun 2018 pada PT. XYZ ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Daftar Pesanan Produk pada Bulan Desember 2020 PT. XYZ

<i>Purchase Order</i>	<i>Product Description</i>	<i>Qty (unit)</i>	<i>Due Date (day)</i>	<i>Ci (day)</i>	<i>Lateness (day)</i>
1-Des-16	Colonial 6P	510	51	14	-
6-Des-16	Carolina 5P	1975	52	55	3
9-Des-16	Napoleon	1050	55	57	2
13-Des-16	GD-1L	30	56	59	3
Jumlah					8

Pada Tabel 1 terlihat adanya keterlambatan dalam beberapa pesanan. Keterlambatan tersebut bisa disebabkan oleh kapasitas produksi yang kurang, waktu penyelesaian yang lama, dan faktor lingkungan yang mempengaruhi waktu pengiriman [1]. Namun, meskipun kapasitas produksi perusahaan telah mencukupi permintaan, keterlambatan yang terjadi terutama disebabkan oleh waktu total penyelesaian produk yang memakan waktu lama. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan jadwal yang efektif untuk mengatasi masalah keterlambatan penyelesaian produk, sehingga produk dapat dikirim tepat waktu kepada konsumen sesuai jadwal.

2. Landasan Teori

2.1. Definisi Penjadwalan

Penjadwalan melibatkan pengaturan urutan produksi pada beberapa mesin. Dalam konteks ini, masalah penjadwalan melibatkan serangkaian tugas yang sering disebut sebagai "*job*". Setiap *job* terdiri dari sejumlah aktivitas atau operasi dasar yang memerlukan alokasi sumber daya khusus selama periode waktu tertentu yang disebut sebagai waktu proses [2].

2.2. Tujuan Penjadwalan

Penjadwalan memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Meningkatkan pemanfaatan sumber daya atau mengurangi waktu menunggu, sehingga total waktu proses dapat berkurang dan produktivitas meningkat.
2. Mengurangi jumlah *work in process* atau mengurangi jumlah pekerjaan yang menunggu dalam antrian saat sumber daya masih terlibat dalam tugas lain.
3. Mengurangi *lateness* dalam menyelesaikan pekerjaan dengan batas waktu, dengan demikian mengurangi biaya penalti akibat keterlambatan.
4. Mendukung pengambilan keputusan terkait perencanaan kapasitas pabrik dan jenis kapasitas yang diperlukan, sehingga menghindari peningkatan biaya yang signifikan.

2.3. Penjadwalan Flowshop

Penjadwalan *flow shop* melibatkan aliran kontinu unit-unit melalui serangkaian stasiun kerja yang diatur berdasarkan jenis produk. Penyusunan proses produksi *flow shop* idealnya digunakan untuk produk dengan desain stabil dan diproduksi dalam jumlah besar, sehingga investasi dalam peralatan tertentu dengan tujuan spesifik dapat segera mendapatkan pengembalian yang cepat [3].

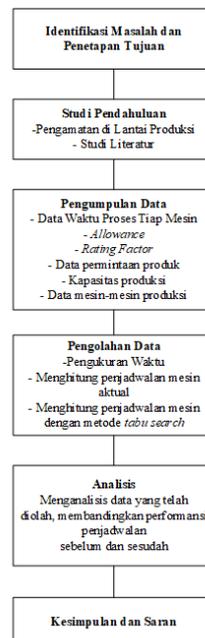
Salah satu tantangan dalam penjadwalan *flow shop* adalah mengelompokkan tugas-tugas yang perlu dilakukan di setiap stasiun kerja untuk mencapai keadaan yang memenuhi pembatasan urutan serta mencapai keseimbangan dalam tingkat hasil akhir produksi. Jika tingkat *output* berbeda-beda di setiap stasiun kerja, hal ini mengindikasikan bahwa alur produksi tersebut akan memiliki lintasan yang berbeda [1].

