JURNAL FUSION
Vol 3 No 10, Oktober 2023
E-ISSN: 2775-6440 | P-ISSN: 2808-7208
Jurnal Homepage https://fusion.rifainstitute.com

PENGEMBANGAN ALGORITMA TABU SEARCH BERBASIS BILANGAN GREY UNTUK OPTIMALISASI FLEXIBLE JOB SHOP DENGAN KETIDAKPASTIAN

Ferdinan R Tampubolon, Sinta Siagian, Samaria Chrisna HS, Rischa Devita
Politeknik Negeri Medan
Email: ferdinantampubolon@polmed.ac.id, sintasiagian@polmed.ac.id, samariachrisna@polmed.ac.id, rischadevita@polmed.ac.id

Abstract

This research aims to make a step-by-step process to determine the most optimal completion time for the Flexible Job Shop Scheduling case. Flexible Job Shop Scheduling which not only aims to sequence operations on jobs but also chooses the machine to be used in processing an operation makes this scheduling more complicated than ordinary Job Shop Scheduling. This scheduling involves interval-shaped gray numbers to accommodate uncertainty in job ordering time. This further extends the complexity of scheduling. To solve this case a metaheuristic algorithm namely Tabu Search will be used. This algorithm uses mutation on the solution a number of iterations until it produces the best solution. The use of a tabu list in the Tabu Search algorithm to ensure the search is not trapped in the local minimum.

Keyword: Tabu Search, Flexible Job Shop, Grey

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk membuat langkah-langkah penentuan waktu penyelesaian yang paling optimal untuk kasus Penjadwalan Flexible Job Shop. Flexible Job Shop yang tidak hanya bertujuan untuk mengurutkan operasi pada pekerjaan tetapi juga memilih mesin yang akan digunakan dalam memproses suatu operasi membuat penjadwalan ini lebih rumit dibandingkan Penjadwalan Job Shop biasa. Penjadwalan ini melibatkan Bilangan grey yang berbentuk interval untuk mengakomodir ketidakpastian pada waktu pemerosesan pekerjaan. Hal ini semakin menambah kompleksitas pada penjadwalan. Untuk menyelesaikan kasus ini Algoritma metaheuristik yaitu Tabu Search digunakan. Algoritma ini menggunakan mutasi pada solusi sampai sejumlah iterasi hingga menghasilkan solusi yang terbaik. Penggunaan tabu list pada algoritma Tabu Search untuk memastikan pencarian tidak terjebak pada lokal minimum.

Kata Kunci: Tabu Search, Flexible Job Shop, Grey

Diserahkan: 20-09-2023; Diterima: 05-10-2023; Diterbitkan: 20-10-2023

Copyright holder: Ferdinan R Tampubolon, Sinta Siagian, Samaria Chrisna HS, Rischa Devita (2023)
DOI : https://doi.org/10.54543/fusion.v3i10.370
Published by : Rifa Institute

PENDAHULUAN

Penjadwalan merupakan suatu komponen yang perlu diperhatikan bagi dunia Industri, hal ini berkaitan dengan efisiensi penggunaan mesin dan penyelesaian pekerjaan. Flexible Job Shop merupakan salah satu jenis penjadwalan dimana terdapat sejumlah operasi pada pekerjaan yang harus diselesaikan secara berurut. Pada Flexible Job Shop terdapat mesin yang dapat menyelesaikan lebih dari satu jenis operasi (multi-purpose machine) sehingga menambah kompleksitas dari penjadwalan. (Dauzère-Pérès, Ding, Shen, & Tamssaouet, 2023)

Dalam suatu proses penyelesaian suatu operasi oleh mesin maka terdapat waktu penyelesaian operasi. Waktu penyelesaian akhir dari suatu penjadwalan adalah waktu penyelesaian operasi terakhir. Ada kalanya waktu penyelesaian tersebut tidak pasti, hal ini dapat terjadi karena adanya keterlibatan manusia, ataupun permasalahan pada mesin. Hal ini mengakibatkan munculnya beberapa penelitian yang menggunakan bilangan Fuzzy pada waktu pemerosesan pekerjaan (Campo, Cano, Gómez-Montoya, Rodríguez-Velásquez, & Cortés, 2022). Akan tetapi bilangan fuzzy yang menggunakan fungsi keanggotaan, terkadang memberikan kesulitan bagi pengambil keputusan, dalam hal ini bilangan grey muncul sebagai solusi. Bilangan grey yang hanya menggunakan interval memberikan kemudahan dalam menentukan waktu pemerosesan pekerjaan dengan ketidakpastian. (Xie & Chen, 2018)

