

**PENYELESAIAN MASALAH PENJADWALAN *FLEXIBLE JOB SHOP*
DENGAN ALGORITMA GENETIKA**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Matematika



Oleh:

Fatimah Azzahro

NIM 2007336

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2024

LEMBAR HAK CIPTA

**PENYELESAIAN MASALAH PENJADWALAN *FLEXIBLE JOB SHOP*
DENGAN ALGORITMA GENETIKA**

oleh
Fatimah Azzahro
2007336

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh Gelar Sarjana
Matematika pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

© Fatimah Azzahro 2024
Universitas Pendidikan Indonesia
Juni 2024

Hak cipta dilindungi undang-undang.
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, difotokopi, atau cara lainnya tanpa izin penulis.

LEMBAR PENGESAHAN

FATIMAH AZZAHRO

**PENYELESAIAN MASALAH PENJADWALAN *FLEXIBLE JOB SHOP*
DENGAN ALGORITMA GENETIKA**

Disetujui dan disahkan oleh:

Pembimbing I,



27/06/2024

Dr. Khusnul Novianingsih, S.Si., M.Si.

NIP. 197711282008122001

Pembimbing II,



28/06/2024

Dr. Lukman, M.Si.

NIP. 196801281994021001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Matematika,



Dr. Kartika Yulianti, S.Pd., M.Si.

NIP. 198207282005012001

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Penyelesaian Masalah Penjadwalan *Flexible Job Shop* dengan Algoritma Genetika” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko atau sanksi apabila dikemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Juli 2024

Yang membuat pernyataan,



Fatimah Azzahro

NIM 2007336

KATA PENGANTAR

Dengan penuh rasa syukur, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada Allah SWT atas limpahan berkah dan karunia-Nya sehingga penulis berhasil menyelesaikan penulisan skripsi ini yang berjudul "Penyelesaian Masalah Penjadwalan *Flexible Job Shop* dengan Algoritma Genetika". Tak lupa, salawat dan salam penulis panjatkan kepada Nabi Muhammad SAW, sebagai cahaya yang menerangi setiap langkah umat manusia menuju jalan kebenaran.

Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Matematika di Universitas Pendidikan Indonesia (UPI). Penulis sangat menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, mengingat keterbatasan ilmu pengetahuan dan pengalaman yang kami miliki. Oleh sebab itu, kritik dan saran yang membangun sangat diperlukan guna menyempurnakan dan mengembangkan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri serta pembaca pada umumnya.

Bandung, Juli 2024

Penulis

PENYELESAIAN MASALAH PENJADWALAN *FLEXIBLE JOB SHOP* DENGAN ALGORITMA GENETIKA

ABSTRAK

Masalah *Flexible Job Shop* (FJS) merupakan salah satu pengembangan masalah *job shop*. FJS termasuk ke dalam masalah optimisasi yang kompleks yang sering disebut *NP-Hard Problem*. Masalah FJS adalah salah satu masalah penjadwalan produksi di mana terdapat beberapa mesin untuk mengoperasikan sejumlah pekerjaan. Waktu pemrosesan dari suatu operasi bergantung pada mesin yang terpilih untuk menyelesaikan operasi tersebut. Penjadwalan FJS dilakukan agar waktu penyelesaian (*makespan*) seluruh pekerjaan seminimum mungkin. Penyelesaian FJS dilakukan dalam dua tahap, yaitu penentuan mesin yang digunakan pada setiap operasi dan penentuan urutan pekerjaan pada masing-masing mesin. Penelitian ini menggunakan metode Algoritma Genetika untuk menyelesaikan masalah penjadwalan FJS. Tahapan metode Algoritma Genetika, diantaranya adalah membentuk kromosom dengan jumlah sebanyak populasi awal, melakukan *crossover*, melakukan mutasi, menghitung nilai *fitness*, dan melakukan seleksi. Metode *crossover* yang digunakan adalah *Partially Mapped Crossover* (PMX), sedangkan mutasi menggunakan metode *Reciprocal Exchange Mutation*. Pemilihan kromosom untuk regenerasi berikutnya dipilih dengan metode *Binary Tournament Selection*. Solusi terbaik diambil dari kromosom yang memiliki nilai *fitness* terkecil untuk meminimumkan *makespan*. Implementasi algoritma ini dilakukan menggunakan perangkat lunak Python versi 3.12 untuk menyelesaikan model optimisasinya. Hasil implementasi penyelesaian masalah FJS menggunakan Algoritma Genetika pada perusahaan batik di Kabupaten Cirebon menunjukkan bahwa Algoritma Genetika dapat menyelesaikan penjadwalan FJS dengan optimal.