2.4. Algoritma Tabu Search (Tabu Search Alogarithm)

Tabu search adalah sebuah metode optimisasi yang mengandalkan pencarian lokal sebagai dasar. Pencarian berpindah dari satu solusi ke solusi berikutnya dengan memilih solusi terbaik dari sekelompok solusi yang berdekatan dengan solusi saat ini (solusi "*current*"), tetapi tidak termasuk solusi yang dianggap "terlarang" (*tabu*). Konsep utama dari algoritma tabu search adalah mencegah pencarian lokal untuk kembali ke ruang solusi yang sudah dieksplorasi sebelumnya, dengan memanfaatkan suatu struktur memori yang mencatat sebagian jejak proses pencarian yang telah dilakukan [4].

3. Metodologi Penelitian

Penelitian ini melibatkan serangkaian tahapan yang dimulai dengan mengidentifikasi masalah dan menetapkan tujuan penelitian. Selanjutnya, melakukan studi pendahuluan untuk mengetahui metode pemecahan masalah. Pengumpulan data digunakan sebagai input dalam penelitian [5]. Pengolahan data menggunakan metode *tabu search* untuk menghasilkan penjadwalan yang efektif. Setelah itu, melakukan analisis terhadap data yang telah diproses dan menyajikan kesimpulan serta saran berdasarkan hasil tersebut. Langkah-langkah (*block diagram*) rancangan penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.

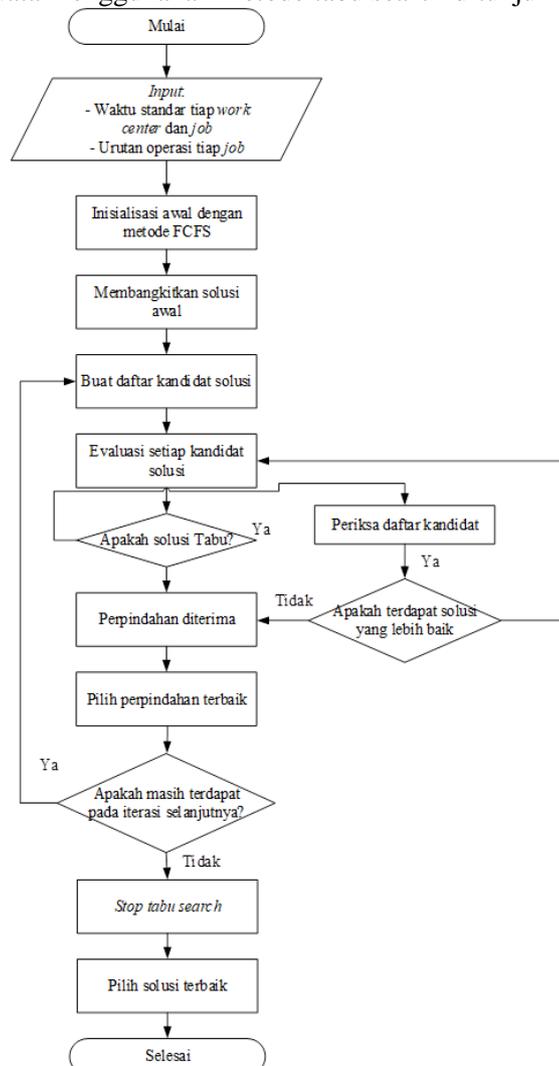


Gambar 1. Block Diagram Penelitian

Pengolahan data yang dilakukan dalam merancang usulan penjadwalan yaitu dengan metode *tabu search*. Langkah-langkah pengolahan data dengan metode *tabu search* adalah sebagai berikut [1].

1. Inisialisasi awal
Inisialisasi awal menggunakan metode *First Come First Serve* (FCFS)
2. Membangkitkan solusi awal
3. Melakukan *move*
Proses pencarian solusi bergerak dengan cara *neighborhood* atau pencarian lokal
4. Membuat daftar kandidat solusi
Kandidat solusi pada *tabu search* akan disimpan pada *tabu list*
5. Mengevaluasi setiap kandidat solusi
6. Pilih kandidat terbaik
7. *Stop tabu search*
Proses pencarian solusi akan dihentikan jika semua iterasi yang telah ditentukan sebelumnya telah tercapai dan tidak ada perbaikan yang terjadi setelah beberapa iterasi.