Dalam menyelesaikan Penjadwalan Flexible Job Shop, beberapa metode sudah digunakan dari mulai Algoritma Genetika (Pezzella, Morganti, & Ciaschetti, 2008), Simulated Annealing (Najid, Dauzere-Peres, & Zaidat, 2002) Penelitian ini akan menggunakan algoritma Metode Tabu Search pada Flexible Job Shop dengan bilangan Grey. Metode ini mempunyai tingkat kompleksitas yang lebih rendah dibandingkan dengan Algoritma Genetika. Metode ini melakukan mutasi dengan beberapa move yang dikontrol dengan menggunakan Tabu List. Sehingga solusi yang diproleh tidak terjebak pada optimum lokal. Penggunaan metode ini diharapkan dapat menghasilkan waktu penyelesaian penjadwalan yang optimal dengan pengunaan memori dan waktu perhitungan yang lebih efisien.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini dilakukan dengan studi literatur, dimana akan dilakukan modifikasi pada Algoritma Tabu Search untuk dapat menyelesaikan suatu penjadwalan Flexible Job Shop dimana terdapat penggunaan bilangan grey pada waktu pemerosesan pekerjaan. Karena tujuan adalah mencari waktu penyelesaian pekerjaan akhir, maka perlu ditentukan relasi operator lebih kecil (<), lebih besar (>) ataupun sama dengan (=) dari dua bilangan grey. Selanjutnya menentukan kromosom ataupun representasi dari suatu solusi, kemudian menentukan jenis mutasi yang digunakan dalam penyelesaian penjadwalan Flexible Job Shop

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut contoh kasus penjadwalan Flexible Job Shop dengan menggunakan bilangan grey

Tabel 1 Contoh Kasus Flexible Job Shop dengan bilangan grey

Pekerjaan	Operasi	Mesin-1	Mesin-2	Mesin-3
J_1	O_{11}	**[2,5]**	[1,2]	[3,6]
	O_{12}	[1,2]	**[1,3]**	-
	O_{13}	[2,4]	[3,5]	**[2,5]**
J_2	O_{21}	[1,4]	**[2,5]**	[4,6]
	O_{22}	[2,5]	[1,3]	**[1,5]**
J_3	O_{31}	**[2.5]**	[1,3]	[3,6]
	O_{32}	[2,4]	**[2,5]**	[4,7]
	O_{33}	-	**[2,3]**	[3.5]

Bilangan grey [2,5] menunjukkan bahwa suatu operasi O_{11} akan dapat diproses oleh Mesin-1 dengan waktu rentang waktu penyelesaian 2-5 satuan waktu.

Representasi kromosom yang digunakan pada penjadwalan Flexible Job Shop terdiri dari 2 yaitu representasi kromosom urutan pekerjaan dan penugasan mesin seperti pada gambar

1	2	1	3	3	2	1	3

2	2	1	1	2	3	3	2

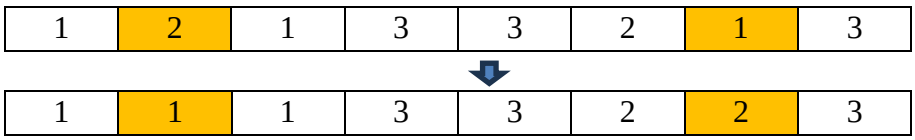
Gambar 1 Representasi Kromosom

Terdapat Dua buah kromosom pada Gambar 1, angka 1 pada kolom pertama untuk kromosom satu menunjukkan bahwa operasi O_{11} diselesaikan terlebih dahulu baru dilanjutkan oleh O_{21}. Sementara representasi kromosom kedua menunjukkan penugasan mesin oleh operasi

Untuk menentukan relasi operator pada bilangan grey digunakan relasi sebagai berikut Dimana jika terdapat dua bilangan grey $A_1 = [a_1^-, a_1^+]$ dan $A_2 = [a_2^-, a_2^+]$ maka probabilitas $p(A_1 \geq A_2)$ adalah

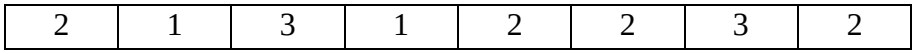
$$p(A_1 \geq A_2) = \begin{cases} 1, & a_2^+ \leq a_1^- \\ 0, & a_1^+ \leq a_2^- \\ 1 - \dfrac{(a_2^+ - a_1^-)^2}{2\,(a_2^+ - a_2^-)(a_1^+ - a_1^-)} & a_2^- \leq a_1^- \leq a_2^+ \leq a_1^+ \\ \dfrac{d_1^+ - \frac{1}{2}(a_2^+ + a_2^-)}{a_1^+ - a_1^-} & a_1^- \leq a_2^- \leq a_2^+ \leq a_1^+ \\ \dfrac{\frac{1}{2}(a_1^+ + a_1^-) - a_2^-}{a_2^+ - a_2^-} & a_2^- \leq a_1^- \leq a_1^+ \leq a_2^+ \\ \dfrac{(a_1^+ - a_2^-)^2}{2(a_2^+ - a_1^-)(a_1^+ - a_1^-)} & a_1^- \leq a_2^- \leq a_1^+ \leq a_2^+ \end{cases}$$

Selanjutnya move yang digunakan adalah swap, dimana dipilih dua buah gen pada kromosom secara acak kemudian posisinya dipertukarkan seperti berikut