Kata Kunci: Penjadwalan, Penjadwalan Produksi, *Makespan*, *Flexible Job Shop*, Algoritma Genetika.

SOLVING FLEXIBLE JOB SHOP SCHEDULING PROBLEM USING GENETIC ALGORITHM

ABSTRACT

Flexible Job Shop (FJS) problem is one of the developments in job shop problems. FJS is a complex optimization problem which is often called NP-Hard Problem. The FJS problem is a production scheduling problem where there are several machines to operate a number of jobs. The processing time of an operation depends on the machine selected to complete the operation. FJS scheduling is carried out so that the completion time (makespan) of all work is minimum. Solving FJS is started by determining the machine used in each operation and then, determining the sequence of work on each machine. This research uses a Genetic Algorithm method to solve the FJS scheduling problem. The stages of the Genetic Algorithm method include forming as many chromosomes as the initial population, carrying out crossover, carrying out mutations, calculating fitness values, and carrying out selection. The crossover method used is Partially Mapped Crossover (PMX), while the mutation uses the Reciprocal Exchange Mutation method. The selection of chromosomes for regeneration is selected using the Binary Tournament Selection method. The best solution is taken from the chromosome that has the smallest fitness value to minimize makespan. The implementation of this algorithm was carried out using Python software version 3.12 to complete the optimization model. The implementation results on solving FJS problem using Genetic Algorithm at a batik company in Cirebon show that Genetic Algorithm can solve FJS scheduling optimally..

Keywords: *Scheduling, Production Scheduling, Makespan, Flexible Job Shop, Genetic Algorithm.*

DAFTAR ISI

LEMBAR HAK CIPTA.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II LANDASAN TEORI.....	4
2.1 Penjadwalan Produksi	4
2.2 <i>Job Shop</i> (JS).....	5
2.3 <i>Flexible Job Shop</i> (FJS)	6
2.4 Algoritma Genetika (<i>Genetic Algorithm</i>).....	7
2.4.1 Struktur Algoritma Genetika	7
2.4.2 Terminologi Algoritma Genetika	17
2.4.3 Parameter Algoritma Genetika	19
2.5 Penelitian yang Relevan	20
BAB III METODE PENELITIAN	23
3.1 Deskripsi Masalah	23
3.2 Tahapan Penelitian	23
3.3 Model Optimisasi <i>Flexible Job Shop</i>	25
3.4 Teknik Penyelesaian.....	27
BAB IV PEMBAHASAN.....	44
4.1 Data Penelitian	44

4.2 Model Optimisasi Pada Studi Kasus	53
4.3 Validasi.....	54
4.4 Tahap Implementasi	54
4.5 Hasil Implementasi.....	55
4.6 Analisis Parameter Algoritma Genetika.....	66
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	73
5.1 Kesimpulan.....	73
5.2 Saran.....	73
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN.....	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Contoh <i>Crossover</i> Satu Titik.....	10
Gambar 2.2 Contoh <i>Crossover</i> Dua Titik	11
Gambar 2.3 Kromosom Induk	11
Gambar 2.4 Titik <i>Crossover</i>	11
Gambar 2.5 Blok di antara Titik <i>Crossover</i>	12
Gambar 2.6 Pilih <i>Substring</i>	12
Gambar 2.7 <i>Crossover</i> Elemen atau <i>Substring</i>	12
Gambar 2.8 <i>Parent</i> dan <i>Offspring</i>	13
Gambar 2.9 <i>Parent</i> dan <i>Offspring</i>	13
Gambar 2.10 Step 1 <i>Partially Mapped Crossover</i>	13
Gambar 2.11 Step 2 <i>Partially Mapped Crossover</i>	14
Gambar 2.12 Step 4 <i>Partially Mapped Crossover</i>	14
Gambar 2.13 <i>Flip Mutation</i>	15
Gambar 2.14 <i>Swap Mutation</i>	15
Gambar 2.15 <i>Inversion Mutation</i>	16
Gambar 2.16 <i>Insertion Mutation</i>	16
Gambar 2.17 <i>Flow Chart</i> Algoritma Genetika.	17
Gambar 2.18 Struktur kromosom	19
Gambar 3.1 <i>Flow Chart</i> Algoritma Genetika Pada Studi Kasus	36

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Terminologi antara Sistem Alamiah dengan Terminologi Algoritma Genetika.....	8
Tabel 2.2 Struktur Populasi.....	19
Tabel 3.1 Contoh representasi Kromosom A.....	30
Tabel 3.2 Contoh Representasi Kromosom B.....	30
Tabel 3.3 Kromosom A Induk 1 pada Proses <i>Crossover</i>	31
Tabel 3.4 Kromosom B Induk 1 pada Proses <i>Crossover</i>	31
Tabel 3.5 Kromosom A Induk 2 pada Proses <i>Crossover</i>	32
Tabel 3.6 Kromosom B Induk 2 pada Proses <i>Crossover</i>	32
Tabel 3.7 Kromosom A Induk 1 Penukaran Titik pada Proses <i>Crossover</i>	32
Tabel 3.8 Kromosom B Induk 1 Penukaran Titik pada Proses <i>Crossover</i>	32
Tabel 3.9 Kromosom A Induk 2 Penukaran Titik pada Proses <i>Crossover</i>	32
Tabel 3.10 Kromosom B Induk 2 Penukaran Titik pada Proses <i>Crossover</i>	32
Tabel 3.11 Hubungan Pemetaan <i>Crossover</i>	32
Tabel 3.12 <i>Offspring</i> Kromosom A Induk 1 pada Proses <i>Crossover</i>	33
Tabel 3.13 <i>Offspring</i> Kromosom B Induk 1 pada Proses <i>Crossover</i>	33
Tabel 3.14 <i>Offspring</i> Kromosom A Induk 2 pada Proses <i>Crossover</i>	33
Tabel 3.15 <i>Offspring</i> Kromosom B Induk 2 pada Proses <i>Crossover</i>	33
Tabel 3.16 Kromosom A Induk 1 pada Proses Mutasi.....	34
Tabel 3.17 Kromosom B Induk 1 pada Proses Mutasi.....	34
Tabel 3.18 Kromosom A Induk 2 pada Proses Mutasi.....	34
Tabel 3.19 Kromosom B Induk 2 pada Proses Mutasi.....	34
Tabel 3.20 <i>Exchange Point</i> Kromosom A Induk 1 pada Proses Mutasi.....	34
Tabel 3.21 <i>Exchange Point</i> Kromosom B Induk 1 pada Proses Mutasi.....	34
Tabel 3.22 <i>Exchange Point</i> Kromosom A Induk 2 pada Proses Mutasi.....	34
Tabel 3.23 <i>Exchange Point</i> Kromosom B Induk 2 pada Proses Mutasi.....	34
Tabel 3.24 Hasil Mutasi Kromosom A Induk 1.....	35
Tabel 3.25 Hasil Mutasi Kromosom B Induk 1.....	35
Tabel 3.26 Hasil Mutasi Kromosom A Induk 2.....	35
Tabel 3.27 Hasil Mutasi Kromosom B Induk 2.....	35

Tabel 3.28 Contoh Data <i>Job</i> , Operasi, dan Mesin	36
Tabel 3.29 Kromosom A Individu 1	37
Tabel 3.30 Kromosom B Individu 1	37
Tabel 3.31 Kromosom A Individu 2	37
Tabel 3.32 Kromosom B Individu 2	38
Tabel 3.33 Kromosom A Individu 3	38
Tabel 3.34 Kromosom B Individu 3	38
Tabel 3.35 Kromosom A Individu 4	38
Tabel 3.36 Kromosom B Individu 4	38
Tabel 3.37 Kromosom A Individu 5	38
Tabel 3.38 Kromosom B Individu 5	38
Tabel 3.39 Kromosom A Individu 6	38
Tabel 3.40 Kromosom B Individu 6	38
Tabel 3.41 Kromosom A Individu 7	39
Tabel 3.42 Kromosom B Individu 7	39
Tabel 3.43 Kromosom A Individu 8	39
Tabel 3.44 Kromosom B Individu 8	39
Tabel 3.45 Kromosom A Individu 9	39
Tabel 3.46 Kromosom B Individu 9	39
Tabel 3.47 Kromosom A Individu 10	39
Tabel 3.48 Kromosom B Individu 10	39
Tabel 3.49 Nilai <i>Fitness</i> Setiap Kromosom	40
Tabel 3.50 <i>Crossover</i> Kromosom A Induk 1	40
Tabel 3.51 <i>Crossover</i> Kromosom A Induk 2	40
Tabel 3.52 Hubungan Pemetaan <i>Crossover</i>	40
Tabel 3.53 <i>Offspring</i> 1 Hasil <i>Crossover</i>	41
Tabel 3.54 <i>Offspring</i> 2 Hasil <i>Crossover</i>	41
Tabel 3.55 Mutasi Kromosom A Induk 1	41
Tabel 3.56 Mutasi Kromosom A Induk 2	41
Tabel 3.57 Kromosom A Induk 1 Hasil Mutasi	41
Tabel 3.58 Kromosom A Induk 2 Hasil Mutasi	41
Tabel 3.59 Hasil Evaluasi	42

Tabel 3.60 Pemilihan Individu pada Proses Seleksi	42
Tabel 3.61 Perbandingan Nilai <i>Fitness</i> pada Proses Seleksi	43
Tabel 4.1 Data <i>Job</i>	44
Tabel 4.2 Data Operasi Setiap <i>Job</i>	45
Tabel 4.3 Data Mesin Alternatif	46
Tabel 4.4 Data Waktu Proses Setiap Mesin (dalam Menit).....	47
Tabel 4.5 Kromosom Hasil Penjadwalan.....	56
Tabel 4.6 Hasil Penjadwalan.....	58
Tabel 4.7 Hasil Penjadwalan pada Setiap Alternatif Mesin.....	65
Tabel 4.8 Pengaruh Parameter <i>Pop Size</i>	68
Tabel 4.9 Pengaruh Parameter <i>Mutation Rate</i>	69
Tabel 4.10 Pengaruh Parameter <i>Crossover Rate</i>	70
Tabel 4.11 Pengaruh Parameter Jumlah Generasi	71

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Kode Program Python	78
--------------------------------------	----

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Hinai, N., Elmekawy, T., Y. (2012). Solving the flexible job shop Scheduling Problem with Uniform Processing Time Uncertainty. *World Academy of Science, Engineering and Technology*.
- Aquinaldo, S. L. (2020). *Optimasi Penjadwalan Job Shop dengan Algoritma Genetika (Studi Kasus di PT. Surya Abadi Furniture)*. (Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret).
- Baptiste, P., Flamini, M., & Sourd, F. (2006). Lagrangian bounds for just-in-time job shop scheduling. *Computers & Operations Research*, 35(2008), p. 906-915.
- Baker, K. R. (1974). *Introduction to Sequencing and scheduling*. New York: John Wiley.
- Beasley, D., Bull, D. R. & Martin., R. R. (1993). An Overview of Genetic Algorithms: Part 1, Fundamentals. *University Computing*, 15(2), pp. 58-69.
- Cobo, J., S., H. (2019). Genetic algorithm for scheduling problem [Source code]. GitHub.
https://github.com/sebashc3712/genetic_algorithm_for_scheduling_problem
- El-Desoky, I. M., El-Shorbagy, M. A., Nasr, S. M., Hendawy, Z. M., & Mousa, A. A. (2016). A Hybrid Genetic Algorithm for Job Shop Scheduling Problems. *International Journal of Advancement in Engineering, Technology and Computer Sciences*, 3(1), pp. 6-17.
- Elmidina, N., Sari, K., Pambudi Tama, I., Farela, C., & Tantrika, M. (2014). *Penjadwalan Produksi Pada Lingkungan Flexible Job Shop Problem (FJSP) untuk Meminimasi Total Tardiness (Studi Kasus di Divisi PPIP PT. Barata Indonesia (Persero), Gresik)* (Vol. 2, Issue 6).
- Fera, M., Fruggiero, F., Lambiase, A., Martino, G., & Nenni, M., E. (2015). Production Scheduling Approaches for Operations Management. In: *Operations Management. InTech*. pp. 113-139.
<https://doi.org/10.5772/55431>
- Goldberg, D. (1989). *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Holland, J. (1975). *Adaptation in Natural and Artificial Systems*. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- Hou, S., Liu, Y., Wen, H. & Chen, Y. (2011). A Self-Crossover Genetic Algorithm for Job Shop Scheduling Problem. *IEEE, Institute of Electrical and Electronics Engineers*. pp. 549-554.

- Khoirussoleh, H. (2014). *Algoritma Genetika dengan Operator Partially Mapped Crossover untuk Menyelesaikan Optimasi Vehicle Routing Problem*. (Skripsi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim). Diakses dari <http://etheses.uin-malang.ac.id/6850/>
- Kumar, R. (2012). *Blending Roulette Wheel Selection & Rank Selection in Genetic Algorithms*. *International Journal of Machine Learning and Computing*, 2(4), pp. 365-370.
- Lageweg, B. J., Lenstra, J. K., & Rinnooy Kan, A. (1977). Jhop-Shop Scheduling by implicit enumeration. *Management Science*, 24(4), pp. 441-450.
- Lehmann, C. C. H. I. J. (2002). A Genetic Algorithm for Flexible Job-Shop Scheduling. *IEEE, Institute of Electrical and Electronics Engineers*, 3700.
- Nowicki, E. & Smutnicki, C. (1996). A Fast Taboo Search Algorithm for the Job-Shop Problem. *IEEE, Institute for Operations Research and the Management Sciences*, 42(6), pp. 797-813.
- Oktaviyani. (2017). *Optimasi Penjadwalan Produksi dan Perencanaan Persediaan Bahan Baku Menggunakan Rantai Markov (Studi Kasus Kinken Cake & Bakery Kutoarjo)*. (Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang). Diakses dari <http://lib.unnes.ac.id/32178/>
- Pamungkas, A. (2018). *Evaluasi Kinerja Genetic Algorithm (GA) untuk Penyelesaian Persoalan Job-Shop Scheduling Problem (JSSP)*. (Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung: Lampung).
- Pinedo, M. L. (2008). *Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems*. 3rd ed. New York: Springer Publishing Company, Incorporated.
- Putri, F. B. (2014). *Penerapan Algoritma Genetik untuk Vehicle Routing Problem with Time Window (VRPTW) pada Kasus Optimasi Distribusi Beras Bersubsidi*. (Skripsi, Fakultas Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya). Diakses dari <http://repository.ub.ac.id/146056/>
- Ramadhanti, I. F. (2021). *Penyelesaian Masalah Penjadwalan Flexible Job Shop dengan Waktu Perpindahan Antar Mesin Menggunakan Imperialist Competitive Algorithm (ICA)*. (Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta).
- Sivanandam, S. & Deepa, S. (2008). *Introduction to Genetic Algorithm*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Syarif, A. (2014). *Algoritma Genetika, Teori dan Aplikasi*. 2nd ed. Ruko Jambusari 7A Yogyakarta 55283: Graha Ilmu.

- Tampubolon, F. (2021). Penyelesaian Penjadwalan Flexible Job Shop Untuk Minimasi Due Windows dengan Algoritma Genetika. *Jurnal Indonesia Sosial Sains*, 2(6), 894–903. <https://doi.org/10.36418/jiss.v2i6.326>
- Utomo, C., C., Mahmudy, W., F., & Marji. (2017). Penyelesaian Penjadwalan Flexible Job Shop Problem Menggunakan Real Coded Genetic Algorithm. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 1(1), 57-62.
- Yamada, T., & Nakano, R. (1997). *Genetic algorithms for job-shop scheduling problems*. London, Proceedings of Modern Heuristic for Decision Support, p. 67 – 81.
- Zhang, G., Gao, L., & Shi, Y. (2011). An effective genetic algorithm for the flexible job shop scheduling problem. *Expert System with Applications*, 38(4), 3563-3575. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.08.145>