Diagram alir pengolahan data menggunakan metode *tabu search* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Pengolahan Data dengan *Tabu Search*

4. Hasil dan Pembahasan

Tabel 2 menampilkan rangkuman perhitungan waktu penyelesaian per kapasitas di setiap *work center*.

Tabel 2. Rangkuman Perhitungan Waktu Penyelesaian Produk pada Tiap

WC	Waktu Penyelesaian Tiap Job (Jam)			
	Job 1	Job 2	Job 3	Job 4
I	42,82	154,95	75,67	1,70
II	46,53	177,67	90,55	2,26
III	5,70	22,03	11,69	0,34
IV	161,72	547,18	249,46	5,75
V	19,95	77,00	41,00	1,25
VI	42,69	164,48	87,79	2,51

Tabel 3. *Makespan* Penjadwalan Aktual

<i>Work Center</i>		Waktu Penyelesaian (Jam)			
		Colonial 6P	Carolina 5P	Napoleon	GD-1L
I	Mulai	0,00	42,82	197,77	273,44
	Selesai	42,82	197,77	273,44	275,14
II	Mulai	42,82	197,77	375,44	465,99
	Selesai	89,35	375,44	465,99	468,25
III	Mulai	89,35	375,44	465,99	477,68
	Selesai	95,05	397,47	477,68	478,02
IV	Mulai	95,05	397,47	944,65	1194,11
	Selesai	256,77	944,65	1194,11	1199,86
V	Mulai	256,77	944,65	1194,11	1235,11
	Selesai	276,72	1021,65	1235,11	1236,36
VI	Mulai	276,72	1021,65	1235,11	1322,90
	Selesai	319,41	1186,13	1322,90	1325,41

Berdasarkan Tabel 3 diperoleh bahwa nilai *makespan actual* perusahaan dengan metode FCFS (*First come First Serve*) adalah senilai 1325,41 jam yang berarti perusahaan membutuhkan total waktu sebesar 1325,41 jam untuk memenuhi keseluruhan order pelanggan.

Berikut adalah tahapan-tahapan dalam penjadwalan produksi menggunakan metode *tabu search*: [6].

- 1) Inisialisasi Awal
Inisialisasi awal pada pengolahan ini menggunakan metode FCFS dan diperoleh nilai *makespan* awal perusahaan yaitu sebesar 1325,41 jam.
- 2) Membangkitkan solusi awal
Solusi awal yang digunakan dalam proses *tabu search* adalah urutan *Job A-Job B-Job C-Job D*.
- 3) Menentukan tujuan
Dalam penelitian ini, tujuan utamanya adalah untuk meminimasi nilai *makespan*.
- 4) Melakukan *move*

Metode penjadwalan ini menggunakan *neighborhood search* sebagai jenis langkah (*move*) yang digunakan. Algoritma *tabu search* memerlukan data *input* berupa waktu proses untuk setiap produk dan jumlah iterasi yang telah ditetapkan.

5) Alternatif *move*

Setelah menginput data yang diperlukan dalam pengolahan *tabu search* yakni proses produksi pada suatu produk, sehingga diperoleh hasil urutan produksi yang terpendek.

Makespan awal perusahaan adalah sebesar 1325,41 jam dengan urutan *Job A-Job B-Job C-Job D*. Perhitungan iterasi I pada metode *tabu search* berdasarkan pada *makespan* awal perusahaan adalah sebesar 1325,41 jam dengan urutan *Job A-Job B-Job C-Job D* yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan *Makespan* Iterasi I dengan Metode *Tabu Search*

Move Ke-	Urutan Job	Makespan (jam)
0	ABCD	1325,41
1	BCDA	1381,40
2	CBDA	1261,23
3	DBCA	1275,49
4	ABDC	1328,65
5	ACBD	1297,40
6	ACDB	1300,64
7	ADBC	1324,60
8	ADCB	1314,84

Berdasarkan Tabel 4 diperoleh urutan *job* yang menghasilkan *makespan* terkecil adalah *move* ke-2 dengan urutan *job* yaitu *Job C-Job B-Job D-Job A* dengan nilai *makespan* 1261,23 jam. Perhitungan penjadwalan *move* ke-2 pada iterasi I ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Perhitungan *Makespan* Penjadwalan dengan Metode *Tabu Search* *Move* ke-2 Iterasi I

<i>Work Center</i>		Waktu Penyelesaian (Jam)			
		Napoleon	Carolina 5P	GD-1L	Colonial 6P
I	Mulai	0,00	75,67	230,62	232,32
	Selesai	75,67	230,62	232,32	275,14
II	Mulai	75,67	75,67	253,34	275,14
	Selesai	166,22	253,34	255,60	321,67
III	Mulai	166,22	253,34	275,37	321,67
	Selesai	177,91	275,37	277,88	327,37
IV	Mulai	177,91	427,37	974,55	980,30
	Selesai	427,37	974,55	980,30	1142,02
V	Mulai	427,37	974,55	1051,55	1142,02
	Selesai	468,37	1051,55	1052,80	1161,97
VI	Mulai	468,37	1051,55	1216,03	1218,54
	Selesai	556,16	1216,03	1218,54	1261,23

Perhitungan iterasi II dengan menggunakan *move* ke- 2 pada iterasi I ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan *Makespan* Iterasi II dengan Metode *Tabu Search*

<i>Move Ke-</i>	Urutan <i>Job</i>	<i>Makespan</i> (jam)
0	CBDA	1261,23
1	BCAD	1387,16
2	BACD	1444,31
3	BDCA	1381,40
4	BDAC	1447,55
5	CABD	1380,26
6	CADB	1261,71
7	CBAD	1264,81

Pada iterasi II tidak ada lagi didapat nilai *makespan* yang lebih baik dibandingkan solusi pada iterasi I. Kondisi ini disebut dengan *steady state* karena itu iterasi diberhentikan. Hasil perhitungan menggunakan metode *Tabu Search* ini menghasilkan urutan *Job C-Job B-Job D-Job A* yaitu dengan nilai *makespan* 1261,23 jam.

5. Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil penelitian mengenai penjadwalan produksi PT. XYZ adalah sebagai berikut:

1. Metode *Tabu Search* menghasilkan urutan pekerjaan: Job C-Job B-Job D-Job A.
2. Penjadwalan dengan metode *Tabu Search* menghasilkan nilai *makespan* sebesar 1261,23 jam.
3. Parameter performansi *Efficiency Index* (EI) sebesar 1,0509 berarti penjadwalan dengan metode *Tabu Search* memiliki kinerja yang lebih baik dari metode aktual perusahaan. Nilai *Relative Error* (RE) menunjukkan bahwa penghematan *makespan* yang diperoleh metode *Tabu Search* lebih optimum daripada metode FCFS dengan nilai beda relatif sebesar 5,08 %.

Referensi

- [1] R. Ginting, *Penjadwalan Mesin*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2009.
- [2] I. Idris, "Penentuan Penjadwalan Mesin yang Optimal pada Bagian Produksi di UD. Budi Deli Serdang," *Malikussaleh Industrial Engineering Journal*, vol. 2, no. 2, pp. 4–9, 2013.
- [3] M. Fera, R. Macchiaroli, F. Fruggiero, and A. Lambiase, "A Modified Tabu Search Algorithm For The Single-Machine Scheduling Problem Using Additive Manufacturing Technology," *International Journal of Industrial Engineering Computations*, vol. 11, no. 3, pp. 401–414, 2020.
- [4] S. Mahmud, A. Abbasi, R. K. Chakraborty, and M. J. Ryan, "Multi-Operator Communication Based Differential Evolution with Sequential Tabu Search Approach for Job Shop Scheduling Problems," *Appl Soft Comput*, vol. 108, 2021.
- [5] S. Sinulingga, *Metode Penelitian*. Medan: USU Press, 2011.
- [6] L. Gozali, S. Ariyanti, and A. Tanujaya, "Usulan Penjadwalan Mesin Cutting Keramik yang Paralel dengan Pendekatan Algoritma Tabu Search di PT. X," *Jurnal Keilmuan Teknik dan Manajemen Industri*, vol. 2, no. 1, pp. 45–51, 2014.