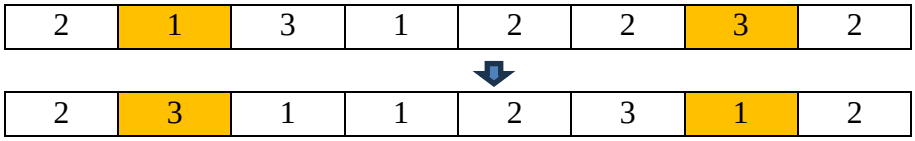
Gambar 2 Mutasi Urutan Pekerjaan

Pada gambar ini terpilih (move) gen kedua dan ketujuh , maka kedua gen ini dipertukarkan.
Karena perubahan pada urutan akan juga menimbulkan perubahan pada kromosom mesin maka perlu dilakukan penyesuaian pada penugasan mesin. Seperti pada Gambar 3



Gambar 3 Penyesuaian pada penugasan mesin

Sementara itu untuk mutasi penugasan mesin seperti pada Gambar 4



Gambar 4 Mutasi Penugasan Mesin

Akan tetapi perlu diperhatikan perpindahan pada penugasan mesin haruslah feasible, dalam artian mesin tersebut memang memiliki kapabilitas untuk menyelesaikan operasi tersebut sesuai dengan Tabel 1.

Dengan demikian langkah-langkah pencarian waktu penyelesaian penjadwalan Flexible Job Shop dengan bilangan grey menggunakan algoritma Tabu Search sebagai berikut:

Langkah 1

Menentukan solusi awal, yaitu kromosom urutan operasi pada pekerjaan dan kromosom penugasan mesin

Langkah 2:

Melakukan perhitungan waktu penyelesaian penjadwalan dengan menggunakan relasi operator penjumlahan bilangan grey, dimana jika $A_1 = [a_1^-, a_1^+]$ dan $A_2 = [a_2^-, a_2^+]$ adalah dua buah bilangan grey, maka penjumlahan $A_1 + A_2 = [a_1^- + a_2^-, a_1^+ + a_2^+]$

Langkah 3 :

Menentukan parameter-parameter yang digunakan, seperti jumlah iterasi (MaxGen), jumlah Tabu List. Tabu list berisikan move dari mutasi yang dianggap tabu, sehingga tidak digunakan sampai sejumlah iterasi yang ditentukan

Langkah 4:

Menentukan move secara acak, dan melakukan mutasi dengan menggunakan move tersebut sehingga menghasilkan solusi yang baru.

Langkah 5

Move tersebut kemudian masuk pada Tabu List sebagai move yang tabu untuk sejumlah iterasi yang ditentukan. Misalnya jika dianggap tabu selama 5 iterasi. Maka move tersebut akan tetap berada dalam tabu list selama 5 iterasi dan akan keluar dari tabu list pada iterasi keenam

Langkah 4:

Menentukan kriteria aspirasi apakah suatu solusi diterima.

- Jika move yang digunakan pada solusi tersebut tidak berada pada tabu list dan move tersebut menghasilkan solusi yang lebih baik dibandingkan solusi awal, maka solusi diterima
- Jika move tersebut menghasilkan solusi yang berada pada tabu list, akan tetapi menghasilkan solusi yang lebih baik maka solusi tersebut diterima.
- Jika move tersebut berada pada tabu list tapi tidak menghasilkan solusi yang lebih baik maka solusi baru ditolak, dan Kembali ke langkah 4.

Langkah 5

Solusi awal digantikan oleh solusi baru, iterasi berhenti setelah jumlah iterasi maksimum (maxGen) tercapai.

KESIMPULAN

Bilangan grey dapat digunakan untuk mengakomodir adanya suatu ketidakpastian pada waktu pemerosesan pekerjaan dalam suatu penjadwalan Flexible Job Shop. Bilangan grey lebih simpel dalam mengakomodir ketidakpastian karena hanya menggunakan batas atas dan bawah tanpa perlunya fungsi keanggotaan. Penyelesaian FJSP dengan bilangan grey menggunakan Tabu Search dapat dilakukan dengan kompleksitas yang lebih rendah dikarenakan hanya menggunakan mutasi, dan mengontrol move-move yang ada sehingga solusi tidak terjebak pada minimum lokal.

BIBLIOGRAFI

Campo, E. A., Cano, J. A., Gómez-Montoya, R., Rodríguez-Velásquez, E., & Cortés, P. (2022). Flexible job shop scheduling problem with fuzzy times and due-windows: Minimizing weighted tardiness and earliness using genetic algorithms. *Algorithms, 15*(10), 334.

Dauzère-Pérès, S., Ding, J., Shen, L., & Tamssaouet, K. (2023). The flexible job shop scheduling problem: A review. *European Journal of Operational Research*.

Najid, N., Dauzere-Peres, S., & Zaidat, A. (2002). *A modified simulated annealing method for flexible job shop scheduling problem.* Paper presented at the IEEE international conference on systems, man and cybernetics.

Pezzella, F., Morganti, G., & Ciaschetti, G. (2008). A genetic algorithm for the flexible job-shop scheduling problem. *Computers & operations research, 35*(10), 3202-3212.

Xie, N., & Chen, N. (2018). Flexible job shop scheduling problem with interval grey processing time. *Applied Soft Computing, 70*, 513-524.

First publication right:
Jurnal Syntax Fusion: Jurnal Nasional Indonesia
This article is licensed under: